

Interação entre fatores ambientais, saúde, eficiência produtiva e reprodutiva de vacas holandesas em freestall

Leidiane Gonçalves Fernandes^[1], Thaisa Campos Marques^[2], Karen Martins Leão^[3], Tiago do Prado Paim^[4]

[1] leidianegf@gmail.com. IF Goiano – Campus Rio Verde. [2] thaisacm@hotmail.com. IF Goiano – Campus Rio Verde.

[3] karen.leao@ifgoiano.edu.br. IF Goiano – Campus Rio Verde. [4] tiago.paim@ifgoiano.edu.br. IF Goiano – Campus Iporá.

RESUMO

Avaliou-se a interação dos fatores ambientais no parto e na primeira inseminação artificial, saúde de útero e úbere, eficiência produtiva e reprodutiva de vacas holandesas em *freestall*. Os softwares Ideagri® e DairyPlan® foram utilizados para coletar dados de produção, reprodução e saúde de 321 vacas em lactação. O software ADAMA Clima® forneceu os dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar, para calcular o índice de temperatura e umidade. As variáveis ambientais foram avaliadas quanto à estação do ano mediante análise de variância, médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis. Os efeitos da estação em que ocorreu o parto e da inseminação artificial sobre a taxa de prenhez aos 60 dias foram avaliados por regressão logística no pacote “aod” do Software R; as diferenças entre as taxas de prenhez médias de cada estação foram determinadas pelo teste Qui-quadrado. A taxa de prenhez aos 60 dias, após primeira inseminação artificial pós-parto, foi influenciada positivamente pela quarta lactação e negativamente pela ocorrência de retenção de placenta, durante as estações quentes em que foi realizada a inseminação artificial. A retenção de placenta e a estação de inseminação artificial com índice de temperatura e umidade maior que 80 interferiram na eficiência reprodutiva.

Palavras-chave: Estresse térmico. ITU. Ordem de parto. Retenção de placenta. Vaca leiteira.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the interaction of environmental factors in calving and first artificial insemination, uterine and udder health, productive and reproductive efficiency of lactating Holstein cows in free stall. Ideagri® and Dairy Plan® software were used to collect data of production, reproduction and health data of 321 lactating cows. ADAMA Clima® software provided temperature and relative humidity data to calculate the temperature and humidity index. Environmental variables were evaluated as for season by means of analysis of variance (ANOVA) and means compared by the Kruskal-Wallis test. The effects of the birth season and artificial insemination on the 60th-day pregnancy rate were assessed by logistic regression in the Software R “aod” package, the differences between the average pregnancy rates of each season were determined by the Chi-test Square. Pregnancy rate at the 60th day after the first postpartum artificial insemination was positively influenced on the fourth lactation, and negatively by the occurrence of placental retention during the warm seasons in which the artificial insemination was performed. The placental retention and artificial insemination season with temperature and humidity index >80 interfered with reproductive efficiency.

Keywords: Heat stress. THI. Parity. Placental retention. Dairy cow.

1 Introdução

O índice de temperatura e umidade (ITU) é o indicador mais difundido para avaliar o estresse térmico em vacas leiteiras (KINO *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). O estresse térmico é uma das principais preocupações que afetam o potencial de produção, reprodução e saúde dos animais (HABEEB; GAD; ATTA, 2018).

O desempenho reduzido ocorre pelos fatores ambientais e de gestão, como tipo de alojamento, manejo, relação homem-animal e método reprodutivo. As práticas atuais para reduzir o estresse térmico por calor em vacas leiteiras devem adequar-se às mudanças climáticas. O resfriamento ainda é o método mais lucrativo e eficaz para melhorar a produção de leite e a reprodução durante as estações quentes, verão e primavera (GUPTA *et al.*, 2016).

O estresse térmico com $ITU > 75$ causa redução na produção de leite em vacas Holandesas e está associado às menores concentrações de proteína do leite, lactose e aumento da contagem de células somáticas (CCS) (GARCIA *et al.*, 2015); redução da taxa de prenhez quando as vacas são inseminadas com sêmen fresco é afetado negativamente pelo estresse térmico de curto prazo, enquanto as vacas inseminadas com sêmen congelado são afetadas negativamente pelo estresse térmico de longo prazo (SCHÜLLER; BURFEIND; HEUWIESER, 2016). Além disso, pode aumentar a ocorrência de retenção de placenta (RP), principalmente em vacas múltiparas. A incidência de casos é maior na primavera e verão (SHARMA *et al.*, 2017).

Embora a raça Holandesa não esteja bem adaptada ao ambiente tropical, os modernos galpões *freestall* com ventilação mecânica associada à aspersão podem manter os animais em condições de termoneutralidade com base na temperatura retal, nas taxas respiratórias e nos níveis de produção de leite (PHILLIPS; LALLO, 2017). No entanto, o estresse ambiental atua como fator potencial na redução da fertilidade das vacas leiteiras. Conforme Keshavarzi *et al.* (2017), o aumento da ordem de parto está associado ao declínio nas chances de concepção, sendo que as vacas com mais de quatro lactações apresentam menos chance durante as estações quentes.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a interação dos fatores ambientais no parto e na primeira inseminação artificial (IA), saúde de útero e úbere, eficiência produtiva e reprodutiva de vacas Holandesas em *freestall*.

2 Referencial teórico

O estresse por calor é considerado o principal fator ambiental responsável por diversas perdas, que incluem baixos índices zootécnicos de produção pela redução da ingestão voluntária (KÖNYVES *et al.*, 2017), reprodução por comprometer a atividade lútea (DE RENSIS *et al.*, 2008) e bem-estar do rebanho leiteiro. As vacas Holandesas de alta produção são as mais vulneráveis ao estresse térmico devido à produção metabólica de calor a partir do metabolismo de grandes quantidades de nutrientes (LIU *et al.*, 2018). O melhor desempenho reprodutivo depende das interações de fatores genéticos, nutricionais, fisiológicos e ambientais (HAMMOUD; EL-ZARKOUNY; OUDAH, 2010).

No gado leiteiro as respostas fisiológicas ao estresse térmico envolvem status hormonal alterado, redução da ruminação, conseqüentemente, absorção dos nutrientes, função imunológica subótima e aumento da necessidade de manutenção. Isto resulta na diminuição líquida de nutrientes, ou seja, baixa disponibilidade de energia para crescimento, lactação e reprodução (BAUMGARD; RHOADS JR., 2013).

O índice de temperatura e umidade (ITU) tem como finalidade revelar se, em determinadas condições ambientais, o animal está exposto ao estresse por calor. Este índice sem unidade é calculado considerando os efeitos da temperatura ambiente com a umidade relativa (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017) e constantemente usado para avaliar o estresse térmico na produção leiteira (BERTOCCHI *et al.*, 2014; AMMER *et al.*, 2017).

A redução da fertilidade é causada pela temperatura corporal elevada, que influencia a função ovariana, expressão do estro, saúde do oócito e desenvolvimento embrionário. Os valores de ITU, temperatura retal e taxa de respiração mais elevados no verão do que no inverno são indicativos de estresse por calor. No inverno, as mudanças nas temperaturas retais e taxas respiratórias foram menos aparentes, mas flutuaram na temporada de verão, especialmente a taxa respiratória, considerada um dos mais importantes meios para o alívio do estresse calórico por vacas leiteiras (SHABAAN *et al.*, 2016).

O agravante dos baixos índices reprodutivos no sistema intensivo, causados por estresse térmico juntamente com os problemas clínicos citados, pode causar drástica redução na produção de leite. Em condições climáticas no Brasil central, com ITU de $71,0 \pm 0,04$ e temperatura ambiente média de $23,8^\circ\text{C}$, as vacas mestiças leiteiras expostas ao estresse por calor durante o verão apresentaram alterações no estado

metabólico do fluido sérico e folicular. Essas alterações podem comprometer o ambiente em que o oócito se desenvolve, reduzindo a fertilidade das vacas leiteiras lactantes (ALVES *et al.*, 2013).

Segundo El-Wishy (2013), o mês de inseminação influencia significativamente a taxa de prenhez em vacas holandesas. Um declínio considerável na taxa de prenhez foi observado de 34,1% para 15,7%, à medida que a temperatura máxima do ambiente aumentou de 33,3°C para 36,3°C e a média do ITU aumentou de 69, em maio, para 74, em julho, durante o verão em clima subtropical do Egito. Apesar do ligeiro aumento nas taxas de concepção após julho, a taxa de prenhez permaneceu baixa durante o outono, reflexo dos efeitos de transferência da carga de calor no verão.

A estação do ano em que ocorre o parto influencia diretamente a produção de leite e o tempo de descanso, em proporções opostas entre verão e o inverno. Este tempo de repouso aumenta com a idade; e uma das causas para o aumento do tempo de descanso com a idade pode ser o aumento do peso corporal, aumento da produção de leite ou ambos. Além disso, o peso corporal médio no verão após o parto é menor comparado com as outras estações do ano. No inverno, as vacas passam mais tempo deitadas do que no verão. O menor tempo de descanso e maior número de passos por hora no verão em relação ao inverno, certamente estão relacionados à termorregulação comportamental para circulação de ar ao redor do corpo para resfriamento (STEENSELS *et al.*, 2012).

O pico de lactação mais alto e a persistência da lactação foram observados nas vacas que pariram no outono e inverno, seguidas pelas que pariram na primavera e no verão. Como aquelas que pariram no verão apresentaram pico de lactação mais baixo, entende-se que as vacas leiteiras produzem de forma diferente de acordo com a época do parto (KHALIFA; HAMROUNI; DJEMALI, 2018).

A combinação entre as medidas ambientais e dos animais são necessárias para determinar quais medidas são melhores para prever o desempenho animal sob condições de estresse térmico. Em condições de estresse térmico no verão (ITU= 77), a taxa respiratória (61 respirações/minuto) e temperatura corporal (37,7°C) foram 2,3 e 1,3 vezes maiores, enquanto a produção de leite por ordenha foi 24% menor em comparação com as condições termoneutras (ITU= 54). É importante destacar que houve a redução nas características de produção em níveis elevados de ITU. Em contrapartida, as características fisiológicas aumentaram com ITU. Foi constatado que entre as características fisiológicas

e produtivas, a taxa respiratória foi o indicador mais confiável para termotolerância, informação importante para mitigar o impacto do estresse térmico na produção de vacas leiteiras (AMAMOU *et al.*, 2019).

3 Método da pesquisa

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA), do Instituto Federal Goiano, com o número de protocolo de aprovação 8460160519.

Os dados de reprodução, saúde e produção foram obtidos de uma granja leiteira localizada no município de Santa Helena de Goiás, estado de Goiás, Brasil, classificado como tipo Aw, caracterizado como clima tropical com estação seca no inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014), localizada nas coordenadas geográficas 17°49'28.2"S 50°39'35.6"W. Este estudo incluiu 321 vacas Holandesas primíparas e multíparas em lactação, com 392 registros de primeira inseminação pós-parto e 451 registros de partos.

A granja trabalha com sistema *freestall*, três ordenhas diárias, com intervalo de oito horas. Os animais têm livre acesso a alimento com dieta balanceada e água de boa qualidade.

O microclima dentro do *freestall* era controlado automaticamente pelo software da GEA Farm Technologies (Düsseldorf, Alemanha) com o auxílio de ventiladores e de aspersores durante 24 horas por dia. A temperatura era controlada com ventiladores posicionados na área das camas e da linha de cocho, sendo acionados em temperatura acima 20°C e desligados abaixo de 17°C. Já a umidade relativa do ar era aumentada com o acionamento dos aspersores que ficavam ligados durante um minuto e desligados durante sete minutos.

Os dados de produção, reprodução e saúde foram coletados do período de março de 2016 a junho 2018. A partir dos softwares Ideagri® (Belo Horizonte, Brasil) e DairyPlan® (GEA Farm Technologies, Düsseldorf, Alemanha) foram coletados dados de cada vaca, incluindo data do parto, data de nascimento da vaca, escore de condição corporal (ECC = 1-5; em que 1= vaca extremamente magra e 5 = vaca obesa; escala definida por Edmonson *et al.* (1989)), ocorrência de retenção de placenta, presença de doença no pós-parto (mastite clínica, pneumonia, cetose clínica e deslocamento de abomaso), data de inseminação artificial (IA), estação da primeira IA pós-parto, dias em aberto, tipo de inseminação que a vaca foi submetida (inseminação artificial em tempo fixo – IATF ou cio natural), temperatura retal na IA, horário da IA, touro

utilizado na IA, produção de leite na IA, contagem de células somáticas (CCS) na IA, taxa de concepção aos 30 e 60 dias após a primeira IA, a porcentagem de perda embrionária, produção de leite no pico de lactação, produção de leite corrigida para 305 dias em lactação (DEL), data da IA, temperaturas máxima, mínima, média e umidade relativa do ar no dia do parto e no dia da primeira IA pós-parto.

As datas estabelecidas para as estações do ano no hemisfério sul definiram as estações do parto e da IA: primavera (21 de setembro até 20 de dezembro), verão (21 de dezembro até 20 de março), outono (21 de março até 20 de junho) e inverno (21 de junho até 20 de setembro).

Os dados meteorológicos (temperaturas máxima, mínima e média, e umidade relativa do ar) foram coletados a partir do software da estação meteorológica localizada na fazenda (ADAMA Clima®, Adama Brasil, Londrina, Brasil). O nível de estresse térmico dos animais foi indicado pelo índice de temperatura e umidade (ITU), calculado para as datas de parto e inseminação de cada vaca para as temperaturas máxima, mínima e média, conforme modelo definido por Thom (1959) e utilizado por Marques *et al.* (2013), conforme a equação: $ITU = 0,8 \times T + [(UR (\%) \div 100) \times (T - 14,4)] + 46,4$; na qual T é a temperatura em graus Celsius e UR é umidade relativa do ar.

Neste trabalho, utilizou-se o critério de estresse térmico de acordo com Armstrong (1994), em que ITU menor que 71 indica conforto térmico (considerando que não caia abaixo das condições termoneutras das vacas leiteiras, que induz o estresse pelo frio), 72 a 79 aponta estresse moderado, 80 a 90 indica estresse severo por calor.

3.1 Análise estatística

Estes dados foram agrupados usando Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corp., Redmond, WA, EUA) e posteriormente transferidos para o software analítico R Project versão 3.0.2 (THE R FOUNDATION, 2014).

As análises de consistência dos dados foram realizadas para verificar a existência de *outliers*, normalidade e homogeneidade de variância, sendo transformados para uma escala logarítmica quando necessário.

Os dados referentes às variáveis ambientais (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) foram avaliados quanto à estação do ano mediante análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis.

O efeito das variáveis temperaturas retal na IA, horário da IA, touro, tipo de inseminação (IATF,

convencional), leite na IA, leite no pico, CCS na IA, ECC, ordem de parto, retenção de placenta e ocorrência de doenças sobre a taxa de prenhez aos 60 dias foram avaliados por regressão logística.

O teste de Wald foi utilizado para verificar a interação dos coeficientes do modelo que, quando significativa, foram desdobradas e avaliadas por teste Qui-quadrado.

Os efeitos da estação, em que ocorreram o parto e a estação da IA sobre a taxa de prenhez aos 60 dias, também foram avaliados por regressão logística, e as diferenças entre as taxas de prenhez médias de cada estação foram determinadas pelo teste Qui-quadrado. Para as análises de regressão logística, foi utilizado o pacote "aod" no Software R.

Para verificar a associação entre os parâmetros avaliados, foi feita uma matriz de correlação de Pearson (variáveis quantitativas), policórica (variáveis qualitativas) e polisérica (variáveis quantitativas e qualitativas). A análise de correlação foi realizada pelo pacote "polycor". A matriz de correlações foi decomposta em autovalores e autovetores e utilizada para a análise de Componentes Principais (CP), utilizando o pacote "PCAmixdata". Para determinação do número de componentes estudados, foi utilizado o critério de Kaiser (SILVA; PADOVANI, 2006) que estabelece como o critério autovalores maior que 1. Os resultados dos componentes principais foram utilizados para análise de clusters com o pacote "cluster".

4 Resultados da pesquisa

Durante o período experimental, a temperatura mínima no verão apresentou-se mais alta ($P < 0,05$) do que na primavera, outono e inverno. No outono e inverno foram semelhantes (Tabela 1). Já a temperatura máxima foi mais elevada na primavera, seguida pelo verão; enquanto que no outono e inverno foram iguais. A temperatura média foi mais elevada na primavera e no verão, e mais baixa no outono e inverno.

A umidade relativa do ar foi mais alta no verão. No outono e inverno foram estatisticamente iguais. A primavera apresentou menor média de umidade relativa do ar.

O índice de temperatura e umidade mínimo, máximo e médio apresentou os menores valores durante o outono e inverno quando comparados à primavera e ao verão. Durante o verão, o ITU mínimo e médio foi maior que na primavera. O ITU máximo foi mais elevado e estatisticamente igual para as estações primavera e verão (Tabela 1, na próxima página).

Tabela 1 – Média e erro padrão das variáveis ambientais, temperatura ambiente mínima, máxima e média, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade (ITU) mínimo, máximo e médio nas diferentes estações do ano durante o período experimental

Variáveis	Estação do ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
T mínima	19,39±0,29b	20,18±0,21a	17,37±0,22c	17,37±0,22c
T máxima	32,04±0,29a	30,58±0,21b	29,81±0,21c	29,81±0,21c
T média	24,67±0,23a	24,16±0,17a	22,55±0,17b	22,55±0,17b
UR	65,82±1,26c	79,42±0,90a	72,69±0,94b	72,69±0,94b
ITU mínimo	65,32±0,45b	67,14±0,33a	62,56±0,34c	62,56±0,34c
ITU máximo	83,28±0,37a	83,59±0,26a	81,33±0,27b	81,33±0,27b
ITU médio	72,74±0,33a	73,42±0,24b	70,35±0,25c	70,35±0,25c

*Letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (P < 0,05).

T mínima – Temperatura mínima; T máxima – Temperatura máxima; T média – Temperatura média; UR – Umidade relativa do ar.

Fonte: Elaboração do autor.

Quando o ITU está acima de 68 e persiste entre 12 horas e 18 horas, é necessário o resfriamento adicional para as vacas leiteiras, pois a redução do tempo de descanso está ligada ao estresse térmico (ALLEN *et al.*, 2015). Conseqüentemente, as vacas podem apresentar maior risco de comportamento agressivo e sofrer com claudicação, comprometendo a produtividade (MORABITO *et al.*, 2017).

O sistema de aspersão associado à ventilação forçada instalado na pista de alimentação, não influenciou as condições microclimáticas, mas contribuiu para aliviar o estresse térmico (D'EMILIO *et al.*, 2017) e motivou o comportamento das vacas. Mesmo sem alimentação, os animais tendiam a permanecer na pista de alimentação quando os aspersores eram ativados (D'EMILIO *et al.*, 2018).

Além disso, as vacas expostas a um ITU > 68 durante o período seco estão sob estresse térmico. O estresse térmico imposto a qualquer momento durante o período seco aumenta a taxa de respiração e a temperatura retal, e também reduz o consumo de matéria seca. Essas vacas na lactação subsequente reduziram a produção de leite e os rendimentos de proteína do leite e lactose (FABRIS *et al.*, 2019). Estes autores também relataram que as vacas expostas ao estresse térmico tiveram menor duração da gestação e bezerros com peso ao nascer reduzido.

Ademais, vacas leiteiras sob estresse térmico podem ter produção maior de espécies reativas de oxigênio (EROS), resultando em desafios fisiológicos que impactam negativamente o desempenho reprodutivo. Mesmo quando o ITU está dentro da zona termoneutra

(menor que 68), os animais podem apresentar desempenho reprodutivo diferente (SILVA *et al.*, 2017).

Para Dimov *et al.* (2017), os valores médios diários de ITU, durante o verão acima de 75 e na primavera acima de 69, indicaram condições de estresse por calor em vacas leiteiras no sul da Bulgária, confirmando os achados do presente estudo no qual os maiores valores de ITU encontrados foram para estas estações.

O ITU limite para início do estresse térmico foi 65, relatado por Gernand, König e Kipp (2019), em condições climáticas da região de Turíngia, Alemanha. Ao definir este ITU como limiar de estresse térmico, aproximadamente 30% dos dias de inseminação por ano foram conduzidos sob estresse térmico. Estes autores também relataram que o ITU da semana anterior teve efeito prejudicial moderado na taxa de prenhez por IA e a incidência de mastite, retenção de placenta e desordens puerperais durante o dia 0 a 10, após o parto aumentou a média de ITU desse período.

Em condições subtropicais de Taiwan, o ITU foi significativamente afetado pela estação do ano. No período de estações quentes (junho a novembro/verão e outono) houve redução na taxa de prenhez das vacas multíparas, mas não houve alteração nas vacas primíparas durante as estações do ano. A taxa de prenhez para as vacas multíparas foi de 43,84% e 50,68% para o ITU > 72 e ≤ 72, respectivamente (LIU *et al.*, 2018).

Segundo Schüller, Burfeind e Heuwieser (2014), as vacas em condições de climas tropicais ou subtropicais são mais adaptadas ao estresse térmico por estarem expostas a essas condições de forma mais constante do que animais de clima temperado. O período de três

semanas antes e depois da realização da inseminação artificial foi considerado o mais sensível ao estresse térmico. Assim, para evitar flutuações neste período, as estratégias de redução de calor devem manter o ITU baixo e constante.

No entanto, para Liu *et al.* (2019), a precisão do monitoramento do ITU não é suficiente para avaliar o estresse térmico. Estes autores afirmaram que não é adequado para todas as regiões e fazendas determinar o estado de estresse térmico apenas quando o ITU exceder 68 ou 72; em vez disso, problemas específicos devem ser analisados, pois o estresse térmico é uma reação fisiológica de uma dada vaca ao seu ambiente térmico e não é afetado apenas pelo ITU, mas também varia entre indivíduos, fazendas e práticas de manejo. Para estes autores, inferir estresse térmico

apenas pelo ITU não é suficientemente analítico. A magnitude do estresse térmico deve ser refletida com mais precisão usando uma avaliação abrangente das condições ambientais e dos parâmetros fisiológicos, temperatura corporal, taxa de respiração e nível de atividade das vacas.

Ao avaliar o efeito das variáveis inerentes às vacas, verificou-se que apenas animais de quarta lactação (P=0,0355) e que apresentaram retenção de placenta (P=0,0252) interferiram na taxa de prenhez aos 60 dias após primeira inseminação artificial. Ademais, vacas de quarta lactação apresentaram 2,45 vezes mais chance de estarem prenhes aos 60 dias, comparadas com as outras ordens de parto. No entanto, as vacas que apresentaram retenção de placenta tiveram 0,48 vezes menos chance de prenhez aos 60 dias (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito da temperatura retal na inseminação artificial (IA), produção de leite na IA, produção de leite no pico da lactação, produção de leite aos 305 dias, contagem de células somáticas (CCS) na IA, escore de condição corporal, ordem de parto (2° a 6°), retenção de placenta e doenças no pós-parto na taxa de prenhez aos 60 dias, após a primeira inseminação artificial de vacas multíparas

Variáveis	Estimativa do efeito	Valor de P da Regressão Logística	OddsRatio
Temperatura retal na IA	0,183800	0,4111	1,2018
Produção de leite na IA	0,968000	0,0554	1,1016
Produção de leite no pico da lactação	-0,080360	0,0516	0,9227
Produção de leite aos 305 dias	0,000070	0,4035	1,0000
CCS na IA	-0,000238	0,6045	0,9997
Escore de condição corporal	0,311400	0,2375	1,3653
Ordem de parto n° 2*	-0,129100	0,6099	0,8788
Ordem de Parto n° 3*	-0,614100	0,0713	0,5411
Ordem de Parto n° 4*	0,898100	0,0355	2,4549
Ordem de Parto n° 5*	0,505800	0,3489	1,6584
Ordem de Parto n° 6*	0,015210	0,9840	1,0153
Retenção de placenta	-0,739700	0,0252	0,4772
Doenças no pós-parto	0,245700	0,4376	1,2785

Significância em 5% (valor de P <0,05) pelo Teste de Wald.*Efeito da ordem de parto em relação à ordem de parto n°.

Fonte: Elaboração do autor.

A produção de leite na IA tendeu a influenciar positivamente (P=0,0554) a taxa de prenhez aos 60 dias após a primeira IA pós-parto. Isto porque a produção estava em níveis que não afetou o metabolismo do animal, tendo condições de manter quantidade de hormônios esteroides suficientes para ovular e manter a gestação (STEVENSON; PULLEY, 2016). O contrário aconteceu com a produção de leite no pico de lactação, pois tendeu a influenciar negativamente (P=0,0516)

a prenhez, uma vez que, atingindo o máximo de produção de leite, aumentou o fluxo de sangue para o fígado, metabolizando os hormônios esteroides, indisponibilizando para a manutenção da gestação (SANGSRITAVONG et al., 2002).

Além disto, a probabilidade de prenhez apresentou-se significativa de acordo com a ordem de parto e ocorrência de retenção de placenta. Independentemente da ordem de parto, vacas que não

apresentaram retenção de placenta obtiveram maior probabilidade de prenhez comparadas com as demais. Entretanto, vacas de quarta lactação apresentaram maior probabilidade de prenhez que as demais ordens de parto na presença (38,07%) de retenção de placenta (Tabela 3). Isto ocorre em consequência da completa maturidade metabólica, desde que suas necessidades nutricionais sejam atendidas (DEEN et al., 2018; LIU et al., 2018) e os fatores estressores sejam minimizados (KIM; JEONG, 2019). Assim, com a estabilidade do organismo, consegue-se ter máximo desempenho produtivo e reprodutivo.

Observou-se a permanência de vacas no rebanho até a sexta lactação, o que pode gerar rentabilidade ao sistema de produção leiteiro, desde que, durante a vida produtiva destes animais, não tenham alta incidência de problemas de saúde e/ou reprodutivos e as condições microclimáticas do freestall proporcione bem-estar (SARJOKARI et al., 2018; KRPÁLKOVÁ et al., 2019).

Tabela 3 – Probabilidade de prenhez de acordo com a ordem de parto e a ocorrência de retenção de placenta

Ordem de Parto	Retenção de placenta	
	Sim	Não
1	20,03%	34,41%
2	18,04%	31,56%
3	11,93%	22,12%
4	38,07%	56,30%
5	29,34%	46,53%
6	20,27%	34,76%

Valor de $P = 0,042$ do Qui-quadrado da interação da regressão logística para ocorrência de retenção de placenta (sim).

Fonte: Elaboração do autor.

Entretanto, alguns autores (BOUJENANE, 2017; PIÑEIRO et al., 2019; SAWA; BOGUCKI, 2017) afirmam que o risco de descarte aumenta para vacas de terceiro parto — ou ordens de partos superiores, e que apresentam retenção de placenta — e este fato pode ser confirmado com os resultados obtidos neste trabalho, pois animais que apresentaram retenção de placenta têm menor eficiência reprodutiva, aumentando a possibilidade de descarte.

O ambiente uterino saudável é relacionado ao máximo desempenho em produção de leite, melhor estado metabólico e baixa incidência de fase lutealprolongada; enquanto que o ambiente uterino não recuperado está relacionado com a diminuição do

consumo de matéria seca e da produção de leite durante as três primeiras semanas pós-parto (CHEN et al., 2017).

A ocorrência de retenção de placenta está associada aos baixos índices de prenhez (TUCHO; AHMED, 2017). Neste estudo, isto foi confirmado tanto na formação dos clusters 2, 5 e 7 quanto na análise CP, em que esteve associada aos partos ocorridos na primavera, verão e outono (Figura 4, Tabela 9).

Estes resultados corroboram com El-Tarabany e El-Bayoumi (2015) que, ao avaliarem o desempenho reprodutivo de algumas raças e seus cruzamentos em condições subtropicais do Egito, observaram que as taxas de concepção e prenhez de vacas holandesas reduziram de 35,8% e 29,4%, respectivamente, com $ITU < 70$ para 16,1% e 12,1%, com $ITU > 80$. Já a incidência de retenção de placenta foi de 16,3% em ambas as situações e não influenciou nos índices reprodutivos. Estes autores constataram que, apesar da alta eficiência de produção de leite, as vacas holandesas apresentaram menor desempenho reprodutivo e adaptabilidade em condições de estresse térmico.

As vacas que apresentaram retenção de placenta reduziram a probabilidade de ficarem prenhes na primeira IA ($P=0,01$); apresentaram 3,36 mais probabilidades de morte embrionária ($P=0,02$); e tiveram menor probabilidade de prenhez durante toda a lactação. Ademais, maior incidência de RP foi detectada para vacas com mais de três lactações (MACHADO et al., 2015).

Como pode ser observada na Tabela 4, a estação do ano em que ocorreu o parto não influenciou a ocorrência de retenção de placenta ($P=0,1372$). No entanto, a formação dos clusters 3 e 6 ocorreram pelo diagnóstico negativo de prenhez aos 30 e 60 dias após a primeira IA pós-parto, alta incidência de retenção de placenta, ITU máximo na data da IA ($ITU=84,36$).

Tabela 4 – Probabilidade de retenção de placenta de acordo com a estação do parto

Estação do Parto	N	Retenção de Placenta
Primavera	77	12,99%
Verão	149	16,78%
Outono	138	20,29%
Inverno	87	9,20%
Total	451	

Valor de $P = 0,1372$ do Qui-quadrado.

Fonte: Elaboração do autor.

Considerando os resultados das variáveis ambientais, principalmente o ITU em todas as estações

do ano, as vacas leiteiras durante o período experimental poderiam estar sofrendo com estresse térmico. No entanto, estes efeitos podem ter sido minimizados devido ao controle automático das condições microclimáticas do *freestall*. Assim, considerando a grande variabilidade de temperatura e UR no interior do galpão, estes animais poderiam sofrer algum efeito do estresse térmico, já que o ITU limite para início de estresse é variável entre os autores.

Paralelamente, a análise de CP (Figuras 2 e 3) mostra proximidade entre partos ocorridos na primavera, verão e outono e ocorrência deste distúrbio pós-parto. Talvez neste estudo não tenha gerado problemas devido ao controle do microclima no *freestall* e pela definição de um período voluntário de espera (PVE) mais prolongado durante as estações mais quentes (65 dias) em comparação com as outras estações (50 dias). Segundo Stangaferro *et al.* (2018) e Scanavez *et al.* (2019), um PVE acima de 60 dias teve associação positiva com a taxa de prenhez em vacas primíparas.

A extensão do PVE até 180 dias pode melhorar significativamente os índices reprodutivos de vacas de alta produção (NIOZAS *et al.*, 2018). Todavia, quanto mais prolongado o PVE, maior será o intervalo entre partos, resultando em decréscimo no retorno anual por vaca. Conforme Inchausti *et al.* (2011), o PVE ótimo para 90% das vacas avaliadas em seu estudo foi menor que 10 semanas. Em média, todos PVE com mais de seis semanas causam perdas econômicas.

Observou-se que os touros 2 e 9 apresentaram menor probabilidade de prenhez em relação aos demais touros utilizados ($P < 0,05$), sendo que obtiveram 0,15 e 0,48 vezes menos chances de prenhez em relação ao Touro 2, respectivamente, apresentando baixo desempenho em relação aos demais touros, não sendo recomendados para IA.

Não foi verificada diferença com relação ao horário da realização da IA e o tipo de inseminação utilizado (cio natural ou IATF) sobre a taxa de prenhez aos 60 dias após primeira inseminação (Tabela 5).

A fertilidade dos touros está entre os fatores que influenciam o desempenho reprodutivo dos rebanhos. Mesmo touros que produzem sêmen de alta qualidade, o proteoma espermático pode ser o responsável por reduzir a capacidade de fertilização e, conseqüentemente, diminuir a fertilidade do sêmen (KASIMANICKAM *et al.*, 2012; KASIMANICKAM *et al.*, 2018).

Dessa forma, mesmo com avaliações de motilidade e vigor dos sêmens de touros dentro do recomendado pelo Colégio Brasileiro de Reprodução

Animal (CBRA), alguns touros apresentam baixas taxas de prenhez (CELEGHINI *et al.*, 2017). Todavia, não houve influência da estação da inseminação na probabilidade de prenhez. Ao analisar a Tabela 6, observou-se que o touro 2 foi usado apenas no outono com taxa de prenhez de 7,69% e o touro 9 utilizado em maior proporção no verão com taxa de prenhez de 17,95% e na primavera 30,43%.

Tabela 5 – Efeito do horário da inseminação artificial (IA), touro e tipo de IA (cio natural ou IA em tempo fixo – IATF) sobre taxa de prenhez aos 60 dias após a primeira IA

Variável	Estimativa do Efeito	Valor de P	OddsRatio
IA às 5h	15,075350	0,9917	3524800
IA às 13h	14,663180	0,9920	2334200
IA às 21h	15,269350	0,9916	4279500
Touro 2*	-1,867450	0,0151	0,15451
Touro 3*	-0,213900	0,7702	0,80743
Touro 4*	-0,270500	0,4745	0,76300
Touro 5*	-0,191200	0,6275	0,82596
Touro 6*	0,775230	0,1814	2,1710
Touro 7*	-15,03033	0,9833	0,0000029676
Touro 8*	0,207750	0,5905	1,2309
Touro 9*	-0,741940	0,0444	0,47618
Touro 10*	-0,016430	0,9683	0,98370
Touro 11*	-0,487850	0,3596	0,61394
Touro 12*	0,355120	0,5273	1,4263
Touro 13*	-0,046080	0,9714	0,95496
IATF**	0,253100	0,4069	1,2880

Significância em 5% (valor de $P < 0,05$) pelo Teste de Wald.

*Efeito de touro em relação ao Touro 1.

**Efeito da IATF em relação ao cio natural.

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 6 – Probabilidade de prenhez aos 60 dias após a primeira inseminação artificial (IA) referente aos touros 2 e 9 de acordo com a estação da inseminação

Estação da Inseminação	Total de IA	Touro 2	Touro 9
Primavera	70	-	30,43% (7/23)
Verão	79	-	17,95% (7/39)
Outono	138	7,69% (2/26)	-
Inverno	106	-	-

Valor de $P = 0,1197$ do Qui-quadrado.

Fonte: Elaboração do autor.

Não se observou diferença nas variáveis ambientais analisadas no dia do parto e no dia da IA sobre a taxa de prenhez aos 60 dias após a primeira IA (Tabela 7).

A taxa de prenhez aos 60 dias após a primeira IA não foi influenciada pela estação em que ocorreu o parto (P=0,410), mas sofreu interferência pela estação em que foi realizada a IA (P=0,032). No outono e inverno, as vacas apresentaram a maior probabilidade de prenhez aos 60 dias após primeira IA (35,50% e 36,19%, respectivamente), com 2,55 vezes mais chances de emprenharem no outono e 2,63 vezes no inverno em relação ao verão (Tabela 8).

Durante o outono e inverno, os valores de ITU mínimos e médios permaneceram dentro da normalidade, segundo os parâmetros de Armstrong (1994). No entanto, todas as estações do ano apresentaram ITU máximo acima de 80, indicando estresse severo por calor.

As variáveis estudadas foram correlacionadas e associadas com a taxa de prenhez aos 30 e 60 dias e, por meio de análise de componentes principais (CP), observaram-se três dimensões que explicam 38% dos resultados verificados nesta pesquisa. As Figuras 1 e 2 mostram que prenhez aos 30 e 60 dias estão mais distantes da estação de IA 1 (Verão) e 4 (Primavera) do que das estações de IA 2 (Outono) e 3 (Inverno).

Já nas Figuras 2 e 3, verificou-se que a ocorrência de retenção de placenta e prenhez negativa aos 30 e 60 dias após a primeira IA pós-parto estão próximas dos partos que ocorreram nas estações 1, 2 e 4 (verão, outono e primavera, respectivamente).

Tabela 7– Efeito de temperatura ambiente mínima, média, máxima, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade (ITU) mínimo, médio e máximo no momento do parto e da inseminação sobre taxa de prenhez aos 60 dias após a primeira inseminação artificial pós-parto

Variáveis	Parto		Inseminação	
	Valor de P	OddsRatio	Valor de P	OddsRatio
T mínima	0,724	0,8216	0,1400	2,40870
T máxima	0,623	0,7319	0,8287	0,87287
T média	0,544	1,9755	0,9543	1,06350
UR	0,897	1,0045	0,8803	1,00590
ITU mínimo	0,785	1,1052	0,0989	0,51206
ITU máximo	0,703	1,1751	0,8927	1,05840
ITU médio	0,616	0,6861	0,9700	1,02760

Significância em 5% (valor de P <0,05) pelo Teste de Wald.

T mínima – Temperatura ambiente mínima; T máxima – Temperatura ambiente máxima; T média – Temperatura ambiente média; UR – Umidade relativa do ar.

Fonte: Elaboração do autor.

Ao observar a Figura 4, nota-se que ocorreu a formação de 7 (sete) *clusters*, constituindo 3 (três) subagrupamentos, principalmente pela ocorrência de prenhez aos 60 dias após a primeira IA pós-parto e retenção de placenta.

Tabela 8– Efeito da estação do parto e da estação da inseminação sobre a taxa de prenhez aos 60 dias após primeira inseminação artificial

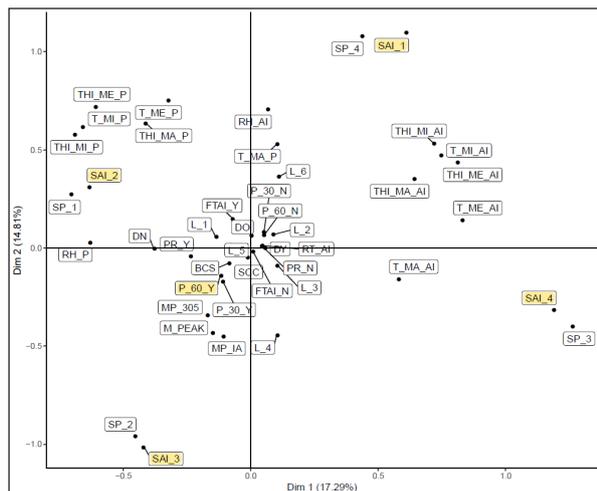
Variáveis	Estação do Parto			Estação da Inseminação		
	Valor de P	OddsRatio	Probabilidade de prenhez	Valor de P	OddsRatio	Probabilidade de prenhez
Verão	-	-	35,57%	-	-	17,72%
Primavera*	0,0974	0,5933	24,67%	0,0803	1,9897	30,00%
Outono*	0,6904	0,9056	33,33%	0,0064	2,5561	35,50%
Inverno*	0,4778	0,8150	31,03%	0,0068	2,6332	36,19%
Valor de P			0,410			0,032

Significância em 5% (valor de P <0,05) pelo Teste de Wald.

*Efeito da estação em relação ao Verão.

Fonte: Elaboração do autor.

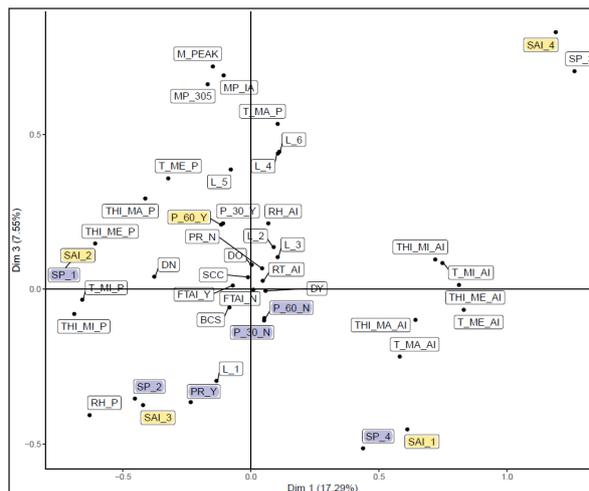
Figura 1 – Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 1 e 2



*SCC=contagem de células somáticas, DO= dias em aberto, DY= doença não, DN= doença sim, BCS= escore de condição corporal, SAI_1=estação de IA 1 (Verão), SAI_2= estação de IA 2 (Outono), SAI_3= estação de IA 3 (Inverno), SAI_4 = estação de IA 4 (Primavera), SP_1= estação do parto 1 (Verão), SP_2= estação do parto 2 (Outono), SP_3= estação do parto (Inverno), SP_4= estação do parto 4 (Primavera), FTAL_N= IATF não, FTAL_Y= IATF sim, THI_MA_AI= ITU máximo na IA, THI_ME_AI= ITU médio na IA, THI_MI_AI= ITU mínimo na IA, THI_MA_P= ITU da temperatura máxima no parto, THI_ME_P= ITU da temperatura média no parto, THI_MI_P= ITU da temperatura mínima no parto, L_1= lactação 1, L_2= lactação 2, L_3= lactação 3, L_4= lactação 4, L_5= lactação 5, L_6= lactação 6, MP_305= produção de leite aos 305 dias, M_PEAK= produção de leite no pico de lactação, PR_N= retenção de placenta não, PR_Y= retenção de placenta sim, P_30_N= prenhez aos 30 dias não, P_30_Y= prenhez aos 30 dias sim, P_60_N= prenhez aos 60 dias não, P_60_Y= prenhez aos 60 dias sim, T_MA_AI= temperatura máxima na IA, T_MA_P= temperatura máxima no parto, T_ME_AI= temperatura média na IA, T_ME_P= temperatura média no parto, T_MI_AI= temperatura mínima na IA, T_MI_P= temperatura mínima no parto, RT_AI= temperatura retal na IA, RH_AI= umidade relativa do ar na IA, RH_P= umidade relativa do ar no parto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

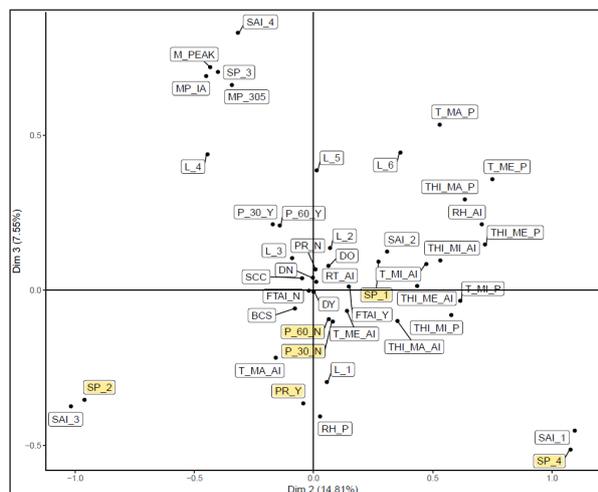
Figura 2 – Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 1 e 3



*SCC=contagem de células somáticas, DO= dias em aberto, DY= doença não, DN= doença sim, BCS= escore de condição corporal, SAI_1=estação de IA 1 (Verão), SAI_2= estação de IA 2 (Outono), SAI_3= estação de IA 3 (Inverno), SAI_4 = estação de IA 4 (Primavera), SP_1= estação do parto 1 (Verão), SP_2= estação do parto 2 (Outono), SP_3= estação do parto (Inverno), SP_4= estação do parto 4 (Primavera), FTAL_N= IATF não, FTAL_Y= IATF sim, THI_MA_AI= ITU máximo na IA, THI_ME_AI= ITU médio na IA, THI_MI_AI= ITU mínimo na IA, THI_MA_P= ITU da temperatura máxima no parto, THI_ME_P= ITU da temperatura média no parto, THI_MI_P= ITU da temperatura mínima no parto, L_1= lactação 1, L_2= lactação 2, L_3= lactação 3, L_4= lactação 4, L_5= lactação 5, L_6= lactação 6, MP_305= produção de leite aos 305 dias, M_PEAK= produção de leite no pico de lactação, PR_N= retenção de placenta não, PR_Y= retenção de placenta sim, P_30_N= prenhez aos 30 dias não, P_30_Y= prenhez aos 30 dias sim, P_60_N= prenhez aos 60 dias não, P_60_Y= prenhez aos 60 dias sim, T_MA_AI= temperatura máxima na IA, T_MA_P= temperatura máxima no parto, T_ME_AI= temperatura média na IA, T_ME_P= temperatura média no parto, T_MI_AI= temperatura mínima na IA, T_MI_P= temperatura mínima no parto, RT_AI= temperatura retal na IA, RH_AI= umidade relativa do ar na IA, RH_P= umidade relativa do ar no parto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

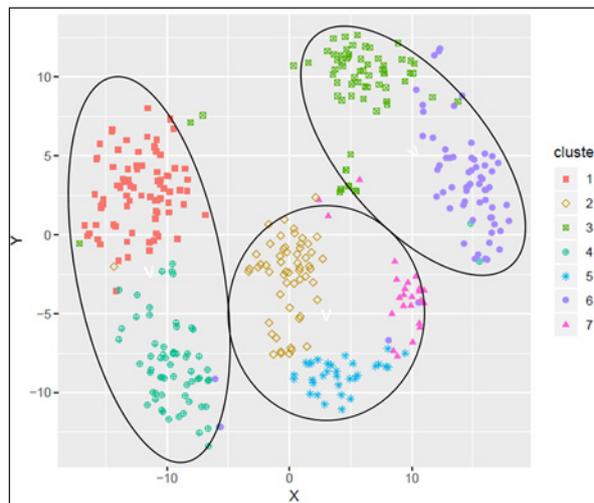
Figura 3 – Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 2 e 3



*SCC=contagem de células somáticas, DO= dias em aberto, DY= doença não, DN= doença sim, BCS= escore de condição corporal, SAI_1=estação de IA 1 (Verão), SAI_2= estação de IA 2 (Outono), SAI_3= estação de IA 3 (Inverno), SAI_4 = estação de IA 4 (Primavera), SP_1= estação do parto 1 (Verão), SP_2= estação do parto 2 (Outono), SP_3= estação do parto (Inverno), SP_4= estação do parto 4 (Primavera), FTAL_N= IATF não, FTAL_Y= IATF sim, THI_MA_AI= ITU máximo na IA, THI_ME_AI= ITU médio na IA, THI_MI_AI= ITU mínimo na IA, THI_MA_P= ITU da temperatura máxima no parto, THI_ME_P= ITU da temperatura média no parto, THI_MI_P= ITU da temperatura mínima no parto, L_1= lactação 1, L_2= lactação 2, L_3= lactação 3, L_4= lactação 4, L_5= lactação 5, L_6= lactação 6, MP_305= produção de leite aos 305 dias, M_PEAK= produção de leite no pico de lactação, PR_N= retenção de placenta não, PR_Y= retenção de placenta sim, P_30_N= prenhez aos 30 dias não, P_30_Y= prenhez aos 30 dias sim, P_60_N= prenhez aos 60 dias não, P_60_Y= prenhez aos 60 dias sim, T_MA_AI= temperatura máxima na IA, T_MA_P= temperatura máxima no parto, T_ME_AI= temperatura média na IA, T_ME_P= temperatura média no parto, T_MI_AI= temperatura mínima na IA, T_MI_P= temperatura mínima no parto, RT_AI= temperatura retal na IA, RH_AI= umidade relativa do ar na IA, RH_P= umidade relativa do ar no parto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4 – Clusters dos animais durante o período experimental



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os *clusters* 1 e 4 estão mais próximos porque agrupou vacas com retenção de placenta e vacas com diagnóstico de prenhez negativo aos 30 e 60 dias após primeira IA pós-parto. Os valores observados podem ser verificados na Tabela 9.

Nos *clusters* 3 e 6, verificou-se que houve agrupamento dos dados pela ocorrência de retenção de placenta, diagnóstico de prenhez negativo aos 30 e 60 dias e ITU máximo na data da IA (Figura 4, Tabela 9).

Os *clusters* 2, 5 e 7 estão agrupados pela produção de leite, no momento da IA e no pico de lactação, e prenhez positiva aos 30 e 60 dias após primeira IA pós-parto (Figura 4, Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios das variáveis para formação dos clusters

VARIÁVEL	CLUSTER1	CLUSTER2	CLUSTER3	CLUSTER4	CLUSTER5	CLUSTER6	CLUSTER7
N	83	57	67	64	35	65	24
Temp. Mínima no Parto	20,12	20,21	19,54	18,37	15,92	14,81	16,63
Temp. Máxima no Parto	30,65	30,31	31,80	29,78	29,63	32,39	33,81
Temp. Média no Parto	24,15	24,10	24,63	23,03	21,86	22,72	24,35
UR no Parto	79,17	80,10	68,31	72,82	64,72	43,83	39,47
ITU Mínimo no Parto	67,03	67,23	65,65	64,04	60,36	58,38	60,52
ITU Máximo no Parto	83,68	83,26	83,40	81,25	79,94	79,93	80,92
ITU Médio no Parto	73,37	73,37	72,94	71,01	68,80	68,04	69,64
Estação no Parto	95,18% E1	89,47% E1	95,52% E4	85,93% E2	78,12% E2	87,69% E3	83,33% E3
ECC	3,23	3,22	3,06	3,15	3,19	3,16	3,16
Lactação nº 1 a 3	92,77	82,45	97,01	89,06	71,87	90,76	70,83
Retenção Placenta presente	20,48	8,77	13,43	23,43	21,87	9,23	9,09
Doença presente	21,68	21,05	5,97	6,25	9,37	6,15	12,5
Estação na IA	97,59% E2	84,21% E2	95,52% E1	92,18% E3	93,75% E3	72,30% E4	75,00% E4
Dias em aberto	92,01	99	93,94	93,70	97,56	102,7	94,83
IA convencional	93,97	82,45	85,07	89,06	93,75	84,61	91,66
Temperatura Retal na IA	37,27	37,35	37,33	37,2	37,31	37,32	37,38
Leite na IA	32	33,88	27,42	35,24	33,42	34,04	33,88
CCS	113,8	143,6	106,7	144,36	149,5	159,9	139,8
Prenhez aos 30 dias	82 NÃO	57 SIM	57 NÃO	64 NÃO	32 SIM	63 NÃO	24 SIM
Prenhez aos 60 dias	83 NÃO	56 SIM	57 NÃO	64 NÃO	31 SIM	64 NÃO	24 SIM
Leite no pico	43,46	43,86	35,22	45,67	43,30	44,24	43,69
Leite 305 dias	9306	9173	7314	9323	8970	8728	9100
Temp. Mínima na IA	16,99	16,13	20,13	14,05	15,64	19,9	19,84
Temp. Máxima na IA	29,64	29,33	31,06	30,55	32,08	31,87	30,60
Temp. Média na IA	22,07	21,60	24,16	21,39	23,22	24,76	24,04
UR na IA	71,95	69,24	79,44	49,99	45,73	68,79	75,05
ITU Médio na IA	69,62	68,72	73,40	66,81	68,75	73,11	72,60
ITU Mínimo na IA	62,01	60,68	67,05	57,35	59,26	66,28	66,30
ITU Máximo na IA	81,05	80,16	84,36	78,70	79,87	82,62	82,60

*Temp. =temperatura (Graus Celsius (°C)); UR=umidade relativa do ar (%); ITU=índice de temperatura e umidade; ECC=escore de condição corporal; IA=inseminação artificial; CCS (células/ml); E1=verão; E2=outono; E3=inverno; E4=primavera; Leite na IA, Leite no pico, Leite 305 dias (kg).

Fonte: Elaboração do autor.

5 Conclusão/Considerações

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a taxa de prenhez de vacas holandesas foi influenciada positivamente na quarta lactação e negativamente pela saúde uterina devido à ocorrência de retenção de placenta. Além disso, as vacas que foram inseminadas durante o outono e inverno tiveram maior probabilidade de prenhez do que na primavera e verão. Em todas as estações, o ITU máximo foi acima de 80; as vacas que foram inseminadas durante a primavera e verão tiveram as menores probabilidade de prenhez

após primeira IA pós-parto, indicativo de que a estação de inseminação influencia a eficiência reprodutiva.

Dessa forma, esta pesquisa indica que o bem-estar interfere na saúde reprodutiva de vacas holandesas com reflexos na produção e reprodução a curto e longo prazo.

Estudos adicionais sobre a amplitude térmica no interior do galpão e a influência no bem-estar animal, nos índices reprodutivos e produtivos, seriam úteis para ajudar a explicar a dinâmica do estresse térmico e para melhorar o gerenciamento reprodutivo e conforto das vacas em lactação.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. D.; HALL, L. W.; COLLIER, R. J.; SMITH, J. F. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 1, p. 118-127, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>.
- ALVES, B. G.; ALVES, K. A.; MARTINS, M. C.; BRAGA, L. S.; SILVA, T. H.; ALVES, B. G.; SANTOS, R. M.; SILVA, T. V.; VIU, M. A. O.; BELETI, M. E.; JACOMINI, J. O.; GAMBARINI, M. L. Metabolic profile of serum and follicular fluid from postpartum dairy cows during summer and winter. **Reproduction, Fertility and Development**, Clayton South, v. 26, n. 6, p. 866-874, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD13102>.
- AMAMOU, H.; BECKERS, Y.; MAHOUACHI, M.; HAMMAMI, H. Thermo tolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, p. 90-98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.016>.
- AMMER, S.; LAMBERTZ, C.; VON SOOSTEN, D.; ZIMMER, K.; MEYER, U.; DÄNICKE, S.; GAULY, M. Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high yielding dairy cows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 1, p. 103-113, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6).
- BAUMGARD, L. H.; RHOADS JR., R. P. Effects of heat stress on post absorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 1, n. 1, p. 311-337, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>.
- BERTOCCHI, L.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A.; VARISCO, G.; BERNABUCCI, U. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature–humidity index relationship. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 667-674, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114000032>.
- BOUJENANE, I. Reasons and risk factors for culling Holstein dairy cows in Morocco. **Journal of Livestock Science and Technologies**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.22103/jlst.2017.1661>.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v8i16.1384>.
- CELEGHINI, E. C. C.; ARRUDA, R. D.; FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; SANTOS, F. D.; ALVES, M. B. R.; OLIVEIRA, B. M. M. D. Impacto na qualidade do sêmen sobre a fertilidade a campo em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 41, n. 1, p. 40-45, 2017. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p040-045%20\(RB650\).pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p040-045%20(RB650).pdf). Acesso em: 20 ago. 2019.
- CHEN, J.; SOEDE, N. M.; REMMELINK, G. J.; BRUCKMAIER, R. M.; KEMP, B.; VAN KNEGSEL, A. T. M. Relationships between uterine health and metabolism in dairy cows with different dry period lengths. **Theriogenology**, v. 101, p. 8-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.06.017>.
- DEEN, A. U.; TYAGI, N.; YADAV, R. D.; KUMAR, S.; TYAGI, A. K.; SINGH, S. K. Feeding balanced ration can improve the productivity and economics of milk production in dairy cattle: a comprehensive field study. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 4, p. 737-744, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1747-8>.
- D'EMILIO, A.; CASCONI, G.; LANTERI, P.; PORTO, S. M. Effects of different cooling systems on heat stress and behaviour of dairy cows. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Pequim, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4784/2737>. Acesso em: 10 ago. 2019.
- D'EMILIO, A.; PORTO, S. M. C.; CASCONI, G.; BELLA, M.; GULINO, M. Mitigating heat stress of dairy cows bred in a free-stall barn by sprinkler systems coupled with forced ventilation. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 48, n. 4, p. 190-195, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4081/jae.2017.691>.
- DE RENSIS, F.; LÓPEZ-GATIUS, F.; CAPELLI, T.; MOLINA, E.; TECHAKUMPHU, M.; SCARAMUZZI, R. J. Effect of season on luteal activity during the *post partum* period of dairy cows in temperate areas. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 4, p. 554-559, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731108001560>.

DIMOV, D.; MARINOV, I.; PENEV, T.; MITEVA, C.; GERGOVSKA, Z. Influence of temperature-humidity index on comfort indices in dairy cows. **Sylvan Journal**, Varsóvia, v. 161, n. 6, p. 68-85, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320183228>. Acesso em: 16 jul. 2019.

EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 68-78, 1989. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0).

EL-TARABANY, M. S.; EL-BAYOUMI, K. M. Reproductive performance of backcross Holstein x Brown Swiss and their Holstein contemporaries under subtropical environmental conditions. **Theriogenology**, v. 83, n. 3, p. 444-448, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.10.010>.

EL-WISHY, A. B. Fertility of Holstein cattle in a subtropical climate of Egypt. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, Rasht, v. 3, n. 1, p. 45-51, 2013. Disponível em: http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_514239_b713a98c7bc25e817d0bcd200dcb470b.pdf. Acesso em: 11 set. 2019.

FABRIS, T. F.; LAPORTA, J.; SKIBIEL, A. L.; CORRA, F. N.; SENN, B. D.; WOHLGEMUTH, S. E.; DAHL, G. E. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, n. 6, p. 5647-5656, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15721>.

GARCIA, A. B.; ANGELI, N.; MACHADO, L.; CARDOSO, F. C.; GONZALEZ, F. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889-894, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0804-9>.

GERNAND, E.; KÖNIG, S.; KIPP, C. Influence of on-farm measurements for heat stress indicators on dairy cow productivity, female fertility, and health. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, n. 7, p. 6660-6671, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16011>.

GUPTA, S. K.; SHINDE, K. P.; LONE, S. A.; THAKUR, A.; KUMAR, N. The potential impact of heat stress on production and reproduction of dairy animals: consequences and possible solutions: a review. **International Journal of Science**, Environment and Technology, v. 5, n. 3, p. 903-911, 2016. Disponível em: <http://www.ijset.net/journal/946.pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

HABEEB, A. A.; GAD, A. E.; ATTA, M. A. Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. **International Journal of Biotechnology and Recent Advances**, Pleasanton, v. 1, n. 2, p. 35-50, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.18689/ijbr-1000107>.

HAMMOUD, M. H.; EL-ZARKOUNY, S. Z.; OUDAH, E. Z. M. Effect of sire, age at first calving, season and year of calving and parity on reproductive performance of Friesian cows under semiarid conditions in Egypt. **Archiva Zootechnica**, Ilfov, v. 13, n. 1, p. 60-82, 2010. Disponível em: https://ibna.ro/arhiva/AZ%2013-1/AZ%2013-1_08%20Elsaid%20Oudah.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

INCHAISRI, C.; JORRITSMA, R.; VOS, P. L. A. M.; VAN DER WEIJDEN, G. C.; HOGEVEEN, H. Analysis of the economically optimal voluntary waiting period for first insemination. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 8, p. 3811-3823, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3790>.

KASIMANICKAM, R. K.; KASIMANICKAM, V. R.; ARANGASAMY, A.; KASTELIC, J. P. Sperm and seminal plasma proteomics of high- versus low-fertility Holstein bulls. **Theriogenology**, v. 126, p. 41-48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.032>.

KASIMANICKAM, V.; KASIMANICKAM, R.; ARANGASAMY, A.; SABERIVAND, A.; STEVENSON, J.S.; KASTELIC, J. P. Association between mRNA abundance of functional sperm function proteins and fertility of Holstein bulls. **Theriogenology**, v. 78, n. 9, p. 2007-2019, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.07.016>.

KESHAVARZI, H.; SADEGHI-SEFIDMAZGI, A.; STYGAR, A. H.; KRISTENSEN, A. R. Effects of abortion and other risk factors on conception rate in Iranian dairy herds. **Livestock Science**, v. 206, p. 51-58, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.008>.

KHALIFA, M.; HAMROUNI, A.; DJEMALI, M. The estimation of lactation curve parameters according to season of calving in Holstein cows under North Africa environmental conditions: the case of Tunisia. **Journal of New Sciences**, v. 50, p. 3048-3053, 2018. Disponível em: <http://alpha.jnsciences.org/agri-biotech/73-volume-50/443-the-estimation-of-lactation-curve-parameters-according-to-season-of-calving-in-holstein-cows-under-north-africa-environmental-conditions-the-case-of-tunisia.html>. Acesso em: 18 ago. 2019.

KIM, I. H.; JEONG, J. K. Risk factors limiting first service conception rate in dairy cows and their economic impact. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 32, n. 4, p. 519-526, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0296>.

KINO, E.; KAWAKAMI, R.; MINAMINO, T.; MIKURINO, Y.; HORII, Y.; HONKAWA, K.; SASAKI, Y. Exploration of factors determining milk production by Holstein cows raised on a dairy farm in a temperate climate area. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 3, p. 529-536, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1720-6>.

KÖNYVES, T.; ZLATKOVIC, N.; MEMISI, N.; LUKAC, D.; PUVACA, N.; STOJSIN, M.; HALÁSZ, A.; MISCEVIC, B. Relationship of temperature-humidity index with milk production and feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, Bangkok, v. 47, n. 1, p. 15-23, 2017. Disponível em: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/tjvm/article/view/81490/64796>. Acesso em: 10 ago. 2019.

KRPÁLKOVÁ, L.; CABRERA, V. E.; ZAVADILOVÁ, L.; ŠTÍPKOVÁ, M. The importance of hoof health in dairy production. **Czech Journal of Animal Science**, Praha, v. 64, n. 3, p. 107-117, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17221/27/2018-CJAS>.

LIU, J. J.; LI, L.; CHEN, X.; LU, Y.; WANG, D. Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress – A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 32, n. 9, p. 1332-1339, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743>.

LIU, W. B.; PEH, H. C.; WANG, C. K.; MANGWE, M. C.; CHEN, C. F.; CHIANG, H. I. Effect of seasonal changes on fertility parameters of Holstein dairy cows in subtropical climate of Taiwan. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 31, n. 6, p. 820-826, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0301>.

MACHADO, V. S.; OIKONOMOU, G.; GANDA, E. K.; STEPHENS, L.; MILHOMEM, M.; FREITAS, G. L.; ZINICOLA, M.; PEARSON, J.; WIELAND, M.; GUARD, C.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. The effect of intrauterine infusion of dextrose on clinical endometritis cures rate and reproductive performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 6, p. 3849-3858, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9046>.

MARQUES, T. C.; LEÃO, K. M.; DE OLIVEIRA VIU, M. A.; SARTORI, R. The effects of progesterone treatment following artificial insemination on the reproductive performance of dairy cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 2, p. 405-410, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0504-2>.

MORABITO, E.; BARKEMA, H. W.; PAJOR, E. A.; SOLANO, L.; PELLERIN, D.; ORSEL, K. Effects of changing freestall area on lameness, lying time, and leg injuries on dairy farms in Alberta, Canada. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 8, p. 6516-6526, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12467>.

NIOZAS, G.; TSOUSIS, G.; STEINHÖFEL, I.; BROZOS, C.; RÖMER, A.; WIEDEMANN, S.; BOLLWEIN, H.; KASKE, M. Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, n. 1, p. 799-810, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15115>.

OLIVEIRA, C. E. A.; DAMASCENO, F. A.; FERRAZ, P. F. P.; NASCIMENTO, J. A. C.; FERRAZ, G. A. S.; BARBARI, M. Geostatistics applied to evaluation of thermal conditions and noise in compost dairy barns with different ventilation systems. **Agronomy Research**, Tartu, v. 17, n. 3, p. 783-796, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.116>.

PHILLIPS, D.; LALLO, C. H. Thermoregulation and performance of Holstein cattle in a modern dairy cattle facility in Barbados. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 94, n. 4, p. 372-381, 2017. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203406493>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PIÑEIRO, J. M.; MENICHETTI, B. T.; BARRAGAN, A. A.; RELING, A. E.; WEISS, W. P.; BAS, S.; SCHUENEMANN, G. M. Associations of postpartum lying time with culling, milk yield, cyclicity, and reproductive performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, n. 4, p. 3362-3375, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15387>.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.

THE R FOUNDATION. The R Project for Statistical Computing. Viena, Áustria: The R Foundation, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 16 jun. 2019.

- SANGSRITAVONG, S.; COMBS, D. K.; SARTORI, R.; ARMENTANO, L. E.; WILTBANK, M. C. High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2831-2842, 2002. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74370-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74370-1).
- SARJOKARI, K.; HOVINEN, M.; SEPPÄ-LASSILA, L.; NORRING, M.; HURME, T.; PELTONIEMI, O. A. T.; SOVERI, T.; RAJALA-SCHULTZ, P. J. On-farm deaths of dairy cows are associated with features of freestall barns. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 7, p. 6253-6261, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13420>.
- SAWA, A.; BOGUICKI, M. Longevity of cows depending on their first lactation yield and herd production level. **Annals of Animal Science**, Krakow, v. 17, n. 4, p. 1171-1183, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0096>.
- SCANAVEZ, A. L.; ARRUDA, A. G.; STEVENSON, J. S.; MENDONÇA, L. G. D. Evaluation of seasonal patterns and herd-level traits associated with insemination risk in large dairy herds in Kansas. **PloSOne**, San Francisco, v. 14, n. 5, p. e0217080, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217080>.
- SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Effect of short-and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 99, n. 4, p. 2996-3002, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>.
- SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, n. 8, p. 1050-1057, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>.
- SHABAAN, M. M.; RASHAD, A. M. A.; MAHDY, A. E.; EL-ZARKOUNY, S. Z.; HASSAN, G. A. Seasonal changes in productive and reproductive performance in holstein dairy cows synchronized for estrus with the ovsynch protocol under subtropical conditions. **Journal of King Abdulaziz University**, Jeddah, v. 26, n. 2, p. 41-50, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4197/Met.26-2.5>.
- SHARMA, M.; BHAT, Y.; SHARMA, N.; RAWAT, S. Effect of parity of animal and season of the year on the rate of retention of placenta in dairy cattle. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 12, p. 3103-3108, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.362>.
- SILVA, N. R.; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais em experimentação agrônômica. **Energia Agrícola**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 98-113, 2006.
- SILVA, T. V.; ALVES, B. G.; ALVES, K. A.; PORTO, R. N. G.; GAMBARINI, M. L. Effects of calving season on the voluntary waiting period and reproductive performance of Holstein cows in the tropical savannah. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 6, p. 1179-1185, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1313-9>.
- STANGAFERRO, M. L.; WIJMA, R.; MASELLO, M.; THOMAS, M. J.; GIORDANO, J. O. Economic performance of lactating dairy cows submitted for first service timed artificial insemination after a voluntary waiting period of 60 or 88 days. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 8, p. 7500-7516, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14484>.
- STEENSELS, M.; BAHR, C.; BERCKMANS, D.; HALACHMI, I.; ANTLER, A.; MALTZ, E. Lying patterns of high producing healthy dairy cows after calving in commercial herds as affected by age, environmental conditions and production. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 136, n. 2-4, p. 88-95, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.008>.
- STEVENSON, J. S.; PULLEY, S. L. Feedback effects of estradiol and progesterone on ovulation and fertility of dairy cows after gonadotropin-releasing hormone-induced release of luteinizing hormone. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 4, p. 3003-3015, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10091>.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.
- TUCHO, T. T.; AHMED, W. M. Economic and Reproductive Impacts of Retained Placenta in Dairy Cows. **Journal of Reproduction and Infertility**, Teerā, v. 8, n. 1, p. 18-27, 2017. Disponível em: [http://www.idosi.org/fjri/8\(1\)17/3.pdf](http://www.idosi.org/fjri/8(1)17/3.pdf). Acesso em: 18 ago. 2019.