

O stresse térmico e a sua influência nos vitelos

Thermal stress and its influence on calves

Mariana F.S. Pacheco¹, Tiago C. Viveiros², George T. Silwell^{1*}

1 Laboratório de Investigação em Comportamento e Bem-estar Animal (CIISA) e Associate Laboratory for Animal and Veterinary Sciences (AL4AnimalS), Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Av. Universidade Técnica, 1300-477 Lisboa, Portugal

Center for the Study of Animal Sciences, CECA-ICETA, University of Porto, Porto, Portugal.

2 Fromageries Bel-Portugal. Ribeira Grande, S. Miguel, Açores

**Email: stilwell@fmv.ulisboa.pt*



Summary

In this article, we propose to review the effects that exposure of newborn calves to cold or heat stress can have on their development, health and well-being. In São Miguel and in other islands of the Azores, it is very common to tie newborn calves to stakes in the pasture, one of the biggest problems being exposed to excessive heat/sun or excessive cold/wind/rain. This practice raises serious concerns and should be properly evaluated. According to several studies, the long-term effects of cold stress involve complex hormonal and physiological changes, which result in an increased need for calories at rest and, therefore, an increase in energy requirements for maintenance, an increase in appetite, and a decrease in digestive function. Thus, animals under thermal stress due to cold have poor growth reduced immunity, which normally results in higher mortality rate. Likewise, heat stress reduces appetite and increases the need for fresh water. High temperatures and humidity predispose to some disease and may cause extreme discomfort.

It is essential to understand to what extent the practice used in the Azores in harsh weather can give rise to greater morbidity, mortality, and less weight gain in calves, in order to foster methods that ensure good protection from atmospheric conditions and thus health, welfare and profitability of animals born on Azorean farms.

Resumo

Propomos rever neste artigo os efeitos que a exposição de vitelos recém-nascidos ao stresse por frio ou pelo calor pode ter sobre o seu desenvolvimento, saúde e bem-estar. Em São Miguel e noutras ilhas dos Açores, é muito comum prender a estacas na pastagem os vitelos

recém-nascidos, sendo um dos maiores problemas a exposição a calor/sol excessivo, ou a frio/chuva excessivo. Esta prática, levanta sérias preocupações e deve ser convenientemente avaliada.

De acordo com vários estudos, os efeitos a longo prazo do stresse pelo frio envolvem mudanças hormonais e fisiológicas complexas, que resultam na necessidade de um aumento da produção de calor em repouso e, portanto, num aumento das necessidades energéticas, num aumento do apetite e numa diminuição na função digestiva. Assim, animais em stresse térmico pelo frio apresentam um mau desempenho a nível de crescimento, desenvolvimento e capacidade imunitária, dos quais normalmente resulta uma maior taxa de mortalidade.

Igualmente o stresse por calor (principalmente em condições de humidade elevada) pode ter efeitos dramáticos no desenvolvimento dos vitelos. Os vitelos expostos a temperaturas e humidade relativa elevadas tendem a comer menos e a consumir mais água. A predisposição para certas doenças também aumenta em vitelos submetidos a stresse de calor, para além de poder causar desconforto.

Com este trabalho pretendemos chamar a atenção para os fortes efeitos negativos da manutenção de vitelos desde o nascimento amarrados a estacas nas pastagens dos Açores. É essencial que os produtores percebam até que ponto esta prática pode dar origem a uma maior morbidade, a maior mortalidade e a um menor ganho de peso dos vitelos, de modo que passem a introduzir no seu manejo rotineiro as medidas que garantam uma adequada protecção dos recém-nascidos das condições atmosféricas e, assim, assegurem a saúde, o bem-estar e a rentabilidade dos animais nascidos nas explorações açorianas.

Introdução

O período neonatal é um dos estágios mais críticos no desenvolvimento de animais de produção, porque as taxas de morbidade e mortalidade são as mais altas quando comparadas com todas as outras fases da vida (Hammon et al. 2012). Existem muitos fatores que podem causar a morte de vitelos após o nascimento, tais como partos distócicos, malformações congénitas, doenças infecciosas e fatores ambientais, tal como stress térmico (Bellows, 1997).

A termorregulação é a capacidade dos animais homeotérmicos em manter a sua temperatura corporal dentro de um certo intervalo compatível com a vida, apesar da exposição a diferentes temperaturas ambientais (Bligh, 1998; Stull e Reynolds, 2008). A termorregulação envolve mecanismos fisiológicos, morfológicos, comportamentais, e os processos que permitem regular a temperatura corporal fisiológica são a produção de calor e a troca de calor com o ambiente (Silva, 2012). Em caso de condições climáticas extremas, que não possam ser compensadas pelos mecanismos termorreguladores, os animais sofrem stress térmico, que tem efeitos negativos a nível de saúde e bem-estar animal (Silanikove, 2000; Polsky e von Keyserlingk, 2017) e a nível produtivo e económico (Donovan et al., 1998; Roland et al., 2015), já que o desempenho de animais jovens endotérmicos é profundamente afectado pela temperatura ambiente (Bateman et al., 2012).

Os bovinos conseguem manter a temperatura corporal constante dentro de um intervalo de temperatura ambiental específico conhecido como a zona de neutralidade térmica (ZNT), com custos fisiológicos mínimos e produtividade máxima (Kadzere et al., 2002; Roland et al., 2015). Dentro da zona de neutralidade térmica os animais conseguem manter a temperatura corporal constante sem utilizar energia extra e de forma independente da temperatura ambiente (Jones e Heinrichs, 2013). Na ZNT, a manutenção da temperatura corporal é feita através de mecanismos como a vasodilatação, mudanças a nível postural ou comportamental, transferência de calor e perda de calor por evaporação e mudanças nas propriedades do revestimento piloso (Stull e Reynolds, 2008).

Os limites da ZNT não são constantes e não são determinados apenas pela temperatura exterior, mas dependem de outros factores (Jones e Heinrichs, 2013). Por exemplo, a elevada humidade e radiação solar amplificam o efeito das altas temperaturas, e a elevada velocidade do vento e a precipitação amplificam o efeito das baixas temperaturas (Silva, 2012). Cada um destes factores influencia a capacidade de regulação da temperatura, e muitos destes factores podem ser influenciados pelo alojamento e pelo ambiente em que o animal se encontra (Jones e Heinrichs, 2013).

Segundo Hahn (1997) a ZNT de um vitelo de 1 mês de idade encontra-se entre os 13 e os 25 °C, e a ZNT de uma novilha com 0,8 Kg de ganho de peso diário, estará entre os 0 e os 15 °C. Segundo outros autores, o limite crítico inferior, temperatura abaixo da qual um vitelo tem de aumentar a taxa de produção de calor para manter a homeotermia, é de 15 °C (Young, 1981; Stull e Reynolds 2008).

É, portanto, consensual de que, numa perspectiva de desempenho e bem-estar, os vitelos devem ser criados na sua zona de neutralidade térmica (Silanikove, 2000). O stress térmico, como resultado de temperaturas acima ou abaixo da ZNT, pode originar perdas económicas devido ao aumento da morbidade e mortalidade tendo profundos impactos negativos no desempenho dos vitelos (Roland et al., 2015). Assim, é essencial adoptar práticas capazes de reduzir os efeitos dos factores ambientais, como a temperatura ambiente, a velocidade do vento e a precipitação (Scoley et al., 2019). No caso de não ser possível manter o vitelo recém-nascido em liberdade (Johnsen et al., 2016) com a sua mãe, é essencial instaurar outras medidas mitigadoras. Existem diferentes tipos de alojamento que foram desenvolvidos para proteger os vitelos de condições climáticas extremas e de stress térmico (Roland et al., 2015). Porém cada sistema de habitação tem as suas próprias características climáticas e vantagens e desvantagens associadas.

Assim, com o objetivo de prever o efeito das condições climáticas quentes e frias no conforto térmico, produção e bem-estar animal foram criados vários índices climáticos (Brown-Brandl et al., 2005), tais como

o Índice de Temperatura Humidade (THI) e o Índice Dairy Heat Load Index (DHLI (Lees et al., 2022)).

Stresse térmico pelo frio em vitelos

Diversos estudos comprovam a importância das condições ambientais no desenvolvimento e no crescimento dos vitelos. Nonnecke et al. (2009) relatou o aumento da incidência de doença respiratória e do uso de antimicrobianos em vitelos mantidos em ambientes demasiado frios. No mesmo sentido, Hänninen (2003) relatou mais surtos de diarreia de longa duração em vitelos alojados em abrigos não aquecidos do que naqueles alojados em estábulos com temperatura controlada.

A adaptação dos bovinos às condições de Inverno é complexa e envolve alterações hormonais e metabólicas, assim como mudanças morfológicas do pêlo e tecidos superficiais (Young, 1981, Roland et al., 2015). Para além disso, há importantes consequências no apetite e nas funções digestivas, já que ocorre um aumento da ingestão, mas grande parte da energia é utilizada na manutenção da temperatura corporal e não no crescimento do animal (Thompson, 1973; Roland et al., 2015).

Segundo alguns autores, nos vitelos neonatos o sistema termorregulador e os mecanismos de conservação do calor não estão completamente desenvolvidos (Olson et al., 1980), já que estes só se desenvolvem e estabilizam ao longo dos primeiros dois meses de vida (Piccione et al., 2003). No entanto, por falta de consenso, outros autores afirmam que os vitelos nascem com os mecanismos de termorregulação funcionais e são bastante tolerantes ao frio em condições de manejo adequadas e desde que lhes seja fornecida energia suficiente (Roland et al., 2015).

Os factores que podem aumentar a perda excessiva de calor corporal por vitelos incluem uma alta relação superfície/massa corporal, pele pouco espessa, pequena quantidade de gordura subcutânea (<1% do peso corporal), controlo vascular cutâneo pobre e perda de calor por evaporação quando a pele está húmida

após o nascimento ou devido à precipitação e vento (Gonzalez-Jimenez e Blaxter, 1962; Thompson, 1973; Buttler et al., 2006).

A resposta termorreguladora para a produção de calor inclui termogénese, com ou sem tremores. A termogénese sem tremores inclui o aumento da taxa metabólica, piloereção e vasoconstrição (Kirch et al. 2008). Para além disso, os vitelos recém-nascidos também produzem calor pela oxidação do tecido adiposo castanho (Young, 1981; Silva e Bittar, 2019). A nível comportamental, é importante referir a procura de abrigo, o aumento da locomoção, a mudança da postura e o agrupamento de animais (Silva, 2012), incluindo com a mãe quando o vitelo é mantido com esta.

As temperaturas ambientais extremas (calor/frio) podem afectar negativamente a imunidade dos vitelos (Carroll et al., 2012) através da diminuição da taxa de absorção das imunoglobulinas do colostro e, assim, afectando a transferência passiva de imunidade (Olson et al., 1980; Carrol et al., 2012). Para além da importância na transferência passiva de imunidade o colostro é também muito importante para aumentar a resistência dos vitelos à exposição pelo frio devido à elevada concentração de nutrientes (Hammon et al., 2012). Segundo Silva et al. (2021), vitelos que receberam 15% e 20% do peso vivo (PV) de colostro apresentaram uma maior resistência ao frio do que vitelos que receberam 10% do PV, comprovando que a ingestão de colostro nas primeiras horas de vida fornece triglicéridos essenciais à produção de calor.

Em situações de frio é essencial fornecer energia extra para garantir a manutenção da temperatura corporal. Tal consegue-se recorrendo a um aumento da quantidade de alimento fornecido aos animais que se encontram expostos a temperaturas baixas (Stull e Reynolds, 2008). A energia extra para vitelos pode ser garantida através da oferta de uma quantidade maior de alimento, aumentando a percentagem de sólidos do leite, ou através da adição de gorduras na dieta (National Research Council, 2001). No caso de vitelos com idade superior a 3 semanas, quando a temperatura baixa, habitualmente ocorre uma maior ingestão de concentrado para compensar as exigências energéticas

(Jones e Heinrichs, 2013).

Segundo Young (1981) os efeitos a longo prazo do stresse pelo frio e a aclimatização (mudanças adaptativas fisiológicas), envolvem mudanças complexas dos mecanismos hormonais e fisiológicos. Na prática, estes mecanismos resultam num aumento da produção de calor em repouso e, portanto, num aumento das necessidades de energia para manutenção, ou seja, existe um aumento do apetite, mas um menor ganho médio diário (Young, 1981; Mellor e Stafford, 2004).

De acordo com Toghiani et al. (2020) animais em stresse térmico pelo frio têm um fraco desempenho a nível de crescimento e, mais tarde, a nível reprodutivo, assim como uma maior taxa de mortalidade, o que vai de acordo com Kennedy e Milligan (1978) que estimaram que um vitelo exposto ao frio aumenta a ingestão de matéria orgânica digerível em cerca de 4%. A somar a este facto temos que a digestão é também menos eficiente, o que leva a um crescimento mais lento mesmo que a ingestão aumente (Young, 1981; Toghiani et al., 2020). Para além disso, verifica-se que a termogénese induzida pelo frio dá-se através do aumento do catabolismo de proteínas, mobilização de aminoácidos e gliconeogénese (Yousef e Johnson, 1967; Vermorel et al., 1989; Kozat, 2018).

Porque os vitelos jovens (do nascimento até às 8 semanas) têm o rúmen pouco ou nada funcional, devem ser alimentados com uma maior quantidade de leite de boa qualidade para atender ao aumento das necessidades de manutenção quando se encontram a baixas temperaturas (Silva e Bittar, 2019). Drackley (2008) sugere aumentar o volume de leite inteiro ou de leite de substituição administrado a cada refeição. Ou, em alternativa, acrescentar uma terceira refeição às duas convencionais. A suplementação de um concentrado com gordura pode ser também ser benéfica em animais em stresse térmico pelo frio, mas apenas resultará em animais mais velhos (Ghasemi et al., 2017).

As condições ambientais afectam a taxa de morbilidade e de mortalidade dos vitelos recém-nascidos, podendo o aumento desses valores ser devido à perda excessiva de calor durante períodos de baixas temperaturas (Bellows, 1997; Hulbert e Moisés, 2016).

Por exemplo, nalgumas zonas dos Estados Unidos da América, no decorrer do Inverno de 1996-1997, durante o qual ocorreram condições climáticas extremas, verificou-se uma mortalidade de 50% dos vitelos recém-nascidos e mais de 100 000 bovinos de outras idades (Mader, 2003).

O stresse térmico pelo frio em animais alojados no exterior pode ser reduzido através da construção de abrigos (Roland et al., 2015) ou da utilização de casacos (cobrejões). De acordo com os estudos de Earley et al. (2004) e de Scoley et al. (2019), as diferenças na incidência de doenças respiratórias ou entéricas em vitelos criados ao ar livre com ou sem casaco, não são significativas. No entanto, o estudo de Earley et al. (2004) foi feito com vitelos com cerca de 19 dias de idade e mantidos em liberdade no exterior e em grupos, ou seja, com animais que se podiam abrigar, mover ou procurar a protecção mútua dentro do grupo. No estudo de Scoley et al., 2019 foram comparados vitelos (com e sem casaco) mantidos em grupos e em parques cobertos desde o nascimento. Num pequeno estudo efectuado em S. Miguel demonstrou-se que o uso de casacos oferecia alguma vantagem a vitelos presos a estacas na pastagem desde o dia do nascimento (Pacheco, 2021). Os resultados deste estudo indicaram um melhor crescimento e uma menor morbilidade em vitelos com casacos. É expectável que nesses casos os casacos tenham efeitos benéficos, já que atuam como a única protecção das condições ambientais (Rutherford et al., 2020).

Stresse térmico pelo calor

Quando a temperatura é superior ao limite crítico a temperatura corporal aumenta e não há como dissipar o calor de forma adequada a manter o equilíbrio térmico (Wang et al., 2020). O calor é produzido continuamente através do metabolismo do animal e é dissipado para o ambiente. Porém, é necessário um equilíbrio entre o calor produzido e a perda de calor de modo a que a temperatura corporal permaneça relativamente constante (Monteith e Mount, 1974; Wang et al., 2020).

Segundo Jones e Heinrichs (2013), em comparação

com os animais adultos, os vitelos têm uma melhor tolerância a temperaturas mais elevadas devido à sua maior relação superfície/peso corporal, assim como uma menor produção de calor. Para além disso, os bovinos adultos produzem calor associado à digestão de alimentos fibrosos no rúmen e à actividade metabólica necessária para suportar altos níveis de produção de leite (Jones e Heinrichs, 2013). Vários estudos têm demonstrado a influência do stresse térmico pelo calor na fisiologia, na eficiência da conversão alimentar, na actividade ruminal e na reprodução de novilhas (Stott e Wiersma, 1976; Roland et al., 2015). Ou seja, está comprovado que este tipo de stresse térmico desempenha um papel fulcral na futura vida produtiva dos bovinos (Wang et al., 2020).

O stresse térmico pelo calor leva ao aumento das necessidades de manutenção, redução da imunidade e maior susceptibilidade a doenças (Jones e Heinrichs, 2013). Tem também um efeito negativo na ingestão de matéria seca e no ritmo de crescimento de vitelos e novilhos (Wang et al., 2020), confirmando o relatado por Place et al. (1998) que sugere que vitelos leiteiros nascidos no Verão, em regiões temperadas, apresentaram um menor ganho médio diário do que aqueles nascidos no Inverno.

Em resposta ao calor ambiente, o fluxo sanguíneo cutâneo aumenta, o que leva a maior perda de calor do centro do corpo para a periferia (Choshniak et al., 1982; Dahl et al., 2020). Porém, à medida que a temperatura ambiente aumenta, a troca de calor é minimizada devido à pouca diferença entre a temperatura ambiente e a superfície corporal. Assim, a perda de calor por evaporação desempenha um papel dominante na termorregulação (Maia et al., 2005). A radiação é importante em bovinos criados ao ar livre, pois eles recebem uma quantidade substancial de calor a partir da radiação solar durante o dia, mas conseguem dissipá-lo durante a noite (Fuquay, 1981; Dahl et al., 2020).

As mudanças comportamentais observadas durante o stresse térmico por calor incluem a busca de sombra, mudança de postura (em pé vs deitado), redução da locomoção e agrupamento para buscar a sombra produzida pelos outros animais (Gaughan et al., 2002; West, 2003). É importante referir que alguns

destes comportamentos mitigadores não são possíveis em vitelos sujeitos a práticas de manejo que lhes possam limitar os movimentos (ex. atados por correntes na pastagem). Os vitelos expostos a temperaturas e humidade relativa elevadas tendem a comer menos e a consumir mais água, podendo ser necessário aumentar a quantidade de leite ou substituto de leite para compensar a menor ingestão de concentrado e suportar as necessidades de crescimento (Jones e Heinrichs, 2013). É, portanto, claro, que a oferta de água fria durante o dia é essencial ao bem-estar e à fisiologia dos vitelos. Segundo Jones e Heinrichs (2013), o stresse pelo calor pode ser pior do que o stresse pelo frio, em termos de limitação do ganho médio diário em vitelos de aptidão leiteira.

Assim, no caso de stresse térmico pelo calor deve-se providenciar locais de sombra, liberdade de movimento e água fresca facilmente acessível aos vitelos (Roland et al., 2015). Segundo González Pereyra et al. (2010) o stresse térmico pelo calor também é influenciado pela ingestão de água pelos bovinos. A ingestão de água directamente exposta ao sol pode conduzir a um aumento da temperatura corporal, enquanto as águas mantidas em zonas de sombra e, portanto, mais frescas, podem favorecer a manutenção de uma temperatura corporal mais adequada. Apesar deste autor não ter encontrado diferenças na ingestão de água aos 18 °C e aos 31 °C durante condições ambientais propícias ao stresse térmico pelo calor, está incontestavelmente demonstrado que a água fresca permite dissipar o calor corporal mais facilmente e promover um maior conforto ao animal (González Pereyra et al., 2010)

Assim, é de grande interesse para o produtor, tanto a nível do rendimento como do bem-estar animal, garantir as condições o mais próximo possível da ZNT. No sistema de manejo mencionado previamente, em que vitelos são atados desde o nascimento a estacas e sem possibilidade de abrigo, quer do frio quer do calor, deve ser igualmente alvo de preocupação. A correcção desta condição pode ser conseguida através de fornecimento de abrigos, liberdade de movimentos, de alimentação e abeberamento mais adequado, ou através da utilização de cobrejões. Estes cuidados são essenciais em

vitelos, já que têm menor capacidade homeostática e, por isso, devem ser melhor monitorizados e protegidos. A monitorização dos animais e o fornecimento das condições que permitam mantê-los na ZNT, é essencial para garantir um melhor desenvolvimento, performance e bem-estar dos mesmos.

Em suma, a manutenção de vitelos sem qualquer tipo de proteção ambiental (Figura 1), como é o caso de vitelos mantidos em estacas nas pastagens tem efeitos negativos a nível do crescimento e resistência a doenças, e, por consequência, na mortalidade (Pacheco, 2021). É importante ainda que em estudos futuros estas consequências sejam exaustivamente quantificadas e avaliadas.

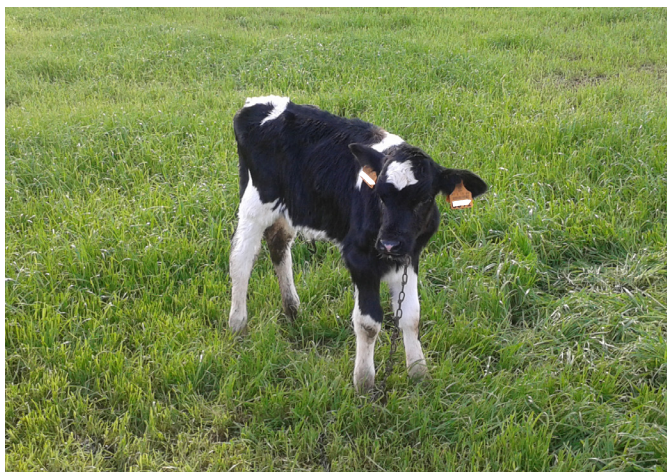


Figure 1. Nos Açores é prática comum prender vitelos recém-nascidos por correntes a estacas na pastagem. O impacto do stress térmico sobre o crescimento e bem-estar destes animais pode ser enorme. Fotografia: George Stilwell

Entretanto, de modo a mitigar as consequências da manutenção de vitelos em condições propícias a stresse térmico pelo frio é importante que, pelo menos, sejam providenciadas medidas de mitigação como cobrejões, igloos, estábulos ou barreiras/vegetação quebra vento.

Bibliografia

- Bateman HG, Hill TM, Aldrich JM, Schlotterbeck R. e Firkins JL (2012). Meta analysis of the impact of initial serum protein concentration and empirical prediction model for growth of neonatal Holstein calves through eight weeks of age. *J. Dairy Sci.*, 95, 363-369.
- Bellows R (1997). Factors affecting calf survival. *Range Beef Cow Symposium XV*. South Dakota, US.
- Bligh J (1998). Mammalian homeothermy: An integrative thesis. *J Therm Biol.* 23(3-4), 143–258.
- Brown-Brandt TM, Eigenberg RA, Nienaber JA, Hahn GL (2005). Dynamic response indicator of heat stress in shaded and nonshaded feedlot cattle, Part 1: analyses of indicator. *Biosys Eng.* 90 (4), 451-462.
- Butler L, Daly R e Wright C (2006). Cold Stress and Newborn Calves. *SDSU Extension Extra Archives*, 73.
- Carroll JA, Burdicka NC, Chase JCC, Coleman SW e Spiers DE (2012). Influence of environmental temperature on the physiological, endocrine, and immune responses in livestock exposed to a provocative immune challenge. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 146-153.
- Choshniak I, Jenkinson D, Blatchford D e Peaker M (1982). Blood flow and catecholamine concentration in bovine and caprine skin during thermal sweating. *Comp Biochem Physiol*, 71, 37-42.
- Dahl GE, Tao S e Laporta J (2020). Heat Stress Impacts Immune Status in Cows Across the Life Cycle. *Front. Vet. Sci.*, 7, 116.
- Donovan GA, Dohoo IR, Montgomery DM e Bennett FL (1998). Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA. *Prev. Vet. Med.*, 33, 1-10.
- Drackley JK (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract.*, 24(1), 55-86.
- Earley B, Murray M, Farrell JA e Nolan M (2004). Rearing calves outdoors with and without calf jackets compared with indoor housing on calf health and live-weight performance. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 43, 59-67.
- Fuquay J (1981). Heat stress as it affects animal production. *J Anim Sci.*, 51, 164-174.

- Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Hahn GL e Young BA (2002). Review of current assessment of cattle and microclimate during periods of high heat load. *Animal Production Australia*, 24, 77-80.
- Ghasemi E, Azad-Shahraki M e Khorvash M (2017). Effect of different fat supplements on performance of dairy calves during cold season. *J. Dairy Sci.*, 100(1), 5319-5328.
- González Pereyra AV, Maldonado VM, Catracchia CG, Herrero MA e Flores MC (2010). Influence of Water Temperature and Heat Stress on Drinking Water Intake in Dairy Cows. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(2), 328-336.
- Gonzalez-Jimenez E e Blaxter K (1962). The metabolism and thermal regulation of calves in the first month of life. *Br. J. Nutr.*, 16, 199-212.
- Hahn G (1997). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.*, 77, 10-20.
- Hammon HM, Steinhoff-Wagner J, Schonhusen U, Metges CC e Blum JW (2012). Energy metabolism in the newborn farm animal with emphasis on the calf: Endocrine changes and responses to milk-borne and systemic hormones. *Domestic Animal Endocrinology*, 43(2), 171-185.
- Hänninen L (2003). Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section A, Animal Science*, 53, 21-28.
- Hulbert LE e Moisé SJ (2016). Stress, immunity, and the management of calves. *J. Dairy Sci.*, 99(1), 3199-3216.
- Jones C e Heinrichs J (2013). Heat Stress in Dairy Calves. 1-7. Penn State Extension, College of Agricultural Sciences.
- Johnsen JF, Zipp KA, Kälber T, de Passillé AM, Knierim U, Barth K, Mejdell CM (2016) Is rearing calves with the dam a feasible option for dairy farms? Current and future research. *App Animal Behav Sci*. 181, 1-11.
- Kadzere C, Murphy M, Silanikove N e Maltz E (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 77(1), 59-91.
- Kennedy PM e Milligan LP (1978). Effects of cold exposure on digestion, microbial synthesis and nitrogen transformations in sheep. *Brit. J. Nutr.*, 39(1), 105-117.
- Kirch BH, Aiken GE e Spiers DE (2008). Temperature influences upon vascular dynamics in cattle measured by Doppler ultrasonography. *J. Therm. Biol.*, 33, 375-379.
- Lees JC, Lees AM, Gaughan JB (2022). The influence of shade availability on the effectiveness of the Dairy Heat Load Index (DHLI) to predict lactating cow behavior, physiology, and production traits. *International Journal of Biometeorology*, 66, 289-299.
- Mader TL (2003). Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 81(14), 110-119.
- Maia A, da Silva R e Battiston C (2005). Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *Int J Biometeorol*, 50, 17-22.
- Mellor D e Stafford K (2004). Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Vet. J.*, 168, 118-133.
- Monteith J e Mount L (1974). Heat Loss from Animals and Man: Assessment and Control. London: Butterworth. Obtido em 09 de janeiro de 2021.
- National Research Council (2001). National Research Council. Nutrient requirements for dairy cattle. (7.^a ed.). Washington: National Academies Press.
- Nonnecke B, Foote M, Miller B, Fowler M, Johnson T e Horst R (2009). Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves. *Journal of Dairy Science*, 92, 6134-6143.
- Olson D, Papsian C e Ritter R (1980). The effects of cold stress on neonatal calves II. Absorption of colostral immunoglobulins. *Can J Comp Med*, 44, 19-23.
- Olson D, Papsian C e Ritter R (1980). The Effects of Cold Stress on Neonatal Calves I. Clinical Condition and Pathological Lesions. *Can. J. comp. Med.*, 44, 11-18.
- Pacheco M (2021). Influência das condições de alojamento na temperatura superficial e no crescimento de vitelos em S. Miguel (Açores) [dissertação]. Lisboa: FMV-Universidade de Lisboa.
- Piccione G, Caola G e Refinetti R (2003). Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle. *BMC Physiology*, 3(7), 1-8.
- Place N, Heinrichs A e Erb H. (1998). The effects of disease, management, and nutrition on average daily gain of dairy

heifers from birth to four months. *Journal of Dairy Science*. 81(4):0-1009.

Polsky L, e von Keyserlingk MAG. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645–8657.

Kozat S (2018). Hypothermia in Newborn Calves. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, 2(1), 30-37.

Roland L, Drillich M, Klein-Jöbstl D e Iwersen M (2015). Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2438-2452.

Rutherford NH, Gordon AW, Arnott G e Lively FO (2020). The effect of calf jackets on the health, performance, and skin temperature of dairy origin beef calved. *Translational Animal Science*, 4(1), 316-323.

Silanikove N (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.*, 67, 1-18.

Scoley G, Gordon A e Morrison SJ (2019). The effect of calf jacket usage on performance, behaviour and physiological responses of group-housed dairy calves. *Animal*, 1-9.

Silva FL e Bittar CM (2019). Thermogenesis and some rearing strategies of dairy calves at low temperature – a review. *J. Appl. Anim. Res.*, 47(1), 115-122.

Silva F, Miqueo E, da Silva M, Torrezan T, Rocha N, Salles M e Bittar C (2021). Thermoregulatory Responses and Performance of Dairy Calves Fed Different Amounts of Colostrum. *Animals*, 11(703).

Silva RG (2012). Weather and climate and animal production. 134, 1-21. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.

Stott G e Wiersma F (1976). Influence of environment on passive immunity in calves. *J Dairy Sci*. 59(7), 1306-1311.

Stull C e Reynolds J (2008). Calf Welfare. *Vet Clin Food Anim*, 191-203.

Thompson GE (1973). Climatic physiology of cattle. *Journal of Dairy Research*, 40(3), 441- 473.

Toghiani S, Hay EH, Roberts A e Rekaya R (2020). Impact of cold stress on birth and weaning weight in a composite beef

cattle breed. *Livestock Science*, 236(104053), 1-6.

Vermorel M, Vernet J, Saïdo, Dardillat C, Demigne C, Davicco MJ (1989). Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; Variations during the first day of life and differences between breed. *Can J Anim Sci.*, 69, 103-111.

Wang J, Li J, Wang F, Xiao J, Wang Y, Yang H e Cao Z (2020). Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1).

West J (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.*, 86(6), 2131-2144.

Young BA (1981). Cold Stress as it Affects Animal Production. *Journal of Animal Science*, 52(1), 154-163.

Yousef MK e Johnson HD (1967). Calorigenesis of Cattle as Influenced by Hydrocortisone and Environmental Temperature. *Journal of Animal Science*, 26(5), 1087–1093.