

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

ISADORA RIBEIRO DE MARTINO

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE A
QUALIDADE DO SÊMEN DO REPRODUTOR SUÍNO**

UBERLÂNDIA

2023

ISADORA RIBEIRO DE MARTINO

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE A
QUALIDADE DO SÊMEN DO REPRODUTOR SUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, sendo requisito parcial para aprovação na disciplina de “Trabalho de Conclusão de Curso II” (TCC II).

Orientadora: Profa. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias

Co-orientadora: Amanda Aparecida Brito

UBERLÂNDIA

2023

ISADORA RIBEIRO DE MARTINO

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE A
QUALIDADE DO SÊMEN DO REPRODUTOR SUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, sendo requisito parcial para aprovação na disciplina de “Trabalho de Conclusão de Curso II” (TCC II).

Orientadora: Profa. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias

Co-orientadora: Amanda Aparecida Brito

Uberlândia 08 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias – UFU

Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento- UFU

Robson Carlos Antunes – UFU

RESUMO

A qualidade do sêmen suíno pode ser afetada por muitos fatores, como nutrição, manejo e clima, de modo que fatores que alteram a condição metabólica do reprodutor podem afetar a qualidade do ejaculado. É sabido também que as ondas de calor em marrãs e porcas primíparas prejudicam o desempenho reprodutivo, no entanto ainda faltam informações sobre esta influência no desempenho reprodutivo de machos. Dessa forma, o presente trabalho buscou analisar a interferência da temperatura e umidade do ar atuando de forma conjunta mensurada pelo índice de temperatura e umidade (ITU) sobre a qualidade de sêmen do cachaço. Foram coletados dados meteorológicos e reprodutivos de uma granja comercial localizada na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Os dados como temperatura e umidade do ar foram analisados a partir do cálculo de uma única variável, o índice de temperatura e umidade máximo diário (ITU_{max}), avaliando-se os parâmetros de qualidade seminal: concentração, volume e motilidade espermática dentro das seguintes faixas de ITU: menor ou igual a 74, de 75 a 78, de 79 a 82, e maior que 82, sendo considerado: $ITU < 74$ como normal; 75 a 78 crítico; 79 a 83 perigo, e maior ou igual a 84 emergência. Os animais foram divididos em seis categorias de idade: 1 (9-13 meses), 2 (14-17 meses), 3 (18-21 meses), 4 (22-25 meses), 5 (26-29 meses) e 6 (30-33 meses). Janeiro a maio e agosto a dezembro representaram os meses sem conforto térmico ($ITU > 74$). Na avaliação dos parâmetros seminais, a concentração espermática e volume do ejaculado apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, de modo que animais em estresse térmico tiveram sua produção de sêmen afetada. A motilidade apresentou menor influência da temperatura e umidade. Em ambiente tropical, a temperatura e umidade podem afetar negativamente a qualidade de sêmen de reprodutores suínos, sendo que a intensidade desses efeitos varia de acordo com a idade do animal.

Palavras-chave: Cachaço; Espermatozoide; Estresse térmico; ITU.

ABSTRACT

The quality of boar semen can be affected by many factors, such as nutrition, management and climate, so factors that alter the metabolic condition of the boar can affect the quality of the ejaculate. It is also known that heat waves in gilts and primiparous sows impair reproductive performance, but there is still a lack of information on this influence on male reproductive performance. In this way, this study sought to analyze the interference of temperature and humidity acting together as measured by the temperature and humidity index (ITU) on semen quality in boar. Meteorological and reproductive data were collected from a commercial farm located in the Triângulo Mineiro region of Minas Gerais. The temperature and humidity data were analyzed by calculating a single variable, the maximum daily temperature and humidity index (ITU_{max}), assessing the seminal quality parameters: sperm concentration, volume and motility within the following ITU ranges: less than or equal to 74, from 75 to 78, from 79 to 82, and greater than 82, with ITU < 74 being considered normal; 75 to 78 critical; 79 to 83 dangerous, and greater than or equal to 84 emergency. The animals were divided into six age categories: 1 (9-13 months), 2 (14-17 months), 3 (18-21 months), 4 (22-25 months), 5 (26-29 months) and 6 (30-33 months). January to May and August to December represented the months without thermal comfort (ITU>74). In the evaluation of seminal parameters, sperm concentration and ejaculate volume showed significant differences between the treatments, so that heat-stressed animals had their semen production affected. Motility was less influenced by temperature and humidity. In a tropical environment, temperature and humidity can negatively affect the semen quality of boars, and the intensity of these effects varies according to the age of the animal.

Keywords: Boar; Spermatozoon; Stress thermal; THI.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1. Morfofisiologia reprodutiva do cachaço	7
2.2. Mecanismos de termorregulação do reprodutor suíno	8
2.3. Ambiente térmico (temperatura, umidade, ITU)	9
2.4. Parâmetros de avaliação do ejaculado suíno (motilidade, concentração e volume).....	10
2.5. Influência da idade na produção espermática	12
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.CONCLUSÃO.....	22
6. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

Suínos são animais homeotérmicos, extremamente sensíveis a mudanças ambientais e quando submetidos a temperaturas elevadas reagem negativamente, visto que possuem limitada capacidade de dissipação de calor (Carrazza, 2011). Animais homeotérmicos produzem calor constantemente e possuem mecanismos de troca de calor com o meio, chamado de termorregulação que regula sua sobrevivência (Reece, 2017). Este mecanismo é afetado em ambientes quentes e úmidos, visto que compromete o mecanismo de evaporação (ABCS, 2014). Vale ressaltar que, os suínos possuem limitações para se adaptar a esta variação em ambientes com temperaturas elevadas (Rodrigues; Zangeronimo; Fialho, 2010), em situações de estresse por calor, também por possuírem glândulas sudoríparas queratinizadas e tecido adiposo subcutâneo.

O reprodutor representa em torno de 33% da fertilidade total do rebanho, além de influenciar com metade dos seus genes, determinando metade do processo reprodutivo (Flowers, 1997). A qualidade do sêmen pode ser afetada por muitos fatores, como nutrição, manejo e clima, de modo que fatores que alteram a condição metabólica do reprodutor podem afetar a qualidade do ejaculado (Flowers, 1997). Esta dificuldade de adaptação ao ambiente pode influenciar na eficiência reprodutiva dos suínos, visto que a temperatura pode afetar a espermatogênese de qualquer espécie, podendo afetar a formação dos gametas e os elementos que já estão em curso pelo epidídimo (Mies Filho, 1975). As altas temperaturas e umidade podem afetar negativamente a produção de espermatozoides, aumentando o número de anomalias e potencialmente reduzindo o número de doses inseminantes por ejaculação (Hainaut *et al.*, 2004; Sharat *et al.*, 2020). Esse impacto pode levar a prejuízos financeiros, visto que as granjas irão precisar aumentar o número de reprodutores para suprir a demanda de doses inseminantes. Por consequência, é essencial conhecer a fisiologia do animal, para garantir o manejo correto e a qualidade seminal (Waberski *et al.*, 2008).

As regiões tropicais são as mais afetadas pelas mudanças climáticas (Britt *et al.*, 2018). No entanto, a maioria dos estudos foram efetuados em climas temperados, onde a temperatura ambiente pode afetar a fertilidade do reprodutor suíno de forma diferente em relação aos suínos criados nos trópicos (Peña-santiago *et al.*, 2019).

Diversos autores relataram a influência da temperatura e umidade em porcas, mostrando que a alta temperatura pode afetar o intervalo desmame-estro, a taxa de prenhez e o número de leitões (Rensis; Ziecik; Kirkwoodc, 2017). É sabido também que as ondas de calor prejudicam o desempenho reprodutivo de marrãs e porcas primíparas (Brito *et al.*, 2022), e que a sobrevivência embrionária em marrãs inseminadas com sêmen de varrões submetidos ao estresse por calor também é prejudicada (Trudeau; Sanford, 1986). No entanto, ainda faltam informações sobre a influência dos fatores meteorológicos avaliados conjuntamente pelo do índice de temperatura e umidade (ITU) nos reprodutores suínos. Desta forma, o presente trabalho buscou analisar a interferência da temperatura e umidade na qualidade do sêmen do cachaço.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Morfofisiologia reprodutiva do cachaço

O sistema reprodutor do cachaço é composto pelo escroto, testículos, ductos para transporte, cordão espermático, glândulas acessórias, pênis e músculos (Senger, 2003). Os testículos produzem os espermatozoides, juntamente com a testosterona, e estes se encontram no escroto, que proporciona um ambiente favorável para produção e maturação destes espermatozoides. As demais estruturas, como o epidídimo, ductos, glândulas, uretra e pênis permitem que estes espermatozoides alcancem o óvulo na fêmea (Frandsen *et al.*, 2000).

O escroto é responsável pela termorregulação testicular nos mamíferos, incluindo os cachaços, e dessa forma os testículos precisam estar em uma temperatura abaixo da temperatura corporal para garantir a espermatogênese. No cachaço, a temperatura testicular se encontra entre 35 °C e 36,5 °C, ou seja, 2,5 a 3,0 °C inferior à temperatura corporal (Silveira; Scheid, 2003). O aumento da temperatura corporal pode levar à degeneração testicular e à diminuição da proporção de espermatozoides saudáveis e aptos para a fertilização presentes na ejaculação (Jainuadeen; Hafez, 1995).

Como particularidades, o reprodutor suíno apresenta a glândula recoberta pela túnica albugínea, composta por fibras de colágeno, a qual dificulta a ereção, além do formato em S. O pênis é desenvolvido, e possui o comprimento do ducto epididimário diferente das outras espécies, enquanto nos equinos mede em torno de 70 a 90 metros de comprimento, nos suínos possui entre 17 e 18 metros (Hafez; Hafez, 2000; Knobil; Neil, 2006). Sobre as glândulas acessórias, possuem vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais (Badia, 2003), sendo que a próstata e as glândulas uretrais são responsáveis por 55 a 75% do volume ejaculado, 10 a 25% proveniente das glândulas bulbouretrais, 15 a 20% das vesículas seminais, e apenas 2 a 5% vem do epidídimo (Badia, 2003). O ejaculado do cachaço pode ser dividido em três frações principais sendo: pré-espermático, espermático e pós-espermático, de acordo com sua composição (Briz, 1994; Sancho, 2002; Yeste, 2008).

2.2. Mecanismos de termorregulação do reprodutor suíno

Os suínos são animais homeotérmicos, ou seja, possuem a capacidade de manter sua temperatura corporal interna estável dentro de limites específicos,

independentemente das variações de temperatura no ambiente (Berton, 2013). Esta zona de termoneutralidade permite metabolismo mínimo, com menor gasto de energia para manter a temperatura corporal constante, garantindo o conforto térmico, o que propicia o ambiente para expressar seu potencial genético (Bridi, 1988; Silva; Campos Maia, 2013). A faixa de temperatura ideal para um determinado animal é definida pelo intervalo entre a temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS) (Silva; Campos-Maia, 2013).

Por terem a capacidade de manter sua temperatura corporal interna dentro de limites definidos, mesmo com alteração da temperatura ambiente, os suínos são capazes de expressar funções fisiológicas e metabólicas relacionadas ao ambiente em que estão (Rodrigues, 2005). Os animais homeotérmicos estão constantemente gerando calor, por isso é crucial que tenham mecanismos eficazes de troca de calor com o ambiente, também conhecidos como termorregulação para garantir a homeostase e sobrevivência (Reece, 2017).

Essa regulação da temperatura interna ocorre por dois mecanismos: sensível (não evaporativa) e latente (evaporativo), na qual ocorre a troca de calor entre o animal e o ambiente para garantir a manutenção da temperatura (Deshazer; Hahn; Xin, 2009). Na regulação do calor sensível, a dissipação de calor por parte do corpo ocorre por da condução, convecção e radiação e está relacionada ao diferencial de temperatura, ou seja, a temperatura da pele deve ser superior à temperatura do ambiente para que ocorra a perda de calor sensível (Hannas, 1999; Deshazer; Hahn; Xin, 2009). A perda de calor latente acontece pela evaporação da água, na qual esta é eliminada do corpo pela pele, por meio das glândulas sudoríparas, e por meio da expiração do ar (Rodrigues *et al.*, 2010).

No entanto, os suínos possuem glândulas sudoríparas queratinizadas, ou seja, afuncionais, o que prejudica a perda de calor através da evaporação, além de possuírem tecido adiposo subcutâneo, e dessa forma a troca de calor por perda de água ocorre com alterações na frequência respiratória (ABCS, 2014). Em ambientes quentes e úmidos, o mecanismo de evaporação nos suínos é prejudicado, pois depende da pressão de vapor de água, o que pode comprometer sua capacidade de regular a temperatura corporal (ABCS, 2014).

Quando os suínos se encontram em temperatura superior à TCS, ocorre estresse por calor, com aumento da perda de calor latente, ou seja, pela evaporação, ao ponto em que essa perda de calor não é eficiente para manter a homeotermia,

sendo necessário reduzir a produção de calor metabólico. No entanto, se a taxa metabólica não puder ser reduzida por estar no nível mínimo, pode levar à hipertemia e morte (Silva; Campos-Maia, 2013). Dessa forma, os suínos possuem o mecanismo de termorregulação que garantem o equilíbrio térmico, ou seja, a quantidade de calor produzido é igual à quantidade de calor dissipado. Entretanto, os fatores ambientais podem afetar a troca de energia térmica (Baêta; Souza, 2010; Robertshaw, 2015).

2.3. Ambiente térmico (temperatura, umidade, ITU)

Há diversos fatores que podem afetar a reprodução, dentre eles a temperatura e umidade (Kowalewski *et al.*, 2016). Certamente suínos que são expostos a altas temperaturas, podem apresentar consumo alimentar reduzido, o que pode prejudicar o desempenho reprodutivo das matrizes suínas (Myer; Bucklin, 2018). É sabido também que sob estresse por calor, a carcaça de suínos em terminação pode ser afetada (Kiefer *et al.*, 2010), o que indica que a exposição constante dos suínos sobre altas temperaturas pode afetar todo o metabolismo do animal.

Os reprodutores suínos apresentam uma faixa de temperatura ideal entre 12 e 21°C, na qual a temperatura crítica inferior é 12 °C e a superior é 26°C (Peroni *et al.*, 1985). Dessa forma, evitar que o varrão saia da zona de conforto térmico pode auxiliar na regulação da sua temperatura corporal, o que pode levar a um gasto mínimo de energia, contribuindo com a produção de sêmen.

A temperatura, umidade do ar e radiação solar são fatores meteorológicos que não agem de forma independente, mas sim de forma combinada. Dessa forma, torna-se essencial entender suas consequências sobre a produção animal, visando atingir o maior ganho genético (Pereira, 2005).

A temperatura do ar é a proporção recebida de calor solar em uma região (Pereira, 2005). É um fator ambiental que influencia de diferentes formas em uma mesma espécie. Enquanto os suínos mais velhos são propensos ao estresse por calor por serem sensíveis a altas temperaturas, os suínos novos são vulneráveis a baixas temperaturas. A temperatura tem grande importância na reprodução, visto que temperaturas altas podem levar à degeneração testicular e à redução no número de espermatozoides normais e férteis (Jainudeen; Hafez, 1995).

A umidade do ar é um elemento climático que retrata a quantidade de vapor de água presente na atmosfera e esta pode ser dividida em umidade absoluta e umidade relativa. A umidade absoluta é a relação entre quantidade de água e volume de ar,

enquanto a umidade relativa é a proporção do vapor de água em relação ao ar (Silva, 2008). Para suínos, a umidade relativa ideal é de 40 a 70% (Bortolozzo *et al.*, 2011), e quando são submetidos em ambientes com umidade elevada podem ter dificuldade para dissipar calor para o ambiente, o que prejudica seu desempenho (Pandorfi; Silva; Piedade, 2008).

Os fatores do ambiente térmico, temperatura e umidade afetam tanto a reprodução quanto a produção animal. Por essa razão, foram criados índices de estresse térmico para classificar esses fatores e, assim, garantir o conforto térmico dos animais. Um dos índices térmicos utilizados é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o qual relaciona umidade do ar à temperatura ambiente, e avalia um único valor. Foi criado originalmente por Thom (1959) e apresenta grande uso para avaliar conforto térmico nos animais (Campos *et al.*, 2008), visto à facilidade de acesso aos dados meteorológicos. Wegner *et al.* (2016) observaram os valores de ITU médio e máximo em uma criação de porcas, determinando que o ITU médio de conforto térmico para porcas é inferior a 74.

2.4. Parâmetros de avaliação do ejaculado suíno (motilidade, concentração e volume)

As principais características analisadas no ejaculado incluem o volume, motilidade e concentração espermáticas (Colenbrander *et al.*, 1993; CBRA, 2013). A avaliação da qualidade espermática considera a motilidade e vigor como fatores essenciais, visto que, ao estarem na tuba uterina, é necessário que os espermatozoides sejam capazes de se mover e permanecer ativos para alcançar o óvulo e penetrar em suas camadas de revestimento (Fonseca *et al.*, 1992).

A concentração espermática consiste no número de espermatozoides por milímetro cúbico (mm^3/ml) do ejaculado. Pode ser mensurado por métodos diversos, sendo o mais utilizado para a contagem das células a câmara de Neubauer (CBRA, 2013). No caso dos suínos, essa contagem pode ser feita de forma direta em câmara hemocitométrica, fotolorimetria, espermodensímetro e contagem eletrônica de partículas (CBRA, 2013). Vale ressaltar que a multiplicação da concentração pelo volume do sêmen, resulta no número total de espermatozoides na amostra, e dessa forma, esta análise precisa ser exata.

O volume é um valor que pode depender do método de coleta do sêmen, e é representado em mililitros (ml) (CBRA, 2013). O volume refere-se à quantidade de sêmen ejaculado pelo macho, sendo importante para avaliar a qualidade e capacidade reprodutiva dos cachorros. O valor do ejaculado suíno pode variar de 125 a 500 ml, de modo que este valor pode sofrer influência da genética, da idade do animal e da frequência da coleta (Bennemann, 2014).

A motilidade é definida como o número de células espermáticas móveis, sendo representada em porcentagem (Miya *et al.*, 2007). A análise da motilidade dos espermatozoides permite determinar sua capacidade de sobrevivência, e pode ser realizada por técnicas computadorizadas (CASA – “*Computer-Assisted Sperm Analysis*”), o qual permite resultados mais confiáveis, como também por meio de microscópio óptico, pelo aumento de 100 a 200 vezes (Bortolozzo *et al.*, 2008). Independente do procedimento de avaliação utilizado, apenas amostras de ejaculado que possuam pelo menos 70% de motilidade são consideradas adequadas para a produção de doses inseminantes para suínos (CBRA, 2013).

Donin, Heinemann e Moreira (2007), bem como Furtado e Araújo Filho (2002), verificaram redução na motilidade, além de altas percentagens de formas anormais, em áreas e períodos com elevada temperatura. Ainda, Hainaut *et al.* (2004) observaram a possibilidade da influência prejudicial da alta temperatura e umidade frente à espermatogênese.

A produção espermática e o número total de espermatozoides no ejaculado são afetados por todos fatores que influenciam a espermatogênese, como a idade, nutrição, efeitos ambientais e genéticos (Martínez; Corcuera, 2005). Assim, tudo que afeta o metabolismo do reprodutor, pode refletir na qualidade do ejaculado. De acordo com Kunavongkrit *et al.* (2005) há redução no consumo e alteração no balanço nutricional da dieta em áreas quentes, e assim o baixo consumo de proteína reflete em um cachorro com ejaculação com curta duração (Lopez *et al.*, 2017).

É conhecido que reprodutores sob temperatura de 34,5°C por 8 horas, e 31°C por 16 horas, diariamente pelo período de 90 dias, apresentaram baixa motilidade e alta percentagem de patologia espermática, o que refletiu em queda da fertilidade, comparado a animais sob 23°C (Wettemann *et al.*, 1976). Dessa forma, o sêmen utilizado deve possuir características de qualidade e quantidade que permitam o processamento de doses inseminantes sem afetar a fertilidade, e assim, as diferentes

análises dos parâmetros de qualidade do sêmen, como a avaliação de motilidade, concentração e volume, retratam o processo de espermatogênese.

2.5. Influência da idade na produção espermática

É sabido que o sucesso reprodutivo do suíno depende de fatores genéticos, idade (Huang *et al.*, 2010) e tamanho testicular (Pinart *et al.*, 1999; Clark *et al.*, 2003). Portanto, para fazer a análise espermática é essencial levar em consideração a idade do animal. Diversos fatores são afetados pela idade, como o volume do ejaculado (Pruneda *et al.*, 2005; Smital, 2009; Yeste *et al.*, 2010). Os processos de espermatogênese e espermiogênese iniciam nos suínos aos três meses de idade, e no quarto mês os espermatozoides se encontram no lúmen dos túbulos seminíferos. A puberdade se inicia em média aos cinco meses, logo, após esse período o tamanho dos testículos, a concentração de espermatozoides e o volume irão aumentar, até os 18 meses, onde estabilizam.

Atingir a puberdade não define aquisição da aptidão reprodutiva (Einarsson *et al.*, 1979). O período da puberdade é aquele em que os primeiros espermatozoides são encontrados no sêmen (Unanian e Silva, 1997), caracterizando um rápido desenvolvimento reprodutivo (Freneau *et al.*, 2006). É recomendado o início do uso de machos na reprodução a partir dos oito meses de idade (Scheid; Afonso, 2000), pois durante o período pós-púbere, o sêmen possui menor quantidade de células espermáticas que apresentam patologias.

Vale ressaltar que o tamanho do testículo interfere na idade à puberdade, e dessa forma, suínos jovens com testículos grandes atingem a puberdade mais cedo, além de se tornarem maduros sexualmente dois a três meses antes do esperado, além de terem maior produção diária de sêmen (Johnson *et al.*, 1994; Harder *et al.*, 1995; Rathje *et al.*, 1995; Huang; Johnson, 1996)

Dessa forma, a idade interfere nos parâmetros analisados sobre a condição espermática, o que implica em sua relevância para a reprodução. Além disso, estudos comprovam que há uma relação importante entre o número total de espermatozoides por ejaculado e a idade em épocas quentes e frias (Huang *et al.*, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado a partir do banco de dados, tanto reprodutivos quanto climáticos, referente à mesma época e do mesmo ano, de janeiro de 2017 a dezembro de 2021, totalizando 8.645 coletas, de uma granja comercial localizada na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil (18° 91' S, 48° 25' W e 875 metros de altitude), o qual segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tropical com inverno seco, tipo Aw (Alvares *et al.*, 2013).

Os machos da granja são alojados em baias individuais, equipadas com bebedouro na altura adequada para o animal, com piso compacto e reparo de placa cimentícia. O galpão contém seis ventiladores e exaustores, os quais dois funcionam junto com os ventiladores, outros dois são responsáveis por tirar os gases do galpão, e outros dois são independentes, visando garantir a temperatura adequada ao bem-estar do animal. As baias são sempre preparadas e higienizadas para receber o macho, e são higienizadas duas vezes por dia.

Ao chegarem na granja, os machos são treinados com o manequim, para se adaptarem com a coleta de sêmen, e quando começam a produzir doses aptas, os machos são introduzidos para a reprodução. Há duas salas de coletas, que são higienizadas todos os dias, e possuem manequim ideal, além de conter um tapete para evitar que o macho escorregue. Próximo à sala, encontra-se o laboratório de análise, que possui apenas uma conexão com a sala de coleta para serem entregues as doses e materiais, sendo que a pessoa responsável pela coleta não está permitida a entrar no laboratório, visando evitar contaminação do material.

Primeiro, é realizada a limpeza do macho, além de higienizar a região do prepúcio, para evitar qualquer tipo de contaminação do sêmen. Então o coletador realiza a coleta, a qual é encaminhada para o laboratório que realiza a pré-diluição, com água deionizada e diluente utilizado na central, que permite a análise da qualidade do sêmen, através da temperatura, volume, concentração, aglutinação e motilidade, e assim o sistema interno da granja determina a quantidade de doses produzidas e armazena tais dados. Todo o processo deve ser ágil, para evitar perdas de espermatozoides.

Os dados meteorológicos foram utilizados a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com dados diários de temperatura máxima (Tmax), em °C e umidade relativa mínima (URmin) em %. A partir disso,

visando obter um relatório bioclimático, foi realizado o cálculo de índice de temperatura e umidade máximo diário (ITU_{max}) de acordo com a equação de Berman et al. (2016):

$$ITU_{max} = 3,43 + 1,058(T_{max}) - 0,293 (UR_{min}) + 0,0164(T_{max}) (UR_{min}) + 35,7$$

De acordo com Mellado, o ITU foi categorizado a partir dos dados obtidos, em menor ou igual a 74, de 75 a 78, de 79 a 82, e maior que 82, sendo considerado: ITU < 74 como normal; 75 a 78 crítico; 79 a 83 perigo, e maior ou igual a 84 emergência.

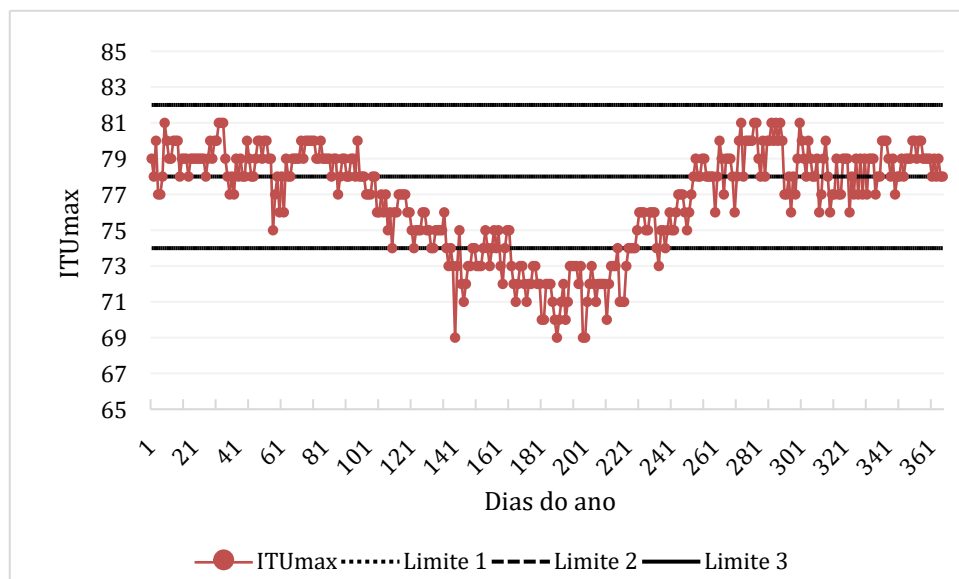
Tal categorização do ITU foi relacionada com os dados seminais, como motilidade, concentração e volume, e à idade dos reprodutores, que foram divididos em seis grupos de acordo com a idade em meses: de 9 a 13 meses, de 14 e 17 meses, de 18 a 21 meses, de 22 a 25 meses, de 26 e 29 meses e de 30 a 33 meses, conforme sugerido por Suriyasomboon *et al.* (2004).

Os dados espermáticos e meteorológicos foram registrados no programa Microsoft® Excel®, e então foi feita a análise estatística pelo software R. O fator idade seria utilizado como covariável mas violou o pressuposto de independência em relação ao ITU. Os dados discrepantes (outliers) de motilidade (0) e concentração (0,000 e 0,005) foram retirados da análise estatística. Além disso, as variáveis estudadas não atingiram a normalidade, sendo então utilizada a análise não paramétrica, sendo as médias comparadas pelo teste Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho considerou-se os dias do ano de 1 a 365 pertencentes ao período de janeiro de 2017 a dezembro de 2021, onde foi possível observar o comportamento do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nas médias diárias dos anos estudados, sendo predominante valores de ITU fora do conforto térmico (>74) (Figura 1).

Figura 1. Valores médios diários do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) de janeiro de 2017 a dezembro de 2021.



Na figura 1 também é possível analisar a prevalência ao longo dos anos de cada tratamento de ITU, sendo eles: ITU menor que 74 (dados abaixo do Limite 1), ITU entre 74 e 78 (dados entre Limites 1 e 2), ITU maior e/ou igual 78 e menor que 82 (dados entre os Limites 2 e 3), e ITU maior e/ou igual a 82 (dados acima do Limite 3). No gráfico não aparecem médias de ITU maior e/ou igual a 82, no entanto, avaliando os dados brutos, essa classe esteve presente em 72 dias dentro do período avaliado.

De acordo com Wegner *et al.* (2016) o ITU médio diário menor que 74 representaria uma zona de conforto térmico dos suínos. Mellado categorizou o ITU menor que 74 sendo normal; 75 a 78 crítico; 79 a 83 perigo, e maior ou igual a 84 emergência. Considerando esse limiar apresentado pelos autores, o número médio de dias sem conforto térmico ($ITU > 74$) concentrou entre os dias 1 a 140, equivalente aos meses de janeiro a maio, e dias 225 a 365, equivalente aos meses agosto a

dezembro, enquanto os dias em conforto (ITU <74) se encontram nos dias 141 a 224, equivalente aos meses de junho e julho.

A excelência na produção espermática de reprodutores suínos está relacionada ao conforto térmico dos animais, assim deve-se considerar medidas que diminuam os efeitos do estresse por calor. Vale ressaltar que dentro dos 10 maiores produtores de carne suína mundial estão três países tropicais (Brasil, Vietnã e México) (Foreign Agricultural Service, 2022), sendo que o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking de produção e exportação da carne suína.

Ainda de acordo com a Figura 1, podemos observar que, do total de 1.826 dias analisados, observou-se a presença de 1.340 dias fora da zona de conforto térmico. No estudo de Freneau *et al.* (2012), nos meses de setembro a novembro, foram observadas temperaturas máximas e ITU acima de 70, sendo este período associado a casos de degeneração testicular, ocasionando impactos negativos na qualidade de sêmen em reprodutores suínos, como também observado a seguir no presente trabalho.

Em relação aos parâmetros de qualidade de sêmen avaliados, os valores médios de volume seminal nos tratamentos analisados apresentaram diferenças significativas dentro das classes de idade nos diferentes ITUs, sendo que os animais com idade de 14 a 17 meses e 22 a 25 meses apresentaram menores volumes do ejaculado quando o ITU ultrapassou 74 ($p < 0,05$) (Tabela 1), corroborando com outros trabalhos (Johnson; Gomes, 1969; Spessatto; Moreira, 2009) onde em temperaturas elevadas, houve uma redução do volume total de sêmen afetando também a concentração e motilidade espermáticas.

Tabela 1. Médias dos valores de volume (mL) dos ejaculados de suínos coletados na granja

TRAT	1 (9-13m)	2 (14-17m)	3 (18-21m)	4 (22-25m)	5 (26-29m)	6 (30-33m)
1 (<74)	345.586a	422.486 ^a	446.683a	488.147a	486.682a	481.636a
2 (74-78)	350.951a	426.189ab	447.505a	463.591ab	499.389a	467.103a
3 ($\leq 78-82$)	355.396a	445.355b	448.763a	458.762b	513.400a	491.403a
4 (≥ 82)	314.769a	394.619ab	414.188a	539.182ab	474.333a	467.000a

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Para as demais categorias de idade (9-13; 18-21; 26-33 meses) não houve diferenças entre o volume de sêmen de acordo com as classes de ITU avaliadas, conforme avaliado em estudos em que não houve alteração do volume do ejaculado

em animais que foram submetidos a um curto período de calor (Mcnitt; First, 1970; Wettemann *et al.*, 1976).

O sistema genital masculino é composto pelos testículos, ducto contorcido do epidídimo, ducto deferente, uretra e as glândulas acessórias, sendo esta responsável por liberar suas secreções na uretra contribuindo para o volume do sêmen. Os testículos são responsáveis pela produção de espermatozoides, tendo sua regulação pelo eixo hipotálamo-hipófise. Fisiologicamente, o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, em condições de estresse, eleva a concentração do cortisol sérico, produzido em resposta a liberação do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) (Morgan *et al.*, 2019). Com a secreção do ACTH há produção de glicocorticoides e hormônios opióides endógenos, que produzem beta-endorfinas nas adrenais, bloqueando a secreção do hormônio luteinizante (LH) (Eloy, 2007), gerando efeitos na reprodução. Esses hormônios atuam no controle da espermatogênese e termorregulação, ocasionando mudanças nos parâmetros seminais, como volume, concentração e motilidade espermáticas, levando a possíveis problemas reprodutivos (Eloy, 2007).

Na Tabela 2 pode-se verificar a concentração espermática dos animais categorizados por faixas etárias e submetidos a diferentes condições de ITU.

Tabela 2. Médias dos valores de concentração (sptz/mm³) dos ejaculados de suínos coletados na granja

TRAT	1 (9-13m)	2 (14-17m)	3 (18-21m)	4 (22-25m)	5 (26-29m)	6 (30-33m)
1 (<74)	0.292a	0.286a	0.257a	0.271a	0.262a	0.081a ^a
2 (74-78)	0.290ab	0.277a	0.263a	0.264ab	0.253a	0.083a ^a
3 (≤78-82)	0.284b	0.259b	0.259a	0.256b	0.253a	0.083a ^a
4 (≥82)	0.279ab	0.274ab	0.267a	0.252ab	0.260a	0.132a ^a

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (p<0,05)

Para os reprodutores jovens (9-17 meses) e machos com 22-25 meses, as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos de melhor conforto térmico, ou seja, a queda nos valores de concentração pode estar associada ao aumento nos valores de ITU, situação em que os animais estão fora da sua zona de conforto. Esse fato concorda com relatos prévios sobre o efeito prejudicial do estresse térmico na concentração espermática (Wettemann; Bazer, 1985; Kunavongkrit; Prateep, 1995; Suriyasomboon *et al.*, 2004), corroborando com trabalhos que mostraram que o aumento da temperatura foi relacionado a perda de peso dos testículos e degeneração

dos túbulos seminíferos, tendo por consequência distúrbios na espermatogênese (Johnson e Gomes, 1969).

As células germinativas, presentes nos túbulos seminíferos, são as mais afetadas pelo estresse térmico (Waites, 1990) em relação as células de Sertoli ou Leydig, na qual quando submetidas a temperaturas elevadas sofrem destruição por apoptose, sendo os espermátócitos e espermatozoides do epidídimo os mais susceptíveis (Kim; Park; Rhee, 2013).

Assim como para as categorias de idade 3, 5 e 6, outros estudos também não relataram alteração no volume e concentração do espermatozoide expostos a curtos períodos em ambientes com temperaturas elevadas (Mcnitt; First, 1970; Wettemann *et al.*, 1976; Cameron; Blackshaw, 1980), o que pode indicar outros fatores influenciando a qualidade do sêmen, como o tempo de exposição ao calor. Em estudos realizados em carneiros, os espermatozoides do epidídimo só foram afetados após uma longa exposição a temperaturas elevadas (Mieusset *et al.*, 1991), o que pode sugerir uma possível resistência dos reprodutores a uma determinada temperatura.

Como resposta ao calor, o corpo do animal responde de diversas maneiras com alterações fisiológicas e metabólicas, no entanto o aquecimento testicular prolongado pode levar a infertilidade, com a cessação permanente da espermatogênese (Rizzoto *et al.*, 2019). A breve exposição dos testículos ao calor, não produz a morte das células germinativas (Rockett *et al.*, 2001), de forma que estudos realizados em camundongos, relatam que as células possuem um limite de tempo e temperatura que podem levar à apoptose (Morgentaler, 1999). No entanto se altas temperaturas agirem por muitas semanas, pode haver degeneração da gônada (Furtado e Araújo Filho, 2002).

Vale ressaltar a influência da idade na concentração espermática, já que, conforme o animal avança a idade, também há uma queda na concentração. Suriyasomboonabc *et al.* (2004) relataram que a idade dos cachacos teve influência na produção total de espermatozoides, assim como demonstrado por Fraser *et al.* (2016), que analisaram três grupos de idade de suínos (8-18, 19-30 e 31-42 meses de idade) e observaram que a concentração espermática reduz ao longo do tempo de vida.

No presente trabalho, pode-se observar que os menores valores de concentração espermática foram pertencentes aos animais mais velhos (30-33 meses

de idade), não sendo os mesmos influenciados pelas variações de ITU, ao contrário da categoria de machos jovens. Tais dados podem ser explicados por estudos que relataram que machos mais jovens produzem menor volume de sêmen com menor concentração, por ainda estarem em desenvolvimento, podendo ser facilmente afetados pelo estresse térmico (Falkenberg; Pfeiffer; Ritter, 1992).

Em relação à análise da motilidade espermática (Tabela 3), a mesma aparenta ter menor influência da temperatura e umidade, visto que foram encontrados valores satisfatórios de motilidade (acima de 70%, consideradas adequadas para a produção de doses inseminantes para suínos, de acordo com o CBRA (2013) independente das classes de ITU. Assim como analisado por Pena Jr. *et al.* (2019) que observaram que o verão tropical levou à indução de danos ao DNA espermático, com redução na concentração sem diminuir a motilidade dos espermatozoides de suínos, o que pode indicar outros fatores influenciando a motilidade, como a idade.

Ainda de acordo com os resultados, os machos mais jovens (9-13 meses de idade), apresentaram os menores valores de motilidade em condições de alto estresse térmico (ITU ≥ 82).

Os estudos de Huang *et al.* (2010) mostraram que reprodutores da raça Duroc mais jovens, por volta de um ano de idade, apresentaram maior resistência ao efeito da temperatura e umidade, o que não foi observado no presente estudo. Ainda de acordo com esses autores, o efeito da temperatura e umidade observado na qualidade seminal depende da raça suína em questões, visto que as raças possuem variações de sensibilidade ou adaptabilidade aos fatores ambientais (Corcuera *et al.*, 2002; Wysokinska *et al.*, 2009).

Tabela 3. Médias dos valores de motilidade (%) dos ejaculados de suínos coletados na granja

TRAT	1 (9-13m)	2 (14-17m)	3 (18-21m)	4 (22-25m)	5 (26-29m)	6 (30-33m)
1 (<74)	87.509a	88.422a	85.299a	87.287b	89.897a	87.500a
2 (74-78)	87.291b	87.595a	86.101a	87.972ab	89.751a	89.456a
3 ($\leq 78-82$)	85.902bc	87.861a	85.909a	87.890a	89.626a	89.694a
4 (≥ 82)	84.046c	85.381a	89.719a	88.182a	90.333a	90.000a

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Vale ressaltar que os danos causados pela elevada temperatura e umidade podem levar um intervalo de tempo de duas semanas para ocorrer (Wettemann e

Dejardins, 1979; Levis, 1997), o que está relacionada à maior resistência dos espermatozoides do epidídimo em relação aos que estão nos testículos.

Em casos de elevadas temperaturas atuando por diversas semanas pode-se observar a degeneração da gônada, o que leva a esterilidade do animal (Furtado e Araújo Filho, 2002). Dessa forma, os efeitos do estresse térmico aos reprodutores podem ser imediatos e severos, sendo que o tempo mínimo de exposição e máximo no qual a produção espermática é prejudicada podem variar de acordo com a localização geográfica analisada (Flowers, 1997).

É sabido que o estresse térmico prejudica o desempenho reprodutivos dos reprodutores suínos. Cachaços mantidos em granja climatizada apresentaram melhores parâmetros seminais em relação a motilidade, concentração e morfologia ao longo do ano, em relação a granja não climatizada (Freneau; Ferreira; Sobestiansky, 2012). Em outro estudo, animais mantidos em gaiolas sob condições de temperatura fora do conforto térmico (21,9°C a 34,37°C) por 60 dias tiveram a qualidade espermática comprometida em relação ao vigor e motilidade (Martins *et al.*, 2011).

A temperatura considerada ideal para a produção espermática é de 18-20°C (Amorim *et al.*, 2010). A exposição a elevadas temperaturas por quatro a seis dias consecutivos gera alterações individuais na qualidade do sêmen por 2-5 semanas após a exposição, visto que os espermatozoides passam dos túbulos seminíferos para a cauda do epidídimo, apresentando efeitos negativos à motilidade e à produção das células (Hunter, 1987).

5. CONCLUSÃO

Em ambiente tropical, a temperatura e umidade podem afetar negativamente o volume seminal, a concentração e a motilidade espermáticas de reprodutores suínos, sendo que a intensidade desses efeitos varia de acordo com a idade do animal.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

É de grande importância estabelecer parâmetros de avaliação e classificação dos fatores ambientais em relação ao bem-estar, visando entender a relação dos fatores nos reprodutores suínos, e sua interferência no desempenho reprodutivo.

Compreender como o ambiente térmico afeta os índices reprodutivos pode ajudar produtores a aprimorarem as instalações e o manejo nos períodos mais quentes, evitando perdas econômicas e promovendo o bem-estar animal.

Estudos futuros serão realizados a fim de avaliar o efeito da duração e intensidade do estresse térmico sobre os parâmetros seminais dos reprodutores suínos.

REFERÊNCIAS

ABCS (Associação Brasileira dos Criadores de Suínos). **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília: ABCS, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Koppen para o Brasil. **Meteorol. Z**, v.22, p.711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AMORIM, R. N. L.; COSTA, R. C.; REIS, M. Manejo reprodutivo de suínos. **Universidade Federal Rural do Semi-árido**, Mossoró. 2010.

BADIA, E. **Estude Estructural, Ultraestructural I Histoquímic de les Glàndules Sexuels Accessòries del Mascle Reproductor Porcí**. 2013. 112f. Tese (Doutorado em Veterinária) – Universitat de Girona, Girona, 2003.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Mecanismo de regulação da temperatura corporal. In: BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, cap. 4, p. 20-22, 2010.

BENNEMANN, PE. Técnicas de avaliação, contagem, processamento, diluição e envase do sêmen suíno. In: Associação Brasileira De Criadores De Suínos (ABCS). **Produção de Suínos: Teoria e Prática**. 1. ed. Brasília, DF, 2014. p. 334-348, 2014.

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. Uma comparação dos índices THI leva a um índice sensível de estresse por calor baseado no calor para bovinos sombreados que alinha o estresse de temperatura e umidade. **Int. J. Biometeorol.**, v.60, n.10, p.1453-1462, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>

BERTON, M. P. **Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características de carcaça de suínos**. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

BORTOLOZZO, F. P.; BERNARDI, M. L.; BENNEMANN, P.E. Inseminação Artificial em Suínos. In: GONÇALVES, P. B.; FIGUEIREDO, J. R.; FREITAS, V.J. F. **Biotécnicas aplicadas à reprodução Animal**. São Paulo: ROCA. p.125-145, 2008.

BORTOLOZZO, F. P.; KUMMER, A. B. H. P.; LESSKIU, P. E. WENTZ, I. **Estratégias de redução do catabolismo lactacional manejando a ambiência na maternidade**. 2012. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/5513889/estrategias-de-reducao-do-catabolismolactacional-suinotec>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BRIDI, A. M. **Efeitos do ambiente tropical sobre a produção animal**. 1988.

Disponível em:

<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/EfeitosdoAmbienteTropicalsobreProducaoAnimal.pdf> Acesso em: 20 mai. 2023.

BRITO, A. A.; SILVA, N. A. M.; DIAS, A. L. N. A.; NASCIMENTO, M. R. B. M. Heat wave exposure impairs reproductive performance in primiparous sows and gilts in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.66, n.12, p. 1-8, 2022.

BRITT, J. H.; CUSHMAN, R. A.; DECHOW, C. D.; DOBSON, H.; HUMBLLOT, P.; HUTJENS, M. F.; JONES, G. A.; RUEGG, P. S.; SHELDON, I. M.; STEVENSON, J. S. Invited review: Learning from the future - a vision for dairy farms and cows in 2067. **Journal American Dairy Science Association**, v.101, n.5, p.3722 - 3741, 2018.

BRIZ, **Anàlisi Microscòpica de l'Esperma Ejaculada i de la Maduració Epididimària dels Espermatozoides de *Sus domesticus***. 1994. 89f. Tese (Doutorado em Veterinària) – Universitat de Girona, Girona, 1994.

CAMERON, R. D., BLACKSHAW, A. W. The effect of elevated ambient temperature on spermatogenesis in the boar. **J. Reprod. Fertil.** v. 59, n. 1, p.173–179, 1980.

CAMPOS, J. A.; TINOCO, I. F. F.; BAËTA, F. C.; SILVA, J. N.; CARVALHO, C. S.; MAUIRI, A. L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, v.55, n.3, p.187-193, 2008.

CARRAZZA, Leonardo Gomes et al. Qualidade do sêmen em suínos submetidos ao estresse pelo calor: Revisão de literatura. **Pubvet**, v. 5, p. Art. 1143-1149, 2011.

CBRA (Colégio Brasileiro de Reprodução Animal). **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 3ª. Ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013.

CLARK, S. G.; SCHAEFFER, D.J.; ALTHOUSE, G. C. B-Mode ultrasonographic evaluation of paired testicular diameter of mature boars in relation to average total sperm numbers. **Theriogenology**. v.60, p.1011-1023. 2003.

COLENBRANDER, B.; FEITSMA, H.; GROOTEN, H. J. Optimizing sêmen production for artificial insemination in swine. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.48, p.207-215. 1993.

CORCUERA, B.D.; HERNANDEZ-GIL, R.; DE ALBA ROMERO, C.; MARTIN RILLO, S. Relationship of environment temperature and boar facilities with seminal quality. **Livestock Production Science**, v.74, p.55-62, 2002.

DESHAZER, J. A.; HAHN, G. L.; XIN, H. Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics, In: DESHAZER, J.A. (Ed). **Livestock Energetics and Thermal Environmental Management**. Saint Joseph: ASABE, cap.1, p.1-22, 2009.

DONIN, D. S.; HEINEMANN, R.; MOREIRA, N. Estresse térmico e suas consequências sobre as características do sêmen de machos suínos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.4, p.456-461, 2007.

EINARSSON, S.; HOLTMAN, M.; LARSSON, K.; SETTERGREN, I.; BANE, A. The effect of two different feed levels on the development of the reproductive organs in boars. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.20, p.1-9, 1979.

FALKENBERG, H.; PFEIFFER, H.; RITTER, E. Einfluss von alter und umwelfaktoren auf die spermatologische leistungsfähigkeit von besamungsebern. **Archiv fur Tierzucht**, v.35, p.581-590, 1992.

FLOWERS, W. L. Management of boar for efficient semen production. **J. Reprod. Fertil.**, v.52, p.67- 78, 1997.

FONSECA, V. O.; VALE-FILHO, V. R.; MIES- FILHO, A. **Procedimentos para exame andrológico e avaliação do sêmen animal**. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1992.

FRANÇA, L. R.; CARDOSO, F. M. Duration of spermatogenesis and sperm transit time through the epididymis in the Piau boar. **Tissue and Cell**, v. 30, n. 5, p. 573-582, 1998.

FRASER, L.; STRZEZECK, J.; FILIPOWICZ, K.; MOGIELNICKA-BRZOZOWSKA, M.; ZASIADCZYK, L. Age and seasonal-dependent variations in the biochemical composition of boar sêmen. **Theriogenology**, v. 86 (3), p.806-816, 2016.

FRENEAU, G. E.; VALE-FILHO, V. R.; MARQUES-JUNIOR, A. P.; MARIA, W. S. Puberdade em touros Nelore criados em pasto no Brasil: características corporais, testiculares e seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.1107-1115, 2006.

FRENEAU, G. E.; FERREIRA, J. D. J.; SOBESTIANSKY, J. Avaliação das características seminais de varrões mantidos em centrais de inseminação artificial com ambiente climatizado e não climatizado durante 12 meses. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 4, out./dez. 2012.

FURTADO, G. D.; ARAÚJO-FILHO, U. L. **Influência da Temperatura Ambiente na Reprodução Animal (Breve Revisão Literária)**. 2002. Disponível em: <

<https://www.docsity.com/pt/influencia-da-temperatura-ambiente-na-reproducao-animal/4801896/>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

HAFEZ, B.; HAFEZ, E. **Reproduction in farm animals**. Wiley: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

HAINAUT, G. H.; ARAMBURO, L. E. T.; BURITICÁ HAINAUT, M. E.; PEREZ, C. I. S.; LONDOÑO, G. C.; MIHAMMED, D. G. O. Efecto del clima sobre las características seminales de porcinos en una zona de bosque humedo tropical. **Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin**, v.57, n.2, 2004.

HANNAS, 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, cap. 1, p.1- 28, 1999.

HARDER, R. R.; LUNSTRA, D. D.; JOHNSON, R. K. Growth of testes and testicular morphology after eight generation of selection for increased predicted weight of testes at 150 days of age in boars. **J Anim Sci**, v.73, p.2186–2195, 1995.

HOFFMAN, B. AND LANDECK, A. Testicular endocrine function, seasonality and semen quality of the stallion. **Animal Reproduction Science**, v.57, p.89-98, 1999.

HUANG, Y.T.; JOHNSON, R. K. Effect of selection for size of testes in boars on semen and testis traits. **J Anim Sci**, v.74, p.750–760, 1996.

HUANG, Y. H.; LO, L. L.; LIU, S. H.; YANG, T. S. Age-related changes in semen quality characteristics and expectations of reproductive longevity in Duroc boars. **Journal of Animal Science**, v.81, n.4, p.432-437, 2010.

HUNTER, R.H.F. Reproducción de los animales de granja. **Ed. Acribia, Zaragoza**, 1987.

JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, E. S. E. Distúrbios reprodutivos nos machos. In: HAFEZ, E. S. E. **Reprodução Animal**. 6.ed. São Paulo: Manole, p.291-301, 1995.

JOHNSON, R.K.; ECKARDT, G.R.; RATHJE, T.A.; DRUDIK, D.K. Ten generations of selection for predicted weight of testes in swine: direct response and correlated response in body weight, backfat, age at puberty, and ovulation rate. **J Anim Sci**, v.72, p.1978–1988, 1994.

JOHNSON, H. D.; GOMES, W. R. Effect of elevated ambient temperature on lipid levels and cholesterol metabolism in the ram tests. **Journal of Animal Science**, v. 29, p. 469-475, 1969.

- KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KIM B, PARK K, RHEE K. Heat stress response of male germ cells. **Cell Mol Life Sci**, 2013.
- KNOBIL, E.; NEILL, J. **Physiology of Reproduction**, 3a. Ed. Waltham: Academic Press, 2006.
- KOWALEWSKI, D.; KONDRACKI, S.; GÓRSKI, K.; BAJENA, M.; WYSOKIESKA, A. Effect of piggery microclimate on ejaculate performance of artificial insemination boars. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v.22, p.225-232, 2016.
- KUNAVONGKRIT, A.; SURIYASOMBOON, A.; LUNDEHEIM, N.; HEARD, T. W.; EINARSSON, S. Management and sperm production of boars under differing environmental conditions. **Theriogenology**, v.63, p.657-667, 2005.
- KUNAVONGKRIT, A.; PRATEEP, P. Influence of ambient temperature on reproductive efficiency in pigs: (1) boar semen quality. **Pig-Journal**, v. 35, p.43-47, 1995.
- LEVIS, D. G. Production Management: Managing post-pubertal boars for optimum fertility. **Swine Medicine**, p.17-23, 1997.
- LOPEZ-RODRIGUEZ, A.; VAN SOOM, A.; ARSENAKIS, I.; MAES, D. Boar management and semen handling factors affect the quality of boar extended semen. **Porcine Health Management**, v.3, p.1-12, 2017.
- MACHADO-FILHO, L. C. P; HÖTZEL, M. J. Bem-estar dos suínos. In: **Seminário Internacional de Suinocultura**, 5, 2000, São Paulo, SP. Anais... Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, p. 70-82, 2000.
- MARTINS, P.C. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre a viabilidade do sêmen de varrões. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 20, Ed. 167, Art. 1127, 2011.
- MARTÍNEZ, P. C.; CORCUERA, B. D. U. Análise de Sêmen: Importância nos Resultados Reprodutivos. **Suínos & Cia**, n.13, p.11-17, 2005.
- MCNITT, J. I.; FIRST, N. L. Effects of 72-hour heat stress on semen quality in boars. **Int. J. Biometeorol.** 14(4), 373–380, 1970.

MIES-FILHO, A. Fisiologia do aparelho genital masculino: função espermatogênica e função endócrina do testículo. In: Mies-Filho, A. **Reprodução dos animais e inseminação artificial**. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, p.99-133, 1975.

MIEUSSET R, CASARES PIQ, SANCHEZ-PARTIDA LG, SOWERBUTTS SF, ZUPP JL, SETCHELL BP. The effects of moderate heating of the testes and epididymides of rams by scrotal insulation on body temperature, respiratory rate, spermatozoa output and motility, and on fertility and embryonic survival in ewes inseminated with frozen semen. **Ann N Y Acad Sci**, 1991.

MIYA, P. S.; SOLER, T. B.; CORREA, S. H. R.; GUIMARÃES, M. A. B. V. Avaliação do espermograma de leões africanos (*Panthera leo*, Linnaeus, 1758), mantidos na Fundação Parque Zoológico de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, p.38-45, 2007.

MORGAN, L., ITIN-SHWARTZ, B., KOREN, L., et al. Physiological and economic benefits of abandoning invasive surgical procedures and enhancing animal welfare in swine production. **Scientific Reports**, 2019.

MYER, R.; BUCKLIN, R. **Influence of Hot-Humid Environment on Growth Performance and Reproduction of Swine**. 2018. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AN/AN10700.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.326-332, 2008.

PEÑA, S. T.; STONE, F.; GUMMOW, B.; PARKER, A. J.; PARIS, D. B. B. P. Tropical summer induces DNA fragmentation in boar spermatozoa: implications for evaluating seasonal infertility. **Reproduction, Fertility and Development**, v.31, n.3, p.590-601, 2019.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados a produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PINART, E.; SANCHO, S.; BRIZ, M.; BONET, S. Morphologic study of the testes from spontaneous unilateral and bilateral abdominal cryptorchid boars. **J Morphol**, v.239, p.225–243, 1999.

PRUNEDA, A.; PINART, E.; BRIZ, M. D.; SANCHO, S.; GARCIA-GIL, N.; BADIA, E.; KÁDÁR, E.; BASSOLS, J.; BUSSALLEU, E.; YESTE, M.; BONET, S. Effects of high semen-collection frequency on the quality of sperm from ejaculates and from six epididymal regions in boars. **Theriogenology**, v.63, p.2219–2232, 2005.

RATHJE, T.A.; JOHNSON, R.K.; LUNSTRA, D. D. Sperm production in boars after nine generations of selection for increased weight of testis. **J Anim Sci**, v.73, p.2177–2185, 1995.

REECE, W. O. Temperatura corporal e sua regulação. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 14, p. 346-359, 2017.

RENSIS, F.; ZIECIK, A. J.; KIRKWOOD, R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments. **Theriogenology**, v.96, p.111-117, 2017.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 55, p. 897- 908, 2015.

RODRIGUES, E. Conforto térmico das construções. 2005. Disponível em: <https://silo.tips/download/3-fisiologia-da-homeotermia>. Acesso em: 12 mai. 2023.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E.T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n.2, p.1197-1211, 2010.

SANCHO, S. **Efectes del Fotoperíode sobre la Qualitat Espermàtica de Mascles Porcins Sus domesticus**. 2002. 120f. Tese (Doutorado em Veterinária) – Universitat de Girona, Girona, 2002.

SCHEID I. R.; AFONSO S. B. Treinamento e manejo de machos suínos jovens e adultos. In: **7º Simpósio Internacional de Reprodução e Inseminação Artificial em Suínos**, 7, 2000. Anais... Foz do Iguaçu: Ed CBRA, 2000.

SENGER, P. L. **The organization and function of the male reproductive system. In Pathways to pregnancy and parturition**. 2 ed. Washington: Pullmann, 2003.

SHAHAT, A. M.; RIZZOTO, G.; KASTELIC, J. P. Amelioration of heat stress-induced damage to testes and sperm quality. **Theriogenology**, v.158, p.84-96, 2020.

SILVA, A. E. D. F.; KASTELIC, J. P.; UNANIAN, M. M.; FREITAS, A. R.; COOK, R. B. **Ultra-sonografia de machos Nelore na fase peri-puberal**. Piracicaba: Embrapa Pecuária Sudeste, 1997.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do comportamento de leitões lactentes submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.220- 229, 2005.

SILVA, R. G.; CAMPOS-MAIA, A. S. **Principles of animal biometeorology**. New York: Springer, 2013.

SILVEIRA, P. R.; SCHEID, I. R. Qualidade de sêmen no processo de inseminação artificial. **Suinocultura Industrial**, v.6, p.33-38, 2003.

SMITAL, J. Effects influencing boar semen. **Anim Reprod Sci**, v.110, p.335-346, 2009.

SURIYASOMBOON A, LUNDEHIEM N, KUNAVONGKRIT A, EINARSSON S. Effect of temperature and humidity on sperm production in Duroc boars under different housing systems in Thailand. **Livestock Production Science**, v. 89, p. 19–31, 2004.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.2, p.57-61, 1959.

TRUDEAU, V.; SANFORD, L. M. The influence of season and social-environment on the semen composition of adult landrace boars. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p.337–338, 1986.

WABERSKI, D.; PETRUNKINA, A.M.; TÖPFERPETERSEN, E. Can external quality control improve pig AI efficiency?. **Theriogenology** v.70, p.1346-1351, 2008.

WAITES GMH, SETCHELL BP. Physiology of the mammalian testis. **Marshall's physiology of reproduction**, vol 2. London: Churchill Livingstone; 1990.

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.87, p.1334-1339, 2016.

WETTEMANN, R. P.; WELLS, M. E.; OMTVEDT, I. T.; POPE, C. E.; TURMAN, E. J. Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars. **Journal of Animal Science**, v.42, p.664–669, 1976.

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

WETTEMANN, R.P.; DEJARDINS, C. Testicular function in boars exposed to elevated ambient temperature. **Biology of Reproduction**, v. 20, p. 235-241, 1979.

WYSOKIĒSKA, A.; KONDRACKI, S.; KOWALEWSKI, D.; ADAMIĄK, A.; MUCZYĒSKA, E. Effect of seasonal factors on the ejaculate properties of crossbred

Duroc × Pietrain and Pietrain × Duroc boars. **Bulletin Of The Veterinary Institute In Pulawy**, v.53, p.677-685, 2009.

YESTE, M. **New insights into boar sperm function and survival from integrated field and laboratory studies**. 2008. 102f. Tese (Doutorado em Veterinária) – Universitat de Girona, Girona, 2008.

YESTE, M.; SANCHO, S.; BRIZ, M.; PINART, E.; BUSSALLEU, E.; BONET, S. A diet supplemented with L-carnitine improves the sperm quality of Piétrain but not of Duroc and Large White boars when photoperiod and temperature increase. **Theriogenology**, v.73, p.577–586, 2010.