

Influência das condições de bem-estar na performance reprodutiva da raça Nelore (*Bos indicus*)

Influence of animal welfare conditions on the reproductive performance of Nelore cattle (*Bos indicus*)

Vanessa Tirado Quaglio¹

Melina Marie Yasuoka²

Resumo. A pecuária de corte brasileira apoia-se na predominância da raça Nelore (*Bos indicus*), cuja rusticidade é contraposta pela elevada reatividade ao manejo humano, constituindo um gargalo para a eficiência reprodutiva. Este estudo teve como objetivo revisar o impacto das práticas de bem-estar animal nos índices de prenhez em matrizes Nelore, detalhando os mecanismos neuroendócrinos do estresse e as intervenções zootécnicas mitigatórias. A ativação do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal eleva o cortisol sérico, bloqueando a secreção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e hormônio luteinizante (LH), além de reduzir a integridade folicular e a secreção lútea de progesterona (P_4). Fêmeas Nelore com baixo escore de reatividade apresentam taxas de concepção à inseminação artificial em tempo fixo (IATF) de 8% a 12% superiores frente a animais excitáveis, ao passo que o estresse térmico prolongado com índice de temperatura e umidade elevado induz perdas embrionárias precoces até 14% maiores. Conclui-se que a adoção do manejo racional de baixo estresse, o conforto térmico com sombreamento e a capacitação continuada da equipe de campo são ferramentas biotecnológicas mandatórias para elevar a taxa de desfrute e a sustentabilidade bioeconômica dos sistemas de cria tropicais.

Palavras-chave: ambiência, estresse térmico, manejo racional, taxa de concepção.

Abstract. The Brazilian beef cattle industry relies heavily on Nelore cattle (*Bos indicus*), whose adaptability and hardiness are contrasted by behavioral reactivity to human handling, representing worse reproductive results for reproductive efficiency. This literature review aimed to analyze the impact of animal welfare practices on pregnancy rates in Nelore females, detailing the neuroendocrine pathways of stress and mitigating animal science strategies. Activation of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis increases circulating cortisol, suppressing gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and luteinizing hormone (LH) secretion, compromising follicular dynamics and luteal progesterone (P_4) output. Calm Nelore females exhibit timed artificial insemination (TAI) conception rates 8% to 12% higher than excitable counterparts, whereas severe heat stress with high temperature-humidity index induces up to 14% higher early embryonic losses. In

¹ Graduanda em Medicina Veterinária pela Universidade de Guarulhos (UNG), Guarulhos, SP, Brasil.
Orcid: 0009-0005-7435-6979. @vtq_mv

² Docente do Curso de Medicina Veterinária da Universidade de Guarulhos (UNG), Guarulhos, SP, Brasil.
Orcid: 0000-0002-2822-5178. @melyasuoka

conclusion, adopting low-stress handling, providing thermal comfort through shade, and investing in team training are mandatory biotechnical tools to increase pregnancy rates and enhance the bioeconomic sustainability of tropical beef production systems.

Keywords: conception rate, thermal comfort, timed artificial insemination

Introdução

A pecuária de corte é um dos motores do agronegócio brasileiro, sustentada em cerca de 80% pela raça Nelore (*Bos indicus*), cuja rusticidade e termotolerância asseguram a produção sob pastagens tropicais (Lopes et al., 2022). No entanto, o retorno econômico das fazendas de cria é determinado pelos índices de fertilidade, sendo a obtenção de um bezerro por vaca ao ano o objetivo primário da atividade (Santos et al., 2021). A consolidação de protocolos de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) possibilitou ganhos genéticos notáveis, mas a eficiência reprodutiva zebuína permanece limitada pela sazonalidade nutricional, estresse térmico e, sobretudo, pela reatividade comportamental intrínseca à raça quando submetida ao manejo convencional coercitivo (Souza et al., 2022).

A literatura zootécnica tem demonstrado que o bem-estar animal atua como condicionante direto da resposta biológica às biotecnologias reprodutivas. Estímulos aversivos ativam o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA), elevando os níveis de cortisol plasmático, o que suprime a liberação pulsátil do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e do hormônio luteinizante (LH), comprometendo a maturação folicular, a ovulação e o reconhecimento materno da gestação (Grandin, 2021; Paranhos da Costa et al., 2023).

A hipótese norteadora é que o emprego sistemático de técnicas de baixo estresse e a melhoria da ambiência reduzem a quebra de homeostase, elevando as taxas de prenhez em fêmeas Nelore. O objetivo desta revisão é compilar as bases fisiológicas e metodológicas que interligam o bem-estar ao desempenho reprodutivo na raça Nelore, avaliando pontos críticos de manejo e sintetizando estratégias práticas voltadas à otimização da IATF e da sustentabilidade bioeconômica.

Caracterização da raça Nelore e particularidades dos sistemas de produção tropical

A consolidação da raça Nelore no Brasil decorre de sua marcante seleção evolutiva sob climas tropicais, desenvolvendo características morfofisiológicas ímpares como pelame claro, pele densamente pigmentada e alta concentração de glândulas sudoríparas que viabilizam uma termólise cutânea eficiente (Barbosa et al., 2019; Silva et al., 2020). Tais atributos garantem a manutenção dos processos homeostáticos mesmo sob elevada radiação solar e alta umidade relativa, condições que provocam colapso produtivo em raças taurinas não adaptadas. Paralelamente, o trato gastrointestinal do zebuino apresenta elevada eficiência no aproveitamento de pastagens de fibras grosseiras e baixo teor proteico, posicionando o Nelore como alicerce de sistemas pastoris de baixo custo de manutenção (Ferraz & Felício, 2010).

Nos modelos extensivos tradicionais, as matrizes dependem exclusivamente da flutuação na oferta forrageira ao longo das estações seca e chuvosa, demandando ampla resiliência metabólica (Oliveira et al., 2022). Em contraste, o avanço tecnológico impulsionou a adoção de modelos semi-intensivos e intensivos com confinamento e suplementação proteico-energética estratégica para correção do escore corporal pré-estação de monta (Silva et al., 2023). Contudo, a intensificação produtiva gera desafios éticos e operacionais consideráveis: o aumento da densidade de animais e o confinamento em currais rompem a hierarquia social do lote, elevando o nível de estresse em fêmeas zebuínas, cuja distância de fuga e instinto territorial são naturalmente mais amplos que os de raças taurinas (Broom, 2022; Paranhos da Costa et al., 2022).

A densidade em currais de espera que excede 5 m^2 por matriz acarreta picos de agressividade, disputas e elevação imediata do cortisol sérico (Mendonça et al., 2021). Sistemas intensivos conduzidos sem os preceitos do manejo de baixo estresse amplificam o estresse oxidativo, elevando os índices de peroxidação lipídica em até 40% em relação ao pastejo calmo (Garcia et al., 2023). Ademais, a hiperestimulação e o estado de alerta permanente inibem a exteriorização dos reflexos normais de receptividade sexual, culminando em decréscimos de até 22% na taxa de matrizes gestantes por lote (Souza et al., 2025; Thomas et al., 2024).

Fisiologia reprodutiva da matriz zebuína e dinâmica endócrina ovariana

A compreensão refinada da endocrinologia do ciclo estral na fêmea Nelore é basilar para a identificação precoce de falhas ovulatórias e gestacionais. O ciclo estral bovino, com duração aproximada de 21 dias, é coordenado pelo diálogo endócrino contínuo entre hipotálamo, hipófise anterior e ovários (Galvão et al., 2019; Sartori et al., 2020). Fêmeas zebuínas apresentam ondas foliculares com folículos pré-ovulatórios de diâmetro menor em comparação aos taurinos, porém exibem receptores com sensibilidade hormonal substancialmente mais aguçada, exigindo sintonia fina nos protocolos hormonais exógenos para garantir uma ovulação sincronizada (Baruselli et al., 2018).

A cascata regulatória inicia-se com a liberação pulsátil de GnRH pelo hipotálamo, que induz a adeno-hipófise a secretar FSH, responsável pelo recrutamento das ondas foliculares, e LH, responsável pela maturação final do folículo dominante e indução da ovulação (González et al., 2020). O folículo dominante em desenvolvimento secreta concentrações crescentes de estradiol (E_2), esteroide responsável por desencadear a conduta típica de estro e estimular o pico pré-ovulatório de LH por retroalimentação positiva (Madureira et al., 2021). Após o rompimento folicular e liberação do oócito, ocorre a luteinização das células da teca e da granulosa, formando o corpo lúteo produtor de progesterona (P_4) (Sartori et al., 2020).

A progesterona circulante representa a chave biológica para a receptividade do endométrio e para o suporte nutricional do conceito inicial por meio do histotrofo (Pinaffi et al., 2021). Quedas abruptas ou concentrações insuficientes de P_4 durante a primeira quinzena pós-inseminação reduzem a secreção de interferon-tau pelo embrião, falhando em bloquear a síntese luteolítica da prostaglandina F2alfa ($PGF_{2\alpha}$) pelo endométrio, o que resulta em reabsorção e perda embrionária precoce (Purohit et al., 2022; Reis et al., 2023). Dessa forma, a estabilidade neuroendócrina e a ausência de perturbações sistêmicas são pré-requisitos para a manutenção do corpo lúteo e o estabelecimento da gestação (Thomas et al., 2024).

Conceitos contemporâneos de bem-estar animal e indicadores biométricos

A abordagem científica do bem-estar animal transcendeu o paradigma simplista de eliminação de injúrias físicas e fome, consolidando-se no modelo dos Cinco Domínios proposto por Mellor et al. (2020): nutrição, ambiente, saúde física, comportamento e estado mental. Sob essa perspectiva, alterações negativas nos domínios funcionais geram experiências mentais aversivas como medo, dor e exaustão, que desequilibram o meio interno do animal. No contexto da pecuária de corte zebuína, o bem-estar reflete a capacidade de a matriz expressar seu repertório comportamental natural sem entrar em estresse crônico (Paranhos da Costa et al., 2022).

Para que o bem-estar seja mensurável e aplicável na rotina zootécnica, utilizam-se indicadores integrados: comportamentais, fisiológicos e produtivos (Grandin, 2019). Os indicadores comportamentais incluem o escore de reatividade no tronco de contenção (escala visual de 1 a 5, avaliando movimentos de cabeça, tensão muscular, coices e vocalizações) e a velocidade de saída da prensa de contenção (Cooke, 2021). Os índices zootécnicos e reprodutivos, tais como ganho médio diário (GMD), intervalo entre partos (IEP) e taxa de prenhez, constituem o reflexo acumulativo da qualidade de vida e do conforto da matriz ao longo dos anos (Souza et al., 2025).

A resposta fisiológica ao estresse decorre fundamentalmente da ativação do eixo HPA e do sistema nervoso simpático (Minton, 1994). O incremento das concentrações de cortisol sérico é o biomarcador clássico para a quantificação do estresse agudo e crônico (Martinez et al., 2022). Contudo, a venopunção tradicional é um estressor pontual que pode mascarar dados basais; dessa forma, a literatura tem preconizado metodologias não invasivas, a exemplo da mensuração de metabólitos de cortisol em fezes e o escaneamento por termografia infravermelha ocular e facial para determinar alterações adrenérgicas e autonômicas sem a necessidade de contenção forçada (Palma-Gómez et al., 2023).

Neuroendocrinologia do estresse e bloqueio do eixo reprodutivo em fêmeas Nelore

O impacto do estresse sobre a fisiologia reprodutiva opera através de uma cascata neuroendócrina que prioriza as demandas de fuga e conservação em detrimento dos processos anabólicos e reprodutivos. Quando o animal percebe uma ameaça física ou psicológica, o hipotálamo secreta o hormônio liberador de corticotrofina (CRH), que estimula a hipófise a produzir o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), culminando na liberação maciça de glicocorticoides pelo córtex da glândula adrenal (Minton, 1994; Martinez et al., 2022).

Níveis circulantes elevados de cortisol exercem um efeito inibitório central sobre o centro gerador de pulsos de GnRH no hipotálamo, reduzindo a frequência e a amplitude de liberação de FSH e LH (Mendonça et al., 2022). Em programas de IATF com fêmeas Nelore, a supressão do pulso pré-ovulatório de LH impede a maturação oocitária final, retarda o momento da ovulação ou gera falhas ovulatórias com persistência de folículos anovulatórios (Cipriano et al., 2021; Souza et al., 2022).

Além da inibição hipofisária central, os glicocorticoides atuam periféricamente. Conforme descrito por Carvalho et al. (2022), o cortisol elevado compete diretamente pelos receptores intracelulares de esteroides no estroma ovariano e no endométrio, reduzindo a sensibilidade do tecido aos fármacos exógenos aplicados no protocolo hormonal, quadro caracterizado como resistência hormonal induzida por estresse. Na fase pós-ovulatória, matrizes estressadas no momento da retirada do dispositivo de progesterona ou durante a inseminação desenvolvem corpos lúteos hipotróficos com volume até 25% menor, resultando em secreção subótima de progesterona na janela de 7 a 14 dias pós-inseminação (Cipriano et al., 2021).

O estresse metabólico e o esforço físico no curral elevam a taxa de perfusão hepática. Em animais excitáveis, o aumento do fluxo sanguíneo no fígado acelera em até 30% a taxa de degradação metabólica e *clearance* da progesterona exógena administrada nos implantes intravaginais (Wiltbank et al., 2023). Esse catabolismo acelerado reduz a concentração plasmática necessária para o correto bloqueio do eixo hipotalâmico, desregulando a sincronização da onda folicular e culminando em baixos índices de fertilidade (Pinaffi et al., 2021; Reis et al., 2023).

Ambiência, estresse térmico e integridade do microambiente uterino

A ambiência nos ecossistemas pecuários tropicais é um dos fatores ambientais determinantes para o sucesso gestacional em vacas Nelore. A homeostase térmica é mantida sem consumo extra de energia metabólica dentro da chamada Zona de Termoneutralidade (ZTN). Embora o zebuíno possua uma ZTN mais ampla e resistente ao calor frente a animais de origem europeia, a exposição continuada a temperaturas elevadas associadas à alta umidade relativa ultrapassa sua capacidade de dissipação passiva, deflagrando o estresse calórico (Ferreira et al., 2023).

Para mensurar o nível de severidade ambiental, a pesquisa zootécnica emprega o Índice de Temperatura e Umidade (ITU/THI). Em fêmeas zebuínas, valores de ITU superiores à faixa de 75 a 79 estão associados à redução acentuada na taxa de concepção e à elevação das perdas embrionárias (Souza et al., 2022). Diante do calor extremo, o organismo animal desvia parte significativa do débito cardíaco para os tecidos periféricos (pele e extremidades) a fim de dissipar calor por sudorese e

vasodilatação, o que reduz o aporte sanguíneo visceral e uterino (Lima et al., 2024). Essa hipoperfusão no trato genital eleva a temperatura intraluminal e estimula a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), gerando estresse oxidativo que compromete a integridade das membranas celulares do zigoto e inibe a morfogênese embrionária inicial (Silva et al., 2024).

A provisão de sombreamento de qualidade é a intervenção física de maior efetividade para mitigar a radiação solar em pastagens tropicais. A presença de sombras naturais (sistemas silvipastoris e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF) ou artificiais (estruturas com telas de polipropileno com 70% a 80% de retenção) reduz a carga térmica radiante incidente sobre o dorso da fêmea em até 80% (Hill et al., 2022). Matrizes Nelore desprovidas de abrigo sombreado apresentam temperaturas retais superiores a 39,5 °C durante as horas mais quentes do dia, associando-se a um aumento de 14% na taxa de perda embrionária precoce em comparação a lotes protegidos da radiação direta (Silva et al., 2024). A oferta ininterrupta de água fresca e de qualidade é igualmente vital; o consumo diário por matriz zebuína sob pastejo em dias quentes oscila de 50 a 80 litros de água, sendo indispensável dimensionar os bebedouros para alta vazão de reposição a fim de evitar disputas e privação hídrica.

Pontos críticos de manejo pré-reprodutivo e execução de protocolos de IATF

A rotina operacional que antecede e acompanha a inseminação artificial impõe às matrizes uma sucessão de estímulos aversivos que, se mal conduzidos, anulam os investimentos em genética e nutrição. O transporte terrestre constitui um dos eventos mais desafiadores devido à privação hídrica temporária, esforço postural e reorganização social (Santos et al., 2023). Deslocamentos com duração superior a seis horas elevam substancialmente o cortisol sérico, de modo que cada hora adicional de viagem está correlacionada a um aumento de 3,5% na taxa de anestro das fêmeas no início da estação reprodutiva. A mistura de lotes de matrizes de origens distintas desencadeia brigas por dominância, prolongando os níveis elevados de glicocorticoides por 48 a 72 horas após a chegada ao destino (Santos et al., 2023).

Para restabelecer a homeostase metabólica e a estabilidade social, a literatura técnica preconiza um período de descanso de no mínimo sete dias entre o desembarque das matrizes e a inserção dos implantes hormonais do protocolo reprodutivo (Vasconcelos, 2024). Lotes que recebem esse período de descanso apresentam taxas de prenhez até 18% superiores àqueles submetidos ao protocolo imediatamente após a chegada, pois o repouso atenua a hipertermia e a exaustão física, preservando as condições celulares do endométrio.

A execução prática da IATF exige que a fêmea seja conduzida ao curral e contida em tronco em pelo menos três ocasiões distintas (D0: inserção do dispositivo de P_4 e benzoato de estradiol; D8 ou D9: retirada do implante, aplicação de $PGF_{2\alpha}$, eCG e cipionato de estradiol; D10 ou D11: inseminação propriamente dita) (Cooke, 2021). Esse confinamento repetido torna-se um estressor cumulativo severo caso o manejo seja pautado na violência. A retenção estática no tronco de contenção por tempo superior a três minutos por animal induz picos de estresse agudo e taquicardia, reduzindo a expressão fisiológica de estro em até 30% e alterando o pH do muco cervical (Thomas et al., 2024; Vasconcelos, 2024).

Adicionalmente, práticas coercitivas no tronco de contenção e o uso de instrumentos dolorosos como ferrões elétricos e varas de bater geram hipertermia imediata por esforço físico e elevação de catecolaminas. Esse aquecimento corporal no momento exato em que o sêmen é depositado no corpo do útero reduz a motilidade espermática e a viabilidade dos espermatozoides no trato feminino, elevando as taxas de falhas na fertilização em matrizes altamente excitáveis (Santos et al., 2024).

Impacto quantitativo do temperamento e manejo nos índices zootécnicos

A avaliação de dados zootécnicos consolidados em bancos de dados de fazendas comerciais comprova que a reatividade da matriz zebuína afeta negativamente todos os parâmetros de desempenho reprodutivo. Fêmeas da raça Nelore classificadas como calmas (baixos escores de reatividade de 1 a 2)

apresentam taxas de concepção na primeira IATF de 54% a 60%, superando amplamente os índices observados em matrizes de temperamento reativo e agitado (escores de 4 a 5), cujas médias oscilam entre 42% e 48% (Cooke, 2021; Freua et al., 2022; Santos et al., 2023).

Cada incremento de um ponto na escala de reatividade de 1 a 5 está associado a uma redução de cerca de 4,5% na probabilidade de prenhez à primeira IATF (Cooke, 2021). No que concerne à taxa de perda embrionária precoce avaliada entre 30 e 60 dias pós-inseminação, lotes submetidos a manejo aversivo e ambientes sem sombra apresentam perdas na faixa de 16% a 22%, enquanto rebanhos manejados racionalmente mantêm esses índices contidos na faixa de 4% a 7% (Silva et al., 2024; Vasconcelos, 2024).

A taxa de manifestação de estro antes da inseminação artificial é um dos principais preditores do sucesso da IATF na pecuária zebuína. Em propriedades onde os manejadores utilizam técnicas gentis e bandeirolas, a expressão de estro salta de 45% a 55% para 68% a 80%, resultando em corpos lúteos maiores e ovulações sincronizadas (Thomas et al., 2024). No plano bioeconômico, esse aumento na fertilidade reduz o Índice de Inseminação por Prenhez (IIP) de 2,5 para 1,8 e encurta o Intervalo entre Partos (IEP) do rebanho em 30 a 60 dias, otimizando o desfrute anual da fazenda e diminuindo o descarte involuntário de vacas vazias (Santos et al., 2021; Vasconcelos, 2024). A capacitação de operadores de campo no manejo racional reduz a reatividade média do rebanho no tronco em 22% e diminui o cortisol sérico pré-inseminação em cerca de 30% (Paranhos da Costa et al., 2022; Santos et al., 2023).

Suporte nutricional e tecnologias de monitoramento de precisão

O manejo nutricional representa a base biológica que possibilita a resposta plena aos tratamentos hormonais, enquadrando-se no primeiro domínio do bem-estar animal. A privação nutricional e a fome crônica são formas severas de comprometimento do bem-estar. Matrizes Nelore mantidas em balanço energético positivo com escore de condição corporal adequado ($ECC \geq 3,0$ em escala de 1 a 5) no início da estação de monta apresentam taxas de prenhez até 18% superiores quando comparadas a fêmeas com $ECC \leq 2,5$ (Cooke, 2021). A glicose e os ácidos graxos voláteis estimulam diretamente a secreção de insulina e IGF-1, moléculas que sinalizam ao hipotálamo a disponibilidade de reservas energéticas para a reprodução (Wiltbank et al., 2023).

A literatura destaca o papel de micronutrientes na modulação da imunidade e no combate ao estresse oxidativo. A suplementação mineral com antioxidantes, incluindo selênio orgânico e vitamina E, reduz os marcadores séricos de peroxidação lipídica e malondialdeído em até 35%, exercendo efeito protetor sobre as membranas dos oócitos e células embrionárias durante o período crítico de implantação uterina (Wiltbank et al., 2023). O fornecimento de cromo orgânico atua na melhora da sensibilidade dos tecidos à insulina e promove o decréscimo das concentrações basais de cortisol em matrizes zebuínas manejadas em curral (Santos et al., 2023). O correto espaçamento linear de cocho (0,5 a 0,7 m por matriz) é outro fator indispensável para mitigar o estresse social e a agressividade no momento do fornecimento de suplementos.

A inserção de tecnologias de monitoramento comportamental em tempo real na pecuária de corte ("Pecuária de Precisão 4.0") transformou a identificação de perturbações de bem-estar em um processo preditivo e auditável. Sensores bioacústicos e acelerômetros acoplados a colares e brincos auriculares registram alterações na atividade motora, tempo de ócio e minutos diários dedicados à ruminação (Barbosa et al., 2022). Quedas de 10% a 15% na atividade de ruminação são detectadas por esses algoritmos com até 48 horas de antecedência em relação ao aparecimento de sinais clínicos visíveis ou hipertermia, permitindo intervenções precoces na saúde do lote (Souza et al., 2025).

A termografia infravermelha não invasiva consolidou-se como ferramenta para a triagem térmica das fêmeas na entrada do tronco de contenção. A temperatura do globo ocular e do plano nasal apresenta correlação positiva com a temperatura retal ($r > 0,85$), exibindo sensibilidade superior a 90% para

identificar matrizes em estresse térmico quando o olho ultrapassa 38,5 °C (Palma-Gómez et al., 2023; Silva et al., 2024). Ademais, a integração desses dados biométricos em plataformas de *machine learning* permite gerar índices preditivos de probabilidade de concepção por lote com acurácia superior a 80%, auxiliando o médico-veterinário a decidir sobre a inseminação ou a necessidade de repouso prévio de determinados animais (Hill et al., 2022; Souza et al., 2025).

Limitações metodológicas e perspectivas na pecuária tropical

Apesar dos avanços na literatura veterinária e zootécnica sobre a interação entre bem-estar e reprodução, persistem limitações metodológicas e lacunas conceituais que necessitam de atenção científica. Uma das principais limitações reside na variabilidade e subjetividade intrínsecas aos sistemas de avaliação visual de temperamento e escore de reatividade, nos quais a correlação interobservadores frequentemente é imperfeita, dificultando a reprodutibilidade dos resultados entre diferentes propriedades e avaliadores (Freua et al., 2022).

Outro ponto crítico é a escassez de estudos longitudinais na pecuária brasileira. A vasta maioria das pesquisas avalia o estresse de forma aguda e pontual durante o protocolo de IATF, existindo carência de dados robustos sobre o efeito residual e acumulativo de manejos aversivos sofridos durante as fases de desmame e recria das novilhas sobre o desenvolvimento reprodutivo e a longevidade da vida adulta da matriz (Santos et al., 2023). Observa-se também um viés de validade externa: parte significativa dos referenciais teóricos de bem-estar animal ainda reflete parâmetros fisiológicos desenvolvidos para raças taurinas leiteiras criadas em confinamento sob climas temperados do Hemisfério Norte, havendo necessidade de validação e adequação de protocolos específicos para as peculiaridades do *Bos indicus* sob pastagens extensivas nos biomas tropicais (Cerrado, Pantanal e Amazônia) (Cooke, 2021; Souza et al., 2025).

As perspectivas para a bovinocultura de corte tropical direcionam-se para a integração da biologia molecular e genômica com a automação não invasiva. Espera-se a incorporação de polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) associados ao temperamento dócil e à termotolerância nos sumários de touros para seleção genética assistida por marcadores moleculares, acelerando a produção de linhagens zebuínas calmas e produtivas (Santos et al., 2023). Do ponto de vista estrutural, a tendência é a disseminação de currais inteligentes dotados de reconhecimento facial automatizado, balanças de passagem voluntária e troncos pneumáticos de contenção almofadados, minimizando a necessidade de intervenção humana aversiva (Vasconcelos, 2024). Finalmente, a exigência do consumidor global por rastreabilidade e sustentabilidade consolidará as certificações de bem-estar como diferencial de remuneração da arroba e passaporte para mercados internacionais de alto valor agregado (Souza et al., 2025).

Considerações finais

O bem-estar animal consolidou-se como um pilar biológico e econômico determinante para a eficiência reprodutiva em matrizes Nelore. O estresse decorrente de manejo coercitivo, superlotação e déficit de ambiência térmica deflagra a hiperativação do eixo HPA e a secreção excessiva de cortisol, mecanismo que suprime a liberação de GnRH e LH, desregula a dinâmica folicular, prejudica a formação do corpo lúteo e culmina em quedas substanciais nas taxas de concepção à IATF associadas ao aumento de perdas gestacionais precoces.

A superação desses entraves produtivos requer a adoção coordenada de boas práticas agropecuárias: substituição de instrumentos aversivos pelo manejo racional com bandeirolas, respeito aos períodos de descanso pós-transporte, tempo reduzido de permanência no tronco de contenção, capacitação contínua dos colaboradores de campo, além do fornecimento de sombra e água de qualidade nos piquetes. A incorporação do bem-estar animal como estratégia zootécnica essencial viabiliza a manifestação do potencial genético da raça Nelore, promovendo produtividade, rentabilidade e sustentabilidade na pecuária de corte tropical.

Referências

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. (2024). *Beef Report: Perfil da Pecuária Brasileira 2024*. ABIEC, São Paulo, SP, Brasil.
- AOAC – Association Official Analytical Chemist. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.) edn. AOAC, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Barbosa, L. P., Silva, M. T. & Castro, R. N. (2022). Pecuária 4.0: Tecnologias de monitoramento aplicadas à produção de gado de corte. *Revista de Ciências Agrárias*, 45, 210-225.
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sá Filho, M. F. & Bó, G. A. (2018). Review: Using concepts of physiology to improve TAI protocols in beef cattle. *Animal Reproduction*, 15, 658-668.
- Broom, D. M. (2022). *Animal Welfare* (3rd ed.) edn. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Carvalho, R. S., Costa, F. A. & Souza, L. M. (2022). The impact of stress on the efficiency of progesterone-based protocols in beef cows. *Journal of Animal Reproduction*, 44, 88-102.
- Cipriano, R. S., Silva, P. T. & Santos, F. R. (2021). Endocrine and behavioral responses of Nellore heifers to stressful handling during IATF. *Animal Reproduction*, 18, 210-225.
- Cooke, R. F. (2021). Effects of temperament on performance and reproductive proficiency of beef cattle. *Animal Reproduction Science*, 231, 106-118.
- Ferraz, J. B. S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, 84, 238-243. Doi <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>
- Ferreira, L. R., Almeida, V. C. & Prado, M. H. (2023). Genética e adaptabilidade do Nelore no cenário de mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52, e20230045.
- Freua, R., Macitelli, F. & Sant'Anna, A. C. (2022). Temperament and its impact on the reproductive performance of Nellore cows submitted to TAI. *Animal Reproduction Science*, 238, 106945.
- Galvão, K. N., Santos, J. E. P. & Thatcher, W. W. (2019). Reproductive biology and management of dairy and beef cattle. *Theriogenology*, 128, 45-56.
- Garcia, A. P., Mendonça, R. T. & Titto, E. A. (2023). Oxidative stress biomarkers in zebu cattle raised under tropical pasture systems. *Livestock Science*, 269, 105180.
- Gil, A. C. (2022). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7th ed.) edn. Atlas, São Paulo, SP, Brasil.

González, F. D., Silva, S. C. & Santos, J. A. (2020). Endocrinologia reprodutiva em bovinos zebuínos: dinâmica e controle da ovulação. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 44, 110-122.

Grandin, T. (2019). Behavior and handling of cattle. In: Grandin, T. (ed.) *Genetics and the Behavior of Domestic Animals*. 115-148. Academic Press, San Diego, California, USA.

Grandin, T. (2021). *Manual de manejo racional de bovinos: bem-estar e produtividade* (5th ed.) edn. Grupo Cultivar, São Paulo, SP, Brasil.

Hill, R. A., Moriel, P. & Vasconcelos, J. L. M. (2022). Intensive management and its effects on the reproductive efficiency of *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 192, 88-99.

Lima, M. F., Pereira, K. R. & Martins, G. T. (2024). Ambiência e conforto térmico na reprodução de bovinos zebuínos: uma revisão sistemática. *Semina: Ciências Agrárias*, 45, 15-32.

Lopes, F. G., Guimarães, R. H. & Alves, C. J. (2022). Panorama da pecuária de corte brasileira: desafios e perspectivas para a raça Nelore. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 74, 315-328.

Madureira, E. H., Cerri, R. L. & Vasconcelos, J. L. M. (2021). Estrous expression and pregnancy per artificial insemination in beef cows. *Animal Reproduction Science*, 227, 106720.

Martinez, A. L., Ribeiro, C. E. & Negrão, J. A. (2022). Physiological markers of stress and handling in zebu cattle. *Livestock Science*, 258, 104870.

Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Dyson, S. & Wilkins, C. (2020). The 2020 Five Domains Model: Including Human-Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals*, 10, e1870.

Mendonça, A. C., Grandin, T. & Paranhos da Costa, M. J. R. (2021). Comportamento e bem-estar de matrizes zebuínas em currais de espera. *Ciência Rural*, 51, e20200540.

Mendonça, A. C., Paranhos da Costa, M. J. R. & Titto, C. G. (2022). Correlação entre temperamento, níveis de cortisol e taxa de prenhez em fêmeas Nelore. *Ciência Animal Brasileira*, 23, e71350.

Minton, J. E. (1994). Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *Journal of Animal Science*, 72, 1891-1898.

Moreira, F. B., Prado, I. N., Cecato, U., Wada, F. Y. & Mizubuti, I. Y. (2004). Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 239-249. Doi <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.08.009>

Negrão, J. A., Pereira, V. R. & Silva, F. C. (2024). Endocrine responses to intensive management: the role of oxytocin and cortisol in the fertility of beef cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 53, e20230045.

Oliveira, V. S., Silva, L. M. & Paranhos da Costa, M. J. R. (2022). Comportamento social e estresse em bovinos de corte confinados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 57, e02845.

Palma-Gómez, S., Cruz, A. P. & Mota-Rojas, D. (2023). Infrared thermography as a non-invasive tool to assess thermal comfort and stress in beef cattle. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103440.

Paranhos da Costa, M. J. R. (2020). *Boas Práticas de Manejo: Bezerros ao Nascimento e Curral* (3rd ed.) edn. Funep, Jaboticabal, SP, Brasil.

Paranhos da Costa, M. J. R., Sant'Anna, A. C. & Macitelli, F. (2022). Manejo racional de bovinos de corte em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 51, e20210089.

Paranhos da Costa, M. J. R., Sant'Anna, A. C. & Titto, C. G. (2023). *Boas Práticas de Manejo: Vacas de Cria* (3rd ed.) edn. Funep, Jaboticabal, SP, Brasil.

Pinaffi, F. L. V., Santos, J. E. P. & Wiltbank, M. C. (2021). Progesterone concentrations and embryonic survival in tropical beef cows. *Theriogenology*, 168, 12-21.

Purohit, G. N., Kumar, P. & Sharma, A. (2022). Uterine health and fertility in zebu cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 57, 18-32.

Reis, C. O., Baruselli, P. S. & Silva, L. A. (2023). Uterine environment and embryonic signaling in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction*, 20, e20230015.

Santos, J. E. P., Bisinotto, R. S. & Ribeiro, E. S. (2021). Economia da reprodução em rebanhos de corte: o valor do bezerro e da taxa de prenhez. *Revista Acadêmica de Ciência Animal*, 19, 45-58.

Santos, J. E. P., Cooke, R. F. & Vasconcelos, J. L. M. (2023). The relationship between social and physical stress and the reproductive performance of *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 185, 22-34.

Santos, V. G., Paranhos da Costa, M. J. R. & Mendonça, A. C. (2024). Human-animal relationship and its impact on the cortisol levels of Nellore cows during IATF protocols. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 12, 1-15.

Sartori, R., Prata, A. B. & Wiltbank, M. C. (2020). Physiology and Endocrinology of the Estrous Cycle in Cattle. *Animal Reproduction*, 17, e20200065.

Silva, J. A., Ferreira, M. B. & Sartori, R. (2020). Termorregulação e eficiência biológica em bovinos zebuínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 55, e01840.

Silva, J. A., Moraes, M. G. & Titto, C. G. (2023). Manejo nutricional de matrizes Nelore e seus impactos na eficiência reprodutiva. *Brazilian Journal of Animal Science*, 52, e20220112.

Silva, M. P., Titto, C. G. & Paranhos da Costa, M. J. R. (2024). Manejo racional e seus reflexos na temperatura retal e taxa de concepção em vacas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 53, e20230112.

Souza, A. H., Silva, E. P. & Baruselli, P. S. (2025). Reproductive indicators as tools to evaluate animal welfare in tropical beef production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 16, 202-215.

Souza, R. T., Sartori, R. & Wiltbank, M. C. (2022). Eficiência reprodutiva em protocolos de IATF: o papel do escore de condição corporal e do manejo. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13, 88-101.

Thomas, J. M., Locke, J. W. & Poock, S. E. (2024). Factors affecting reproductive success in *Bos indicus*-influenced cattle. *Theriogenology*, 210, 12-25.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>

Van Soest, P. J. (2019). Function of the Ruminant Forestomach. In: Van Soest, P. J. (ed.) *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 230-252. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. Doi: <https://doi.org/10.7591/9781501732355-016>

Vasconcelos, J. L. M. (2024). Estratégias para otimização da IATF em rebanhos Nelore: o fator manejo. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 48, 15-22.

Waiblinger, S., Boivin, X. & Hemsworth, P. H. (2022). The human-animal relationship: relevant factors and assessing methods. *Applied Animal Behaviour Science*, 250, 105658.

Wiltbank, M. C., Baez, G. M., Garcia-Guerra, A. & Sartori, R. (2023). Physiological and management factors affecting the success of timed AI in beef cattle. *Theriogenology*, 200, 150-165.