

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

GABRIEL LABECA FERREIRA NOGUEIRA BORGES

**EFEITO DA CLIMATIZAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA E
DIFERENTES FASES DA GESTAÇÃO NA BIOQUÍMICA SÉRICA EM
MATRIZES SUÍNAS HÍBRIDAS**

UBERLÂNDIA

2017

GABRIEL LABECA FERREIRA NOGUEIRA BORGES

**EFEITO DA CLIMATIZAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA E
DIFERENTES FASES DA GESTAÇÃO NA BIOQUÍMICA SÉRICA EM
MATRIZES SUÍNAS HÍBRIDAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Machaim Franco

Coorientadora: Prof. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

UBERLÂNDIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

B732e
2017 Borges, Gabriel Labeca Ferreira Nogueira, 1980
 Efeito da climatização por pressão negativa e diferentes fases da
 gestação na bioquímica sérica em matrizes suínas híbridas / Gabriel
 Labeca Ferreira Nogueira Borges. - 2017.
 74 f. : il.

Orientador: Maurício Machaim Franco.
Coorientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.454>
Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Suíno - Reprodução - Teses. 3. Tireóide -
Teses. 4. Bioquímica - Teses. I. Franco, Maurício Machaim. II.
Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos. III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV.
Título.

CDU: 619

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



Ata da defesa de **TESE DE DOUTORADO** junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: **TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/016/2017**

Data: **28/08/2017**

Discente: **Gabriel Labeca Ferreira Nogueira Borges** – Matrícula – 11313VET010

Título da Tese: **EFEITOS DA CLIMATIZAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA E DIFERENTES FASES DA GESTAÇÃO NA BIOQUÍMICA SÉRICA EM MATRIZES SUÍNAS HÍBRIDAS.**

Área de concentração: **PRODUÇÃO ANIMAL**

Linha de pesquisa: **BIOTÉCNICAS E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA**

Projeto de Pesquisa de vinculação: **FATORES AMBIENTAIS E NUTRICIONAIS QUE AFETAM A EFICIÊNCIA PRODUTIVA E REPRODUTIVA DE ANIMAIS DE INTERESSE ZOOTÉCNICO**

Aos 28 dias do mês de Agosto do ano de 2017 às 14h00 horas na sala 2D54 Bloco 2D – Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Comissão Julgadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, composta pelos Professores/Doutores: **Antonio Vicente Mundim** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA; **Robson Carlos Antunes** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA; **João Antonio Zanardo** – DOUTOR EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS PELA UFU; **Melissa Selaysim Di Campos** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS e **Maurício Machaim Franco** orientador(a) do(a) candidato(a).

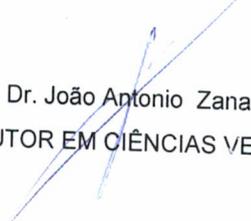
Iniciando os trabalhos o(a) presidente da comissão Dr./Dra. Mauricio Machaim Franco concedeu a palavra ao/a candidato(a) para a exposição do seu trabalho, contando com o tempo máximo de 50 minutos. A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a argüir o(a) candidato(a), durante o prazo máximo de (30) minutos, assegurando-se a mesma igual prazo para resposta. Ultimada a argüição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Comissão Julgadora, em sessão secreta, considerou o(a) candidato(a) aprovado.

Esta defesa de Tese de Doutorado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de doutor. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme Regulamento do Programa, Legislação e a Regulamentação Interna da UFU.

Os trabalhos foram encerrados às 18 horas e 20 minutos, e para constar, lavrou-se a presente ata que será assinada pelos membros da Comissão Examinadora. Uberlândia, 28 de Agosto de 2017.


Prof. Dr. Antonio Vicente Mundim
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA


Prof. Dr. Robson Carlos Antunes
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA


Dr. João Antonio Zanardo
DOUTOR EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS


Profa. Dra. Melissa Selaysim Di Campos
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS


Prof. Dr. Mauricio Machaim Franco
ORIENTADOR

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GABRIEL LABECA FERREIRA NOGUEIRA BORGES - Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Uberlândia UFU (2005), mestrado em Ciências Veterinárias na área de concentração de saúde animal no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFU (2008), doutorando neste mesmo programa na área de produção animal com tese defendida em agosto de 2017. Foi consultor técnico da Associação de Produtores de Suínos do Triângulo Mineiro (APROIMG) nos anos de 2012 a 2014. Desde fevereiro de 2012 é gestor do curso de Medicina Veterinária no Centro Universitário do Triângulo – Unitri, onde também é professor nas disciplinas de Fisiologia dos Animais Domésticos II, Produção de Suínos, Introdução à Medicina Veterinária, orientador de Estágio Curricular Supervisionado e Trabalho de Conclusão de Curso. É avaliador de cursos de graduação pelo INEP / MEC. Experiência com recrutamento, seleção, formação e treinamento de equipes e gestão de pessoas, elaboração e implantação de PPCs, PDI, e projetos para educação superior.

“Ó profundidade das riquezas, tanto da sabedoria, como da ciência de Deus! Quão insondáveis são os seus juízos, e quão inescrutáveis os seus caminhos! Por que quem compreendeu a mente do Senhor? ou quem fôi seu conselheiro? Ou quem lhe deu primeiro a ele, para que lhe seja recompensado? Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém.”
Romanos 11:33-36

Àquele que me sonda e me conhece; que sabe quando me sento e quando me levanto; que de longe percebe os meus pensamentos.

Àquele que sabe quando trabalho e quando descanso.

Àquele cujo conhecimento é maravilhoso demais e está além do meu alcance.

Àquele que me teceu no ventre de minha mãe com todo carinho.

Àquele para quem meus ossos não estavam escondidos quando em secreto fui formado, e que viu o meu corpo em formação, ao passo que tudo registrava.

Àquele que fez com que tudo se realizasse segundo o que estava programado mesmo antes de eu começar a existir!

A Ele DEDICO!

À mulher que tanto amo, que me alegra, que me ensina, que me ajuda, que me inspira, minha esposa Hallana.

Àquele que me fez descobrir um novo significado de “vida” e me tem feito repensar meus conceitos de “ensinar e aprender”, “amar e ser amado”, meu filho João Gabriel.

Àquela que me deu a vida, e deu sua própria vida para eu alcançar conquistas como esta, minha mãe Angela.

Àquelas por quem tenho tanto, mas tanto amor, que até me ensinaram o sentido da palavra “ciúmes”, minhas irmãs Geórgia e Júlia.

Àquele que me deu vida e cuja vida tem compartilhado comigo, meu pai Paulo.

A eles DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o Pai, pelo Seu imenso amor por todos nós, ao Filho, pela sua graça revelada na cruz, e ao Espírito Santo que nos permite acessar de forma íntima os tesouros da sabedoria, do conhecimento e do amor de Deus.

Agradeço à minha esposa Hallana, que muito me auxiliou neste tempo de grandes demandas coincidentes com um momento tão particular em nossa família envolvendo sua gestação, os cuidados no nascimento e nos primeiros meses do nosso amado filho João Gabriel.

Agradeço especialmente ao Sr. Roberto Silveira Coelho, Sócio-proprietário do grupo Cabo Verde, que gentilmente nos permitiu realizar esta pesquisa em sua propriedade, e cooperou de forma decisiva com o desenvolvimento deste trabalho e com a minha formação profissional. Assim como toda equipe técnica da granja, representada por Delmira Adelaide Dias e William Carlos Salgueiro, que auxiliaram no desenvolvimento operacional desta pesquisa.

Aos professores:

Dr. Robson Carlos Antunes que desde o princípio me auxiliou neste processo de doutorado e que tem sido um grande mentor para construção de minha carreira na suinocultura.

Dr. Maurício Machaim Franco que me orientou e me inspirou a ser um pesquisador de fato, sempre sedento pelo conhecimento científico mais profundo.

Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento que sempre me munuiu com informações atualizadas, relevantes e interessantes, e me fez encontrar ternura, doçura e simplicidade nesse período de formação.

Dr Antonio Vicente Mundim que inspirou e abriu minha mente para o desenvolvimento de todo este trabalho além de viabilizar toda minha pesquisa no laboratório do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia.

Às acadêmicas Cinthia Pereira Marques (Unitri) e Aline Gabriela (UFU) que participaram do trabalho no campo e foram muito dedicadas nas coletas e organização dos dados para este trabalho.

Ao técnico do Laboratório Clínico do Hospital Veterinário Felipe César e a médica Veterinária Renata Lima De Miranda pelo auxílio com as análises laboratoriais.

À secretária do curso Célia Regina de Oliveira Macedo, que foi sempre gentil em me orientar em todos os processos da Pós-Graduação.

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da fase da gestação no perfil bioquímico sérico de matrizes suínas em um rebanho comercial, bem como os efeitos do manejo ambiental com pressão negativa do tipo túnel de vento sobre as variáveis fisiológicas, bioquímica sanguínea e de hormônios da tireoide para alívio do estresse por calor em matrizes suínas dos 35 aos 100 dias de gestação. Para isso, foram realizados dois experimentos em uma granja de ciclo completo que aloja 1.700 matrizes com linhagens comerciais híbridas (Large White X Landrace), localizada no Município Santa Vitória - MG, que tem registros históricos de 31°C de temperatura média nos meses de outubro a fevereiro. Todas as matrizes foram tratadas com a mesma ração durante todo estudo. No primeiro experimento foram selecionadas 60 matrizes em produção, com ordem de parição zero a cinco. Foram coletados cinco mL de sangue por punção da veia jugular de cada matriz em três momentos diferentes: no início da gestação, com três a oito dias após a cobertura (t1), do 35° ao 40° dia de gestação (t2) e do 100° ao 105° dia de gestação (t3). As amostras foram previamente identificadas e encaminhadas em caixas isotérmicas ao Laboratório Clínico Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia. Após centrifugação e separação do soro, foram processadas em analisador automático ChemWell para obtenção dos valores de proteína total, albumina, globulinas, ureia, creatinina, triglicérides, fosfatase alcalina, Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamiltransferase (GGT). Para comparar os valores de cada parâmetro bioquímico nos diferentes momentos da gestação foi feito um estudo de análise de variância em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Nas comparações das variáveis entre as coletas observou-se que as proteínas totais e as globulinas foram maiores no início da gestação em t1 do que em t2 e t3 ($p < 0,05$). Os valores de albumina, ureia, creatinina e a relação albumina/globulina foram crescentes durante a gestação ($t1 > t2 > t3$) ($p < 0,05$). A enzima GGT e as triglicérides apresentaram as maiores concentrações em t3 ($p < 0,05$) no período final da gestação. A enzima fosfatase alcalina teve seus menores valores no início da gestação ($p < 0,05$), depois manteve concentrações semelhantes em t2 e t3. Por outro lado, a enzima ALT teve seus maiores valores no início da gestação em t1 ($p < 0,05$). Os resultados de AST não variaram entre as coletas ($t1 = t2 = t3$) ($p > 0,05$). Concluiu-se que as particularidades fisiológicas das reprodutoras suínas nas três diferentes fases da gestação influenciam no perfil bioquímico sérico, fornecem informações sobre a saúde das matrizes, e podem ser correlacionadas com os manejos adotados. Já no segundo experimento também foram selecionadas 60 matrizes de ordens de parição de zero a cinco, divididas em dois grupos iguais quanto à ordem de parição de 30 reprodutoras cada. Ambos os grupos estavam alojados em um galpão com pressão negativa do tipo túnel de vento até os 35 dias de gestação, quando se iniciou o experimento. Então, 30 matrizes permaneceram no galpão com climatização (grupo CL), e as outras de 30 matrizes foram transferidas para um galpão sem o túnel de vento (grupo NC). As avaliações fisiológicas e coletas de sangue foram realizadas nas mesmas matrizes quando elas estavam com 35 e 100 dias de gestação. Foram avaliados os parâmetros séricos de tiroxina total (tT4), triiodotironina total (tT3), proteína total, albumina, globulina e triglicérides. Também foi avaliada a temperatura corporal superficial média (TSM), temperatura retal (TR), temperatura do ar (Tar) e umidade do relativa do ar, bem como os gradientes (TR - TSM), (TR - Tar), (TSM - Tar). No tratamento NC os gradientes (TR - TSM) foram menores no final da gestação ($p < 0,05$) assim como os gradientes (TR - Tar), (TSM - Tar), e também apresentou incremento dos níveis de tT3 ($p < 0,05$) e redução de triglicérides séricas ($p < 0,05$). Portanto, o sistema de pressão negativa do tipo túnel de vento potencializou as trocas de calor por convecção das porcas reprodutoras, reduziu o gasto de energia das matrizes gestantes no final da gestação e favoreceu a manutenção da homeotermia.

Palavras chave: Temperatura, termorregulação em suínos, hormônios da tireoide, velocidade de vento, produção de suínos, bioquímica sérica.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the influence of pregnancy phase on sows' serum biochemical profile in a commercial herd, and ambient handling physiological effects using negative pressure from wind tunnels in order to relief heat stress in sows from 35 to 100 days of pregnancy in a commercial herd. The study was conducted at a farm covering full breeding cycles, housing 1,700 sows from hybrid commercial lineage (Large White X Landrace) located in Santa Vitória/MG, Brazil, where the average environment historical temperature registrations are about 31°C, from October through February. All sows received the same feed. Two experiments were carried out. On first, five mL of blood sample were obtained via jugular venipuncture from each sow, at three different moments: early pregnancy, between three to eight days after mating (t1); mid pregnancy, from 35 to 40 days (t2); and late pregnancy, from days 100 to 105 (t3). Samples were previously identified and shipped in isothermal box to the Veterinary Clinical Laboratory of the Federal University of Uberlândia. After samples centrifugation, the serum was harvested and processed in the automated biochemical analyzer ChemWell for obtaining values of total protein, albumin, globulins, blood urea nitrogen (BUN), creatinine, triglyceride, alkaline phosphatase, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), and gamma glutamiltransferase (GGT). Values of each biochemical parameter at the different gestation phases were compared using ANOVA in a completely randomized design. When comparing variables between collection moments, total proteins and globulins levels were higher at early pregnancy (t1) when compared to t2 and t3 ($p < 0.05$). Albumin, BUN, creatinine and albumin/globulin ratio values increased throughout pregnancy ($t1 > t2 > t3$) ($p < 0.05$). The GGT enzyme and triglyceride levels showed higher concentrations in t3, which represents the late pregnancy stage, when compared to t1 and t2 ($p < 0.05$). The lowest values for alkaline phosphatase activity were observed at early pregnancy ($p < 0.05$) although similar concentrations were found at t2 and t3 ($p < 0.05$). By other hand, the highest values for ALT activity were detected only at early pregnancy ($p < 0.05$). The results for AST did not vary between collection moments ($t1 = t2 = t3$) ($p > 0.05$). In conclusion, physiological particularities of pregnant sows at the three different gestation periods interfere on serum biochemical profile, which provides information on females' health. In addition, the biochemical profile can be correlated to the farm management. In the second experiment, sixty sows from 0 to 5th farrowing order, were selected and distributed into two groups of 30 females each. This way, both groups were housed in a wind tunnel negative pressure gestation barn until the 35th day of gestation, when the experiment was started. Then, 30 sows remained in this place, called air-conditioned barn (CL group), and the other 30 animals were transferred to another identical barn, however without the wind tunnel (NC group). The following physiological evaluations and blood collections were performed in the same sows when they were at 35 and 100 days of gestation: serum parameters of total thyroxine (tT4), total triiodothyronine (tT3), total protein, albumin, globulin and triglycerides, and measurements of average surface body temperature (TSM), rectal temperature (TR), air temperature (Tar) and relative air humidity, as well as the gradients (TR - TSM), (TR - Tar) (Tar). In NC group, the gradients (TR - TSM) were lower at the end of pregnancy ($p < 0.05$) as well as the gradients (TR - Tar), (TSM - Tar) and serum triglyceride reduction ($p < 0.05$). Therefore, negative pressure wind tunnel system enhanced the convective heat exchange of the sows, reduced the energy expenditure of pregnant sows at the end of gestation, and promoted the maintenance of homeothermia.

Key Words: Temperature, thermoregulation in pigs, thyroid hormones, wind speed, pig reproduction, serum biochemistry

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo 1 Revisão Bibliográfica

Tabela 1. Limites de conforto térmico para suínos (ITU) 14

Capítulo 2: Perfil bioquímico sérico de matrizes suínas em rebanho comercial em diferentes estágios de gestação

Tabela 1. Metodologias utilizadas nas análises bioquímicas séricas. 48

Tabela 2. Valores das médias ou medianas dos parâmetros bioquímicos séricos de matrizes suínas em função das épocas de avaliação da gestação, incluindo as pressuposições do modelo em DIC. 49

Capítulo 3. Wind tunnel negative pressure system effects in the physiology of pregnant sow

Tabela 1. Methods applied in the serum analyses. 62

Tabela 2. Values of rectal temperature (TR), average surface temperature (AST) and gradient (TR-AST) at 35 days gestation with all matrices in the air-conditioned barn by negative pressure, and 70 days after transfer of the NC group with 105 days of gestation. 64

Tabela 3. Average serum values of T3, T4, total protein, albumin, globulin e triglycerides in both groups in the 35th day of pregnancy and in the 110th day of pregnancy. 65

LISTA DE FIGURAS

Grafic 1. Temperature values, relative humidity and THI registered by the date logger in the barn CL from the 35th through the 100th days of pregnancy. THI – Temperature and Humidity Index. 63

Grafic 2. Temperature values, relative humidity and THI registered by the date logger in the barn CL from the 35th through the 100th days of pregnancy. THI – índice de temperatura e umidade. 64

LISTA DE ABREVIATURAS

ALT: Alanina-aminotransferase

AST: Aspartatoaminotransferase

CL: Tratamento em galpão climatizado (com pressão negativa)

DIC: Delineamento Inteiramente Casualizado

DW: Durbin-Watson para independência dos resíduos

EUA: Estados Unidos da América

GGT: Gamaglutamiltransferase

KW: Quilowatt ou kilowatt é uma unidade de potência correspondente

L: Teste Levene para homogeneidade de variâncias

NC: Tratamento não climatizado (sem pressão negativa)

Tar: temperatura do ar

TBG: proteína transportadora globulina de ligação à tiroxina (sigla oriunda da língua inglesa)

TR: Temperatura retal

TR – TSM: gradiente entre a temperatura retal e a temperatura superficial média

TR – Tar: gradiente entre a temperatura retal e a temperatura do ar

TSM: Temperatura Superficial Média

TSM – Tar: gradiente entre temperatura superficial média e temperatura do ar

T3: Triiodotironina

T4: Tetraiodotironina (tiroxina)

tT3: Triiodotironina total

tT4: Tiroxina total

t1: Tratamento 1

t2: Tratamento 2

t3: Tratamento 3

W: testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.2.1 O impacto do estresse por calor na reprodução da matriz suína.....	4
1.2.2 Mecanismos termorregulatórios em suínos.....	7
1.2.3 Ventilação do galpão de reprodução da fêmea suína.....	11
1.2.4 Índices ambientais – Índice de temperatura e umidade (ITU).....	12
1.2.5 Fisiologia da gestação associada ao estresse por calor na matriz suína.....	14
1.2.6 Hormônios da tireoide e a adaptação ao estresse térmico.....	18
1.2.7 Perfil bioquímico sérico em suínos.....	21
1.2.7.1 Proteínas totais, albumina, globulinas, ureia e creatinina.....	22
1.2.7.2 AST, ALT, Fosfatase Alcalina e Gamaglutamiltransferase.....	25
1.2.8 Mortalidade de matrizes e sua relação com o estresse por calor.....	27
REFERÊNCIAS.....	30
CAPÍTULO 2 - Perfil bioquímico sérico de matrizes suínas de um rebanho comercial em diferentes estágios de gestação.....	43
2.1 Introdução.....	45
2.2 Material e métodos.....	46
2.3 Resultados e Discussão.....	49
2.4 Conclusões.....	53
Referências.....	54
CAPÍTULO 3 - Wind tunnel negative pressure system effects in the physiology of pregnant sows.....	57
3.1 Introduction.....	58
3.2 Materials and methods.....	59
3.2.1 Animals and study design.....	59
3.2.2 Structure of the barns.....	59
3.2.3 Nutritional Management.....	60
3.2.4 Experimental Design.....	60
3.2.5 Pre-Analytical phase: blood sampling, filling and aliquoting.....	61
3.2.6 Serum Analysis.....	61
3.2.7 Statistical Analysis.....	62

3.3 Results	63
3.4 Discussion.....	65
3.5 Conclusion	69
References	70
ANEXO 1 – Fotos da granja – Santa Vitória MG.....	74

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca na produção de suínos como o quarto maior produtor e o quarto maior exportador de carne suína do planeta (USDA, 2017). Esse destaque está relacionado à grande disponibilidade de terra no Brasil, que favorece tanto a construção de granjas, como a produção dos insumos para fabricação de ração. Os serviços e a mão de obra no campo são de custo médio a baixo se comparado aos países da Europa e com os EUA. Por outro lado, a produção de suínos enfrenta o desafio da predominância de climas tropical e subtropical marcados por calor intenso que limitam a produtividade dos planteis (MANNO et al., 2005).

As principais raças e linhagens utilizadas na produção nacional de suínos originam de países de clima temperado e não são totalmente adaptadas às condições meteorológicas brasileiras. No Brasil, há um destaque dos estados da região Sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) na produção de suínos. Contudo, nos últimos 20 anos a suinocultura tem se expandido para as regiões Sudeste e Centro Oeste, em especial para os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal (ZANARDO, 2016).

O estado de Minas Gerais é o quarto maior produtor nacional, com destaque para as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, as quais são caracterizadas por temperaturas médias e máximas anuais superiores àquelas da região Sul (FOLADOR, 2012; ZANARDO, 2016) e o Triângulo Mineiro, onde foi realizado este estudo, tem como particularidade a predominância de granjas de suínos no sistema de integração a agroindústrias.

As altas temperaturas ambientais extrapolam a zona de conforto térmico dos suínos, e prejudicam o desempenho reprodutivo em virtude de diminuições no consumo de ração e das taxas de concepção. Além disso, as altas temperaturas ambientais estão relacionadas aos problemas na detecção de estro, ao aumento no intervalo desmame-cio, nas taxas de

mortalidade embrionária e nos índices de abortos (EDWARDS; OMTVEDT; TURMAN, 1968; TEAGUE; ROLLER; GRIFO, 1968; OMTVEDT et al., 1971; SOMMERFELT; REMPEL, 2015). Em contrapartida, os sistemas de alojamentos podem oferecer importantes fatores relacionados ao conforto térmico dos suínos como a umidade do ar, a temperatura ambiente, a capacidade de troca de ar, e a ventilação (SOMMERFELT; REMPEL, 2015) e o manejo desses fatores deve influenciar de forma positiva na produtividade dos rebanhos.

Na produção de suínos o estresse térmico gerou prejuízos estimados nos Estados Unidos (EUA) em 299 milhões de dólares (ST-PIERRE; COBANOV; SCHNITKEY, 2003). No Brasil Sommerfelt e Rempel (2015) relataram uma perda durante o verão de US\$ 47.889,15 dólares por ano, ao comparar os resultados com os meses de inverno em apenas uma granja no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2010 e 2014. Zanardo (2016) afirma que às instalações para criação de suínos no Triângulo Mineiro são na grande maioria convencionais sem utilização de sistemas de climatização. Por isso, espera-se um impacto ainda maior nesta região em virtude do estresse por calor sobre os prejuízos no desempenho reprodutivo.

A partir do momento que a matriz suína entra no sistema de produção no Brasil ela apresenta em média um intervalo de partos de 143 dias, que consiste na soma dos 114 dias de gestação, somados a 24 dias de lactação e cinco dias de intervalo entre o desmame e a cobertura seguinte. Ao se considerar que essas reprodutoras são transferidas para as maternidades normalmente no 110º dia de gestação, e que assim que desmamadas elas têm até cinco dias de intervalo entre a desmama e a inseminação, pode-se afirmar que elas passam aproximadamente 80% da sua vida produtiva no setor de reprodução.

Normalmente no Brasil o setor de reprodução é dividido em duas fases, sendo a primeira até os 40 dias de prenhez e posteriormente são transferidas para um setor exclusivo de gestação onde permanecerão até quatro dias antes do parto. Nesse sentido, o impacto da

fase inicial até os 40 dias de gestação sobre a mortalidade embrionária é bem conhecido pelos suinocultores brasileiros, por isso, estes optam por investirem em climatização por pressão negativa apenas nesta fase. Entretanto, apesar da mortalidade embrionária até os 40 dias de gestação ser quantitativamente mais importante que a mortalidade fetal, por apresentar perdas potenciais de até 30% dos leitões, esta última ainda pode causar perdas médias de até um leitão por leitegada (POPE; FIST, 1985; VAN DER LENDE; VAN RENS, 2003).

Um crescimento fetal intenso ocorre no terço final da gestação e as fêmeas hiperprolíferas modernas demandam um importante suprimento sanguíneo para placenta (TURAN; ABERDEEN; THOMPSON, 2017), o qual pode estar sendo comprometido pela tentativa de troca de calor do animal com o ambiente em virtude da vasodilatação periférica que este processo demanda. Portanto, pode-se hipotetizar que manejos que envolvem aumento de velocidade do vento e redução nas temperaturas dentro das instalações de reprodução possam minimizar este problema.

Existe também uma relação entre estresse térmico por calor e o aumento de taxas de mortalidade de matrizes, e terço final da gestação merece especial atenção visto que as necessidades de ganho e reserva energética tornam-se maiores nesta fase (DROLET; D'ALLAIRE; CHAGNON, 1992). Um estudo conduzido em uma unidade produtora de leitões de 12.000 matrizes no estado de Mato Grosso apresentou uma taxa de mortalidade anual de matrizes de 8,1% no periparto (VEARICK et al, 2008). Durante o período periparto das matrizes suínas foi relatada uma maior proporção de mortalidade por insuficiência cardíaca dessas fêmeas no verão em um estudo desenvolvido no Canadá (CHAGNON; D'ALLAIRE; DROLET, 1991)

Os equipamentos e tecnologias relacionadas ao controle de temperatura dentro das granjas são de alto custo. Isso ocorre porque os seus insumos são importados e a diferença do contexto econômico entre o Brasil e os países que produzem essas tecnologias os torna muito

caros e inviáveis para a realidade financeira dos produtores de pequeno e médio porte no Brasil. Além disso, os técnicos não têm informações científicas suficientes para orientarem os produtores brasileiros em relação à aquisição dos sistemas de pressão negativa quanto à velocidade ideal do vento, a adaptação nutricional das matrizes, e sequer sabem mensurar o benefício desta tecnologia para o bem estar das matrizes suínas gestantes nas granjas brasileiras.

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da fase da gestação no perfil bioquímico sérico de matrizes suínas em um rebanho comercial, bem como os efeitos do manejo com pressão negativa do tipo túnel de vento, sobre as variáveis fisiológicas, bioquímica sérica e hormonal para alívio do estresse por calor em matrizes suínas dos 35 aos 100 dias de gestação.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 O impacto do estresse por calor na reprodução da matriz suína

É bem conhecido o fato das mudanças climáticas afetarem de modo importante a produção de suínos e impactarem a saúde e o desenvolvimento dos rebanhos em todos os estágios de produção (JOHNSON et al., 2015a; JOHNSON et al., 2016; WEGNER et al., 2016). Em especial o estresse por calor que resulta do desequilíbrio entre a energia térmica que flui de dentro para fora do animal (KLEIBER, 1961). As consequências zootécnicas normalmente relatadas são: redução na taxa de parição em matrizes (BERTOLDO et al., 2012; BLOEMHOF et al., 2013); aumento de dias não produtivos (DIAL et al., 1992); baixo crescimento, redução na eficiência reprodutiva, mudança na composição corporal, aumento de morbidade e de mortalidade, sendo tudo isso decorrente de alterações de metabolismo

(BAUMGARD; RHOADS, 2013; ROSS et al., 2015; JOHNSON et al., 2015a; JOHNSON et al., 2016).

A redução na competência reprodutiva em suínos em virtude de infertilidade sazonal foi descrita em diversos países como Alemanha (WEGNER et al., 2016), Japão (LIDA; KOKETSU, 2014), Estados Unidos (HURTGEN; LEMAN, 1981; JOHNSON et al., 2016), Finlândia (PELTONIEMI et al., 1999), Tailândia (JAICHANSUKKIT et al., 2017), Espanha (BLOEMHOF et al., 2008), e no Brasil (SOMMERFELT; REMPEL, 2015).

No Brasil as temperaturas ambientais elevadas são muito frequentes e ocorrem normalmente no final da primavera, durante todo o verão e no início do outono (WENTS et al., 2001). Einarsson, Madej e Tsuma (1996) relataram que o efeito da temperatura ambiente elevada na sobrevivência embrionária parece estar relacionado à intensidade e ao tempo temperatura elevada está sendo aplicada. Portanto, pode-se supor que os rebanhos brasileiros podem ser afetados pelo longo período de calor e pela sua intensidade em grande parte do ano.

Ashrae (1985) constatou que quando o estresse por calor é intenso, ocorre um aumento no número de abortos. Lida e Koketsu (2014) relataram um incremento no risco de abortos com aumento da temperatura de 20°C para 30°C, e isso culminou em uma redução de 0,4 leitões nascidos totais por parto em um trabalho conduzido no Japão.

De Rensis, Ziecik e Kirkwood (2017) afirmam que, durante o verão, o estresse por calor e o longo fotoperíodo podem alterar o desenvolvimento de folículos, a qualidade dos corpos lúteos, oócitos e embriões, o que deve produzir efeitos negativos na taxa de parição e no número de leitões nascidos totais. Eles relatam que a infertilidade sazonal em suínos inclui atraso na puberdade, aumento no intervalo desmame-estro, redução nas taxas de parição e aumento de casos de anestro. Para estes autores nas latitudes subtropicais e tropicais o fator

mais provável causador da infertilidade sazonal é o estresse por calor, enquanto em países temperados, o problema parece ser mais relacionado ao fotoperíodo.

Os efeitos negativos da temperatura ambiente alta nos suínos são provocados pelos fatores que potencializam o aumento da produção de calor corporal, como o exercício físico por exemplo, e por aqueles que promovem redução da dissipação de calor, como falta de aclimatação, elevada umidade no ambiente, pouca ventilação, privação de água, obesidade, além da fraca aptidão cardiovascular relacionada à falta de atividade física (DROLET; D'ALLAIRE; CHAGNON, 1992).

Tummaruk et al. (2010) na Tailândia demonstraram que marrãs e porcas em uma estação do ano quente apresentaram uma taxa de parição menor que aquelas em uma estação fria. Segundo esses autores, as fêmeas submetidas ao estresse térmico apresentaram retardo da maturidade sexual, interferência na competência do óvulo, redução das taxas de fertilidade e do número de nascidos vivos, além do aumento nas taxas de retorno ao cio e da mortalidade embrionária e bem como do número de mumificados. Bloemhof et al. (2008) relataram em um estudo conduzido na Espanha uma redução na taxa de parição em matrizes Yorkshire puras quando a temperatura no dia da inseminação foi acima de 19,2°C. Lida e Koketsu (2014) concluíram que o estresse térmico por altas temperaturas está associado à redução nas taxas de parição de forma mais intensa em matrizes primíparas que em marrãs e reprodutoras múltiparas.

No Brasil ainda são necessárias estratégias de manejo nutricional e ambiental com o objetivo de aumento na produtividade dos rebanhos. Isso porque apesar das matrizes serem geneticamente selecionadas para maior tolerância ao calor, os seus resultados zootécnicos ainda são inferiores aos das matrizes que produzem em clima temperado (SILVA, 2010).

Em regiões tropicais as temperaturas ambientais elevadas durante os períodos de calor provocam quadros de hipertermia em suínos (BRANDT, et al. 1995). Nos primeiros quatro

dias após a cobertura temperaturas retais acima de 39°C devem ser consideradas como fator de risco para a produção de leitegadas pequenas (VANNIER, 1987). De acordo com Wents et al (2001) as matrizes suínas com sinais de hipertermia no dia da inseminação artificial ou nos primeiros quatro dias que a sucedem estão relacionadas à maiores taxas de retorno ao estro, menores taxas de parto e redução no número de embriões entre os 30 e 35 dias de gestação, conseqüentemente, menor número de leitões nascidos (WENTS et al. 2001). Em matrizes suínas durante a inseminação artificial a hipertermia pode provocar uma redução média 0,9 leitões por parto (AMARAL et al., 2000; WENTS et al., 2001).

De acordo com Bloemhof et al. (2008) as diferenças na tolerância ao estresse térmico mensuradas pelo desempenho reprodutivo indicam que há diferenças genéticas nas linhagens de matrizes. Ross et al. (2017) concluíram que há uma tendência crescente da produção de carne suína se deslocar para regiões de climas mais quentes, bem como uma necessidade urgente de selecionar linhagens para tolerância ao calor, além de métodos para aliviar a incidência de estresse por calor.

1.2.2 Mecanismos termorregulatórios em suínos

Os suínos possuem temperatura interna constante mesmo com importantes alterações na temperatura ambiente, que é uma característica dos animais homeotérmicos (FIALHO; OST; OLIVEIRA, 2001). Todavia, a eficiência deste processo depende de a temperatura ambiente estar dentro dos limites de termoneutralidade desses animais. Isso porque eles trocam calor com o ambiente, de forma que se este apresenta temperaturas críticas inferiores ou superiores haverá necessidade de realizar gasto de energia para aquecer ou resfriar o corpo respectivamente (FIALHO; OST; OLIVEIRA, 2001).

Além disso, nesta espécie a perda de calor por sudorese é mínima, uma vez que as glândulas sudoríparas apesar de morfologicamente bem desenvolvidas estão bloqueadas por

queratina. Dessa forma, as perdas de calor por evaporação ficam limitadas às perdas respiratórias (FIALHO; OST; OLIVEIRA, 2001; ROBERTSHAW, 2006; ROBINSON, 2014).

Portanto, existe uma zona térmica neutra com metabolismo e trocas de calor não evaporativas constantes, nas quais os ajustes circulatórios são suficientes para manter a temperatura do animal constante e há o mínimo de desperdício de energia. Fora dessa zona de neutralidade, esses ajustes não são mais capazes de manter o equilíbrio térmico. Em temperaturas mais altas, por exemplo, eles precisam ser suplementados pelas perdas evaporativas, no caso, por polipnéia (ROBERTSHAW, 2006; ROBINSON, 2014).

Devido à sua origem, os suínos são evolutivamente adaptados e melhorados em países de clima temperado, contudo, eles são largamente criados em regiões de clima quente e úmido (BLOEMHOF et al., 2008) como no Brasil. A temperatura ambiente ideal para reprodutores suínos se situa entre 12 e 21°C (PERDOMO et al., 1999). Noblet et al. (1989) afirmam que a temperatura para reprodutores varia entre 7° e 23°C. Peltoniemi et al. (1999) definiram o limite máximo para zona térmica neutra em até 20°C, Moura (1999) até 21°C, Bloemhof et al. (2008) consideraram 26°C para fêmeas suínas gestantes. Quando a temperatura ambiente ultrapassa o limite máximo existe associação com falhas reprodutivas e perdas na produção, ocasionando também perdas econômicas (MOURA, 1999).

A temperatura ambiental efetiva que um animal realmente experimenta é determinada por uma combinação de vários fatores que influenciam a perda de calor por convecção, condução e radiação (De RENSIS et al., 2017). Brown-Brandl et al. (2001) afirmam que quando ocorre perda de peso na medida em que a gestação avança este é um sinal clínico que indica que temperatura ambiente pode estar acima da zona de conforto térmico da matriz suína.

Portanto, nesta espécie a regulação térmica é essencialmente baseada na condução para superfícies mais frescas ou por convecção. Entretanto, como esses mecanismos são limitados em instalações modernas (RENZIS et al., 2017) a perda de calor por evaporação através do trato respiratório passa a ser a principal forma do suíno dissipar calor para o ambiente (FERREIRA, 2005; ROBINSON, 2014). Os suínos podem perder de 60 a 70% do calor corporal total pelo aumento da frequência respiratória que proporciona um resfriamento evaporativo (ROBINSON, 2014). Entretanto, a eficiência da evaporação diminui conforme a umidade do ar aumenta, ou seja, à medida que o ar fica mais saturado com vapor d'água (ROBINSON, 2014).

Os desvios na temperatura corporal são detectados por receptores termossensíveis localizados na pele, em alguns órgãos internos e no sistema nervoso central. Os estímulos são conduzidos a área pré-óptica do hipotálamo que interpreta se a temperatura corporal está acima ou abaixo do ponto de ajuste hipotalâmico. No caso de estar acima, é desencadeada uma série de respostas fisiológicas e comportamentais a fim de dissipar o excesso de calor (REECE et al., 2015).

De acordo com Robinson (2014) em condições de estresse provocado pelo calor sabe-se que a transferência circulatória de calor para a pele pode ser drasticamente aumentada por meio de dois mecanismos. Primeiro, as arteríolas dos leitos vasculares cutâneos se dilatam, o que resulta em aumento do fluxo sanguíneo capilar. Em segundo lugar, abrem-se anastomoses arteriovenosas nos membros, nas orelhas e no focinho. Essas duas ações aumentam bastante o fluxo total de sangue para a periferia, e a maior liberação de calor eleva a temperatura da pele, o que facilita a perda de calor (ROBINSON, 2014). Portanto, quando a temperatura ambiente está elevada, o sangue que perfunde os leitos vasculares cutâneos retornam para o centro através das veias superficiais, a partir das quais o calor é perdido para a pele e para o ar (ROBINSON, 2014).

A quantidade de calor perdida por convecção depende do gradiente térmico, ou seja, da diferença entre a temperatura da pele e temperatura do ar, desse modo, um gradiente térmico maior resulta em perda maior de calor. Na convecção natural, o ar se eleva da superfície do animal porque é menos denso. Na convecção forçada, o ar mais frio move-se sobre a superfície da pele por meio de uma corrente de ar, ou simplesmente porque o animal está se movimentando (ROBINSON, 2014). O aumento do fluxo sanguíneo para a pele eleva a temperatura superficial e, portanto, aumenta a perda de calor, enquanto uma redução no fluxo sanguíneo cutâneo reduz essa perda (ROBINSON, 2014; REECE et al, 2015).

Foi relatado em suínos um desvio do fluxo sanguíneo do trato gastrointestinal para a pele em situações de estresse por calor (LAMBERT, 2009; LAMBERT, 2014) provavelmente em virtude da vasodilatação periférica promovida para os mecanismos de troca de calor sensível. O impacto negativo do estresse térmico sobre a produtividade animal tem sido principalmente atribuído à redução na ingestão de ração, contudo, resultados experimentais recentes têm contestado esse dogma (LAMBERT, 2014). Segundo Lambert (2014) reduções no fluxo sanguíneo gastrointestinal provocam hipóxia, depleção de ATP, acidose e estresse oxidativo que podem abrir as junções intestinais. A perda da integridade da junção estreita e os danos aos enterócitos produzem disfunção da barreira intestinal, aumento da permeabilidade a moléculas indesejáveis e, provavelmente, uma resposta inflamatória.

É comum na prática clínica a mensuração da temperatura corporal como primeira parte do exame clínico de mamíferos, porque a temperatura corporal é mantida dentro seus limites razoavelmente restritos apesar de grandes variações nas condições ambientais. Segundo Robinson (2014) a temperatura retal é um pouco mais baixa que a temperatura central do animal, e as alterações na primeira permanecem posteriores às alterações na segunda. Entretanto, a temperatura retal é uma medida adequada para mamíferos domésticos, e fornece uma boa indicação da temperatura central. Nos suínos a temperatura retal média está na faixa

de 38,7 a 39,6°C (ROBINSON, 2014; REECE et al, 2015). A temperatura retal média de matrizes suínas gestantes é de 38,7 a 39°C com um desvio padrão médio de 0,3°C (DEWEY; STRAW, 2006).

1.2.3 Ventilação do galpão de reprodução da fêmea suína

Quando as alternativas nutricionais não são suficientes para reverter totalmente os efeitos deletérios das elevadas temperaturas, o uso de equipamentos para o controle do ambiente em gestação e/ou lactação passa a ser uma opção na busca por melhoras nos parâmetros fisiológicos e nas variáveis de desempenho dessas fêmeas (SILVA, 2010). Lida e Koketsu (2014) recomendaram manejos de arrefecimento mais avançados para prevenir redução na taxa de parição por altas temperaturas.

Estima-se que a capacidade de produção de calor dos genótipos modernos é 18,1% superior (BROWN-BRANDL et al. 2001; SILVA, 2010). Portanto, é importante considerar estas alterações na capacidade de produção de calor das linhagens mais atuais, já que este fator, associado às condições meteorológicas observadas nos trópicos, implica na necessidade de redefinir conceitos das instalações e de manejos com o objetivo de maximizar o potencial produtivo dos animais. Zhao et al. (2015) relataram vários problemas reprodutivos e acréscimo no descarte de matrizes devido ao aumento da temperatura e umidade do ar no verão do Sul da China, e recomendaram sistemas de climatização para diminuir o prejuízo dos produtores daquela região.

A renovação de ar nos galpões favorece a dissipação de calor bem como a desconcentração de vapores, fumaça, poeira e poluentes. A ventilação ainda é importante na remoção do vapor d'água proveniente da respiração dos animais, da fermentação dos dejetos e dos processos de lavagem das baias (MOURA, 1999).

Sob estresse térmico o suíno elimina cerca de 1,7 KW/kg de peso vivo, e sem uma ventilação adequada, esse calor representa um fator importante para o estresse térmico. Nesta situação, a ventilação mínima recomendada era de 3 m.s⁻¹ (HAHN, NIENABER; DESHAZER, 1987). Nããs (2000) afirma que instalações que alcançam altas temperaturas necessitam de velocidade do ar de 3 a 3,8 m.s⁻¹. Segundo Oliveira (1999) um acréscimo de 0,1 m.s⁻¹ na velocidade do vento equivale ao rebaixamento da sensação térmica de 1°C da temperatura ambiente. Nããs e Rodrigues (1999) afirmam que a ventilação nas instalações para suínos adultos pode aumentar a resistência desses animais em até 2°C e a nebulização em até 7°C.

Segundo Moura (1999) e Nããs (2000), porcas gestantes quando expostas a temperaturas acima de 30°C com velocidade do vento na faixa de 1,5 m.s⁻¹ tem a sua frequência respiratória maior em aproximadamente de 20 respirações por minuto quando comparadas com porcas submetidas a ambientes com velocidade do vento acima de 5,0 m.s⁻¹. Para Moura (1999) no início da gestação os resultados não são tão expressivos, apesar de trazer o benefício da maior tolerância ao calor, e conseqüentemente, melhor conforto das reprodutoras, podendo reduzir perdas com leitões mumificados ou com baixo número de nascidos vivos.

Sousa e Nããs (2005) ao estudarem o acondicionamento de matrizes suínas em gestação, concluíram que o uso de resfriamento adiabático na gestação contribuiu para reduzir o número de leitões mumificados.

1.2.4 Índices ambientais – Índice de temperatura e umidade (ITU)

Uma melhor avaliação da situação ambiental pode ser realizada a partir da utilização dos índices ambientais os quais possibilitam a comparação dos resultados zootécnicos em diferentes regiões de um país (BAËTA; SOUZA, 2010). Os índices ambientais servem para

caracterizar ou quantificar as diferentes zonas de conforto adequadas às diferentes espécies de animais. Eles são de interesse dos produtores, uma vez que permitem quantificar em uma única variável se o animal está ou não sob estresse, a partir das condições meteorológicas existentes em um dado momento (LALONI, 1997).

Como a utilização isolada de valores de temperatura são insuficientes para descrever um ambiente onde o animal se encontra (WEGNER et al., 2016), foram desenvolvidos vários índices para prever as situações de desconforto e conforto dos animais em relação ao ambiente ao qual está exposto (BUFFINGTON et al., 1997; BRÜGEMANN et al., 2012). O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um desses índices de estresse térmico que avalia a adequação de um ambiente em relação a uma atividade de exploração animal. É o índice mais utilizado para avaliação do ambiente relacionado com o desempenho dos animais. O ITU considera para isso a temperatura de bulbo seco, que é a temperatura do ar (T_a), e a umidade do ar (BUFFINGTON et al., 1997).

Thom (1958) desenvolveu o índice de temperatura e umidade (ITU) a princípio como um índice de conforto térmico para humanos, entretanto o ITU tem sido utilizado para descrever o conforto de animais, principalmente bovinos, desde que Johnson et al. (1962) relataram uma associação entre os aumentos nos valores do ITU à redução na produção de leite de vacas. A partir de então, diversos pesquisadores têm classificado o ambiente térmico com base nos valores médios de ITU (HAHN, 1985; DU PREZZ et al., 1990; BRÜGEMANN et al., 2012).

Em ambientes de produção de suínos é utilizado o Índice de Temperatura e Umidade – ITU para determinar a influência que os materiais construtivos, empregados nos ambientes de instalações, causam sobre o desempenho produtivo, reprodutivo e no comportamento alimentar (SARUBBI et al., 2012). Para animais de produção os valores de ITU iguais ou menores que 75 caracterizam situação normal, em alerta de 75 a 78, perigo de 79 a 83 e de

emergência quando for maior que ou igual a 84 como está descrito na tabela 1 abaixo (THOM 1958; LIMA et al., 2007; OLIVEIRA JÚNIOR, 2016).

Tabela 1 Limites de conforto térmico para suínos (ITU)

CONDIÇÃO	LIMITES (ITU)
Conforto térmico	≤ 74
Alerta	$75 \geq \text{ITU} > 79$
Perigo	$79 \geq \text{ITU} > 84$
Emergência	≥ 84

Fonte: adaptado de Oliveira Júnior (2016) e Thom (1958).

Em um experimento conduzido na Alemanha no verão a temperatura e os valores de ITU nos galpões foram associados a efeitos negativos sobre o desempenho reprodutivo das porcas (WEGNER et al., 2014). Houve uma associação negativa entre o ITU no dia do parto das matrizes com o número de leitões desmamados por parto. Neste trabalho, a redução do número de leitões nascidos vivos foi o parâmetro mais sensível associada ao ITU (WEGNER et al., 2016).

1.2.5 Fisiologia da gestação associada ao estresse por calor na matriz suína

Um manejo reprodutivo eficiente é essencial para se alcançar níveis ótimos de fertilidade e prolificidade (OSAVA, 2011). Por isso, a compreensão adequada dos eventos fisiológicos durante a gestação permite uma visão mais ampla dos efeitos do estresse por calor sobre a gestação de matrizes suínas.

De acordo com Ashworth (2006) a maioria das perdas pré-natais em suínos ocorre nos primeiros 30 dias da gestação, e estima-se um percentual de 40% de perdas pré-natais nas quais os oócitos produzidos na ovulação não se tornam leitões nascidos. Essa alta perda pré-natal ocorre normalmente no primeiro mês de gestação, em especial o período mais crítico é a segunda semana da gestação. Os eventos fisiológicos coincidentes com este período crítico

são a produção de estrógeno, a definição do espaçamento e implantação dos conceptos, bem como o reconhecimento materno da gestação (ASHWORTH, 2006; ALMEIDA, 2014).

Na medida em que os embriões passam pelo processo de alongamento, eles sintetizam e secretam estrógeno, que é fundamental para o reconhecimento materno e a manutenção da gestação das reprodutoras suínas (GEISERT et al., 1990; BAZER et al., 1991). Entre o 11º e o 12º dia da gestação é que ocorre o reconhecimento materno, e pelo menos quatro embriões são necessários para sinalizarem sua presença por meio de síntese e liberação de estrógeno, além de outras prováveis substâncias, com o objetivo de prolongar a vida útil dos corpos lúteos (ALMEIDA, 2014).

Foi sugerido que quatro embriões no 12º dia de gestação é o número mínimo para que ocorra uma sinalização adequada e a fêmea suína consiga manter a gestação (DHINDSA; DZIUK, 1968; ALVARENGA, 2009). Aos 13 dias de gestação o processo de implantação é iniciado pelo contato do trofoblasto com as membranas uterinas e quando esta interação está mais intensa este processo se completa aos 18 dias da gestação (GEISERT et al., 1990; ALVARENGA et al. 2013).

A fase fetal é iniciada após a partir do dia 35 de gestação após a conclusão dos processos de placentação, organogênese e deposição de cálcio no esqueleto (PANZARDI et al., 2007; PALENCIA, 2015). O crescimento fetal em suínos é influenciado pela capacidade de transferência de oxigênio e nutrientes entre o útero e a placenta (REYNOLDS et al., 2005; ALVARENGA, 2009). Durante o desenvolvimento fetal os eventos fisiológicos considerados principais são: a formação de órgãos, membros e calcificação do esqueleto por volta dos dias 35 e 36 de gestação; a formação das fibras musculares primárias dos dias 35 até 55; o início do alongamento das vilosidades intestinais a partir do dia 40; diferenciação de escroto ou lábios vulvares por volta do dia 44 de gestação; formação de fibras musculares secundárias do dia 55 até 95; identificação de dentes e cascos definidos dos dias 60 até 75; o aparecimento de

pelos ocorre entre os 90 e 100 dias e a presença de testículos no escroto nos dias 105 aos 115. Então, ocorre a expulsão dos fetos com a conclusão do período de gestação (MEREDITH, 1995; PALENCIA, 2015).

Na medida em que aumenta o tamanho da leitegada, também aumenta o fluxo sanguíneo no útero. Esse acréscimo foi do 44º ao 111º dia de gestação de 0,31 para 0,72 litros/minuto/feto para dois a três fetos por corno uterino; de 0,26 para 0,60 litros/minuto/feto com quatro a cinco fetos por corno uterino; e de 0,20 para 0,43 litros/minuto/feto com seis a oito fetos por corno uterino. Por outro lado, o fluxo sanguíneo uterino por feto diminuiu na medida em que o tamanho da leitegada aumentou (PÈRE; ETIENNE, 2000).

Osava (2011) afirma que a suplementação aminoacídica durante a gestação, em especial com aminoácidos arginina e glutamina, possibilitou maior sobrevivência dos fetos, e justifica no fato do óxido nítrico melhorar o fluxo sanguíneo, e proporciona maior transferência de nutrientes materno-fetal. Desse modo, com a suplementação aminoacídica dos 40 dias de gestação ao parto ocorreu redução do número de mumificados e natimortos.

Nesse sentido, os trabalhos de Père e Etienne (2000) e Osava (2011) corroboram com a hipótese que a vascularização placentária após os 40 dias de gestação ser essencial para uma boa produtividade das porcas. Desse modo, é possível que as fêmeas suínas gestantes possam responder ao estresse por calor com um provável desvio de fluxo sanguíneo das vísceras, no caso do útero para a pele, com a finalidade de potencializar as trocas de calor sensíveis visando à manutenção da homeotermia, e isso pode comprometer a produtividade dessas matrizes suínas.

Lucy e Safranski (2017) submeteram matrizes suínas ao estresse por calor durante oito dias da gestação e avaliaram os efeitos nos descendentes dessas reprodutoras. As leitegadas das porcas submetidas ao estresse térmico durante a gestação apresentaram alterações fenotípicas como: temperatura corporal elevada, maior deposição de gordura e

desenvolvimento de gonadas prejudicadas. Assim, concluíram que o estresse de calor durante a gestação pode prejudicar o desempenho reprodutivo.

A hipótese de que a exposição de suínos ao estresse térmico durante a gestação altera o desempenho pós-natal foi testada por outros pesquisadores os quais concluíram haver um incremento na espessura de toucinho e elevação na insulina circulante da prole numa fase posterior da vida (BODDICKER et al., 2014). Este estudo foi replicado por Johnson et al., (2015c) e o desempenho do crescimento da prole dos suínos na fase de terminação, os quais foram submetidos a estresse por calor durante a gestação foi examinado. Durante a fase de crescimento (60 a 90 kg) houve acréscimo lipídico. A exposição ao estresse térmico durante o desenvolvimento intra-uterino resultou em um acúmulo mais eficiente do tecido adiposo em comparação com leitões advindos de condições termoneutras. Entretanto, Johnson et al. (2015b) ao fazer essa avaliação em leitões na fase de creche (30 aos 60 kg) relataram que houve um favorecimento do acúmulo de tecido magro, e sugeriram que a marca epigenética induzida pelo calor durante a gestação só se manifesta em estágios específicos de produção na fase adulta.

Em um estudo conduzido por Boddicker et al. (2014) independentemente do ambiente gestacional, os suínos tiveram uma resposta imediata ao tratamento pós-natal agudo de estresse por calor como temperatura retal (39,3 versus 40,4 °C), temperatura da pele (34,5 vs. 41,5 °C). Os tratamentos gestacionais expostos ao estresse por calor durante a segunda metade da gestação apresentaram maior temperatura da pele (+0,5 °C) sob condições de estresse por calor. A ingestão cumulativa de ração foi reduzida 49% nos suínos submetidos ao estresse por calor e os suínos do grupo termoneutro ganharam peso enquanto aqueles do grupo que foram criados sob estresse térmico perderam peso ao longo do período agudo de estresse por calor.

Ross et al. (2015) demonstraram que o estresse térmico no útero altera de modo negativo e permanente a temperatura corporal e a composição corporal pós-natal dos suínos. Essas diferenças na temperatura corporal, embora pequenas, se acumulam ao longo da vida, resultando em efeitos significativos nos custos de manutenção e eficiência alimentar assumindo que o aumento da temperatura corporal é devido à produção endógena de calor (JOHNSON et al., 2015a). Uma melhor compreensão dos mecanismos através da qual a composição corporal e a regulação da temperatura corporal pode ser alterada como resultado da exposição ao estresse térmico gestacional foi conseguida empregando sequenciamento de RNA em tecido adiposo, fígado e músculo *longissimus dorsi* e foram identificadas alterações nos padrões de expressão de mRNA em condições de estresse por calor no útero durante a gestação (BODDICKER et al., 2015).

1.2.6 Hormônios da tireoide e a adaptação ao estresse térmico

O estresse pelo calor provoca alterações endócrinas importantes relacionadas a uma atividade diminuída do eixo hipotálamo-hipófise-tireóide, que promove redução das concentrações de hormônios da tireóide (BIANCO; KIMURA, 1999). Johnson et al. (1988) afirmam que em animais expostos a altas temperaturas os hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) podem apresentar valores reduzidos e também menor produção de calor metabólico.

Por muito tempo acreditou-se que os hormônios tireoidianos atravessavam a membrana plasmática via difusão passiva devido à sua natureza lipofílica, no entanto, estudos recentes revelaram a existência de transportadores de hormônios tireoidianos (NAKAO; ONO; YOSHIMURA, 2008). Como os esses homrônios são lipossolúveis, eles necessitam ser transportados no sistema vascular ligados a proteínas plasmáticas transportadoras específicas. A proteína transportadora mais importante é a globulina de ligação à tiroxina, da sigla em

inglês (TBG), que possui alta afinidade pelo T4, embora também possua uma baixa concentração. Esta proteína também atua como um importante transportador do hormônio T3, e na ausência dela, a albumina é o transportador mais importante dos hormônios tireoidianos e confere uma meia vida plasmática mais longa a eles ao se comparar com a meia vida de outros hormônios (YEN, 2001).

Um maior percentual dos hormônios T3 e T4 permanecem ligados e apenas uma parte pequena permanece livre, interagindo com os receptores das células dos tecidos alvo. O equilíbrio entre os hormônios livres e ligados é facilmente modificado pelas condições fisiológicas e farmacológicas, como o aumento nas concentrações de estrógeno que ocorre durante a gestação. O estrógeno aumenta a síntese de TBG pelo fígado, o que resulta em uma alteração na direção da forma ligada (YEN, 2001).

Os receptores aos quais os hormônios tireóideos se ligam são encontrados no citossol ou no núcleo das células. Como os hormônios tireóideos são lipossolúveis, eles se difundem pela membrana celular para dentro da célula. O receptor com seu hormônio ligado atua como um fator de transcrição para os genes específicos dentro do DNA a fim de aumentar ou reduzir o RNA mensageiro (RNAm) que corresponde ao gene específico. Por fim, as modificações no RNAm alteram a produção de proteína e esta produz a resposta biológica (FRANDSON; WILKE; FAILS, 2010; FONDELL, 2013; KLEIN, 2014).

O efeito principal dos hormônios tireoidianos será no núcleo onde se encontra a maioria dos seus receptores, apesar destes também exercerem efeitos sobre vários sítios intracelulares. Esses receptores são encontrados em quase todos os tecidos e estão classificados na superfamília dos hormônios esteróides TR α (TR α -1, TR α -2, TR α -3) e TR β (TR β -1 e TR β -2) (YEN, 2001).

Os hormônios tireoidianos estão relacionados ao desenvolvimento, crescimento e metabolismo da maioria dos tecidos corporais (YEN, 2001). O T4 é o principal hormônio

secretado pela tireóide e é convertido em triiodotironina (T3) pela ação da tiroxina 5'-deiodinase (YEN, 2001). A maior parte de T3 é produzida fora da glândula tireoide mediante a deiodinação de T4 em células não tireoidianas (THRALL, 2012).

Os suínos submetidos ao estresse térmico tem uma redução na relação T3/T4 (56%) e na atividade hepática de deiodinase (58%). Os valores circulantes de T3 e T4 reduziram muito nos estágios iniciais ao estresse por calor, e isso sugere que nestes estágios o estresse por calor provoque uma inibição da atividade da glândula tireóide, mas na medida que o estresse por calor progride e se torna crônico, a glândula tireóide se aclimata e retoma aos valores basais de T4, apesar de T3 e a relação T3/T4 permanecerem baixas. Isso implica que há uma redução na conversão extratireóide de T4 para T3 durante o estresse por calor, e também que houve uma redução da atividade da enzima hepática *tiroxina 5'-deiodinase* que é a enzima relacionada (SANZ et al., 2015).

Além disso, os hormônios tireoidianos apresentam efeito direto sobre o útero, regulando a responsividade do órgão ao estrógeno (GARDNER et al., 1978). Isso está de acordo com um estudo conduzido por Nakao, Ono e Yoshimura (2008) no qual as análises moleculares indicaram uma ativação local dos hormônios tireoidianos desempenhando um papel crítico na regulação da reprodução sazonal em aves e mamíferos.

De acordo com Renaudeau, Noblet e Dourmad (2003) e Silva et al. (2006) existe uma relação entre as fêmeas que apresentam níveis reduzidos de T3 e T4 com a redução na produção de calor metabólico como forma de adaptação ao estresse térmico. Isso resulta inclusive em um efeito negativo sobre a mobilização de reservas corporais para produção de leite e sobre a própria síntese do leite.

A função tireoidiana reduzida foi relacionada à morte fetal ou embrionária em fêmeas suínas (BRUNSTAD; FOWLER, 1959). Por outro lado, ao se tratar marrãs com um antagonista dos hormônios tireoidianos (tiouracil) verificou-se um aumento do período

gestacional, redução de peso dos fetos ao nascimento e um aumento na mortalidade embrionária (LUCAS et al., 1958).

Na literatura científica existem relatos variados sobre o comportamento dos níveis plasmáticos de T3 e T4 durante o estresse por calor em diferentes espécies domésticas (COELHO et al., 2008). Há relatos de decréscimo das concentrações plasmáticas de T3 e T4 submetidas ao estresse por calor em algumas espécies domésticas (RENAUDEAU; NOBLET; DOURMAD, 2003; STARLING et al., 2005). Em suínos as concentrações séricas de T3 e T4 foram menores em matrizes durante o verão, com o THI médio foi entre 79,55 e 82,56 comparados com os níveis séricos desses hormônios mensurados durante o período de inverno com valores médios de THI entre 67,21 a 73,81, e este resultado foi atribuído a uma hipofunção da glândula tireóide provocada pelo estresse por calor (PATHAK et al., 2018).

1.2.7 Perfil bioquímico sérico em suínos

Os perfis bioquímicos séricos têm importantes aplicações em medicina veterinária na avaliação clínica individual, bem como na avaliação e ou monitoramento das condições nutricionais e metabólicas de um grupo de animais (GONZALEZ; SILVA, 2017). A bioquímica sérica fornece informações sobre o estado clínico e produtivo do animal, relativas à interpretação do metabolismo proteico, energético e mineral (GONZALEZ; SILVA, 2017; KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008; STOCKHAM; SCOTT, 2013; CHANG et al., 2016). Algumas características bioquímicas séricas são geneticamente controladas, de modo que fenótipos bioquímicos séricos específicos podem ser previsíveis (CHANG et al., 2016) e podem servir como indicadores produtivos e de saúde dos animais, o que motiva estudos desses aspectos para o melhoramento genético destes animais (GONZALEZ; SILVA, 2017; CHANG et al., 2016).

Na produção intensiva de suínos, os exames bioquímicos séricos são pouco solicitados, mas fornecem informações importantes sobre a saúde dos animais, a qual, conseqüentemente está relacionada ao bem-estar e a sua produtividade (PERRI et al., 2017). Portanto, a disponibilidade de um padrão contendo valores referenciais desses parâmetros é um pré-requisito essencial para permitir a avaliação (ŽVORC et al., 2006). Logo, há grande potencial para sua aplicação prática, visto que alterações nos valores bioquímicos séricos podem ocorrer em virtude de mudanças fisiológicas e metabólicas (EVANS, 1995). A interpretação correta dos resultados requer conhecimento dos limites normais de variação dos constituintes sanguíneos, que variam significativamente por fatores como manejo, nutrição, raça, idade, sexo, e estado fisiológico do animal, incluindo gestação e lactação (CARLSON, 1994; KANEKO, 2008; CHANG et al., 2016).

1.2.7.1 Proteínas totais, albumina, globulinas, ureia e creatinina

Albumina, globulinas e o fibrinogênio são as principais proteínas plasmáticas, sintetizadas principalmente pelo fígado, de modo que sua síntese está relacionada ao estado nutricional e à funcionalidade hepática do animal (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007; GONZALEZ; SILVA, 2017). As proteínas totais podem estar aumentadas por desidratação ou hemoconcentração e diminuídas por falhas hepáticas ou renais, problemas intestinais, hemorragias ou deficiências na alimentação, ou ainda na semana que antecede o parto (GONZALEZ; SILVA, 2017).

A albumina contribui com 75 a 80 % da osmolaridade plasmática (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007; GONZALEZ; SILVA, 2017). Logo, em casos de hipoalbuminemia, conseqüente à perda de pressão osmótica, há um extravazamento dos líquidos dos vasos sanguíneos para o intestício, resultando em quadros clínicos de ascites e edemas. Além disso, a albumina tem função transportadora de diversas substâncias na corrente sanguínea, como os

ácidos graxos não esterificados, metais, hormônios da tireoide e também da bilirrubina não conjugada (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007). Valores séricos podem alterar quando ocorre redução na síntese hepática ou no consumo de proteínas, desencadeando hipoalbuminemia em casos de problemas hepáticos crônicos, parasitismos intestinais, deficiência na ingestão e/ou absorção de proteínas, e no momento do parto (GONZALES; SILVA, 2017).

A concentração de globulinas obtém-se por diferença entre a dosagem de proteínas totais e de albumina. Portanto, o aumento nos valores séricos de globulinas normalmente coincide com valores de albumina reduzidos (CHANG et al., 2016). Possuem função de transporte sanguíneo de lipídeos, de bilirrubina e metais, e são consideradas indicadores de processos inflamatórios. Quando aumentadas, podem indicar doenças infecciosas ou vacinações recentes; normalmente apresentam níveis maiores em fêmeas gestantes ou em animais mais velhos (GONZALEZ; SILVA, 2017).

Há uma correlação negativa entre os níveis séricos de albumina e globulinas. Nas doenças infecciosas, por exemplo, os níveis séricos de globulina aumentam enquanto ocorre a diminuição da síntese de albumina, provavelmente na tentativa de o organismo manter os níveis totais de proteínas constantes para permanência da osmolaridade sanguínea estável (GONZALEZ; SILVA, 2017).

A ureia é sintetizada nos hepatócitos a partir da amônia originada no catabolismo dos aminoácidos e da produção de amônia no fígado. Sua excreção ocorre principalmente pela urina, e em menor grau pelo intestino e no leite. Os níveis séricos de ureia variam de acordo com o nível de proteína da dieta e do funcionamento renal (GONZALEZ; SILVA, 2017). A ureia é admitida como um dos indicadores de alterações no metabolismo dos componentes nitrogenados não proteicos (MESSER, 1995). A ureia pode aumentar com a idade, em alimentações contendo excesso de proteínas, hemorragias gastrointestinais, febre ou traumas

teciduais generalizados, uso de glicocorticóides e/ou tetraciclinas, redução do fluxo sanguíneo renal, desidratações (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007), ou insuficiência renal (MEUTEN, 2015).

A creatinina apresenta estrutura molecular em anel, proveniente da conversão de creatina e do fosfato de creatina nos músculos (MEUTEN, 2015). Os níveis de creatinina sanguíneos não são afetados por dieta, idade ou sexo; o metabolismo muscular elevado pode aumentar os níveis circulantes de creatinina (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007), bem como nos casos de atrofia muscular, podem apresentar-se diminuídos. Como é excretada via renal e não pode ser reabsorvida, os altos níveis refletem a falha na filtração ou insuficiência renal.

Se a ureia e a creatinina não estiverem sendo excretadas de forma adequada pelos rins, ambas apresentarão valores aumentados na concentração plasmática, simultaneamente; essa situação é denominada azotemia e indica redução na filtração glomerular. Situações clínicas como desidratação, insuficiência cardíaca ou choque, as falhas renais e obstruções ou rupturas no aparelho urinário podem ocasionar em aumentos séricos simultâneos de ureia e creatinina (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007; MEUTEN, 2015). Por outro lado, estas substâncias não apresentarão valores aumentados nas suas concentrações plasmáticas até que aproximadamente 75% dos néfrons já estejam afunacionais, visto que antes disso os néfrons que estão funcionais compensam aqueles, e mantêm as taxas de filtração glomerular, conseqüentemente, os valores plasmáticos mensurados de ureia e creatinina deverão estar dentro dos intervalos de referência (MEUTEN, 2015).

Avaliações de ureia e creatinina de forma associada podem se tornar uma excelente ferramenta para orientação técnica no uso excessivo de antiinflamatórios não esteroidais em granjas. Esses medicamentos são usados para tratamento de processos inflamatórios e dolorosos e desordens musculoesqueléticas, mas podem manifestar muitos efeitos colaterais como: redução do fluxo sanguíneo e da taxa de filtração glomerular, gerando falhas renais

agudas ou crônicas, síndromes nefróticas, nefrites, bem como gastrites e erosões gástricas (TOSAKA, 2017). Além disso, o estresse por calor pode alterar os fluxos de distribuição sanguínea direcionando-os para a pele em situações de estresse por calor, predispondo a problemas renais e/ou cardíacos.

1.2.7.2 AST, ALT, Fosfatase Alcalina e Gamaglutamiltransferase

De acordo com Allison (2015) o aumento da atividade enzimática no soro sanguíneo pode ser decorrente de indução da produção da enzima por algum estímulo ou por extravasamento para o espaço extracelular, e ocorre frequentemente na maioria das doenças hepáticas; a magnitude do aumento pode ser indicativa sobre os principais tipos lesões do fígado. Todavia, como várias doenças hepáticas, em especial nas doenças crônicas, resultam em colestase ou em lesão de hepatócitos, essas diferenciações podem não ser úteis (ALLISON, 2015).

A enzima Alanina aminotransferase (ALT), anteriormente denominada transaminase glutâmico-pirúvica (TGP), é uma transaminase indicadora de danos hepáticos agudos em carnívoros utilizada para avaliação em doenças hepatocelulares ou com obstrução biliar, pois tem localização citoplasmática e é liberada por hepatócitos lesados (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007). A enzima ALT não é totalmente hepatoespecífica, uma vez que a atividade sérica de ALT pode estar aumentada na degeneração ou necrose hepatocelular, como também em doença ou lesão muscular grave (SWENSON; GRAVES, 1997), sendo que o aumento está relacionado com a extensão da lesão (número de células envolvidas) e não com a gravidade da lesão; a concentração de ALT pode estar diminuída na gestação, falha renal ou nutrição inadequada (GONZALEZ; SILVA, 2017). Em suínos, equinos e ruminantes, a ALT é encontrada em pequenas concentrações nos tecidos, e por isso, ela tem pouco valor diagnóstico nesta espécie (CAMPOS et al., 2013; GONZALEZ; SILVA, 2017).

A enzima Aspartatoaminotransferase (AST) anteriormente denominada transaminase oxalacética (TGO), é usada como indicadora no diagnóstico de lesões no fígado e eventualmente nos músculos. Pode estar aumentada em casos de danos hepáticos, como também quando há exercício físico intenso, hemólise ou deficiência de vitamina E/ selênio. Klem et al. (2010) e Cooper et al. (2014) relataram que em suínos as taxas de AST demonstravam grande amplitude entre valores mínimos e máximos, (de 0 a 125U/L) e (de 13 a 111U/L), respectivamente.

A fosfatase alcalina (FA) pode ser encontrada em vários tecidos como: tecido ósseo, sistema hepato-biliar, rins, mucosa gastro-intestinal, placenta e baço (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007), sendo que a isoforma hepática predomina no plasma, e por isso é mais marcante nas doenças hepatobiliares. Em animais jovens, a concentração sérica de FA chega a ser duas a três vezes maior do que em adultos (GONZALEZ; SILVA, 2017). Em várias espécies, a FA sérica aumenta durante a gestação, em virtude das isoenzimas ósseas na corrente sanguínea provenientes da atividade dos osteoblastos na ossificação e crescimento ósseo endocondral dos fetos (VERHEYEN, 2007; STOCKHAM; SCOTT, 2013).

A gama-glutamyltransferase (GGT), também conhecida como gama-glutamyltranspeptidase, é sintetizada na maioria dos tecidos corporais e a maior parte presente no soro sanguíneo é originada do fígado, encontrando-se presente nos hepatócitos, epitélio de ductos biliares e na mucosa intestinal em baixas concentrações (ALLISON, 2015). A GGT é referida como um marcador enzimático sérico das alterações do sistema hepatobiliar que resultam em colestase (LOPES; BIONDO; SANTOS, 2007). Elevações nos níveis dessa enzima podem ser observadas em alterações dos tecidos ósseos e em casos de problemas hepáticos ou dos ductos biliares (KANEKO, 1989). De acordo com Campos et al. (2013), a elevação sérica da GGT em suínos foi relatada por Zlotowski et al. (2004) em casos de intoxicação por aflatoxicose, e por fumonisinas, segundo Pozzi et al. (2002), ambas

micotoxinas hepatotóxicas. Campos et al. (2013) sugeriram que a GGT possa apresentar melhor valor diagnóstico para suínos do que a fosfatase alcalina, conforme os resultados encontrados no seu trabalho.

1.2.8 Mortalidade de matrizes e sua relação com o estresse por calor

Há uma grande amplitude de zero a 23,5% na taxa de mortalidade de matrizes entre as granjas, que variam por vários fatores como: padrão sanitário da granja, tamanho e estrutura da granja, relação entre o número de funcionários e o número de matrizes, temperatura e umidade da região onde a granja está situada, perfil de equipamentos instalados, bem como os tipos de manejo adotados em cada propriedade (D'ALLAIRE et al., 1991; D'ALLAIRE; DROLET; BRODEUR, 1996; VEARICK et al, 2008).

Os prejuízos gerados pela mortalidade de matrizes estão relacionados com os custos de com a ração consumida pela matriz que foi a óbito, da leitegada perdida da matriz que morre no período gestacional, coma própria reposição, além dos eventuais custos com medicação, limpeza do local, tempo gasto da mão-de-obra e o custo de oportunidade (D'ALLAIRE; DROLET; BRODEUR, 1996; VEARICK et al., 2008). A produtividade do plantel também é afetada em virtude da mudança na distribuição da idade do rebanho e aumento do número de fêmeas jovens com menor produtividade (VEARICK et al., 2008).

D'Allaire, Drolet e Brodeur (1996) realizaram um trabalho associando mortalidade de matrizes e temperatura ambiente no período de um ano em vários rebanhos do Canadá e o fato da temperatura externa ter permanecido relativamente alta por dois dias consecutivos (34 °C e 33 °C) com temperaturas a noite de 23 °C nestes dias, sem um período significativo de aclimação prévia, provocou um aumento na mortalidade das matrizes.

Chagnon, D'Allaire e Drolet (1991) conduziram um estudo prospectivo sobre a mortalidade de matrizes em rebanhos comerciais no Canadá e relataram que as principais causas de mortalidade de matrizes foram: falha cardíaca (31,4%), seguida por torções ou problemas em órgãos abdominais (15,3%), cistite/pielonefrite (8%). Outras causas incluíram endometrite (6,6%), prolapsos uterinos (6,6%), pneumonia (3,6%), úlceras gástricas (3,6%).

Drolet, D'Allaire e Chagnon (1992) realizaram um trabalho observacional sobre falha cardíaca em matrizes suínas no Canadá relataram que uma maior proporção de mortalidade de insuficiência cardíaca em porcas ocorreu durante o período periparto (três dias antes ou depois do parto) e durante o verão. Como já foi discutido, o aumento da temperatura ambiente acima da zona de conforto provoca vasodilatação periférica, a fim de aumentar a circulação cutânea como meio de induzir perda de calor por mecanismos de radiação e convecção (ROBINSON, 2014; REECE et al, 2015) e isso pode ter aumentado o trabalho cardíaco.

Vearick et al. (2008) realizaram um experimento em uma unidade produtora de leitões (UPL) de 12 mil matrizes no estado de Mato Grosso, que apresentou uma taxa de mortalidade periparto de matrizes de 8,1%, que pode ser considerada alta em comparação com o histórico das taxas de mortalidade em granjas suínas de reprodução nas granjas tecnificadas brasileiras. As três principais causas desta mortalidade foram infecções gênito-urinárias (30,8%), úlcera gástrica rompida (14,1%) e fêmeas sacrificadas (14,1%). 10,3% das matrizes apresentaram problemas durante o parto e falhas cardíacas. Dentre as matrizes que morreram, o percentual que apresentou cistite, pielonefrite ou algum grau de ulceração no estômago foi de respectivamente 70,5%, 37,2% e 79,5%. Das fêmeas cuja causa da morte foi infecção urinária 54,2% tiveram cinco ou mais partos. As matrizes que morreram por úlcera gástrica apresentaram 1,8 partos em média, e 90,9% tiveram no máximo até três partos. Neste trabalho eles constataram que em dias com temperaturas superiores a 33°C houve maior número de mortes.

Dessa forma, algumas das principais causas relatadas de mortalidade de matrizes são falhas cardíacas (CHAGNON; D'ALLAIRE; DROLET, 1991) e infecções urinárias (VEARICK et al. (2008), sendo que ambas podem estar intimamente relacionadas com o estresse por calor, tão comum na produção de suínos no Brasil. O estresse térmico tem relação com as falhas cardíacas ao passo que o aumento do calor corporal provoca vasodilatação periférica e aumento do débito cardíaco para aumentar a circulação cutânea como meio de induzir perda de calor através da radiação e convecção. Quando esses mecanismos compensatórios estão sobrecarregados, pode ocorrer insuficiência miocárdica e circulatória. Os suínos são particularmente sensíveis e predispostos a esta sobrecarga em virtude da sua limitada capacidade de perda de calor por suor e também em virtude da fragilidade do seu sistema cardiovascular (THIELSCHER, 1987; CHAGNON; D'ALLAIRE; DROLET, 1991; DROLET; D'ALLAIRE; CHAGNON, 1992;.D'ALLAIRE; DROLET; BRODEUR, 1996).

As infecções urinárias também podem ocorrer em virtude de redução do fluxo sanguíneo renal durante a gestação, potencializada pela vasodilatação periférica para aumentar a circulação cutânea na tentativa de os animais realizarem trocas de calor por convecção. Os problemas locomotores também muito frequentes nas granjas brasileiras podem ter relação nestes casos, em virtude do uso indiscriminado de antiinflamatórios não esteroidais para tratamento de problemas locomotores. De acordo com Bennett, Henrich e Stoff (1996) esses medicamentos inibem as prostaglandinas, as quais teriam um efeito protetor de vasodilatação sobre os rins e manutenção de fluxo sanguíneo renal, bem como da taxa de filtração glomerular, provocando, portanto, falhas renais agudas, lesões renais crônicas, síndromes nefróticas e nefrites.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. Principais ocorrências fisiológicas nas diferentes fases da gestação em suínos, In, **Produção de Suínos – Teoria e Prática**, Associação Brasileira de Criadores de Suínos-ABCS, Integrall, Brasília, 2014. p. 379-385.
- ALLISON, R. W. Avaliação Laboratorial da Função Hepática, In: THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL T. W. (Ed.). **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**, cap. 26, 2º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. p.853–903.
- ALVARENGA, A. L. N., **Implicações da programação pré-natal sobre o desempenho subsequente, características de carcaça e qualidade de carne em suínos**. 70f. Tese de doutorado, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte - MG, Brasil, 2009.
- ALVARENGA, A. L. N.; CHIARINI-GARCIA H.; CARDEAL P. C.; MOREIRA L. P.; FOXCROFT G. R.; FONTES D. O.; ALMEIDA, F. R. Intra-uterine growth retardation affects birth weight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. **Reproduction, Fertility and Development**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 387-395, 2013. doi: 10.1071/RD12021.
- AMARAL, A. L.; MORÉS N.; BARIONI JÚNIO, W.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO F. P., SOBESTIANSKY, J.; DALLA COSTA O. A. Fatores de risco associados ao desempenho reprodutivo da fêmea suína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte: v.52, n.5. 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352000000500013>
- ASHRAE. Handbook of Fundamentals. **American Society of Heating and Refrigerating and Air-Conditioning Engineers**. Atlanta. 1985. 120p.
- ASHWORTH, C. Reproduction. KYRIAZAKIS, I.; WHITTEMORE, C.T. **Reproduction**. In: **Whittemore's Science and Practice of Pig Production**. cap 4. 3 ed. Garsington Road: Oxford, 2006, p. 104-147. <https://doi.org/10.1002/9780470995624>
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.
- BAUMGARD, L. H.; RHOADS R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, v.1, p. 311-337. 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- BENNETT, W. M.; HENRICH, W. L.; STOFF, J. S. Os efeitos renais dos anti-inflamatórios não esteróides: resumo e recomendações. **American Journal Kidney Disease**. v. 28, n.1 p. S56-562. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0272-6386\(96\)90570-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6386(96)90570-3) PMID: 8669431
- BERTOLDO, M. J., HOLYOAKE, P. K, EVANS, G., GRUPEN, C. G. Seasonal variation in the ovarian function of sows. **Reproduction, Fertility and Development**, v.24, p.822-834, 2012. doi: 10.1071/RD11249.

BLOEMHOF S, MATHUR P. K, KNOL E. F, VAN DER WAAIJ E. H. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. **Journal of Animal Science**, v.91, p. 2667-79. 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5902

BLOEMHOF, S. VAN DER WAAIJ E. H, MERKS J. W, KNOL E. F. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. In: **Journal of Animal Science**, v.86, p.3330 – 3337. 2008. DOI: 10.2527/jas.2008-0862

BODDICKER R. L.; KOLTES J.E.; FRITZ, E.; JOHNSON, J.; SEIBERT, J.T.; REECY, J. M.; NETTLETON, D.; LUCY, M.C.; SAFRANSKI, T.J.; SELSBY, J.T.; RHOADS, R.P.; GABLER, N.K.; BAUMGARD, L.H.; ROSS, J.W. **Alterations in body composition and transcriptional profile as the result of prenatal heat stress exposure in pigs.** INTERNATIONAL PLANT AND ANIMAL GENOME CONFERENCE PROCEEDINGS, San Diego, CA. 2015.

BODDICKER R. L, SEIBERT J. T, JOHNSON J. S, PEARCE S. C, SELSBY J. T, GABLER N. K, LUCY M. C, SAFRANSKI T. J, RHOADS R. P, BAUMGARD L. H, ROSS J. W. Gestational heat stress alters postnatal offspring body composition indices and metabolic parameters in pigs. **PLoS One**, v.9, n.11, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110859>

BRANDT, G.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO F.P.;HECK, A.;BONNEMANN, P. E.; GUIDONI, A. L.; UEMOTO, D. A. Efeito da temperatura corporal sobre a eficiência reprodutiva da fêmea suína. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. 1995, Blumenau, SC. Anais... Concórdia: ABRAVES, EMBRAPA Suínos e Aves, 1995. p.129.

BROWN-BRANDL, T. M. J. A.; NIENABER, H.; XIN, R. S.; GATES. A. Literature review of swine heat production. *Trans. ASAE*. 47(1) p. 259-270. 2004. <https://doi.org/10.13031/2013.15867>

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENGERG, R.A.; NIENABER, J.A. KACHMAN, S. D., Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v.71, p.253-260. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00184-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00184-1)

BRÜGEMANN, K.; GERNAND, E.; KÖNIG VON BORSTEL, U.; KÖNIG, S. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. **Archiv für Tierzucht**, v. 55, p.13–24. 2012. <https://doi.org/10.5194/aab-55-13-2012>

BRUNSTAD, G. E.; FOWLER, S. H. Thyroid status and embryonic mortality in swine. In: **American Journal of Physiology**, v. 196, p. 287-290, 1959. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1959.196.2.287> PMID:13627163

BRZEZIŃSKA-ŚLEBODZIŃSKA, E.; ŚLEBODZIŃSKI A. B. Changes in thyroxine, 3,3',5 triiodothyronine and 3,3'5'-triiodothyronine content in the thyroid gland and in serum to thyroid tissue iodothyronine ratios during ontogenesis in the fetal pig. **Acta Veterinaria Hungarica** 52 (4), p. 379–387. 2004. <https://doi.org/10.1556/AVet.52.2004.4.1> PMID:15595272

BUNFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1997.

CARLSON, P. G. Testes de química clínica. In: SMITH, B. Tratado de medicina interna de grandes animais. v. 1. São Paulo: Manole CARLSON Ltda, p. 395-423, 1994.

CAMPOS, A.G.; DANEZE, E. R.; JÚNIOR, J.A.T.; CHICOTE, S.R.M.; CÔRREA, R. R. M.; SILVA, A. A.; TERRA, S.A. Análise hematológica e bioquímica comparativa em suínos submetidos à obstrução biliar experimental. **Veterinária e Zootecnia**. v.20, n.4, p.592-603. 2013. doi: <http://189.126.110.61/rvz/article/viewFile/19888/20726>

CENTER, S. A. Interpretation of liver enzymes. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**. Anim Pract. v. 37. p.297–333. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2006.11.009>

CHAGNON, M.; D'ALLAIRE S.; DROLET R., A. Prospective study of sow mortality in breeding herds. **Canadian Journal Veterinary Research** n.55, p.180-184, 1991.

CHANG, Y-M.; HADOX, E.; SZLADOVITS, B.; GARDEN, A. O. Serum Biochemical Phenotypes in the Domestic Dog, **Plos One**, v.26, n.2, p.1-17, 2016. DOI:10.1371/journal.pone.0149650.

COELHO L. A.; SASA, A.; BICUDO, S.D.; BALIEIRO, J. C. C. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico, **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**. v.60, n.6, p.1338-1345, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000600007>

COOPER, C. A.; MORAES, L. E.; MURRAY, J. D.; OWENS S. D. Hematologic and biochemical reference intervals for specific pathogen free 6-week-old Hampshire-Yorkshire crossbred pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. p.1-5, 2014, DOI: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-5>

D'ALLAIRE, S.; DROLET, R.; BRODEUR, D. Sow mortality associated with high ambient temperatures. **Canadian Veterinary Journal**, v.37, n.4, p.237-239, 1996. PMID:8801022

DE RENSIS F.; ZIECIK, A. J.; KIRKWOOD R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments, **Theriogenology**, n.96, p.111-117, 2017. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.04.004

DEWEY, C. E.; STRAW, B. E. Herd Examination. In: Leman, A.D.; Straw, B.E.; Mengeling, W.L.; D'allaire, S.; Taylor, D. J. **Diseases of swine**. 9 ed. Ames: Iowa State University Press, 2006. p. 3-13.

DHINDSA, D.S.; DZIUK, P.J. Effect on pregnancy in the pig after killing embryos or fetuses in one uterine horn early in gestation. **Journal Animal Science**, v. 27, p.122-126, 1968. <https://doi.org/10.2527/jas1968.271122x> PMID:5637646

DIAL, G.D, W.E.; POLSON, D.D.; VAILLANCOURT J.P. Reproductive Failure: differential diagnosis. In: LEMAN, A.D. et al. **Diseases of Swine**. 7 ed. Ames: Iowa State University Press. 1992. p. 88-137.

DROLET, R., D'ALLAIRE, S., CHAGNON, M.. Some observations on cardiac failure in sows. **Canadian Veterinary Journal**, n. 33, p. 325-329, 1992.

DU PREZZ, J.H., W.H. GIESECKE AND P.J. HATTING. Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. Onderst. **Journal Veterinary Research**. v.57: p.77- 87. 1990.

DYWER, C. M.; MADGEWICK, A. J.A.; WARD, S. S.; STICKLAND, N. C. Effect of maternal undernutrition on the development of fetal myofibres in the guinea pig. **Reproduction, Fertility, and Development**. v.7, n.5: p.1285-1292. 1995.
<https://doi.org/10.1071/RD9951285>

DZIUK, P.J. Effect of migration, distribution and spacing of pig embryos on pregnancy and fetal survival. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.33 (Suppl), p.57-63, 1985.

EDWARDS, R. L.; OMTVEDT, I. T.; TURMAN, E. J.; STEPHENS, D. F.; MAHONEY, G. W. A. Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. **Journal of Animal Science**, v. 27, p. 1634-1637, 1968.
<https://doi.org/10.2527/jas1968.2761634x>

EINARSSON, S., MADEJ, A., TSUMA, V. The influence of stress on early pregnancy in the pig. **Animal Reproduction Science**, v.42, p.165-172, 1996. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(96\)01516-3](https://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01516-3)

EVANS, R. J. Porcine haemathology: reference ranges and the clinical utility of haematological examination in the pig. **Pig Journal**, v.32, p. 52-57, 1995.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

FIALHO, E.T.; OST, P.R.; OLIVEIRA, V. **Interações ambiente e nutrição – estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos**. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2001, Concórdia. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_fialho_pt.pdf acesso em 10/02/217

FOLADOR, D. **Carne suína - A importância dos estados na suinocultura brasileira**. 2012. Disponível em: <www.observasc.net.br/agriculturfamiliar/index.php/producaoanimal/ambiente/774-carne-suina-a-importancia-dos-estados-na-suinocultura-brasileira> Acesso em: 08,out. 2013.

FOXCROFT, G.R.; DIXON W.T.; DYCK, M.K.; NOVAK, S.; HARDING, J.C.S.; ALMEIDA, F.R.C.L. **Prenatal programming of postnatal development in the pig**. In:

RODRIGUEZ-MARTINEZ H.; VALLET J.L.; ZICIK A.J. (Eds). Control of Pig Reproduction VIII. 8 ed, Thrumpton: Nottingham University Press, 2009, v. 66, p. 213-231.

GARDNER, R.M.; KIRKLAND, J.L.; IRELAND, J.S.; STANCEL, G.M. Regulation of the uterine response to estrogen by thyroid hormone, **Endocrinology**, v. 103, p. 1164-1172, 1978. DOI: 10.1210/endo-103-4-1164

GARNICA, A.D.; CHAN, W. The role of the placenta in fetal nutrition and growth. *Journal of the American College of Nutrition*, v.15, n.3, p.206-222, 1996. <https://doi.org/10.1080/07315724.1996.10718591> PMID:8935436

GEISERT, R.D.; ZAVY, M.T.; MOFFATT, R.J.; BLAIR, R.M.; YELLIN, T. Embryonic steroids and the establishment of pregnancy in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility. Supplement**. v.40, p.293- 305, 1990.

GERMAIN, D. L. ST.; GALTON, V.A. The Deiodinase Family of Selenoproteins. **Thyroid**, v. 7, p. 655-668, 1997. DOI: 10.1089/thy.1997.7.655

GODFREY, K. M. Maternal regulation of fetal development and health in adult life. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v.78, p.141-150, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(98\)00060-8](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(98)00060-8)

GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Perfil bioquímico sangüíneo, **Introdução à bioquímica clínica veterinária**, cap.08, p. 463-516, 2017.

GOURDINE, J. L.; BIDANELI, J. P.; NOBLET, J.; RENAUDEAU, D. Rectal temperature of lactating sows in a tropical humid climate according to breed, parity and season. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v. 20, n. 6, p. 832-841. 2007. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.832>

GREENWOOD, P. L.; BELL, A. W.; VERCOE, P. E.; VILJOEN, G. J. **Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity**. Dordrecht: Springer, 2010. 298 p. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8>

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influence on environmental criteria. In: Yousef, M.K. (ed.). **Stress physiology in livestock**. v. 2. CRC Press. Boca Raton. 1985.

HAHN, G. L., NIENABER, J. A., DESHAZER, J. A Air Temperature Influences on Swine Performance and Behavior. St.Joseph, MI: **Applied Engineering in Agriculture ASAE**. vol.3, n 2. p. 295–302. 1987. <https://doi.org/10.13031/2013.26693>

HALES J. R.; ROWELL L. B.; KING R. B. Regional distribution of blood flow in awake heat-stressed baboons. **American Journal of Physiology**, v.237, p.705–712. 1979. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1979.237.6.H705>

HÄNNAS, M. I., Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.1-33.

HURTGEN J. P.; LEMAN, A. D., The Seasonal Breeding Pattern of Sows in Seven Confinement Herds, **Theriogenology**, Vol.16. n.5. 505-511. 1981.
[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(81\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(81)90035-2)

JAICHANSUKKIT, T.; SUWANASOPEE, T.; KOONAWOOTRITRIRON, S.; TUMMARUK, P.; ELZO, M.A . Efeito de flutuações diárias na temperatura ambiente em características de falha reprodutiva de porcas Landrace e Yorkshire sob condições ambientais tropicais tailandesas. **Tropical Animal Health and Production**, v.49, n.3, p.503-508. 2017.
<https://doi.org/10.1007/s11250-017-1221-z> PMID:28116556

JOHNSON J. S, SANZ FERNANDEZ M. V, PATIENCE J. F, ROSS J. W, GABLER N. K, LUCY M. C, SAFRANSKI T. J, RHOADS R. P, BAUMGARD L. H. Effects of in utero heat stress on postnatal body composition in pigs: II. Finishing phase. **Journal of Animal Science**. 93: p.82-92. 2015c. DOI: 10.2527/jas.2014-8355

JOHNSON J. S, SANZ FERNANDEZ M. V., GUTIERREZ N. A., PATIENCE J. F, ROSS J. W, GABLER N. K, LUCY M. C, SAFRANSKI T. J, RHOADS R. P, BAUMGARD L. H. Effects of in utero heat stress on postnatal body composition in pigs: I. Growing phase. **Journal of Animal Science**. 93:71-81. 2015b. DOI: 10.2527/jas.2014-8354

JOHNSON J. S., BODDICKER R. L., SANZ-FERNANDEZ M. V., ROSS J. W., SELSBY J. T., LUCY M. C, SAFRANSKI T. J, RHOADS R. P, BAUMGARD L. H.. Effects of mammalian in utero heat stress on adolescent body temperature. **International Journal of Hyperthermia**, v.29: p.696-702. 2013. <https://doi.org/10.3109/02656736.2013.843723>

JOHNSON, H. D.; RAGSDALE, A. C.; BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D., Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. **Research Bulletin. Missouri Agricultural. Experimental. Station**, 791p. 1962.

JOHNSON, J. S., ABUAJAMIEH, M., SANZFERNANDEZ, M. V., SEIBERT, J. T., STOAK E. S, S. K., NTEEBA, J., KEATING, A. F., ROSS, J. W., RHOADS, R. P., BAUMGARD, L. H. Thermal stress alters postabsorptive metabolism during pre-and postnatal development In:Sejian,V.,Gaughan,J.,Baumgard,L.(Eds.), **Climate Change Impact on Livestock:Adaptation and Mitigation**. Springer, India, p.61–80. 2015a.
https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_5

JOHNSON, J. S., MARTIN K. L. POLER K.G. STEWART, K. R. Effects of rapid temperature fluctuations prior to breeding on reproductive efficiency in replacement gilts. **Journal of Thermal Biology**, n.61, p. 29-37. 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.08.003> PMID:27712657

KANEKO, J. J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 6° ed., San Diego: Academic Press, 2008, 896p.

KIRK, R. K.; SVENSMARKM, B.; ELLEGAARD, L. P.; JENSEN, H. E. Locomotive disorders associated with sow mortality in Danish pig herds. **Journal of Veterinary Medicine**, v.52, n.8, p.423-428, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2005.00747.x> PMID:16176574

KLEIBER, M. **The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics**. John Wiley & Sons, New York and London, 1961. p.146–174.

KLEIN, B. G. In: **Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**, 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.

KÖHRLE, J. The deiodinase family: selenoenzymes regulating thyroid hormone availability and action. CMLS, In: **Cellular & Molecular Life Science**, v. 57, p. 1853–1863, 2000. <https://doi.org/10.1007/PL00000667>

LALONI, L.A. **Produção de leite baseada no índice de temperatura equivalente revisado para gado estabulado em semiconfinamento**. 107f. Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997. 107 p. disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257455>. Acesso em junho de 2017.

LAMBERT, G. P. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: The ‘canary in the coal mine during exercise heat-stress. **Medicine and Sport Science**, v.53: p.61–73. 2008. DOI: 10.1159/000151550

LAMBERT, G. P. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. **Journal of Animal Science Suppl.** v.87, p.101–108. 2009. DOI:10.2527/jas.2008-1339

LIDA, R.; KOKETSU, Y. Interactions between pre or postservice climatic factors, parity, and weaning-to-first-mating interval for total number of pigs born off female pigs serviced during hot and humid or cold seasons. **Journal of Animal Science**. v.92. p. 4180-4188. 2014. DOI: 10.2527/jas.2014-7636

LOPES, S.T.A.; BIONDO, A.W.; SANTOS, A. P. **Manual de Patologia Clínica Veterinária**. 3 ed. Santa Maria-RS, 2007. 107p.

LUCAS, J.J.; BRUNSTAD, G.E.; FOWLER, S.H. The relationship of altered thyroid activity to various reproductive phenomena in gilts. In: **Journal of Endocrinology**, v. 17, p. 54-62, 1958. <https://doi.org/10.1677/joe.0.0170054> PMID: 13539299

LUCY, M. C.; SAFRANSKI, T. J., Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring. **Molecular Reproduction and Development**. n. 9, v. 84, p.1–11, 2017. DOI: 10.1002/mrd.22844

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA W. P.; LIMA, K. R. S.; VAZ, R. G. M. V. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600021>

MEREDITH, M. J. Pig breeding and infertility. **Animal breeding and infertility**. Oxford: Blackwell Science, p. 278-353, 1995. 528 p.

MESSER, N. T. The use of laboratory tests in equine practice. **Veterinary Clinical. North American: Equine Practice**. v. 11, n. 3, p. 345-350, 1995. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30305-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30305-X)

MEUTEN, D. Avaliação e Interpretação Laboratorial do Sistema Urinário, In: THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL T. W. (Ed.). **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**, cap. 26, 2º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. p.668–806.

MOSTAÇO, G.M., **Determinação da temperatura retal e frequência respiratória de suínos em fase de creche por meio da temperatura da superfície corporal em câmara climática**. 2014. 111f. Thesis (Master's degree in Agricultural Systems Engineering) – “Luiz de Queiroz” School of Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, 2014.

MOURA, D. J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I. J. O (ed). **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.149-179. PMID:10451805

NÃÃS I.A.; RODRIGUES I. J. O. Qualidade do ambiente para a produção de suínos na gestação e maternidade. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**, Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 149-179. 1999.

NÃÃS, I. A. A Influência do meio ambiente na reprodução de porcas. In: **Seminário internacional de Suinocultura**, 5, São Paulo, 2000. Anais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.141-152.

NAKAO, N.; ONO, H.; YOSHIMURA, T. Thyroid hormones and seasonal reproductive neuroendocrine interactions. **Reproduction**, v. 136, p. 1-8, 2008. <https://doi.org/10.1530/REP-08-0041> PMID:18515309

OMTVEDT I. T.; NELSON R. E.; EDWARDS R. L.; STEPHENS D. F.; TURMAN E. J. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. **Journal of Animal Science**, v.32, p.312-317, 1971. <https://doi.org/10.2527/jas1971.322312x> PMID:5543028

PADILHA, J. B.; GROFF, P. M.; TURMINA, R.; TEIXEIRA, P. P. M., Mortalidade Embrionária e Fetal em Suínos: Uma Revisão. **Nucleus Animalium**, v.9, n.1, p.7-16, 2017.

PALENCIA, J. Y. P. **Estudo da miogênese fetal de suínos em diferentes períodos gestacionais**. 71f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2015,

PANZARDI, A.; MELLAGI, A.P.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Eventos cronológicos da gestação: da deposição dos espermatozoides no trato reprodutivo feminino ao desenvolvimento dos fetos. In: BORTOLOZZO, F. P.; WENTZ, I. **Suinocultura em ação: a fêmea suína gestante**. 4. ed. Porto Alegre: UFRS, p. 43-71, 2007.

PATHAK, P. K.; ROYCHOUDHURY, R.; SAHARIA, J.; BORAH, M. C.; DUTTA, D.J.; BHUYAN, R.; KALITA, D. Impact of seasonal thermal stress on physiological and blood biochemical parameters in pigs under different dietary energy levels. **Tropical Animal Health and Production**. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1526-6>

PELTONIEMI, O. A. T.; LOVE, R. J.; HEINOMEN, M.; TUOVINEN, V.; SALONIEMI, H. Seasonal and management effects on fertility of the sow: a descriptive study. **Animal Reproduction Science**, v.55, p.47-61, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00159-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00159-6)

PERDOMO, C. C.; FERNANDES, L. C. O.; GUIDONI, A. L.; FIALHO, F. B. Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.691-699, abr. 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000400022>

PÈRE, M.C. Materno-foetal exchanges and utilization of nutrients by the foetus: comparison between species. I **Reproduction, Nutrition, Development**, v.43, p.1-15, 2003. <https://doi.org/10.1051/rnd:2003002> PMID:12785446

PÈRE, M.C.; ETIENNE, M. Uterine blood flow in sows: effects of pregnancy stage and litter size. **Reproduction, Nutrition, Development.**, v.40, p.369-382, 2000. <https://doi.org/10.1051/rnd:2000105> PMID:11081664

PERRI, A. M.; O'SULLIVAN, T. L.; HARDING, J. C.; WOOD, R. D. Friendship RM Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. **Canadian Veterinary Journal**. v.58, n.4, p.371-376. 2017. PMID: 28373729

POZZI, C.R.; ARCANO, J.R.P.; ARCANO JÚNIOR, I.; FAGUNDES, H.; CORRÊA, B. Aspectos relacionados à ocorrência e mecanismo de ação de fumonisinas. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p.901-907, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000500026>

QUINIOU, N., RENAUDEAU, D., DUOIS, S., NOBLET, J., Effect of diurnal fluctuating high ambient temperatures on performance and feeding behavior of multiparous lactating sows. **Animal Science**, v.71, n.3, p.571-575. 2005. <https://doi.org/10.1017/S135772980005534X>

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of High Ambient Temperatures on Pperformance of Multiparous Lacting Sows. **Journal of Animal Science**. v.77, n.8, p.2124-2134. 1999. <https://doi.org/10.2527/1999.7782124x> PMID:10461991

RAZDAN, P.; MWANZA, A. M.; KINDAHL, H.; HULTEN, F. EINARSSON, S. Impact of postovulatory food deprivation on the ova transport, hormonal profiles and metabolic changes in sows. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 42, n. 1, p. 45-55, 2001. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-42-45> PMID:11455901 PMCID:PMC2202345

REECE, W. O.; ERICKSON, H. H.; GOFF, J. P.; UEMURA, E. E.; **Dukes' Physiology of Domestic Animals**. Wiley-Blackwell, Oxford. 13 ed. 2015.

RENAUDEAU, D., NOBLET, J., DOURMAD, J. Y., Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. **Journal of Animal Science** v.81, 217-231. 2003.

REYNOLDS, L. P.; BOROWICZ, P. P.; VONNAHME, K. A.; JOHNSON, M. L.; GRAZUL-BILSKA, A.T.; WALLACE, J. M.; CATON, J. S.; REDMER, D. A. Animal models of placental angiogenesis. **Placenta**, v. 26, p. 689-708, 2005.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico, In: REECE, W. O. (Ed.) **Fisiologia dos Animais Domésticos**, 12^o ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2006, p. 897-908.

ROBINSON, N. E, Termorregulação, in: CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**, Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 4^a ed. Cap. 53. 2014. 1420-1447p.

ROSS J. W., HALE B. J, GABLER N. K., RHOADS R. P., KEATING A. F., BAUMGARD L. H.. Physiological consequences of heat stress in pigs. **Animal Production Science**, v.55, n.11, 2015. DOI: 10.1071/AN15267

ROSS, J. W.; HALE B. J.; SEIBERT, J. T.; ROMOSER, M. R.; ADUR, A. M.; KEATING, A. F.; BAUMGARD, L. H. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs. **Molecular Reproduction & Development**, Review Article, 2017. doi: [10.1002/mrd.22859]

SANZ, M. V.; JOHNSON, J. S.; ABUAJAMIEH, M.; STOAKES, S. K.; SEIBERT, J. T.; COX, L.; KAHL, S.; ELSASSER, T. H.; ROSS J. V.; ISOM S. C. Effects of heat stress on carbohydrate and lipid metabolism in growing pigs. **Physiological Reports**, v.3, n.2, 2015, doi: 10.14814/phy2.12315

SARTOR, F. I, JACOBSON, R. G. S., KOHAYAGAWA, A., MACHADO, M. A., CURI, P. S. Determinações bioquímicas de fosfatase alcalina, aspartatoaminotransferase, alanino aminotransferase, proteínas totais, albumina e bilirrubina total e direta no soro de equínos da raça quarto de milha. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 37, n. 3, p. 229-239, 1985.

SARUBBI, J.; ROSSI, L. A.; MOURA, D. J.; OLIVEIRA, R. A.; MAIA, A. P. A. Nocturnal thermal comfort in facilities for growing swine. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p.1034-1040, 2012.

SWENSON, C. L.; GRAVES, T. K. Absence of liver specificity for canine alanine aminotransferase (ALT). **Veterinary Clinical Pathology**, v.26: p.26–28. 1997.

SILVA, B. A. N. Nutrição de Fêmeas Suínas de Alta Performance Reprodutiva nos Trópicos. **Suínos & Cia**, v. 7, n. 37, p. 10-35. 2010.

SILVA, B. A. N.; NOBLET, J.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J. L.; PRIMOT, Y.; RENAUDEAU, D. Effects of dietary protein concentration and amino acid supplementation on the feeding behavior of multiparous lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, vol. 87, p.2104-2112. 2009a <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1332> PMID:19213717

SILVA, B. A. N.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERNANDES, H. C.; LIMA, A. L.; RENAUDEAU, D.; NOBLET, J. Effect of floor cooling and dietary amino acids content on performance and behaviour of lactating primiparous sows during summer. **Livestock Science**, 120, p.25–34. 2009b. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.015>

SILVEIRA, P. R. S. Fatores que interferem na taxa de parição em rebanhos suínos. **Revista Brasileira Reprodução Animal**. Belo Horizonte, v.31, n.1, p.32-37. 2007.

SOMMERFELT I. M.; REMPEL C. Efeito da temperatura do ambiente sobre a gestação de fêmeas suínas e impactos econômicos relacionados, **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.9, n.3, p. 450-464. 2015.

SOUSA P.; NÃÃS I. A., Uso de condicionamento ambiental para matrizes suínas em gestação. **Brasilian Journal Vererinary**, São Paulo, v. 42, n.3, p. 216-221. 2005.
<https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2005.26435>

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola. Tese Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SOUZA, C. A. **Ovulação e Desenvolvimento Uterino, Placentário e Fetal em Marras Gestantes Tratadas com Tiroxina**. Dissertação apresentada no curso de Mestrado em Medicina Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, UFMG, 2009.

STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; NEGRÃO, J.A.; MAIA, A. S. C.; BUENO, A. R.. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.34, p.2064-2063, 2005.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600032>

STOCKHAM S.L, SCOTT M.A. **Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology**: Wiley-Blackwell; 2013. 729p.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by U.S. livestock industries. In: **Journal of Dairy Science**, v.86. p.52-77. 2003.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5)

STROBAND, H.W.; VAN DER LENDE, T. Embryonic and uterine development during early pregnancy in pigs. **Journal Reproduction Fertility**, v.40(Suppl), p.261-277, 1990.

SURIYASOMBOON, A.; LUNDEHEIM, N.; KUNAVONGKRIT, A.; EINARSSON, S. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. In: **Theriogenology**. New York. v.65, n.3, p.606-628. 2006. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2005.06.005 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005>

TEAGUE, H. S., ROLLER, W. L., GRIFO, H. P. Influence of high temperature and humidity on reproductive performance of swine. **Journal of Animal Science**, v.27, p.408, 1968.
<https://doi.org/10.2527/jas1968.272408x>

THIELSCHER, H. H. The pig's heart a problem of pathophysiology. **Pro Veterinario** 3: 12, 1987;

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.
<https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

THRALL, M.A. Veterinary hematology and clinical chemistry. 2nd ed. ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012.

TOSAKA, A. C. Antiinflamatórios não esteroidais, in: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. 7º ed., Guanabara Koogan, 2017. 972p.

TURAN, S.; ABERDEEN G. W.; THOMPSON L. P., Chronic hypoxia alters maternal uterine and fetal hemodynamics in the full-term pregnant guinea pig. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**. v.313 n.4 p.330-339. 2017. doi: 10.1152/ajpregu.00056.2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), 2017. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/topCountriesByCommodity#chart28>. Acesso em: 29 de julho de 2017.

VAN DERLENDE, T.; VAN RANS, B. T. T. M. Critical periods for foetal mortality in gilts identified by analysing the length distribution of mummified foetuses and frequency of non-fresh stillborn piglets. **Animal Reproduction Science**, v. 75, p.141-150, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00229-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00229-4)

VEARICK, G.; MELLAGI, A. P. G.; BORTOLOZZO, F. P.; WENTZ, I.; BERNARDI, M.L., Archives of Veterinary Science, Causes of mortality in swine fetal, **Archives of Veterinary Science**, v.13, n.2, p.126-132. 2008.

VERHEYEN A. J. M.; MAES, D. G. D.; MATEUSENA, B.; DEPREZ, P.; JANSSENS, G. P. J.; LANGE, L. COUNOTTE, G. Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows, **The Veterinary Journal**, v. 174, p. 92–98, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.04.001> PMID:16723263

WATANABE, M.; YASUO, S.; WATANABE, T.; et al. Photoperiodic regulation of type 2 deiodinase gene in djungarian hamster: Possible homologies between avian and mammalian photoperiodic regulation. In: **Endocrinology**, v. 145, p. 1546-1549, 2004. <https://doi.org/10.1210/en.2003-1593> PMID:14726436

WEGNER, K.; LAMBERTZ, C. DAS G, REINER G, GAULY M. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. **Animal Science Journal**, v.11. p.1334-1339. 2016. <https://doi.org/10.1111/asj.12569> PMID:26989052

WEGNER, K.; LAMBERTZ, C. DAŞ G.; REINER, G.; GAULY, M. Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. **Animal Science Journal**. v. 8, p.1525–1533. 2014

WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P.; BRANDT, G.; HECK, A.; BENNEMANN, P.E.; GUIDON, A. L.; UEMOTO, D.A. A hipertermia durante o estro pode afetar o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas. **Ciência Rural**. v.31, n.4, p.651-656. 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400015>

WETTEMANN, R. P.; BAZER, F. W. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, Suppl. v.33, p.199-208, 1985.

WETTEMANN, R. P.; BAZER, F. W.; THATCHER, W. W. Conceptus development, uterine response, blood gases and endocrine function of gilts exposed to increased ambient temperature. **Theriogenology** v.30, p.57-74, 1988. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90263-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90263-4)

YEN, P.M. Physiological and molecular basis of thyroid hormone action. In: **The American Physiological Society**, v. 81, p. 1097-1142, 2001.

ZANARDO, J. A. **Desempenho reprodutivo de varrões e matrizes suínas de diferentes linhagens durante as estações do ano**. Tese (doutorado), Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Brasil, 2016.

ZHAO, Y.; LIU, X.; MO, D.; CHEN, Q.; CHEN, Y. Analysis of reasons for sow culling and seasonal effects on reproductive disorders in Southern China. **Animal Reproduction Science**. v.159. p.191-197. 2015. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2015.06.018

ZLOTOWSKI, P.; CORRÊA, A.M.R.; ROZZA, D.B.; DRIEMEIER, D.; MALLMANN, C.A.; MIGLIAVACCA, F.A. Surto de aflatoxicose em suínos no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 24, p.4, p.207-210, 2004.

ŽVORC, Z., V.; MRLJAK, V.; SUŠIĆ, V.; E GOTAL, J. P., Haematological and biochemical parameters during pregnancy and lactation in sows. **Veterinarski Arhiv**, 76, p. 245-253, 2006.

CAPÍTULO 2 - Perfil bioquímico sérico de matrizes suínas de um rebanho comercial em diferentes estágios de gestação

Gabriel Labeca F. N. Borges ⁽¹⁾; Quintiliano S. S. Nomelini ⁽²⁾; Renata Lima De Miranda ⁽³⁾; Cinthia Pereira Marques ⁽¹⁾; Maurício Machaim Franco ⁽⁵⁾; Robson Carlos Antunes ⁽⁴⁾; Antonio Vicente Mundim ⁽⁴⁾.

1. Curso de Medicina Veterinária, Centro Universitário do Triângulo, Av. Nicomedes Alves dos Santos, 4545, Bairro Gávea, 38411-106, Uberlândia- MG, e aluno do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, correspondência: labeca_g@yahoo.com.br
2. Departamento de Estatística, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, 38408-100, Uberlândia- MG.
3. Hospital Veterinário - Universidade Federal de Uberlândia, Av Mato Grosso 3225, Umuarama, Uberlândia, MG.
4. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, R Ceará, S/N, 38400-902, Uberlândia-MG.
5. Embrapa, Recursos Genéticos e Biotecnologia - Cenargen, Laboratório de Reprodução Animal, Brasília, DF, Brasil

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the influence of gestation phase on swine matrices serum biochemical profile in a commercial herd. The study was conducted at a commercial swine farm of complete production cycle, which houses 1700 matrices, in Santa Vitória – MG, Brazil. Sixty productive matrices were selected based on birth order (zero to five). All matrices received the same feed. The blood sample were obtained from each sow at three different moments: early pregnancy, between three to eight days after mating (t1); mid pregnancy, from days 35 to 40 (t2); and late pregnancy, from days 100 to 105 (t3). Samples were shipped in isothermal box to the Veterinary Clinical Laboratory of the Federal University of Uberlândia. After samples centrifugation, the serum was harvested and processed in the automated biochemical analyzer ChemWell for obtaining values of total protein, albumin, globulins, blood urea nitrogen (BUN), creatinine, triglyceride, alkaline phosphatase, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) and gamma glutamiltransferase (GGT). Values of each biochemical parameter at the different gestation phases were compared using ANOVA in a completely randomized design. When comparing variables between collection moments, total proteins and globulins levels were higher at early pregnancy (t1) ($p < 0.05$). Albumin, BUN creatinine and album/globulin ratio values increased throughout pregnancy ($t1 > t2 > t3$) ($p < 0.05$). The GGT and triglyceride levels showed higher concentrations in late pregnancy stage (t3) ($p < 0.05$). The lowest values for alkaline phosphatase activity were observed at early pregnancy ($p < 0.05$) ($p < 0,05$). The highest values

for ALT activity were detected only at early pregnancy ($p < 0.05$). The results for AST did not vary among collection moments ($t_1 = t_2 = t_3$) ($p > 0.05$). In conclusion, physiological particularities of swine reproducers at the three different gestation phases interfere on serum biochemical profile, which provides information on matrices health.

INDEX TERMS: Veterinary Clinical; Management of swine matrices; Health of swine; Death of sows

RESUMO - Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da fase da gestação no perfil bioquímico sérico de matrizes suínas em um rebanho comercial. O trabalho foi realizado em uma granja ciclo completo que aloja 1700 matrizes no município de Santa Vitória – MG, Brasil. Foram selecionadas 60 matrizes em produção com ordem de parto zero a cinco, e todas elas foram tratadas com a mesma ração. Foram coletadas amostras de sangue de cada matriz em três momentos diferentes: com três a oito dias da cobertura (t_1), do 35° ao 40° dia de gestação (t_2) e do 100° ao 105° dia de gestação (t_3). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório Clínico Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia. Após a separação do soro, foram processadas em analisador automático ChemWell para obtenção dos valores de proteína total, albumina, globulinas, ureia, creatinina, triglicérides, fosfatase alcalina, alanina aminotransferase (ALT), Aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamiltransferase (GGT). Para comparar os valores de cada parâmetro bioquímico nos diferentes momentos da gestação foi realizada uma análise de variância em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Observou-se que as proteínas totais e as globulinas foram maiores no início da gestação ($p < 0,05$). A albumina, ureia creatinina e a relação albumina/globulina apresentaram valores crescentes durante a gestação ($t_1 > t_2 > t_3$) ($p < 0,05$). Os valores de GGT e triglicérides apresentaram as maiores concentrações no final da gestação ($p < 0,05$). A enzima fosfatase alcalina apresentou seus menores valores no início da gestação ($p < 0,05$), e a enzima ALT teve seus maiores valores no início da gestação ($p < 0,05$). Os resultados de AST não variaram entre as coletas. Concluiu-se que as particularidades fisiológicas das reprodutoras suínas nas três diferentes fases da gestação influenciam no perfil bioquímico sérico e fornecem informações sobre a saúde das matrizes.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: bioquímica clínica, manejo de matrizes, sanidade de matrizes suínas, mortalidade de reprodutoras suínas.

2.1 Introdução

Os perfis bioquímicos séricos podem ser utilizados em medicina veterinária tanto para avaliação clínica individual, como também para avaliar e/ou monitorar as condições nutricionais e metabólicas de um grupo de animais (Gonzalez; Silva, 2017). Quando interpretada adequadamente, a bioquímica sérica fornece informações sobre o estado clínico e produtivo de um animal. Também é indicadora de processos adaptativos do organismo no metabolismo energético, protéico e mineral, além de fornecer subsídios na interpretação do funcionamento renal e hepático (Gonzalez; Silva, 2017; Kaneko; Harvey; Bruss, 2008; Stockham; Scott, 2013). Alguns metabólitos podem servir como indicadores produtivos e reprodutivos dos animais, e motivam estudos na área de melhoramento animal por se acreditar que podem estar controlados geneticamente (Gonzalez; Silva, 2017; Thrall, 2012; Chang et al., 2016).

Na produção de suínos, os exames bioquímicos séricos são pouco solicitados, contudo, a determinação de parâmetros bioquímicos é importante para a conexão entre a produtividade, o bem estar animal e o estado de saúde dos animais. Logo, há grande potencial para seu uso, visto que alterações nos valores bioquímicos podem ocorrer em virtude de mudanças fisiológicas e metabólicas (Evans, 1995). A interpretação correta dos resultados requer conhecimento dos limites normais de variação dos constituintes sanguíneos, que variam por diversos fatores como: raça, idade, sexo, nutrição, manejo, e estado fisiológico do animal, incluindo gestação e lactação (Carlson, 1994; Kaneko; Harvey; Bruss, 2008; Chang et al., 2016). Além disso, a disponibilidade de valores de referência para avaliação dos parâmetros bioquímicos é essencial para a interpretação dos resultados (Žvorc, et al., 2006).

Como as reprodutoras suínas ficam no setor de reprodução desde o desmame até o 110º dia de gestação, normalmente no Brasil assim que desmamadas as matrizes retornam ao setor de reprodução com médias de cinco dias de intervalo entre o desmame e a inseminação. Portanto, pode-se afirmar que elas passam aproximadamente 80% da sua vida produtiva no setor de reprodução e por isso essa fase demanda uma importante atenção conforme afirmam Bortolozzo et al., (2007) e Padilha et al., (2017). Entretanto, existem poucos trabalhos sobre parâmetros bioquímicos séricos em porcas durante a gestação. Tais valores são essenciais para interpretação do metabolismo e da fisiologia nos diferentes estágios desta fase, considerando a diversidade de práticas de manejo aplicadas atualmente na produção comercial de suínos.

Estima-se que 30 a 50% das matrizes aproximadamente são descartadas dos plantéis antes de desmamarem três leitegadas. Um dos principais motivos dessa remoção involuntária de fêmeas do plantel é a mortalidade de matrizes jovens (Pinilla; Lecznieski, 2010).

Bennerman et al. (2011) e Vearick et al. (2008) afirmam que os problemas urinários são a principal causa de mortalidade de matrizes e normalmente as maiores taxas de mortalidade das reprodutoras são registradas em granjas maiores em virtude do menor número de funcionários por fêmea. Nesse sentido, o monitoramento da função renal das fêmeas pela bioquímica sérica de ureia e creatinina, associada à compreensão dos valores séricos de proteínas totais, globulinas, albumina e da relação albumina/globulinas oferecem aos veterinários um importante suporte para monitorar as atividades do sistema renal. Essas avaliações também podem servir como suporte para orientação nutricional, de manejo em relação à necessidade de estimular as matrizes a urinar e a beberem mais água, e até quanto ao ajuste da relação número de funcionários por matriz, a fim de se reduzir a mortalidade desses animais nos planteis.

Atualmente não há padrões para a medicina animal que considerem as especificidades fisiológicas de cada fase de produção dos suínos. Além disso, a evolução rápida e constante no melhoramento genético não é acompanhada por estudos de bioquímica clínica. Então, este importante instrumento de auxílio à compreensão do metabolismo, da fisiologia, do estado de saúde e nutricional fica defasado para a espécie suína quando se trata de produção intensiva.

Sendo assim, objetivou-se neste estudo avaliar a influência da fase da gestação no perfil bioquímico sérico de matrizes suínas em um rebanho comercial e correlacionar seus valores com os manejos adotados na granja.

2.2 Material e métodos

O presente estudo foi realizado em uma granja comercial de ciclo completo que aloja 1800 matrizes comerciais híbridas cruzadas Large White X Landrace no município de Santa Vitória – MG, Brasil, que possui 15 funcionários exclusivos para a reprodução (reposição, gestação e maternidade). Foram selecionadas 60 matrizes em produção com ordem de parição variando de zero a cinco. Em todas as fases da gestação as matrizes foram tratadas com a mesma ração. Até os 40 dias de gestação receberam 2,0kg de ração de gestação uma vez ao dia. Dos 41 aos 85 dias de gestação as fêmeas foram alimentadas com 1,9 a 2,3kg ao dia, a fim de se realizar os ajustes de escore corporal. No final da gestação, dos 86 aos 110 dias, as matrizes receberam 3,0 kg de ração. A mesma ração foi fornecida por todo período de gestação e com 3.237,97 Kcal de energia metabolizável por kg; 16,82% de proteína bruta; 3,67% de gordura bruta; 3,96% de fibra bruta; 4,89% de cinzas; 0,9% de cálcio; 0,49 de fósforo total.

Desenho experimental

Foram realizadas três coletas de sangue em cada matriz, das 60 matrizes selecionadas, em três diferentes estágios da gestação, perfazendo um total de 180 amostras coletadas. A primeira foi realizada em novembro de 2015 com matrizes de três a oito dias da cobertura (t1). A segunda coleta foi realizada em dezembro, quando as fêmeas estavam entre 35 e 40 dias de gestação (t2). A terceira coleta foi realizada nestas mesmas fêmeas cerca de 60 dias após a segunda coleta, quando as matrizes estavam entre o 100° a 105° dia de gestação (t3). As coletas foram realizadas pelo pesquisador e pela equipe da granja em horário padrão das 13:30 às 16:00. A temperatura média e a umidade durante esse período foram aferidas por dois *data-loggers Instrutherm HT 500*, instalados 30 cm acima das porcas, com leituras a cada 30 minutos durante todo o experimento. E nos dias de coletas de sangue também foram colhidos os dados de temperatura desses equipamentos.

Fase pré-analítica: coletas de sangue, envase e aliquotagem

A coleta foi realizada com agulhas hipodérmicas descartáveis de 40 x 1,2mm, utilizou-se sempre uma agulha por matriz, após a contenção do animal por meio do cachimbo de corda conforme Gurnet (2014). Foram coletados em cada momento 5 a 8 mL de sangue de cada matriz em seringas descartáveis de 20 mL (BD Plastpak) por punção da veia jugular. As fêmeas foram identificadas nas suas fichas na frente de cada Box e tinham informações como a ordem de parição, frequência de alimentação, além de informações reprodutivas quanto a repetição de cio, número de leitões nascidos em cada parto, e informações relativas a possíveis medicações.

Imediatamente após a coleta as amostras de sangue foram transferidas para tubos à vácuo, contendo gel separador e ativador de coágulo, identificadas, acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo reciclável e transportadas para o Laboratório Clínico do Hospital Veterinário (LCHV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Verificado a completa coagulação do sangue, as amostras foram centrifugadas (Centrífuga Excelsa Baby I Modelo 206 – FANEM) a 720 x g durante cinco minutos e os soros obtidos foram armazenados em microtubos de polietileno identificados. As amostras foram congeladas a -20°C, então todas foram analisadas em conjunto.

Bioquímica sérica

Os diferentes parâmetros bioquímicos séricos mensurados, bem como suas respectivas unidades e seus métodos de análise estão apresentados na Tabela 1. Estas análises bioquímicas foram processadas em analisador automático multicanal Chemwell previamente

calibrado e aferido com soro controle (GT Lab®, Belo Horizonte, MG, Brasil), à temperatura de 37° C.

Tabela 1. Metodologias utilizadas nas análises bioquímicas séricas.

Parâmetro bioquímico	Método
Proteínas totais	Método do biureto GT LAB LT: 000213
Albumina	Método verde de bromocresol GT LAB LT: 000213
Globulinas	Calculada pela diferença entre as proteínas totais e albumina
Relação A/G	Calculada pela relação entre albuminas e globulinas
Creatinina	Método do picrato alcalino GT LAB LT: 001115
Ureia	Método urease - cinético UV GT LAB LT: A00115
Alanina aminotransferase	Método cinético IFCC UV LT: 000115
Fosfatase alcalina	Método Bowers e McComb modificado GT LAB LT: 001215
Gama glutamiltransferase	Método Szasz modificado LT: 04S22A
Aspartato aminotransferase	Método cinético IFCC UV LT: 000115
Triglicérides	Calorimétrico GPO/PAP GT LAB LT: A01015

IFCC= International Federation of Clinical Chemistry UV= ultravioleta
 Relação A/G: Relação albumina/globulinas

Análise estatística

Para comparar os valores de cada parâmetro bioquímico sérico nos diferentes momentos da gestação foi realizado um estudo de análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), de modo que os diferentes tempos de coleta (t1, t2 e t3) foram os tratamentos. O número de matrizes das quais foram coletadas as amostras sanguíneas foram as repetições. O estudo descritivo relacionada aos períodos de avaliação (t1, t2 e t3) foi verificado para cada variável se seguiam distribuição normal, verificado pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). A estes foi realizado a estimação intervalar das médias amostrais a partir de um intervalo de confiança para média com aproximação a uma distribuição normal. Nos casos em que não foi observada a normalidade dos dados (distribuições assimétricas) estimou-se a mediana e o intervalo de confiança para mediana. Uma aproximação para o intervalo de confiança de $1-\alpha$ para a mediana foi estimado pelo método de interpolação de Hettmansperger e Sheather (1986). As análises foram realizadas utilizando o software R: (A Language and Environment for Statistical Computing 2015) disponível em www.r-project.org.

Para as variáveis gama-glutamiltransferase e triglicérides, a pressuposição de normalidade dos resíduos não foi satisfeita, assim, os dados precisaram ser transformados em log, e posteriormente submetidos à significância do teste F da análise de variância e comparação múltipla pelo teste de Tukey com 5% de significância. Para as demais variáveis que mesmo após transformações não atenderam as pressuposições de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal Wallis, com 5% de significância.

2.3 Resultados e Discussão

A média da temperatura e da umidade relativa registradas durante o intervalo de t1, quando os aparelhos *data-loggers* foram instalados, até t2 foi 26,8°C e 78,3% respectivamente. Entre t2 e t3 a média da temperatura e umidade relativa foram 26,6°C e 82,6% respectivamente. Os valores mensurados pelos *data loggers* permitiram concluir que não houve grande variação de temperatura e umidade entre os períodos de t1 para t2 quando comparados com o período de t2 para t3. Portanto, a temperatura e umidade não foram variáveis que interferiram nos parâmetros bioquímicos nas diferentes fases da gestação deste estudo.

Nas comparações das variáveis entre as coletas observou-se que as proteínas totais e as globulinas foram maiores no início da gestação (t1) em comparação com t2 e t3 ($p < 0,05$). Já a albumina, ureia e creatinina apresentaram valores crescentes durante a gestação ($t1 > t2 > t3$), de modo que alcançaram seus maiores valores no final da gestação ($p < 0,05$). A relação albumina/globulinas foi menor do que um (< 1) nas três coletas e aumentou com a evolução da gestação. A enzima GGT e os triglicérides apresentaram distribuição normal e obtiveram concentrações maiores no período final da gestação (t3) ($p < 0,05$). A enzima fosfatase alcalina teve seus menores valores no início da gestação (t1) depois manteve concentrações semelhantes em t2 e t3 ($p < 0,05$), ao contrário da enzima ALT que apresentou seus maiores valores no início da gestação ($p < 0,05$). Os resultados de AST não variaram entre as coletas ($t1 = t2 = t3$) ($p > 0,05$). Esses resultados podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2. Valores das médias ou medianas dos parâmetros bioquímicos séricos de matrizes suínas em função das épocas de avaliação da gestação, incluindo as pressuposições do modelo em DIC.

Parâmetros bioquímicos	Unidade	t1 3°-8° dia	t2 35°-40° dia	t3 100°-105° dia	p-valor	Pressuposições DIC		
						<i>W</i>	<i>L</i>	<i>DW</i>
Proteínas Totais	g/dL	8,08 a	7,63 b	7,68 b	0,018	0,89	6,69	1,72
Albumina	g/dL	3,44 c	3,57 b	3,71 a	<0,001	0,87	4,26	1,70
Globulina	g/dL	4,61 a	4,14 b	3,92 b	<0,01	0,93	5,10	1,81
Relação A/G	g/dL	0,74 c	0,84 b	0,97 a	<0,01	0,62	0,56	1,91
Ureia	mg/dL	24,60 c	26,80 b	43,00 a	<0,001	0,97	7,89	2,25
Creatinina	mg/dL	1,42 c	1,58 b	2,21 a	<0,001	0,93	2,90	2,22
GGT ¹	U/L	34,0 ab	29,98 b	36,07 a	0,046	0,98	2,74	2,34
Fosfatase alcalina	U/L	110,3 b	123,30 a	132,10 a	0,031	0,84	0,90	2,06
AST	U/L	48,5 a	49,00 a	52,00 a	0,762	0,23	1,86	2,04
ALT	U/L	71,20 a	39,65 b	41,43 b	0,006	0,54	5,60	1,68
Triglicérides ¹	mg/dL	55,62 b	57,48 b	73,11 a	0,002	0,99	0,07	2,00

Média de GGT e triglicérides seguidas por letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de significância, nas demais pelo teste de Kruskal Wallis; *W*, *L*, *DW*: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, Levene para homogeneidade de variâncias e Durbin-Watson para independência dos resíduos, respectivamente; Valores em negrito indicam resíduos normalmente distribuídos e independentes e variâncias homogêneas ao nível de 0,05 de significância; ¹ Transformação raiz quadrada para aplicação da análise de variância e p-valor do teste F.

Ao se comparar os dados bioquímicos séricos deste estudo com aqueles reportados na literatura foram consideradas as diferenças nos modelos de estudo, das técnicas analíticas (Verheyen, 2007) e dos manejos adotados.

O valor médio de proteínas totais deste trabalho na terceira fase da gestação condiz com o encontrado no estudo de Verheyen et al. (2007) ao avaliarem matrizes suínas aos 95 dias de gestação. Esses valores estão dentro do intervalo de (6,40 a 8,40 g/dL) obtido por Elbers (1994) para matrizes de quatro a cinco semanas de gestação, e de (6,5 a 9,0g/dL) descritos por Friendship et al. (1984) em fêmeas suínas reprodutoras de forma aleatória. Já Cooper et al. (2014) descreveram valores de albumina abaixo da faixa encontrada nesta pesquisa (3,1 a 4,8g/dL) porque esses autores trabalharam com leitões de 6 semanas de idade, o que deixa clara a diferença entre os valores da bioquímica sérica por categoria na espécie suína. Neste estudo detectou-se ainda uma redução simultânea das proteínas totais e das globulinas em t2 e t3 comparadas ao início da gestação (t1) ($p<0,05$). Verheyen et al. (2007) também relatam essa redução concomitante no final da gestação e atribuíram esse fato ao estresse fisiológico das fêmeas e justificam a redução das proteínas totais em função da redução das globulinas séricas.

A concentração de albumina em todas as três coletas do presente estudo manteve-se na faixa de valores propostos por Elbers (1994) (2,81 a 3,95g/dL) e por Friendship et al. (1984) (3,1 a 4,3g/dL). Por outro lado, nesta pesquisa foi observada uma elevação nas concentrações de albumina com o avanço da gestação ($p<0,05$). O aumento da albumina pode estar associado à desidratação (Gonzalez; Silva, 2017), o que se justifica pelo fato da fêmea mobilizar líquidos para a placenta e da sua necessidade de recuperar esse líquido pela ingestão de água. Além disso, como as fêmeas são mantidas em gaiolas durante toda gestação, elas tendem a ficar muito tempo deitadas e, conseqüentemente, consomem pouca água em relação a sua demanda. Por isso, um manejo que pode ser indicado neste caso seria uma rotina em levantar essas fêmeas pelo menos quatro vezes ao dia, induzindo elas a consumirem mais água e a urinarem com mais frequência.

A albumina é a principal proteína de transporte plasmático (Gurr et al., 2002). Ela é um importante carreador de ácidos graxos de cadeia longa na corrente sanguínea, formando os ácidos graxos não esterificados, porque em estados de maior demanda metabólica por energia das fêmeas, como jejum prolongado, gestação, ou alta intensidade de esforço físico, espera-se uma baixa de insulina na corrente sanguínea. Isso colabora para ativação da enzima lipase hormônio sensível por fosforilação. Essa enzima permite a liberação dos triglicerídeos e

ácidos graxos do tecido adiposo para a corrente sanguínea (Kaneko; Harvey; Bruss, 2008; Klein, 2014). Portanto, o aumento da albumina sérica da segunda para terceira coleta (t2 para t3) pode ser correlacionado ao aumento de triglicérides com o avanço da gestação. O que se justifica já que do 76° aos 90° dia de gestação ocorre um maior desenvolvimento da glândula mamária e, a partir dos 91 dias, um maior crescimento dos fetos, o qual resulta em aumento das exigências nutricionais da matriz (Moita, 2014). Neste estado de alta demanda energética a glicose é poupada, e os aminoácidos gliconeogênicos, o glicerol, os corpos cetônicos e os ácidos graxos não esterificados assumem o papel de combustíveis alternativos para os tecidos (Père, 2003; Kaneko; Harvey; Bruss, 2008; Klein, 2014).

Uma provável deficiência energética na fase final da gestação poderia ser causa de perda de espessura de toucinho e menor peso ao nascimento dos leitões. Além disso, a fêmea não teria uma lactação em condições nutricionais ótimas, ocasionando um menor peso ao desmame e maior intervalo desmame-cobertura e os efeitos negativos seriam observados em lactações posteriores conforme relatam Hannas e Lescano (2014).

As concentrações de ureia e creatinina também foram crescentes com o avanço da gestação neste estudo ($p < 0,05$). Verheyen et al. (2007) descreveram um intervalo de 13,82 a 34,84 mg/dL para ureia de matrizes suínas dos 93° ao 97° dia de gestação. Elbers et al (1994) encontraram valores entre 17,96-40,7mg/dL para ureia em matrizes gestantes. Os valores da ureia das matrizes deste estudo em t1 e t2 estão dentro das faixas propostas nos dois estudos anteriores, contudo, o valor mediano em t3 foi 43,56mg/dL, ficando acima dos limites superiores encontrados pelos pesquisadores acima confrontados. Isso pode ser justificado pela diferença de manejo adotado nestes estudos. A concentração de ureia poderia estar aumentada em estados de deficiência energética em virtude da proteólise endógena para utilização de aminoácidos como fonte de energia a partir de gliconeogênese (Gonzalez; Silva, 2017; Kaneko; Harvey; Bruss, 2008).

Observou-se que os valores médios de creatinina nas matrizes no início da gestação deste estudo ficaram abaixo dos limites de (1,51 a 2,69mg/dL) sugeridos por Elbers (1994), e de (1,80 a 3,67mg/dL), por Verheyen et al. (2007). Essa diferença em relação à Verheyen et al. (2007) pode ser justificada pelo fato destes autores terem mensurado a creatinina durante o terço final da gestação, período no qual os valores de creatinina parecem ser maiores do que nas outras fases da gestação. Já Elbers et al. (1994) utilizaram um analisador seletivo, ao passo que nesta pesquisa a análise de creatinina foi pelo Método do picrato alcalino. Stockham e Scott (2016) afirmam que na maioria das espécies o limite inferior da creatinina

sérica está próximo ao limite de detecção das análises de creatinina, logo, pode-se inferir que este trabalho utilizou métodos de análise com menor limiar de detecção para creatinina.

Ao avaliar os aumentos paralelos de ureia e creatinina (azotemia) com a evolução da gestação, deve-se pensar em uma redução no fluxo sanguíneo renal (Gonzales, 2008). Père e Etienne (2000) relataram que na medida em que aumenta o tamanho da leitegada, o fluxo sanguíneo do útero também aumenta. Esse acréscimo foi do 44º ao 111º dia de gestação de 0,31 para 0,72 litros/minuto/feto para dois a três fetos por corno uterino; de 0,26 para 0,60 litros/minuto/feto com quatro a cinco fetos por corno uterino; e de 0,20 para 0,43 litros/minuto/feto com seis a oito fetos por corno uterino. Portanto, neste caso o desvio de fluxo sanguíneo para atender as demandas fetais com o avanço da gestação pode ser um importante fator de risco para ocorrência de insuficiência renal e conseqüentemente pode predispor os animais a infecções urinária e a falhas cardíacas, que de acordo com Bennemann, et al. (2011) e Vearick et. al. (2008) estão entre as principais causas de mortalidade e descarte de matrizes no Brasil. Uma prática preventiva seria monitorar o uso de antiinflamatórios não esteroidais para tratamento de problemas articulares, e outra possibilidade seria aumentar a frequência de manejos de se levantar as fêmeas para urinar e para beber água, e esta deveria ser ofertada o mais resfriada possível para o estímulo do seu consumo.

Verificou-se uma redução dos níveis de ALT de t1 para t2 ($P < 0,05$). Žvorc, et al (2006) e Reese, et al. (1984) não encontraram alterações na atividade da enzima ALT quando avaliaram esta enzima em dois períodos de gestação, do 30º-35º dia, e 80º-87º dia, assim como neste estudo não houve diferença entre t2 e t3. Contudo, Žvorc et al (2006) e Reese et al (1984) não avaliaram o início da gestação como o presente estudo, no qual t1 ocorreu de três a oito dias de gestação.

Nas avaliações de AST não houve alterações significativas comparando as diferentes fases da gestação ($p > 0,05$). Verheyen et al. (2007) encontraram ampla variação nas análises séricas para esta enzima (12,6 a 95,1 U/L) em matrizes no final da gestação. Odink, et al. (1990) relataram média de 80,4 U/L para AST com desvio padrão de 54,1U/L. Klem et al. (2010) e Cooper et al. (2014) também relataram grande variabilidade de valores de AST (0 a 125U/L) e (13 a 111U/L) respectivamente. Apesar destes autores terem trabalhado com suínos de categorias diferentes, a variabilidade dos dados nas pesquisas deles está de acordo com a não diferença nos valores de AST encontrados neste estudo.

Friendship e Henry (1992) descreveram como valores de referência para a atividade da fosfatase alcalina para porcas entre 36 a 272 U/L, e 115 a 434 U/L para marrãs. Os valores encontrados neste estudo estão dentro de ambos os intervalos de referência, mas nesta

pesquisa observou-se também o aumento de fosfatase alcalina em t2 e t3 ao comparar com os valores do início da gestação (t1) ($p < 0,05$). Verheyen (2007) também relatou valores mais altos desta enzima no final da gestação. Stockham e Scott (2013) afirmam que ocorre um aumento de fosfatase alcalina sérica em várias espécies durante a gestação em virtude de um incremento de isoenzimas ósseas na corrente sanguínea provenientes da atividade dos osteoblastos na ossificação e crescimento ósseo endocondral dos fetos.

O aumento nos valores de GGT no final da gestação também foi relatado por Verheyen (2007) com média de 22,1U/L no 95º dia de gestação e 29,4U/L no 109º dia da gestação. Os maiores valores de fosfatase alcalina e GGT coincidentes no final da gestação podem ser decorrentes da ação do cortisol endógeno, comum no final da gestação, ou ainda indicar uma colestase hepática (Stockham; Scott 2013). Uma provável hipótese que poderia justificar esta colestase hepática seria a dinâmica dos hormônios reprodutivos no final da gestação ocasionando uma sobrecarga no fígado dessas fêmeas.

2.4 Conclusões

Neste trabalho foi possível concluir que as particularidades fisiológicas das porcas em três diferentes fases da gestação, dos três a oito dias após inseminação, 30º ao 35º dia, e do 100º ao 105º dia da gestação, influenciam nos valores de proteína total, albumina, globulinas, triglicérides, ureia, creatinina, GGT, fosfatase alcalina e ALT. Esses resultados apontam para a necessidade de se determinar intervalos de referência para cada fase da gestação de matrizes suínas em rebanhos comerciais e de fazer correlações com os tipos de manejos adotados nas granjas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o produtor Roberto Silveira Coelho, Sócio-proprietário do grupo Cabo Verde, que gentilmente nos permitiu realizar esta pesquisa em sua propriedade, bem como à equipe técnica da granja, representada por Delmira Adelaide Dias, William Carlos Salgueiro e Francisco Manuel da Silva, que cooperaram muito no desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- BENNEMANN, P. E. AREND, L. S.; MAGNABOSCO, D. How to deal with high sow mortality in pig farms, **Simpósio Internacional de Suinocultura**, VI SINSUI, Porto Alegre, RS, p. 163-172, 2011.
- CARLSON, P. G. Testes de química clínica. In: Smith, B. **Tratado de medicina interna de grandes animais**. v. 1. São Paulo: Manole Ltda, p. 395-423, 1994.
- CHANG, Y-M.; HADOX, E.; SZLADOVITS, B.; GARDEN, A.O. Serum biochemical phenotypes in the domestic dog. **Plos One**, Fevereiro 2016. DOI:10.1371/journal.pone.0149650.
- COOPER, C. A.; MORAES, L. E.; MURRAY, J. D.; OWENS S. D. Hematologic and biochemical reference intervals for specific pathogen free 6-week-old Hampshire-Yorkshire crossbred pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. p.1-5, 2014, DOI: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-5>
- KLEIN, B. G. **Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**, 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.
- ELBERS, A. R. W. Haematology and biochemistry reference values for sows kept under modern management conditions, **Veterinary Quarterly**, vol 16, n.2 p. 127-130, 1994. <https://doi.org/10.1080/01652176.1994.9694433> PMID:7527172
- EVANS, R. J. Porcine haemathology: reference ranges and the clinical utility of haematological examination in the pig. **Pig Journal**, v.32, p. 52-57, 1995.
- FRIENDSHIP, R. M.; LUMSDEN, J. H. MCMILLANAND, I.; WILSON, M. R. Hematology and Biochemistry Reference Values for Ontario Swine, **Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science**, nº 48, p. 390-393, 1984.
- FRIENDSHIP, R. M.; HENRY, S. C. Cardiovascular system, hematology, and clinical chemistry. In: LEMAN, A.D.; STRAW, B.E.; MENGELING, W.L.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. **Diseases of swine**. 9.ed. Ames: Iowa StateUniversity Press, 1992. p. 3-11.
- GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Perfil bioquímico sanguíneo, In: **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**, Porto Alegre, UFRGS, 3º ed., 2017, p. 463-516.
- GONZALEZ, F. H. D. **Bioquímica Clínica, Patologia Clínica Veterinária**: Texto Introdutório, Porto Alegre, UFRGS, 2008. p.99-137.
- GURNET R. R, Produção de Suínos – Teoria e Prática, Granjas de reprodutores suídeos certificados (GRSC) Legislação e aplicação, Brasileira de Criadores de Suínos-ABCS, Integrall, Brasília, 2014. p.610-614.
- GURR, M. I; HARWOOD, J. L.; FRAYN, K. N., **Lipid Biochemistry** , 5th ed., Blackwell Science, Oxford, 2002, pp. 19–70, 117–123, 180–182, 277–283. <https://doi.org/10.1002/9780470774366> PMCID:PMC4618224

HANNAS, M. I. LESCANO, D.; Produção de Suínos – Teoria e Prática, Curvas de alimentação da fêmea gestante: Fundamentos e aplicações, Associação Brasileira de Criadores de Suínos-ABCS, Integrall, Brasília, 2014. p. 386-392.

HETTMANSPERGER, T. P., SHEATHER, S. J. Confidence interval based on interpolated order statistics. *Statistical Probability Letters*, p. 75-79, 1986. [https://doi.org/10.1016/0167-7152\(86\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0167-7152(86)90021-0)

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 6° ed., San Diego: Academic Press, 2008, 916p.

KLEM, T. B.; BLEKEN, E.; MORBERG, H.; THORESEN, S.I.; FRAMSTAD, T. Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs, **Veterinary Clinical Pathology**, v. 39, p. 221–226, 2010. DOI: 10.1111/j.1939-165X.2009.00199.x

MOITA, A. M. Produção de Suínos – Teoria e Prática, Manejo nutricional e condição corporal da fêmea suína gestante, Associação Brasileira de Criadores de Suínos-ABCS, Integrall, Brasília, 2014.

ODINK, J.; SMEETS, J. F.; VISSER, I. J.; SANDMAN, H.; SNIJDERS, J. M. Hematological and clinicochemical profiles of healthy swine and swine with inflammatory processes, **Journal of Animal Science**, vol. 68, p.163-170, 1990. <https://doi.org/10.2527/1990.681163x> PMID:2303394

PADILHA, J. B.; GROFF, P. M.; TURMINA, R.; TEIXEIRA, P. P. M., Mortalidade embrionária e fetal em suínos: Uma Revisão. **Nucleus Animalium**, v.9, n.1, p.7-16, 2017.

PÈRE, M. C. Materno-foetal exchanges and utilisation of nutrients by the foetus: comparison between species. In: **Reproduction Nutrition Development**, EDP Sciences, v.43. pp.1-15. 2003. <https://doi.org/10.1051/rnd:2003002>

PÈRE, M. C.; ETIENNE, M. Uterine blood flow in sows: effects of pregnancy stage and litter size. In: **Reproduction Nutrition Development**. v.40, p.369-382, 2000. <https://doi.org/10.1051/rnd:2000105> PMID:11081664

PERRI, A. M.; O'SULLIVAN, T. L.; HARDING, J. C.; WOOD, R. D. Friendship RM Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. **Canadian Veterinary Journal**. Apr;58(4): p.371-376. 2017. PMID: 28373729

PINILLA J. C.; LECZNIESKI L. **Parity Distribution Management and Culling. Proceedings of Manitoba Swine Seminar**. Manitoba, Canadá. p. 113-21. 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. R Vienna, Áustria: Foundation for Statistical Computing. 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: junho 2015.

REESE, D. E.; REESE, D. E.; PEO, E. R.; LEWIS, A. J.; HOGG, A., Serum chemical values of gestating and lactating swine: Reference values. **American Journal of Veterinary Research**, v.45, p.978-980. 1984. PMID:6732033

STOCKHAM S.L.; SCOTT M.A. **Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology**: Wiley-Blackwell; 2013. 729p.

SZASZ, G.; PERSIJN, J. P.; VAN DER SLIK, W. A new method for the determination of gamma-glutamyltransferase. **Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry** vol. 14, p.421-427, 1976.

THRALL, M. A. **Veterinary hematology and clinical chemistry**. 2nd ed. ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012.

VEARICK, G.; MELLAGI, A. P. G; BORTOLOZZO, F. P.; WENTZ, I.; BERNARDI, M.L., Archives of Veterinary Science, Causes of mortality in swine femal, **Archives of Veterinary Science**, v.13, n.2, p.126-132, 2008.

VERHEYEN, A. J. M.; MAES, D. G. D.; MATEUSENA, B.; DEPREZ, P.; JANSSENS, G. P. J.; LANGE, L. COUNOTTE, G. Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows, **The Veterinary Journal**, v. 174, p. 92-98, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.04.001> PMID:16723263

ŽVORC, Z.; V. MRLJAK, V.; SUŠIĆ, V.; E GOTAL, J. P. Haematological and biochemical parameters during pregnancy and lactation in sows. **Veterinarski Arhiv**, v. 76, p. 245-253, 2006.

CAPITULO 3 - Wind tunnel negative pressure system effects in the physiology of pregnant sows

G. L. F. N. Borges⁽¹⁾, Q. S. S. Nomelini⁽²⁾, J. A. Zanardo⁽¹⁾, C. P. Marques⁽¹⁾, M. M. Franco⁽⁴⁾,
C. A. de S. B. Gonçalves⁽¹⁾, R. C. Antunes⁽³⁾, A. V. Mundim⁽³⁾, M. R. B M. Nascimento⁽³⁾

(1) Curso de Medicina Veterinária, Centro Universitário do Triângulo, Av. Nicomedes Alves dos Santos, 4545, Bairro Gávea, 38411-106, Uberlândia- MG, labeca_g@yahoo.com.br

(2) Departamento de Estatística, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, 38408-100, Uberlândia- MG.

(3) Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, R Ceará, S/N, 38400-902, Uberlândia-MG.

(4) Embrapa, Recursos Genéticos e Biotecnologia - Cenargen, Laboratório de Reprodução Animal, Brasília, DF, Brasil.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the physiological effects of ambient handling using negative pressure from wind tunnels in order to relieve the heat stress in swine matrices from 35 to 100 days of gestation in a commercial herd. The study was conducted at a farm covering full breeding cycles and houses 1,700 sows from hybrid lineage commercial (Large White X Landrace) located in Santa Vitória/MG, Brazil. The local environment has average temperature historical registrations of 31°C on months from October through February. Sixty sows with parturition rates from 0 to 5, were selected and divided into two groups of 30 females each. This way, one of the groups was housed in a gestation barn equipped with a negative pressure wind tunnel system (barn CL) and the other in an identical barn, however without the wind tunnel (barn NC). The physiologic evaluations and blood collections were carried out on the same sows during their 35th and 100th days of pregnancy. Data collected was assessed by serums parameters of thyroxine (tT4), triiodothyronine (tT3), total protein, albumin, globulin and triglycerides. The body surface temperature and rectal temperature were likewise assessed. Air temperature and humidity, as well as gradients (TR-TSM), (TR - Tar) and (TSM - Tar). Starting from the comparisons among the averages of TR, TSM and of the gradients (TR-TSM), (TR - Tar) and (TSM - Tar) among the treatments CL and NC can be affirmed that the negative pressure wind tunnel system (CL) enhance changes of convection heat sensitive. The heat stress in the end of the gestation increased the levels of T3 ($p < 0.05$) and reduction of Triglycerides serum ($p < 0.05$). Therefore, wind tunnel negative pressure system enhances changes of convection heat on reproductive nuts and reduces the expense of energy on pregnant sows on warm-blood maintenance in the end of their gestation.

Key-words: Temperature, thermal comfort zone, wind tunnel, swine reproduction, triiodothyronine (T3).

3.1 Introduction

Brazil holds many positive features conducive for swine production, outlined by its land availability for farm development and expansion or the production of inputs for livestock such as corn, soy, sorghum, wheat, amongst others. The activities related to farm labor are affordable particularly if compared to Europe and the USA. However, the peculiar intense heat from tropical and subtropical climates challenges herd productivity, in addition to initial outlay required with equipment and technology for temperature control inside swine barns. Import of equipment and components, as well as economic disparities between Brazil and technology exporting countries render investments rather expensive and impossible for many Brazilian producers.

The intense heat of climate also adversely impact the overall flock production, albeit progress in genetics, practices concerning animal handling and nutritional strategies developed in order to increase animal resistance to hyperthermia (Johnson et al., 2016). The duration and intensity of thermal stress affect several biological parameters in domestic animals. Swine are particularly sensitive to heat stress because the loss of heat from sweating is minimal and is limited to evaporative cooling (Boddicker et al., 2014). The impact of heat stress on fetal development during pregnancy is associated with changes in uterine blood flow and may be a cause for postnatal phenotypic changes (Hansen, 2009; Baumgard et al., 2012; Boddicker et al., 2014).

Swine are notably vulnerable to the effects of thermal stress, thereby causing production losses, as well as morbidity and mortality rate increase (Johnson et al., 2015). Estimations consider an annual US\$ 300 million loss in the USA swine industry due to loss of productivity related to thermal stress (St-Pierre; Cobanov; Schnitkey, 2003), decline on delivery rate among sows (Bertoldo et al., 2012), increased non-productive days and lower productivity in breeding herds (Dial et al., 1992).

Conveying to cooler surfaces or convection systems is essentially the basis of swine breeding thermal regulation. Such mechanisms are limited in modern facilities and, therefore, may render pigs vulnerable to rising of ambient temperature (Renzis et al., 2017).

According to Silva (1999) when ambient temperature is higher than upper critical temperature, it is important to increase ventilation in order to minimize effects of high ambient temperatures and the heat produced by the animals in the facility. That is because ventilation should produce an increment in the dissipation of heat through convection and evaporation. LeDividich and Rinaldo (1989) state that when the wind speed over a 100 to 130

kg swine reaches 1.5 m/s the total loss of heat in the facility increases 30% and the loss of latent heat can increase 100%.

The aim of this study was to evaluate the physiological effects of ambient handling using negative pressure from wind tunnels in order to relief the heat stress in swine matrices from 35 to 100 days of gestation in a commercial herd.

3.2. Materials and methods

3.2.1 Animals and study design

All The Ethics Committee on the Use of Animals from the Universidade Federal de Uberlândia/MG approved the present study under the registration number 124/15. The study was conducted at a commercial farm in the municipal district of Santa Vitória/MG, Brazil (S 18° 49' 39'' e W 50° 03' 38''). The farm houses 1,700 hybrid commercial crossed breeds from Large White and Landrace, and covers full breeding cycles. The climate in the local environment is tropical according to Koppen's classification with small daily thermal ranges and annual average of low and maxim temperatures of 19° and 31°C respectively. The annual average of relative humidity is 68% with higher monthly averages during December (79.3%).

The farm possesses a specific place for reproduction with replacement barns, covering barns, gestation barns and maternity barns. Starting from an 86 coverings programme per week, one selected 60 breeding sows from a covering group from which the birth rate was zero to five. All of them were covered at a barn with negative pressure from wind tunnels artificial ventilation system, the barn is named CL. These females were separate in two groups of 30 sows. Group 1 is maintained at the barn CL until the 110th day of pregnancy. Group 2 remained at barn CL only until the 35th day of pregnancy, and the ones with confirmed pregnancy were then transferred to a gestation barn designated barn NC. The latter was not equipped with the referred wind tunnels artificial ventilation system, the animals receiving just natural ventilation.

3.2.2 Structure of the barns

Both barns were built alongside in the sense east-west, with dimensions 105x14x2,90 (length, width and height) and open sidewalls containing small walls with 0,4 meters height.

Barn CL possesses negative pressure artificial ventilation system with eight 1,50 meter diameter extractor fans, propeller with six propeller blades and a motor with 1,103.25 W and nominal flow of 10.56 m³.s⁻¹ (pressure zero Pascal). The building uses white lateral curtain

sealing in the internal and external faces. The input window is located in the sidewall on the opposite end of the barn. A cellulose cooling pad type honeycomb was setup, with dimensions 13 x 1.8 meters width and height respectively. The cooling pad was connected to a water pump causing the input air to humidify and cool. In order to minimize resistances in the air stream and allow a better wind speed inside the barn, a sealing was implemented with lateral and ceiling curtains with a 2,5 meters height undelay.

In this barn the temperature was programmed to maintain the internal atmosphere between 22 and 24°C. The extractor fans were connected to a controller starting from a programming based by the measurement of a sensor of temperature positioned in the centre of the installation. That programming worked in four groups of two worked extractor fans when the temperature reached the following registrations: 1° group: 22.5°C; 2° group: 23.5°C; 3° group: 24.5 °C; 4° group: 25.5°C and above 26.5°C it is also worked the bomb of water of the beehive. In days with temperatures below 22.5 °C inside the barn the extractor fans work for 200 seconds for the change of the gasses, they stop for two minutes, and so forth. If for some reason to finish the energy of the farm the protection system is worked and the lateral curtains go down automatically to promote natural ventilation.

The barn NC is parallel to CL has a similar construction, however, without the system of wind tunnel for negative pressure. The barn NC has mud tiles and bill with entrances of air in the lateral of the barn for to natural ventilation of 4.5 m of width for 2.45 m of height and it doesn't possess curtains. In this place there were 459 parallel cages where the sows were housed in the 35° day of gestation.

3.2.3 Nutritional Management

The same ration was supplied by every period of the experiment and with 3.237,97 Kcal of metabolizable energy for kg; 16.82% of rude protein; 3.67% of rude fat; 3.96% of rude fiber; 4.89% of ashes; 0.9% of calcium; 0.49 of total match. The nutritional handling adopted by the farm was used in both groups and was performed daily by the same employees. Until the 40 days of gestation they received 2.0kg of gestation ration once a day. Of the 41 to the 85 days of gestation the females were fed with 1.9 to 2.3kg a day, in order to take place the adjustments of corporal score. In the end of the gestation, of the 86 to the 110 days, the sows received 3.0 kg of feed.

3.2.4 Experimental Design

In Brazilian summer two collections of blood was performed on each sow, of the 60 sows selected in two different apprenticeships of the gestation, in standard schedule of the 13:30 to the 16:00, making up with a total of 120 collected samples. The first collection was performed when the females were with 35 days of gestation. Monday was held in these same females, when the sows were with 100 days of gestation. The collections were carried out by the researcher with the support of the team of the farm.

The temperature of dry (Tbs) bulb, the humidity (U) and the temperature of the dew (Tpo) point were checked by two data-loggers Instrutherm HT 500 during the gestation period studied, installed 30 cm above the nuts, with readings every 30 minutes in each barn during whole the experiment. And in the days of collections of blood they were also picked the data of those equipment.

The Index of Temperature and Humidity (THI) was determined by the equation developed by Thom (1958): $THI = Tbs + 0.36Tpo + 41.2$, Where tdb = temperature of the dry (°C) bulb. The Index of Safety of the Time for the Livestock (1970) developed in the USA to classify the combined intensity of temperature and humidity evaluates THI in four categories: Normal, smaller or equal to 74; it Alerts, 75-78; Danger, 79-83; and Emergency, adult or equal the 84.

3.2.5 Pre-Analytical phase: blood sampling, filling and aliquoting

The collections were carried out with disposable hypodermic needles of 40x1,2mm, was always used a needle by sow, after the contention of the animal through the rope pipe according to Gurnet (2014). Were collected five to eighth mL of blood of each sow in disposable syringes of 20 mL (BD Plastpak) for puncture of the jugular vein.

Immediately after the collection, the samples of blood were transferred for tubes to vacuous, containing gel sifter and clot activator, identified, conditioned in boxes isothermal with recyclable ice and transported to the Laboratory of Clinical Pathology of the Veterinary Hospital of the Federal University of Uberlândia (UFU). Verified the complete coagulation of the blood, the samples were centrifuged (High Centrifuge Baby I Model 206. FANEM) 720 x g for five minutes and the obtained serums were stored in identified polyethylene micro tubes.

3.2.6 Serum Analysis

The different parameters biochemical measured serums, as well as their respective units and their analysis methods are presented in the Table 1. These biochemical analyses were processed in analyser automatic multichannel Chemwell gaged previously and checked

with serum controls (GT Lab®, Belo Horizonte, MG, Brazil), to the temperature of 37° C. The analyses of total (tT3) Triiodothyronine and total (tT4) Thyroxin were made by Immunoenzymatic Rehearsal for quantitative determination of the concentrations serum of T3 and T4 in analyser automatic multichannel Chemwell®, using kit of the interkit (AconBiotech Inc.). All of the analyses were performed at the Laboratory of Clinical Pathology of the Veterinary Hospital – UFU

The samples were frozen to -20°C, then all were analysed together.

Table 1 Methods applied in the serum analyses.

Chemical parameter	Method
Total protein	Biuret Method GT LAB LT: 000213
Albumin	Bromocresol Green Method GT LAB LT: 000213
Globulins	Calculated by difference between total proteins e albumin
Albumin/globulin	Calculated by relation between albumins and globulins
Triglycérides	Calorimetric GPO/PAP GT LAB LT: A01015
Thyroxin (tT4)	Automate Immunoenzymatic Rehearsal Chemwel Kit Acom Biotech [@]
Triiodothyronin (tT3)	Automate Immunoenzymatic Rehearsal Chemwel Kit Acom Biotech [@]

IFCC= International Federation of Clinical Chemistry UV= ultravioleta

The rectal temperature (RT) was measured at the 60 sows with digital clinical thermometer with 0,1°C variation, introduced 5 to 7 cm in the rectum. The temperature of the skin was checked for each female in the head, loin and ham through the thermometer of infrared (I model DT 8530®, it marks instrument and emissivity 095) and calculated the average superficial temperature (AST). The temperature measurement were accomplished in the days of the collections of blood always in the morning, among 10:00 and 12:00h. Also the gradients were calculated among rectal temperature and of the skin (RT-AST). The medium temperature of the air (Tar) was measured in the day of the last collection for effect of the calculations of the gradients (AST – Tar) e (RT – Tar) in the end of the experiment.

The female swines of this experiment were housed in parallel cages and in the barn CL they were aligned with an extractor fan of the first operation group. That group of extractor fans was those called more frequently, there was like this a tendency of producing a flow of air with more constancy on the sows of this experiment and it was standardized to measure the speed of the wind on them in the height of the back where was placed him/it dates logger. In the barn NC the wind speed was also measured height of the back of the females of the experiment where was placed him/it dates logger.

3.2.7 Statistical Analysis

To compare the values of each serum parameter between the collections in the CL and NC treatments was performed in a completely randomized variance analysis (DIC). In satisfying the presuppositions, to each factor statistics F value was compared with the percentile of the distribution FSnedecor at the level of significance of 0.05 and when significant the comparison of averages was made from the test of Tukey for multiple comparisons in cases of presuppositions of the model satisfied. They were used to test the normality of the residues the tests of Shapiro-Wilk, for homogeneity of the variances, the tests of Levene (F) and DurbinWatson (DW) for independence of the residues. When these presuppositions were not satisfied, he/she took place the transformation square root for variable and, later the test of Tukey was applied in the averages, in the cases in that no transformation satisfied the presupposition, he/she took place the test of Kruskal-Wallis, and the medium ones were used because of the non-normality of the data.

3.3 Results

The speed of the wind was checked inside of the barns CL and NC in the day of the beginning of the experiment with the sows with 35 days of gestation, and also in the end of the experiment during the last collection of blood of the sows. In the first gauging the values were 1.7 to 3.5 m.s^{-1} to the barn CL and 0.0 the 0.1 m.s^{-1} to the barn NC. In the second gauging the values were 2.3 to 3.3 m.s^{-1} and 0.0 m.s^{-1} for the treatments CL and NC respectively.

Tar in the barn NC and CL in the day of the last collection they were of 25.2 and 28.1 respectively. In that way, the gradients AST. Tar were 7.9 and 7.5, and the gradients RT. Tar 13.3 and 10.9 for the treatments NC and CL respectively. Starting from the temperature data and humidity the values of THI were made calculations, according to the graphs 1 and 2 below.

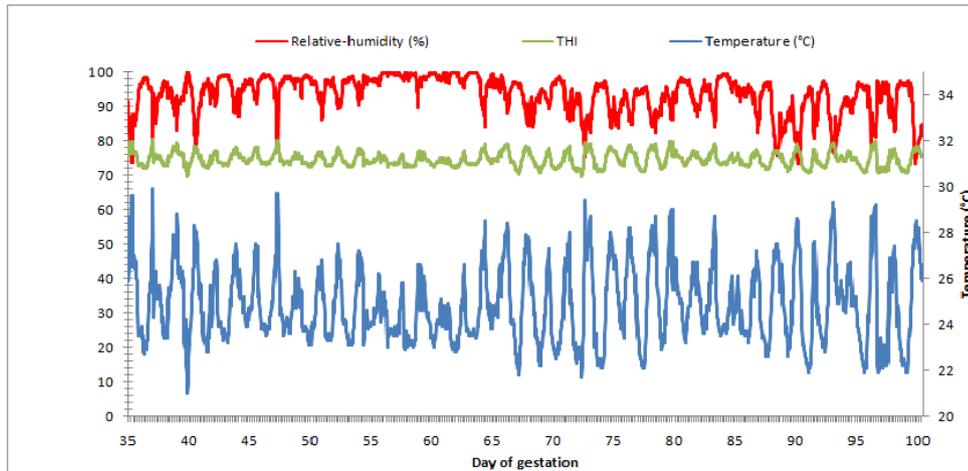


Figure. 1. Temperature values, relative humidity and THI registered by the date logger in the barn CL from the 35th through the 100th days of pregnancy. THI – Temperature and Humidity Index.

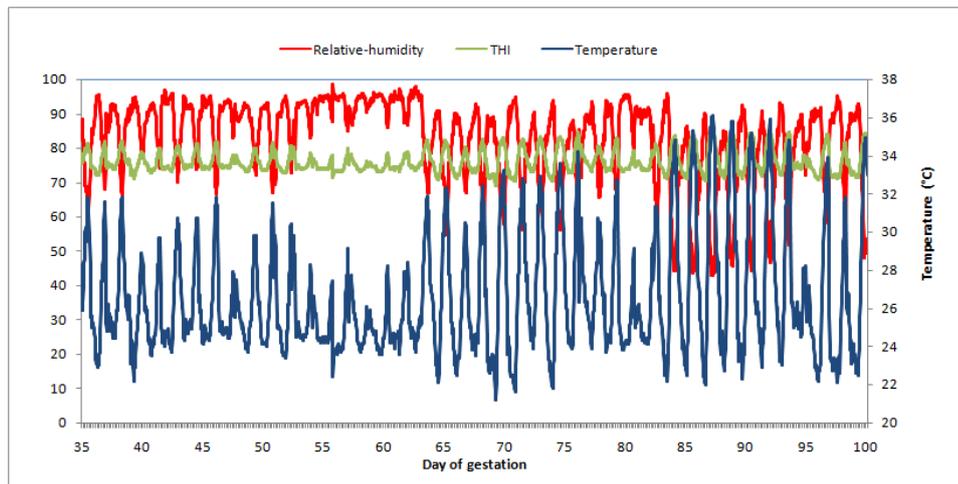


Figure. 2. Temperature values, relative humidity and THI registered by the date logger in the barn CL from the 35th through the 100th days of pregnancy. THI – índice de temperatura e umidade.

The data of RT, AST and the gradients of (RT-AST) and collected to the 35 days of gestation in the beginning of the experiment, before Group 2 it was transferred to the hangar NC, and to the 100 days of gestation in the end of the experiment for comparison of the results in the two facilities (CL and NC) are described in the Table 2.

Table 2. Values of rectal temperature (TR), average surface temperature (AST) and gradient (TR-AST) at 35 days gestation with all matrices in the air-conditioned barn by negative pressure, and 70 days after transfer of the NC group with 105 days of gestation.

LOCAL		TR °C	TSM °C	TR – TSM°C
35° dia de	Grupo 1CL	38.75b	33.5b	5,3d

gestação**	Grupo 2NC	38.8b	33.5b	5,1d
100° dia	Grupo 1CL	38.5c	32.7c	5,6c
de	Grupo 2NC	39.0a	36.0a	3,0e
gestação				
Pressupostos		<i>W</i> = 0.96	<i>W</i> = 0.99;	<i>W</i> = 0.99;
		<i>L</i> = 4.32	<i>L</i> = 2.45.	<i>L</i> = 3.48.
		<i>DW</i> = 1.77	<i>DW</i> = 1.84	<i>DW</i> = 1.77

1 Average or medium following for minuscule different letters in the column they are differed amongst themselves by the test of Tukey or Kruskal-Wallis at the level of 0.05 of significance; *W*, *L*, *DW*: statistics of the tests of Shapiro-Wilk for normality of the residues, Levene for homogeneity of variances and Durbin-Watson for independence of the residues, respectively; Values in bold indicate residues distributed usually and independent and homogeneous variances at the level of 0.05 of significance; 2 transformation square root. ** beginning of the experiment and day of the separation of Groups.

The medium values of tT3, tT4, total protein, albumin, globulin and triglycerides originating from of the first collection of blood to the 35 days of gestation, in the day of separation of groups among the facilities (CL and NC), and of the second it already collects 60 days after the first collection in the end of the experiment to the 100 days of gestation are described in Table 3.

Table 3 Average serum values of T3, T4, total protein, albumin, globulin e triglycerides at 35 days gestation with all matrices in the air-conditioned barn by negative pressure, and 70 days after transfer of the NC group with 105 days of gestation.

LOCAL		T3	T4	Proteína total	Albumina	Globulina	triglicérides ²
35° dia de gestação*	Grupo 1 CL	0.70 b	6.01 a	7.63 a	3.58 ab	4.10 a	57,81 b
	Grupo 2 NC	0.78 ab	5.89 a	7.45 a	3.51 b	3.89 a	57,41 b
100° dia de gestação	Grupo 1 CL	0.67 b	4.51 b	7.73 a	3.75 a	3.93 a	74,27 a
	Grupo 2 NC	0.88 a	4.31 b	7.59 a	3.70 a	3.92 a	67,75 ab
Pressupostos		<i>W</i> = 0,97; <i>L</i> = 5,32, <i>DW</i> = 1,88	<i>W</i> = 0.85; <i>L</i> = 6.16. <i>DW</i> = 1.78	<i>W</i> = 0.92; <i>L</i> = 1.07; <i>DW</i> = 2.04	<i>W</i> = 0.85; <i>L</i> = 0.82; <i>DW</i> = 2.32	<i>W</i> = 0.97; <i>L</i> = 0.51;D <i>W</i> = 1.92	<i>W</i> = 0.98; <i>L</i> = 1.69 <i>DW</i> = 1.73

1 Average or median following for minuscule different letters in the column they are differed amongst themselves by the test of Tukey or Kruskal-Wallis at the level of 0.05 of significance; *W*, *L*, *DW*: statistics of the tests of Shapiro-Wilk for normality of the residues, Levene for homogeneity of variances and Durbin-Watson for independence of the residues, respectively; Values in bold indicate residues distributed usually and independent and homogeneous variances at the level of 0.05 of significance; 2 Transformation square root.

3.4 Discussion

The speed of the wind in the CL barn presented important reading variation inside of the facility, once the extractor fans were linked in groups in the measure in that the

temperature interns increased. Therefore, as larger the temperature interns, more groups were worked and larger wind speeds were reached inside the CL. Laly and Edwards (1999) conducted a comparative study on finishing facilities with natural ventilation and wind tunnel ventilation with maximum air-speed of 1.8 m.s^{-1} . The pigs housed in a wind tunnel showed the net effective temperature of $27.9 \text{ }^\circ\text{C}$ while the animals housed in the natural ventilation reached $37.8 \text{ }^\circ\text{C}$ on the hottest days.

According to Oliveira (1999) an increment of 0.1 m.s^{-1} in the speed of the wind is equal to the lowering of the thermal sensation of 1°C of the room temperature. The speed of the wind was measured at the NC barn in the height of the nuts of the experiment in several schedules and it didn't pass of 0.1 m.s^{-1} , in spite of the lateral of the facility they be open, what reflected the characteristics of few winds of the area in the studied period.

For broilers, bovine and swine are considered the intervals of THI of: 79 THI 84: that it implicates danger condition for the animals, and it indicates the need to take precautions to avoid losses in the production, and $\text{THI} > 84$: he/she indicates emergency situation, being necessary that urgent providences are taken to avoid the loss of the plantel (Thom 1959, Hahn 1982, Rosemberg et al., 1983, Du Preez et al., 1990, Hubbard et al., 1999, Huhnke et al., 2001 and Oliveira et al. 2006). In this work the values of THI were of 74.5, 80.3 and 73.5 for average, maximum and modal respectively in the barn CL. Already to the barn NC the values were 76.1, 85.3 and 74.8 for average, maxim and modal respectively. Therefore, the treatment CL presented values of THI discreetly better than NC, but this had registrations of considered maximum values of emergency as for the stress for heat.

The difference among the temperatures average, modal and medium among the facilities CL and NC were only 1.8, 0.9 and $0.9 \text{ }^\circ\text{C}$ respectively, however, there was an important difference ($6.2 \text{ }^\circ\text{C}$) among the reached maximum temperatures. That result indicates that the system of passage of the air for the cellulose cooling pad type honeycomb was efficient in the cooling of the air, because this was only worked when the temperature interns of the barn arrived to 26.5°C , and same when the temperature expresses of the air reached superior registrations to 36°C and the temperature interns of the barn CL didn't cross the $29.9 \text{ }^\circ\text{C}$. However in the barn NC had many registrations of superior temperatures to the 35°C .

In spite of the barn CL to reach temperatures above those proposed by Peltoniemi et al., (1999) and Baker (2004) (20°C) and for Moura (1999) (21°C) for the area thermos neutral of pregnant females, the environmental temperature executes that an animal really tries is certain for a combination of several factors that you/they influence the loss of heat for

convection, transport and radiation (De Rensis et al., 2017). The ventilation in the facilities for adult swine can increase the resistance of those animals in until 2°C, and the nebulization in up to 7°C (Nããs and Rodrigues, 1999)

Therefore, in places with predominance of hot climate the association between ventilation and nebulization is an efficient way for the reach of the thermal comfort of those animals. That is in agreement with the results of this study, in which the temperature of the air reached the 29°C in the treatment CL, but the reproductive swine presented compatible RT, AST and gradients (RT - AST) with the thermal comfort.

In that study the sows camped at the barn CL obtained values of TR inside of the strip proposed by Soerensen and Pedersen (2015) (38.3° to 38.8°C) for females having more than one pregnancy and gilts respectively camped in thermoneutral area. That fact corroborates with our hypothesis of the females in the treatment CL be not in thermal stress. The females of the treatment NC presented TR above that strip, indicating stress for heat. In this study after 60 days of treatment the females camped at the barn NC presented 0,5°C of rectal temperature the more than those camped at the barn CL ($p < 0.05$) in the end of the gestation. That result is in agreement with the report of Williams (2009) that demonstrated that stencil pregnant submitted to stress by heat with temperature of the air among 24 to 30°C, they presented TR average larger in relation to the animals maintained in temperatures from 18 to 20°C.

The AST of the females camped at the barn NC was larger in 3,2°C ($p < 0.05$) and the gradient (RT - AST) was smaller in relationship the sows camped at the barn CL in 3.0°C ($p < 0.05$). That indicates that in the treatment CL there was predominance of change of sensitive heat. The approximation of skin temperature skin with the rectal temperature promotes complete vasodilation, indicating stress for heat in the animals, what induces change of heat for evaporative mechanisms (Williams, 2009). A progressive increase of the room temperature (from 18 to 29°C) causes a reduction of the gradient between RT and temperature of the skin (Quiniou and Noblet, 1999) and this fact happened in the treatment NC when compared to CL.

The thermal gradient between the animal surface and the temperature of the atmosphere is an interesting indicator in the stress evaluations for heat (Nunes, 2011). In this study the gradients AST. Tar and RT. Tar were smaller in the treatment NC, it indicates that the evaporation mechanisms tended to be worked in this treatment because of the reduction of the losses of sensitive heat, because when those gradients are reduced, the sensitive processes of changes of heat are annulled and the animal increases their losses of heat evaporative to

compensate the decrease of their losses of heat in the sensitive form (Deshazer; Hahn and Xin, 2009).

In that study there was increase of triglycerides serum in the end of the gestation, however these values were smaller in the sows in the treatment NC in comparison with CL. One of the clinical signs in the pregnant nuts of temperatures above her area of thermal comfort is the increase of the weight losses as the gestation moves forward (Brown-Brandl et al., 2001). The intensification of the outlying circulation and the redirection of the sanguine flow of woven and organs for the skin are a form of dissipation of heat (Black et al., 1993). So, occur a deviation of the sanguine flow of the tract gastrointestinal for the skin in heat stress because of the outlying vasodilation promoted for the mechanisms of change of sensitive heat (Lambert, 2009; Hales, 1979). The negative impact of the thermal stress about the animal productivity has been attributed mainly to the reduction in the ration ingestion, however, recent experimental results have been answering that dogma. When the animals receive equivalent ingestion of nutrients, the physiologic answers still vary with stress for heat compared to those in atmospheres thermoneutral (Baumgard and Rhoads, 2013; Pearce et al. 2013).

The combination of reduced intestinal blood flow and hyperthermia cause loss of tight junction integrity and likely enterocyte membrane damage (Lambert, 2009). In addition to, this can lead to intestinal hypoxia (Hall et al., 1999), which likely results in ATP depletion, acidosis, and altered ion pump activity. The result is reduced cellular viability and increased paracellular permeability (Lambert, 2009; Peace et al., 2013). During thermal stress was reported a significant increase in the activity of the sodium and potassium ATPase pump in the intestinal cells, which is related to a high energy expenditure and, therefore, has an impact on the basal metabolic rate (Poehlman et al., 1993; Peace et al., 2013). Probably, increased tT3 levels found in this experiment for the NC treatment in which there was heat stress, it may be related that higher activity in the sodium and potassium ATPase pump. Peace et al. (2013) speculated that those ions pumps are regulated during the stress by heat to help to maintain the osmotic homeostasis in the intestinal tract. The heat stress and reduction in tissue blood flow cause opening of the tight junctions and promotes membrane damage of the enterocytes allowing the passage of endotoxins as lipopolysaccharide to the internal environment (Lambert, 2009).

We believed that the function abortive of the enterocytes can be potentiated by the largest activity of the ion pump of sodium and potassium ATPase in the membrane basolateral. This is responsible for creating the gradient electronegative inside of the

enterocytes that it will be essential for the operation of the absorption system for secondary active transport of cotransport with the sodium or tertiary with the hydrogen, which are the roads of glucose entrance and amino acids in the enterocytes (Field, 2003; Argenzio, 2004; Klein, 2007). As the energy demand of the reproductive ones in the end of the gestation is intense (Thicket, 2014), we speculated that an activity increase in the ion pump of sodium and potassium ATPase in the small intestine is related to the attempt of the female in maximizing the absorption of nutrients during the heat stress. That process can be a physiologic attempt of the sow with the purpose of compensating the deviation of the sanguine flow of the treatment gastrointestinal for the skin during the heat stress in the end of the gestation.

In this research an elevation was observed in the albumin concentrations in the end of the gestation ($p < 0.05$), but there was not difference among the treatments CL and NC. That can be associated to the increase triglycerides serum, because, second Thicket (2014) of the 76° to the 90° day of gestation it happens a larger development of the mammary gland and starting from the 91 days a larger growth of the foetuses, which results in increase of the nutritional demands of the sow. In this state of high energy demand the glucose is saved, and the oily acid, the ketone bodies and the oily acid no esterified assume the role of alternative fuels for the fabrics. That because in states of larger metabolic demand for energy, as in the gestation, for a drop of insulin serum is waited that promotes inhibition of the lipoprotein lipase enzyme and active of the enzyme lipase sensitive hormone for phosphorylation. This enzyme allows the liberation of the triglycerides and oily acid of the fatty fabric for the sanguine current (Cunningham 2007; Kaneko 2008; Stockham; Scott 2013) and the result is the increase of the concentrations serum of those compositions.

3.5 Conclusion

Starting from the comparisons among the averages of RT, AST and AST - AT and AST - Tair among the treatments CL and NC can be affirmed that the system with wind tunnel for negative (CL) pressure potentiated the changes of sensitive heat for convection. The stress for heat in the end of the gestation provoked increase of the levels of T3 ($p < 0.05$) and reduction of triglycerides serum, what indicated an increase of the metabolic demand for maintenance of the condition of warm-blood sows in the end of the gestation in the barn NC. Therefore, the system of negative pressure of the type tunnel potentiated the changes of heat

for convection of the reproductive nuts and it reduced the expense of energy of the pregnant sows for warm-blood maintenance.

References

Argenzio, R.A. (2004). General functions of the gastrointestinal tract and their control, In W. O., Dukes Physiology of Domestic Animals, 12 th Ed, Ithaca NY, Cornell University press.

Banzatto, D.A.; Kronka, S.N. (1995). Experimentação agrícola. 3 ed. Jaboticabal: Funep, 247 p.

Baumgard, L.H.; Rhoads R.P.; Rhoads ML.; Gabler N.K.; Ross J.W.; et al. .. (2012) Impact of climate change on livestock production. In: V. Sejian SMKN, T. Ezeji, J. Lakritz, and R. Lal, editor. Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production pp. 413–468. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29205-7_15

Bertoldo, M.J.; Holyoake, P.K.; Evans, G.; Grupen, C.G. (2012). Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reprod Fertil Dev*, 24: pp.822-834. doi: 10.1071/RD11249.

Baker, J.E. (2004). Effective environmental temperature. *J Swine Health Prod*; 12: 140 - 143.

Black, J.L.; Mullan, B.P.; Lorschy, M.L.; Giles, L.R. (1993). Lactation in the sow during heat stress. *Livestock Production Science*. (35), p.153-170. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90188-N](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90188-N)

Boddicker, R.L.; Seibert J.T.; Johnson J.S.; Pearce S.C.; Selsby J. T.; Gabler N.K.; Lucy M.C.; Safranski T.J.; Rhoads R.P.; Baumgard L.H.; Ross J.W. (2014). Gestational heat stress alters postnatal offspring body composition indices and metabolic parameters in pigs. *PLoS One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110859>

Brown-Brandl, T.M.; Eigengerg R.A.; Nienaber J.A.; Kachman S.D. (2001). Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. *Livest Prod Sci*;71:253e60.

Cunningham, J.G.; Klein B.G. (2007). *Textbook of Veterinary Physiology*, 4th ed.: WB Saunders/Elsevier Science, Philadelphia, PA, USA.

Deshazer, J.A.; Hahn, G.L.; Xin, H. (2009). Basic principles of the thermal environment and livestock energetics. In: Deshazer, J.A. (Ed.). *Livestock energetic and thermal environmental management*. St. Joseph: ASABE. chap. 1, pp. 1-22.

Dial, G.D.; Marsh, W.E.; Polson, D.D.; Vaillancourt J.P. (1992). Reproductive failure: differential diagnosis. In: Leman AD, Straw BE, Mengeling WL, D'Allaire S, Taylor DJ (Ed.). *Diseases of Swine*. 7th. ed. Ames, IA: Iowa State Univ. Press. pp. 88-137.

LeDividich, J.L.; Rinaldo, D. (1989). effects de l'environnement thermique sur les performance du porc en croissance, Journé d la Recheche Procine en France, Paris, n21, p.219-230.

Du Preez, J.D.; Giesecke, W.H.; Hattingh, P.J. (1990). Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. Onderstepoort Journal Veterinary Research, Onderstepoort, v.57, n.1, pp.77-87.

Field, M. (2003) Intestinal ion transport and the pathophysiology of diarrhea. *J. Clin. Invest.* 111: pp.931–943. doi:10.1172/JCI200318326.

Gurnet, R.R. (2014). Produção de Suínos – Teoria e Prática, Granjas de reprodutores suídeos certificados (GRSC) Legislação e aplicação, Brasileira de Criadores de Suínos- ABCS, Integrall, Brasília. pp.610-614.

Hales, J.R.; Rowell, L.B.; King, R.B. (1979); Regional distribution of blood flow in awake heat-stressed baboons. *Am J Physiol* 237: pp.705–712. pmid:117718

Hahn, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: International Livestock Environment Symposium, 2., 1982, Ames. Proceedingsp.285-294.

Hansen, P. J. (2009) Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364: pp.3341–3350. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>

Hubbard, K.G.; Stooksbury, D.E.; Hahn, G.L.; Mader, T.L. (1999). A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature-humidity index. *Journal Production Agriculture*, Madison, (12); 4, pp.650-653. <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0650>

Huhnke, R.L.; Mccowan, L.C.; Merez, G.M.; Harp. S.L.; Payton, M.E. (2001). Determining the frequency and duration of elevated temperature-humidity index. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, California. Proceedings... St. Joseph: ASAE, 12 p. (Paper nº 01-4111).

Johnson, J.S.; Abuajamieh, M.; Sanz Fernandez, M.V; Seibert, J.T.; Stoakes, S.K.; Nteebe, J.; Keating, A.F.; Ross, J.W.; Rhoads, R.P.; Baumgard, L.H. (2015). Thermal stress alters post absorptive metabolism during pre-and post natal development. In: Sejian, V.; Gaughan, J., Baumgard, L.(Eds.), *Climate Change Impacton Livestock: Adaptation and Mitigation*. Springer, India, pp.61–80. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_5

Johnson, J.S.; Sapkota, A.; Lay Jr.; D.C. (2016). Rapid cooling after acute hyperthermia alters intestinal morphology and increases the system in inflammatory response in pigs. *J. Appl. Physiol.* 120, pp. 1249–1259. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00685.2015>

Kaneko, J.J. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 6° ed., San Diego: Academic Press, 2008, 896p.

Lally, J.; Edwards, W. M. (1999). Performance Differences between Natural-Ventilated and Tunnel-Ventilated Finishing Facilities (2000). *Swine Research Report*, (22) pp.1-7, http://lib.dr.iastate.edu/swinereports_1999/22

Lambert, G.P. (2009) Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *J Anim Sci*; 87:E101–8. pmid:18791134

McNabb, F.M.A. (1995). Thyroid hormones, their activation, degradation and effects on metabolism. *Journal of Nutrition*, v.125, p.1773S-1776S,.

Moita, A.M. Produção de Suínos – Teoria e Prática, Manejo nutricional e condição corporal da fêmea suína gestante, Associação Brasileira de Criadores de Suínos-ABCS, Integrall, Brasília, 2014.

Morais, A.R. de. Estatística Experimental: uma introdução aos delineamentos e análise de experimento. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 197 p.

Mostaço, G.M. Determinação da temperatura retal e frequência respiratória de suínos em fase de creche por meio da temperatura da superfície corporal em câmara climática. 2014. 111p. Thesis (Master's degree in Agricultural Systems Engineering) – “Luiz de Queiroz” School of Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, 2014.

Moura, D.J. (1999). Ventilação na Suinocultura In Silva, I.J.O. *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*, Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 149-179.

Nããs, I.A.; Rodrigues I.J.O. Qualidade do ambiente para a produção de suínos na gestação e maternidade. *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*, Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 149-179. (1999).

Nunes, M. L. A. Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama, 153p. Tese de doutorado ESALQ-USP Piracicaba. (2011).

Oliveira, P.A. Qualidade do Ambiente no crescimento de Leitões. *Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos*. Piracicaba: org Silva, I.J.O, FEALQ. P.131-148. 1999.

Pimentel-Gomes, F. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba:Ed. Nobel, 2000. 467 p. R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Vienna, Áustria: Foundation for Statistical Computing. 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: junho 2015.

Pearce, S.C.; Mani, V.; Boddicker, R.L.; Johnson, J.S.; Weber, T.E.; Ross, J.W.; Baumgard L.H, Gabler N.K., (2013). Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *PLoS One* 8: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070215>

Pearce, S.C.; Mani, V.; Weber, T.E.; Rhoads, R.P.; Patience, J.F.; Baumgard, L.H.; Gabler, N.K. (2013). Heat stress and reduced plane of nutrition decreases intestinal integrity and function in pigs. *J Anim Sci* 91: 5183–5193. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6759>

Peltoniemi, O.A.; Love, R.J.; Heinonen, M.; Tuovinen, V.; Saloniemi, H. (1999). Seasonal and management effects on fertility of the sow: a descriptive study. *Anim Reprod Sci*; v.55, p. 47-61. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00159-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00159-6)

Poehlman, E. T.; Toth, M. J.; Webb, G. D. (1993). Sodium-potassium pump activity contributes to the age-related decline in resting metabolic rate. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* v.76: p.1054–1057.

Quiniou, N.; Noblet, J. (1999) Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of animal science, Champaign*, v.77, n. 8, p.2124-2134,

De Rensis, F.; Ziecik, A. J.; Kirkwood R. N. (2017). Seasonal infertility in gilts and sows: A etiology, clinical implications and treatments, *Theriogenology*, n.96, p.111-117. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.004>

Rosenberg, L.J.; Biad, B.L.; Verns, S.B. Human and animal biometeorology. In: _____. *Microclimate, the biological environment*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1983.

Silva, I.J.O. Sistemas naturais e artificiais no controle do ambiente – climatização, Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos. 247p. (1999)

Soerensen, D.D.; Pedersen, L.J. (2015) Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 57(1):5.; doi:10.1186/s13028-015-0094-2.

Stockham, S.L; Scott, M.A. *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology*: Wiley-Blackwell; 2013. 729p

St-Pierre, N. R.; Cobanov, B.; Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* v.86: p.52–77. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5)

Street, T. O.; Krukenberg, K. A.; Rosgen, J.; Bolen, D. W.; Agard, D. A. (2010). Osmolyte-induced conformational changes in the Hsp90 molecular chaperone. *Protein Sci.* 19:57–65

Thom, E.C. The discomfort index. *Weatherwise, Boston*, v.12, n.1, p.57-60, (1959). <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

Williams, A.M. (2009). Effects of heat stress on reproduction and productivity of primiparous sows and their piglets' performance. 122p. Thesis (Magister Science) - University of Missouri-Columbia.

ANEXO 1 – Fotos da granja – Santa Vitória, MG

Figura 1: Galpão NC com telhas de barro, aberturas laterais sem cortinas, muretas de 40 cm de altura, pé direito de 2,90 m.



Figura 2: Galpão NC com telhas de barro, fêmeas alojadas em celas individuais em três linhas paralelas, e quatro corredores de manejo, ventiladores desativados.



Figura 3. Galpão CL com oito exaustores de 1,50 m de diâmetro, hélices com seis pás e motor de 1.103,25 W.



Figura 4. Painel evaporativo de celulose do tipo colméia, com 13 m de comprimento e 1,8 m de altura e com sistema de bomba d'água e bicos para arrefecimento interno da instalação CL.



Figuras 5 Galpão CL com cortinas brancas por dentro e por fora com boa iluminação dentro do galpão CL.



Figura 6 Galpão CL com grupos de exaustores 1, 2 e 3 acionados, no centro um painel de controle do sistema de exaustão, forro instalado a 2,5 m para redução de resistência do ar.

