

Série Coletânea de Atualidades em
Zootecnia, v. III

Zootecnia sustentável: desde os primórdios até os dias atuais

Cristiane Gonçalves Titto

Roberta Ariboni Brandi

(Organizadoras)



Cristiane Gonçalves Titto

Roberta Ariboni Brandi

(Organizadoras)

Zootecnia Sustentável: desde os primórdios até os dias atuais

Série Coletânea de Atualidades em Zootecnia, v. III

DOI: 10.11606/9786587023373

Pirassununga - SP
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo
2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-Reitora: Profa. Dra. Maria Arminda do Nascimento Arruda

FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Avenida Duque de Caxias Norte, 225

Pirassununga, SP

CEP 13635-900

<http://www.fzea.usp.br>

Diretor: Prof. Dr. Carlos Eduardo Ambrósio

Vice-Diretor: Prof. Dr. Carlos Augusto Fernandes de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

Z87

Zootecnia sustentável: desde os primórdios até os dias atuais / Cristiane Gonçalves Titto (org.), Roberta Ariboni Brandi (org.) -- Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2023. (Série Coletânea de Atualidades em Zootecnia, v. III).

301 p.

ISBN 978-65-87023-37-3 (e-book)

DOI: 10.11606/9786587023373

1. Analítica. 2. Atualidades. 3. Revisão de literatura. 4. Zootecnia. I. Titto, Cristiane Gonçalves. II. Brandi, Roberta Ariboni. III. Série.

Ficha catalográfica elaborada por Girlei Aparecido de Lima, CRB-8/7113

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.



Revisores desta edição:

Alessandra Fernandes Rosa
Ana Maria Centola Vidal
Antonio Augusto Mendes Maia
Arlindo Saran Netto
Carlos Alexandre Granghelli
Celso da Costa Carrer
Claudia Lima Verde Leal
Cristiane Gonçalves Titto
Daniel Emygdio de Faria Filho
Douglas Emygdio de Faria
Elisabete Maria Macedo Viegas
Fabiana Fernandes Bressan
Fabiana Cunha Viana Leonelli
Fernanda de Fátima da Silva Devechio
Germán Darío Ramírez Zamudio
Janaina Silveira da Silva
Joanir Pereira Eler
Lilin Elgalise Techio Pereira
Marcelo Machado de Lucca de Oliveira Ribeiro
Maria Estela Gaglianone Moro
Miguel Henrique de Almeida Santana
Mirele Daiana Poleti
Nara Cônsolo
Rachel Santos Bueno Carvalho
Ricardo Luiz Moro de Sousa
Roberta Ariboni Brandi
Rodrigo Silva Goulart
Sarita Bonagurio Gallo
Saulo da Luz e Silva
Thaysa dos Santos Silva

Apresentação

Novos temas foram desenvolvidos por alunos das turmas 2021-2022 e 2022-2023 do Curso de Graduação em Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, com revisões de literatura atuais que trazem uma visão de temáticas zootécnicas dos primórdios até hoje em dia e com enfoque na sustentabilidade. Nesta coletânea temos revisões das principais espécies de interesse zootécnico, com foco em produção e melhoramento genético, nutrição, bem-estar, tecnologia e biotecnologia, entre outras áreas.

Encerrando nosso ciclo como responsáveis pelas disciplinas de TCC, nossa última coletânea reuniu os melhores trabalhos apresentados, indicados pelo orientador e pelo revisor. O primeiro autor é o discente e segundo autor é o docente orientador. Esperamos que esta Coletânea, assim como as anteriores publicadas, sirva como base de consulta para os amantes das temáticas zootécnicas. Lembramos que os autores são responsáveis por seus respectivos trabalhos, sem alteração por parte dos editores.

Agradecemos a oportunidade de manifestarmos o nosso amor e dedicação pela Zootecnia.

Boa leitura!

Prof^a Dr^a Roberta Ariboni Brandi

Prof^a Dr^a Cristiane Gonçalves Titto

Organizadoras

Sumário

Os impactos do sistema silvipastoril no desenvolvimento folicular, quantidade e viabilidade oocitária de bovinos.....	7
Mitigação de metano entérico em bovinos	20
Produção de energia com Biogás gerado pelos dejetos de suínos	35
Búfalo de corte no Brasil: desafios da produção de uma carne mais sustentável	49
Sistemas de criação de equinos com vistas ao bem-estar e sustentabilidade	65
Adubação nitrogenada: mocinho ou vilão para a sustentabilidade dos sistemas de produção em pastagens?	78
Aquicultura: sistemas sustentáveis para criação de jacarés	90
Utilização de grãos secos de destilaria (DDGs) de milho na alimentação de vacas em lactação	107
Coprodutos na nutrição de equinos: poupando alimentos destinados à alimentação humana	120
Febre aftosa na bovinocultura brasileira	133
Efeito da idade de desmame no desempenho de bovinos de corte	149
História do melhoramento genético em bovinos de corte no Brasil	163
Desenvolvimento do melhoramento genético animal na pecuária Brasileira	178
Uso do leite de cabra no aleitamento artificial de filhotes de <i>Tapirus terrestris</i> e <i>Myrmecophaga tridactyla</i>	194
Utilização da contagem de células somáticas como indicador da qualidade do leite de búfalas	209
Consequências do estresse térmico em vacas leiteiras lactantes	227

Produção orgânica: comparativo entre Brasil e Estados Unidos com enfoque na produção de leite.....	240
<i>Creep-feeding</i>, estratégia nutricional para aumentar a produtividade dos bezerros de corte	257
Evolução da Clonagem Animal Através dos Séculos	270
Desempenho e características de carcaça de suínos	289

**Os impactos do sistema silvipastoril no desenvolvimento folicular,
quantidade e viabilidade oocitária de bovinos**

*The impacts of the silvipastoral system on bovine follicular development, oocyte
quantity and viability*

Beatriz Gonçalves Menaldo Pedro, Juliano Coelho da Silveira

1. Introdução

A pecuária é reconhecida como uma das atividades que mais cresce e produz no mundo, demonstrando um aumento de 47% na produção de carne mundial entre os anos de 2000 e 2018 (FAO, 2020). Com a grande demanda mundial por alimentos, em especial a proteína animal, a pecuária tem se intensificado em detrimento à sustentabilidade dos sistemas de produção (HUME; WHITELAW; ARCHIBALD, 2011).

Com o objetivo de mitigar os efeitos negativos do sistema de produção intensivo, produtores tem utilizado o sistema silvipastoril como uma forma para aumentar a sustentabilidade dos sistemas pecuários (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011). Esta opção tecnológica traz como princípio a integração pecuária-floresta, resultando em benefícios mútuos para o meio ambiente e para prática pecuária, pois através da mitigação de calor eleva a saúde e bem-estar animal, diminuindo o estresse térmico (CHARÁ et al., 2019).

O clima tropical não é favorável para produção animal e para a sustentabilidade, principalmente durante a época seca, visto que as temperaturas médias são elevadas e, em contrapartida, as médias produtivas diminuem, já que a fisiologia animal é afetada pelo estresse térmico, incluindo a fisiologia reprodutiva (PACIULLO et al., 2011). Na reprodução animal, fatores como desenvolvimento folicular, quantidade e viabilidade de oócitos são muito importantes para garantir o sucesso reprodutivo aliado ao constante ganho genético (HUNG et al., 2017). Quando estes fatores são afetados, a cadeia produtiva é defasada, assim como a sustentabilidade do sistema.

O conforto térmico decorrente da sombra natural demonstrou efeitos positivos quanto a reprodução, quando comparados à exposição ao sol pleno (SILVA et al., 2020; MARTINS et al., 2021), fator determinante para desempenho animal. O objetivo desta revisão de literatura é trazer os desafios da pecuária de corte atual e evidenciar a relação entre a mitigação do calor ambiental proporcionado por sistemas silvipastoris com as respostas reprodutivas dos bovinos, comparando com sistemas convencionais, tendo como foco o desenvolvimento folicular e a quantidade e viabilidade oocitária, encontrados em animais em conforto e em estresse térmico.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Google Acadêmico, Elsevier, Springer, Oxford Academic, Cambridge Core, Nature e Wiley. Foram utilizadas as palavras-chave: *sustainability, silvopastoral, cattle, challenges, reproduction, oocytes, biotechnology, bovine, integrated crop-livestock-forest systems, heat stress*. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e julho de 2021 foram utilizados.

2.1 Pecuária de corte e os desafios atuais

Suprindo as necessidades de segurança alimentar e de sustentabilidade mundial, a produção de alimentos deve crescer de forma substancial ao passo que a pegada ambiental da agricultura deve diminuir drasticamente (FOLEY et al., 2011).

Gerber et al. (2015) demonstraram que a interação entre a cadeia produtiva e o meio ambiente depende de alguns princípios que devem ser seguidos, para que esta interação não seja prejudicial e que ambos coexistam sustentavelmente. No geral, os princípios do estudo se baseiam em melhorar continuamente a eficiência produtiva e a eficiência do uso de recursos naturais, de forma que as atividades sejam realizadas com consciência ambiental, reconhecimento das necessidades sociais e tecnificação produtiva.

Outro ponto importante a ressaltar como desafio é o melhoramento genético e a taxa reprodutiva de bovinos de corte, principalmente em sistemas extrativistas, que são pouco tecnificados, além do gerenciamento ambiental, social, político e econômico dos sistemas de produção que afetam diretamente a sustentabilidade do mesmo (HOFFMANN, 2011).

O estudo de Lobato et al. (2014) evidenciou a realidade da produção de carne no Brasil, demonstrando que muitas vezes as pesquisas que trazem inovações e alternativas sustentáveis à produção animal somente são colocadas em prática se trouxerem grandes vantagens econômicas e nem sempre têm seu valor reconhecido. Em alguns casos, a permanência dessa produção extrativa faz com que rebanhos sejam reproduzidos sem seleção genética e com novilhas ainda não aptas à reprodução, acarretando em prejuízos econômicos e ambientais.

Observou-se também que sistemas como este emitem mais gases de efeitos antrópicos, gases do efeito estufa, do que sistemas tecnificados e que a ciência é a chave para a mitigação dos impactos ambientais através da otimização da produção animal (GERBER et al., 2013; LOBATO et al., 2014).

Foi constatado que 41% das emissões totais de gases do efeito estufa (GEE) na pecuária são provenientes do gado de corte, além disso, grande parte das emissões derivam dos animais que fazem parte do rebanho reprodutivo e estes muitas vezes são desconsiderados, contabilizando somente as emissões do rebanho de engorda (GERBER et al, 2013).

No entanto, o sistema silvipastoril também acaba sendo um grande desafio para atingir o sucesso de implantação, já que envolve uma interação multifacetada entre as pastagens, as árvores e os animais, onde o manejo deve ser muito bem planejado e aplicado, garantindo a sustentabilidade do sistema como um todo (JOSE; WALTER; KUMAR, 2019).

2.2 Uso de biotécnicas aplicadas à reprodução como maneira de aumentar a produção e acelerar o ganho genético

As biotécnicas aplicadas à reprodução animal permitem obter um maior número de animais geneticamente superiores em menor tempo. A inseminação

artificial (IA), transferência de embriões (TE) e fertilização em vitro (FIV) trazem vantagens ao meio ambiente, aos animais e seres humanos que se relacionam direta ou indiretamente com a produção animal (GIFFORD, J.A.H.; GIFFORD, C.A., 2013).

Hume, Whitelaw e Archibald (2011) analisaram que o futuro depende destas tecnologias, já que a variação genética conquistada atualmente gera ganhos genéticos que não conseguirão ser sustentados posteriormente, assim, em algum momento a taxa de ganho irá estagnar e será necessária, cada vez mais, a intervenção com as biotécnicas reprodutivas aplicadas aos animais de produção para atingir a devida meta. Além disso, o estudo em questão afirmou que quando há maior conhecimento e entendimento dos processos ovulatórios, os objetivos de fertilidade e produtividade dos rebanhos são alcançados com maior sucesso.

Atualmente, estudos buscam a compreensão dos processos reprodutivos envolvendo o ambiente folicular incluindo oócitos, vesículas extracelulares, células da granulosa, durante o desenvolvimento folicular com objetivo de proporcionar um ambiente adequado para produção de embriões *in vitro* e gerar avanços nas tecnologias de reprodução assistida (HUNG et al., 2017).

Quando estes conceitos são aplicados na prática, observou-se uma implicação direta do calor ambiental nas respostas reprodutivas, que ocasionou diminuição da viabilidade oocitária e do desenvolvimento folicular (MARTINS et al., 2021). Essa observação pode ser explicada a partir de comprovações de que o choque térmico *in vitro* reduziu a maturação nuclear de oócitos contidos no complexo cumulus-oócito (PAES et al., 2016).

Os oócitos contam com as células do cumulus para realizar os processos de maturação, fertilização e atingir sua competência de desenvolvimento, gerando mais questionamentos para as biotecnologias reprodutivas, desta vez acerca dos miRNAs expressos em células do cumulus, se eles podem influenciar na qualidade dos oócitos bovinos quando contidos no complexo cúmulus-oócito (UHDE et al., 2017).

2.2.1 Sistema silvipastoril e os impactos na reprodução animal

Os sistemas silvipastoris possibilitam a recuperação de áreas que estão degradadas por meio da intensificação do uso da terra, melhorando os efeitos complementares que existem entre as espécies vegetais e a criação de animais, proporcionando assim o aumento da produção de forma sustentável (REIS et al., 2016).

Tendo isto em vista, estes sistemas que integram pecuária-floresta, tem sido cada vez mais inseridos na realidade dos produtores, diversificando e otimizando a produção, pois além de promover maior conforto térmico aos animais em região tropicais como o Brasil, trazem benefícios tecnológicos, ecológicos, ambientais, econômicos e sociais (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011). Sobre estes benefícios, Alves, Nicodemo e Porfírio-da-Silva (2015) trouxeram pela Embrapa que o ambiente confortável, proporcionado pelos sistemas de integração, diminuem o consumo de energia de manutenção dos animais, disponibilizando mais energia para que as funções produtivas e reprodutivas sejam melhor atendidas.

Ferreira et al. (2011) demonstraram que a taxa de respiração dos bovinos aumenta durante o verão por conta do estresse térmico, assim como as temperaturas retal e cutânea, afetando o número e qualidade de oocítaria. Durante esta época mais quente do ano, as vacas do experimento demonstraram quantidade de oócitos reduzida, queda na taxa de blastocistos e de sua qualidade, comprometendo a competência oocítaria e a fertilidade destes animais.

Em um experimento de Cardoso et al. (2015), realizado na Embrapa Cerrados, localizada no Distrito Federal onde clima é classificado como tropical com estação seca bem definida, vacas de cinco diferentes raças (Gir, Girolando, Nelore, Sindi e Indubrasil) foram avaliadas quanto à tolerância ao calor e estresse térmico. Estes animais foram criados nas mesmas condições ambientais e adaptados ao sistema experimental uma semana antes de seu início. O experimento resultou em diferenças significativas na temperatura retal, frequência cardíaca e respiratória entre as raças, nas quais 70% das vacas da raça Gir apresentaram temperaturas retais acima do normal, indicando que a raça é menos adaptada ao clima, enquanto animais das raças Sindi e Girolando apresentaram melhor adaptação,

sendo as vacas com as melhores respostas fisiológicas quando expostas ao estresse térmico.

Para MARTINS et al. (2021), a sombra natural proporcionada por sistemas de integração garantiu que os animais da raça Gir respondessem positivamente em sua reprodução, apresentando mais folículos na superfície ovariana, maior quantidade de oócitos totais e maior viabilidade dos mesmos, o que teve resposta contrária quando em sistema convencional.

Os animais expostos ao sol pleno, sem sombreamento, tiveram seu desenvolvimento folicular prejudicado, impactando negativamente na quantidade e viabilidade oocitária (Tabela 1 adaptada de Martins et al. (2021)). Estes resultados demonstraram pela primeira vez que vacas da raça Gir em estresse térmico tinham estas respostas reprodutivas comprometidas especificamente, enquanto que no sistema silvipastoril os animais apresentaram melhores condições reprodutivas durante o período de seca (MARTINS et al., 2021).

Tabela 1. Número médio (média \pm DP) de folículos ovarianos, oócitos totais e viáveis e blastocistos transferíveis recuperados por vaca mantida nas áreas com e sem sombra nas estações chuvosa e seca.

Estação		Sol pleno	Sombra natural	<i>P</i>
Chuvosa	Folículos totais	22.29 \pm 4.33	20.21 \pm 3.75	0.2347
	Oócitos totais	15.64 \pm 1.62	15.46 \pm 1.77	0.9046
	Oócitos viáveis	7.54 \pm 0.89	7.86 \pm 1.14	0.7592
	Blastocistos	2.32 \pm 0.58	1.93 \pm 0.47	0.4765
Seca	Folículos totais	31.73 \pm 3.86	37.05 \pm 3.4	0.0336
	Oócitos totais	6.5 \pm 2.6	11.41 \pm 4.69	0.0001
	Oócitos viáveis	3.45 \pm 1.38	6.27 \pm 3.36	0.0031
	Blastocistos	0.55 \pm 0.28	2.27 \pm 1.7	0.0017

DP - Desvio padrão

(Adaptada de MARTINS et al., 2021)

Ferreira et al. (2016) também demonstraram que temperaturas elevadas afetam de modo negativo os oócitos e o desenvolvimento folicular, evidenciando que oócitos coletados durante o verão apresentaram possível disfunção mitocondrial além de uma regulação negativa da expressão gênica oocitária, podendo estar associado ao menor potencial de desenvolvimento dos mesmos, culminando em perdas reprodutivas e econômicas do rebanho.

No estudo de Yadav et al. (2013), a fertilidade de búfalas diminuiu quando foram expostas ao estresse térmico, ocasionando a infertilidade de alguns animais quando houve o comprometimento do desenvolvimento oocitário por conta das altas temperaturas.

No estado do Ceará, no Nordeste brasileiro, o clima é tropical semiárido e uma das raças mais utilizadas na região é Girolando (Holandês x Gir). Vacas deste grupo racial, com graus diferentes de cruzamento ($1/2$ Holandês $1/2$ Gir e $3/4$ Holandês $1/4$ Gir), foram analisadas quanto à termotolerância. Os animais foram alocados em piquetes de confinamento com sombreamento natural e artificial, mas ainda assim não eram sistemas silvipastoris. Mesmo com sombra disponível, animais apresentaram estresse calórico e queda no desempenho reprodutivo, principalmente durante o período seco. As vacas mais afetadas, independente do período, foram as com $3/4$ Holandês $1/4$ Gir, apresentando menor capacidade de termorregulação (COSTA et al., 2015).

Novilhas Nelore apresentaram bons índices reprodutivos quando em sistema integrado lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Mesmo sendo uma raça termotolerante, otimizaram suas respostas reprodutivas quando em maior conforto térmico, apresentando maior produção embrionária *in vitro* e melhorando a competência oocitária e o desenvolvimento embrionário, representados na Tabela 2 adaptada de SILVA et al. (2020).

Tabela 2. Qualidade de oócitos e produção de embriões de novilhas Nelore manejadas em sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta e integração lavoura-pecuária (ILPF e ILP).

Sistema	Qualidade de oócito (%)	de Taxa de clivagem (%)	de Taxa de blastocisto (%)
ILPF	68,15 (282/409)	48,07 (78/154)	32,5 (50/154)
ILP	73,8 (245/311)	29,4 (55/169)	17,8 (30/169)
Valor <i>P</i>	0,51	0,09	0,01

(Adaptada de SILVA et al., 2020)

Porém, quando foi comparado o desempenho reprodutivo de vacas pós-parto em sistema intensivo de rotação e em sistema silvipastoril (Tabela 3 adaptada de Lemes et al. (2021)), alocando-as nos sistemas experimentais 60 dias antes da data prevista do próximo parto, o desempenho reprodutivo observado não foi afetado, sem apresentar diferenças significativas na produção de embriões e no número de folículos, mas houve uma maior taxa numérica de recuperação de oócitos no sistema silvipastoril. Desta forma, os autores passaram a questionar se há um período de tempo necessário para adaptação dos animais para melhor resposta reprodutiva. Mesmo assim, o sistema silvipastoril foi considerado o melhor e mais adequado, pois é um sistema que promove um microclima de qualidade, por conta do sombreamento natural, tendo como consequência a melhora do bem-estar animal.

Tabela 3. Médias \pm desvio padrão das variáveis relacionadas à coleta de oócitos e à produção de embriões in vitro de vacas primíparas Canchim mantidas em sistema silvipastoril (SP) ou de pastejo rotativo intensivo (RI).

Sistema	Variáveis					
	<i>FO (n)</i>	<i>TO (n)</i>	<i>OV (n)</i>	<i>TRO (%)</i>	<i>TC (%)</i>	<i>BD7 (n)</i>
SP	25,8 \pm 20,9	13,1 \pm 74,3	85,7 \pm 2,1	2,7	2,6	5,1 \pm 0,6
	28,8 \pm 20,2	12,1 \pm 65,3	82,0 \pm 2,4	3,1	3,0	4,1 \pm 0,6

FO - Folículos Observados, TO - Total de Oócitos, OV - Oócitos Viáveis, TRO - Taxa de Recuperação de Oócitos, TC - Taxa de Clivagem, BD7 - Número de Blastocistos no 7º dia

(Adaptado de LEMES et al., 2021)

Os principais efeitos do sistema de integração sobre a reprodução e fertilidade do rebanho bovino são ocasionados pelo conforto térmico, que quando ausente, pode causar anormalidades nos oócitos, prejudicando a taxa de concepção por conta do estresse térmico. Além disso, o excesso de calor faz com que os animais tenham seu crescimento retardado, atrasando a puberdade das vacas reprodutoras e fazendo com que estas tenham seus bezerros com peso mais leve ao nascer (ALVES, NICODEMO E PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015).

Assim, o estresse por calor causa sérios efeitos negativos nas funções reprodutivas, desde alterações endócrinas, mudanças no ambiente ovariano e uterino, causando até a influência direta no oócito e embrião. Todos estes efeitos deletérios podem ser prevenidos com uma melhoria do ambiente de produção, promovendo e otimizando o bem-estar animal (MACEDO et al., 2013).

3. Considerações Finais

O estresse térmico se mostrou um desafio para bovinocultura de corte tropical, acarretando perdas produtivas e reprodutivas, porém, é realmente possível contorná-lo com os sistemas silvipastoris, os quais proporcionam maior eficiência reprodutiva e produtiva com a melhora do desenvolvimento folicular,

quantidade e viabilidade oocitária, ao mesmo tempo vencendo as barreiras da sustentabilidade e da demanda de produtos de origem animal.

Referências

ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar Animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. *In*: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 14, p. 273-287. ISBN 978-85-7035-453-2. Disponível em: <https://www.bibliotecaagpatea.org.br/zootecnia/forragens/livros/500%20PERGUNTAS%20E%20RESPOSTAS%20SOBRE%20INTEGRACAO%20LAVOURA%20PECUARIA%20FLORESTA.pdf#page=274>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE L. F. **Marco Referencial: integração lavoura-pecuária floresta**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 127 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920504/marco-referencial-integracao-lavoura-pecuaria-floresta>. Acesso em: 07 set. 2021.

CARDOSO, C. C. *et al.* Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. **Livestock Science**, Elsevier, v. 182, p. 83-92, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.022>. Acesso em: 23 fev. 2022.

CHARÁ, J. *et al.* **Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America**. Cali: FAO, CIPAV e Agri Benchmark, 2019. SBN 978-92-5-131192-9. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA2792EN/>. Acesso em: 19 set. 2021.

COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JR, P. A.; SOUZA, P. T.; ARAUJO, A. A. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, p. 1647-1653, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-0971-4>. Acesso em: 4 fev. 2022.

FERREIRA, R. M. *et al.* The infertility of repeat-breeder cows during summer is associated with decreased mitochondrial DNA and increased expression of mitochondrial and apoptotic genes in oocytes. *In*: NOWAK, R.; ZELINSKI, M. (ed.). **Biology of Reproduction**. 3. ed. Oxford Academic, 2016. v. 94, p. 1-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1095/biolreprod.115.133017>. Acesso em: 19 set. 2021.

FERREIRA, R. M. *et al.* The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. **Dairy Foods**, Journal of Dairy Science, v. 94, n. P2383-2392, ed. 5, 1

maio 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3904>. Acesso em: 13 jan. 2022.

FOLEY, J. A. *et al.* Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337-342, 12 out. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3904>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Production, trade and Prices of commodities. *In: FAO Statistical Yearbook 2020: World Food and Agriculture*. Roma: FAO, 2020. 366 p. ISBN 978-92-5-133394-5. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>. Acesso em: 16 out. 2021.

GERBER, P. J. *et al.* Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. *In: SANTÉ-LHOUTELLIER, V. et al.* (ed.). **Meat Science**. Elsevier, 2015. v. 109, p. 2-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.013>. Acesso em: 21 out. 2021.

GERBER, P. J. *et al.* **Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Roma: FAO, 2013. 139 p. ISBN 9789251079201. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

GIFFORD, J. A. H.; GIFFORD, C. A. Role of reproductive biotechnologies in enhancing food security and sustainability. *In: SARTIN, J. L.* (ed). **Animal Frontiers**. 3. ed. Oxford Academic, 2013. v. 3, p. 14-19. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/af.2013-0019>. Acesso em: 23 out. 2021.

HOFFMANN, I. Livestock biodiversity and sustainability. *In: VAN DER ZIJPP, A. J.* (ed). **Livestock Science: Assessment for Sustainable Development of Animal Production Systems**. 1-2. ed. Roma: Animal Genetic Resources Branch, Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. v. 139, p. 69-79. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.016>. Acesso em: 23 out. 2021.

HUME, D.; WHITELAW, C.; ARCHIBALD, A. The future of animal production: Improving productivity and sustainability. *In: HOOGENBOOM, G.; WISEMAN, J.* (ed). **The Journal of Agricultural Science: improving productivity and sustainability**. 3-4. ed. Cambridge University Press, 2011. v. 149, p. 9-16. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859610001188>. Acesso em: 29 ago. 2021.

HUNG, W-T. *et al.* Stage-specific follicular extracellular vesicle uptake and regulation of bovine granulosa cell proliferation. *In: CLARK, H.; YAN, W.* (ed). **Biology of Reproduction**. 4. ed. Madison, Wisconsin: Society of Reproduction, Oxford Academic, 2017. v. 97, p. 644-655. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biolre/iox106>. Acesso em: 31 out. 2021.

JOSE, S.; WALTER, D.; KUMAR, B. M. Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. *In: JOSE, S.* (ed). **Agroforestry Systems: An International Journal incorporating Agroforestry Forum**. Springer, 2019. v.

93 p. 317–331. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0065-2>. Acesso em: 23 out. 2021.

LEMES, A. P. *et al.* Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. *In: CANNISTRACI, C. et al. (ed). Scientific Reports*. 11. ed. Nature, 2021. art. 14092. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7>. Acesso em: 28 set. 2021.

LOBATO, J. F. P. *et al.* Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. *In: MONTOSI, F. et al. (ed). Meat Science*. 3. ed. Elsevier, 2014. v. 98, p. 336-345, ISSN 0309-1740. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.022>. Acesso em: 19 out. 2021.

MACEDO, G. G.; COSTA E SILVA, E. V. da; MARTINS, L. F.; PINHO, R. O.; MONTEIRO, B. M. Estresse por calor: Alterações na fisiologia reprodutiva e estratégias para amenizar seus efeitos negativos na fertilidade de fêmeas bovinas. *Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, Umuarama, v. 16, n. 1, p. 79-85, 2013. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4487>. Acesso em: 8 fev. 2022.

MARTINS, C.F. *et al.* Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. *In: GOYACHE, F. (ed). Livestock Science*. Elsevier, 2021. v. 244, artigo 104341. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104341>. Acesso em: 24 ago. 2021.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. *In: GOYACHE, F. (ed). Livestock Science*. 2-3. ed. Elsevier, 2011. v. 141, p. 166-172. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.012>. Acesso em: 07 set. 2021.

PAES, V. M. *et al.* Effect of heat stress on the survival and development of in vitro cultured bovine preantral follicles and on in vitro maturation of cumulus–oocyte complex. *Theriogenology*, Elsevier, v. 86, ed. 4, p. 994-1003, 1 set. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.027>. Acesso em: 15 jan. 2022.

REIS, J. C.; RODRIGUES, R. A. R.; CONCEIÇÃO, M.; MARTINS, C. M. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da Green Economy Initiative. *Sustentabilidade em Debate*, v. 7, n. 1, p. 58-73, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v7n1.2016.18061>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SILVA, W. A. L. *et al.* Shading effect on physiological parameters and in vitro embryo production of tropical adapted Nellore heifers in integrated crop–livestock–forest systems. *In: DE ALMEIDA, A. Tropical Animal Health and Production*. 5. ed. Springer, 2020. v. 52, 2273-2281. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02244-3>. Acesso em: 25 ago. 2021.

UHDE, K.; VAN TOL, H. T. A.; STOUT, T. A. E.; ROELEN, B. A. J. MicroRNA Expression in Bovine Cumulus Cells in Relation to Oocyte Quality. **Noncoding RNA**, [s. l.], v. 3, n. 12, ed. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ncrna3010012>. Acesso em: 10 jan. 2022.

YADAV, A. *et al.* Effect of physiologically relevant heat shock on development, apoptosis and expression of some genes in buffalo (*Bubalus bubalis*) embryos produced in vitro. *In*: RODRIGUEZ-MÁRTINEZ, H. **Reproduction in Domestic Animals**. 5. ed. Wiley, 2013. v. 48, p. 858-865. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rda.12175>. Acesso em: 19 out. 2021.

Mitigação de metano entérico em bovinos

Mitigation of enteric methane in cattle

Bruna Braghin de Souza Pinto, Cristiane Gonçalves Titto

1. Introdução

O Brasil se destaca mundialmente na criação animal, principalmente de bovinos de corte. Atualmente ocupa a posição de segundo maior produtor de bovinos com 187,55 milhões de cabeças e é o líder em exportações com cerca de 2,69 milhões de TEC (toneladas equivalente Carcaça) de carne bovina exportadas em 2020 (ABIEC, 2021). Apesar disso, ainda existe a preocupação em se obter uma maior produção animal tendo em vista o crescimento populacional mundial. Entretanto, o crescimento da pecuária de corte aumenta a preocupação com a geração de gases do efeito estufa, sendo este prejudicial ao meio ambiente (BRUNES; COUTO, 2017).

A produção de animais ruminantes tem sido relacionada à emissão de metano (CH₄), que é um dos gases de efeito estufa. Segundo Garcia Junior (2016), o metano é gerado por bactérias ruminais e é geralmente expulso do organismo através da eructação e dejetos. Adicionalmente, a bovinocultura de corte é responsável por emitir mais CH₄ do que a bovinocultura de leite na produção animal, principalmente devido a quantidade de animais (DOWNING et al., 2017).

Desse modo, existem diversas formas de mitigar a emissão de metano na produção animal, dentre eles podem ser citados a mudança na dieta dos animais, o manejo de pastagem e o tratamento e descarte adequado de dejetos provenientes da criação de bovinos (OLIVEIRA et al., 2017).

Diante dessa situação é importante que sejam analisados novos meios de aumentar a produção da bovinocultura de uma forma sustentável, minimizando a produção de gases do efeito estufa e conseqüentemente reduzindo problemas de poluição. Deste modo, o objetivo dessa revisão é analisar e discutir sobre a

produção do metano entérico por bovinos e possíveis estratégias de redução desse gás prejudicial ao meio ambiente.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico, *Science Direct*, *Springer* utilizando as palavras-chave: metano entérico, bovinos, mitigação. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Metano Entérico

A agricultura e pecuária desempenham um papel importante no mundo, produzindo alimentos e trazendo renda para toda população, porém, apesar do grande reconhecimento, a pecuária pode trazer alguns problemas ambientais como a emissão de quantidades significativas de gases de efeito estufa, por meio do metano entérico (BERCHIELLI; MESSANA; CANESIN, 2012).

Entre os gases do efeito estufa, o óxido nitroso (N_2O), o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) são apontados como mais importantes gases emitidos pela agropecuária (PATRA, 2016). Com relação a quantidade de cada um, o CO_2 tem uma maior concentração na atmosfera do que o CH_4 e o N_2O , porém esses dois gases apresentam uma maior capacidade de causar alterações climáticas do que o dióxido de carbono (ABRÃO; FERNANDES; PESSOA, 2016).

Segundo as Estimativas Anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil (2020), com o crescimento do setor agropecuário, a fermentação entérica dos ruminantes tornou-se uma das principais fontes de emissão de metano correspondendo a 62,6% das emissões nacionais. O rebanho bovino brasileiro é responsável por aproximadamente 97% do metano emitido, sendo a maior parte proveniente da bovinocultura de corte com 86% e 11% de vacas de leite.

A produção de metano é um processo natural que ocorre dentro do rúmen do bovino, pela fermentação do alimento ingerido pelo animal a partir da ação de bactérias metanogênicas que estão na microbiota do rúmen (OLIVEIRA et al., 2017), dependente da dieta e do manejo de pastagem. Segundo Lazari et al.

(2019), animais em sistema de pastejo emitem mais metano do que animais recebendo alguma outra dieta com níveis elevados de concentrado, pois os bovinos que se alimentam com alta proporção de forragem produzem maior quantidade de acetato e butirato, reduzindo o propionato e assim ocorre a liberação de hidrogênio que realiza formação do metano. O concentrado é utilizado muitas vezes para modulação ruminal visando uma menor metanogênese, devido a sua porção de carboidratos solúveis ser maior, ocorrendo uma melhor digestibilidade do alimento no rúmen e conseqüentemente esses animais chegam ao peso de abate mais cedo (OLIVEIRA et al., 2017)

No Brasil, 84,38% da produção de bovinos é realizada em pastagens (ABIEC, 2021). Assim, as emissões de metano são crescentes, entretanto, há estratégias diversas para essa redução, que serão estudadas mais adiante nos tópicos.

2.2 Estratégias de mitigação

Houve um aumento no número de animais para atender à crescente demanda por alimentos, esse crescimento no rebanho mundial resultou em maior produção de metano entérico por bovinos, proporcionando aumento da preocupação da população em relação a emissão de gases de efeito estufa e pressionado produtores e pesquisadores a buscar alternativas viáveis para a redução desse gás (PEREIRA et al., 2015). Nesse contexto, existem diferentes estratégias sendo estudadas, como por exemplo, o uso de aditivos na dieta de ruminantes (OLIVEIRA et al., 2019), e também a alteração no manejo de pastagem (RUGGIERI et al., 2020;)

2.2.1 Modulação ruminal por meio de lipídios e nitrato

Fatores como o tipo de alimento, volumoso ou concentrado, suas quantidades, proporções e a qualidade a quantidade e qualidade desse alimento também podem aumentar ou reduzir a produção de metano pelo animal, dessa forma podem ser utilizadas algumas estratégias de mudanças na dieta para mitigar o CH₄ (VAN GASTELLEN; DIJKSTRA; BANNINK, 2019).

Exemplificando, lipídios podem ser adicionados na dieta dos bovinos, sendo considerados um bom complemento, porém, a quantidade máxima permitida na alimentação é de 6 a 7% de gordura da matéria seca (CARO; KEBREAB; MITLOEHNER, 2016). Entretanto, a quantidade que vai ser ofertada é limitada, Medeiros et al. (2015) afirma que a adição do uso de lipídio na dieta não deve ultrapassar 6% porque pode ser responsável por alterar o consumo de matéria seca e a degradação da fibra. Além de causar queda no CMS e na digestibilidade de FDN, porém dentro dos limites ideais pode resultar em melhor desempenho (PATRA, 2013). Além disso, níveis de gordura de até 6% da matéria seca da dieta de bovinos contribui com a redução do metano entérico em aproximadamente 15% (PATRA, 2013).

Os lipídios podem ter diversas ações dentro do rúmen para a mitigação do metano. Uma das ações é promover a diminuição da matéria orgânica no rúmen, prejudicando a quantidade de protozoários e metagenos da metanogênese, ocorrendo assim uma redução destes, assim como os ácidos graxos de cadeia média também minimizam a metanogênese (HONAN; TRICARICO; KEBREAB, 2021). Também acontece a biohidrogenização de ácidos graxos poli-insaturados, que é um processo que adiciona o hidrogênio em várias ligações insaturadas resultando em ligações simples, essa ação é mais aplicada em situações de criação em confinamento, com dieta total no cocho, para reduzir a metanogênese no rúmen (KUMAR et al., 2013).

Muitas das pesquisas afirmam que a inclusão de lipídios na dieta minimiza o metano entérico produzido pelos bovinos, porém a redução na produção do metano depende da fonte de lipídio, da quantidade e da maneira que será fornecido ao bovino como, por exemplo o lipídio pode ser fornecido na forma de sementes de oleaginosas (MACHADO et al., 2011).

Em relação a quantidade, o acréscimo de aproximadamente 10 g de gordura de a cada quilograma de consumo de matéria seca resulta em uma redução de 1g/kg de matéria seca da produção de metano (GRAIGER; BEAUCHEMIN, 2011). Entretanto, discordam dos resultados de Duthie et al.

(2017) com novilhos mestiços e a inclusão de 12g/kg de consumo de matéria seca, no qual não observou diminuição de metano entérico produzido pelos bovinos.

Portanto, apesar de controversa, adicionar lipídios a dieta pode ser uma boa estratégia para mitigação de metano entérico e deve ser reconhecida para uma melhor sustentabilidade e também um bom desempenho dos animais.

Outra estratégia que vem sendo debatida é o uso de suplementos na dieta de animais a pasto para minimizar o metano entérico. A suplementação de nitrato na nutrição de bovinos é algo interessante, porém, uma adaptação é necessária, com introdução de forma gradativa, o que evita a intoxicação do animal (LEE; BEAUCHEMIN, 2014). O acréscimo de nitrato como fonte de nitrogênio não proteico na suplementação animal ele pode realiza esse processo de mitigação, pois o nitrato fornecer amônia para a síntese de proteína microbiana no rúmen (NATEL et al., 2016; HRISTOV, 2013).

Essa transformação do nitrato em amônia pelos microrganismos ruminais é bastante concorrente com a produção de CH_4 , consumindo oito elétrons H_2 , reduzindo microrganismos metanogênicos, devido a menor disponibilidade de elétrons ou à toxicidade do nitrito para esses microrganismos. Estudos avaliando os efeitos do nitrato de amônio no potencial de mitigação do metano entérico quando adicionado à suplementação de bovinos no pasto ainda são poucos (HULSHOF et al., 2012; BERNDT; TOMKINS, 2013; ALMEIDA et al., 2021), portanto, estratégias de mudanças na dieta que reduzem os danos ambientais devem ser incentivadas.

Vários estudos in vivo confirmaram a eficácia da alimentação com nitrato na redução das emissões de metano entérico. Em estudo realizado por Zhou et al. (2011), que utilizou diferentes inibidores com o fluido do rúmen, verificou-se que o inibidor com nitrato de sódio obteve uma redução de até aproximadamente 70% na produção de metano de touros Jersey in vitro. Outro estudo testando 4 concentrações diferentes de nitrato (12, 24, 36 e 48 mM) mostrou que a quantidade de 12 mM a produção de metano também reduziu em 70%, já nos demais níveis de nitrato foi quase 100% inibida a geração do CH_4 (ZHOU; MENG; YO, 2012). A redução na produção de metano também foi vista por Granja-

Salcedo et al. (2019) que verificaram a redução de 10,55% de CH₄ expresso em g por dia em Nelore suplementado com o nitrato encapsulado. Além disso, houve a diminuição da produção do metano de 18,5% por dia por Kg/MS.

Exemplificando, em um estudo realizado com vacas leiteiras, foi adicionado 8,8% de nitrato de cálcio na matéria seca dietética por 90 dias, e nesse experimento houve uma adaptação, encontrando diminuição persistente nas emissões de metano de até 16,5%, e nenhum efeito clínico de intoxicação foi observado (VAN ZIJDERVELD et al., 2011). Em outra pesquisa realizada por Duthie et al. (2017) com inclusão de nitrato com um período de 35 dias de adaptação testados na dieta de novilhos mestiços Aberdeen Angus e mestiços Limousin, também encontraram bons resultados de mitigação de metano e não foram demonstrados efeitos clínicos da intoxicação pela adição de nitrato.

2.2.2 Manejo de pastagem

O Brasil apresenta uma grande extensão territorial de aproximadamente 851 milhões de ha (IBGE, 2021), sendo desse total 165,2 milhões de hectares de pasto (ABIEC, 2021) que favorecem a criação de animais garantindo uma produção de menor custo, mas que nem sempre é uma pastagem de qualidade boa, pois a não realização do manejo dessa pastagem de forma adequada, pode acarretar em um pasto com déficit em nutrientes que vai comprometer o desempenho dos animais (HOFFMANN et al., 2014), utilizando a forragem como principal fonte de alimentação dos bovinos (DIAS-FILHO et al., 2014).

No entanto, existem muitas fazendas com pastos degradados, com baixa produção e qualidade de forragem (PAULA; PESSOA; ABRÃO, 2019), que assim ocasionam no rumem do bovino um crescimento na quantidade da matéria orgânica fermentada, aumento na produção de butirato e acetato favorecendo a dispensa do H₂ e assim contribuindo para o desenvolvimento do metano entérico (OLIVEIRA et al., 2017).

É importante entender que recuperando as pastagens, as forragens obtêm uma boa produção e qualidade e conseqüentemente uma boa digestibilidade, pois quando as forragens chegam no rúmen terá pequenas dimensões de fibras

celulares, assim não facilitará a fermentação acética e terá uma redução do metano entérico em bovinos, por isso é viável a realização de manejo nessas pastagens (BERCHIELLI; MESSANA; CANESIN, 2012).

Também podem ser realizadas outras técnicas como o sistema integrado de lavoura x pecuária (SOUZA-FILHO et al., 2019), adubação dos pastos (DOWNING et al., 2017), uso de sistemas de pastejo rotacionado ou diferimento com adição de suplementos na alimentação dos animais como já citados fazem com que melhore a produção e qualidade das forragens reduzindo problemas ambientais (OLIVEIRA et al., 2017).

Assim, realizando o manejo de pastagem terá uma melhora na produção e qualidade de forragem, ocasionando em uma redução na produção de metano entérico em bovinos. Pesquisas realizadas em três sistemas de pastagem diferentes, afirmam que o manejo em pastagens em áreas que eram degradadas para manutenção da forragem com boa qualidade, fazendo implantação do sistema integrado lavoura-pecuária-floresta obtém bons resultados para mitigação de CH₄ no Brasil (FIGUEIREDO, 2017).

A forragem de melhor qualidade diminui a produção de metano, com a realização de um manejo adequado, assim, os animais tem um maior acesso as folhas verdes, obtendo um alimento mais nutritivo, com baixos teores de FDN, FDA, lignina, celulose e hemicelulose tendo uma boa digestibilidade (RODRIGUES JUNIOR et al., 2015). Portanto para ter uma pastagem de boa qualidade deve estar atento a maturidade, pois cada planta tem um ponto considerado ideal, caso essa pastagem esteja na altura adequada, essa forragem provavelmente terá uma boa massa de forragem pré-pastejo, com muitas folhas, poucos caules alongados e também não muito material morto, assim terá um pasto de qualidade, obtendo um aumento no CMS dos animais e mitiga o metano (HRISTOV et al., 2013;). Assim como, para obter uma forragem de boa qualidade o proprietário também deve realizar adubação dos pastos e controlar a taxa de lotação conforme a disponibilidade de forragem, não adianta encher de animais uma área e não ter forragem para todos, isso é um dos motivos que faz a

pastagem chegar ao ponto de baixa qualidade e degradação (CONGIO et al., 2015).

Além disso, é importante compreender que o manejo de pastagens também envolve maior sequestro de C do solo, pelo sistema, tendo um alto potencial de redução no CH₄ (BERCHIELLI et al., 2012). Em vista disso, conforme os bovinos emitem o metano entérico e os outros gases no ar, as pastagens e florestas que vão se desenvolvendo necessitam de CO₂, então elas recolhem esse gás através das folhas e cede O₂ para a atmosfera e por meio dos resíduos vegetais que estão no solo, estabelecem a decomposição microbiana que conseqüentemente sequestra o carbono (RUMPEL et al., 2015).

Exemplificando, pelo mundo inteiro as pastagens podem resultar em sequestro de carbono de aproximadamente 148,4 Tg de CO₂ por ano se for realizado o manejo de pastagem, ajustando a quantidade de bovinos no pasto e obtendo uma boa uma produção de forragens, ocasionando também uma melhoria no solo (HENDERSON et al., 2015). Portanto, as pastagens e as florestas são importantes, para realização do sequestro de carbono, que contém alto potencial para mitigar o metano entérico produzido pelos animais, contribuindo assim para o meio ambiente.

3. Considerações finais

A crescente demanda por produtos sustentáveis, que não comprometa o meio ambiente e a exigência dos consumidores quanto a garantia de produtos de qualidade mostra a necessidade de mudanças na pecuária do mundo. Diante dessa situação, pode-se concluir que as estratégias de adição de lipídios ou nitrato na dieta dos animais, a realização de manejo nas pastagens e o método de sequestro de carbono do solo pelo sistema, são capazes de mitigar o metano entérico, tornando a produção de bovinocultura de corte mais sustentável.

Referências

ABIEC-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Perfil da pecuária no Brasil. BeefREPORT**. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/>>.

ABRÃO, F.O; FERNANDES, B. de C; PESSOA, M.S. Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.6, n.4, p. 61-73, 2016.

ALMEIDA, A. K.; HEGARTY, R. S.; COWIE, A. Meta – analysis quantifying the potential of dietary additives and rumen modifiers for methane mitigation in ruminant production systems. **Animal Nutrition**, China, v. 7, n. 4, p. 1219-1230, 2021.

BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; CANESIN, R.C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, v. 13, n. 4, p. 954-968, 2012.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. K. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. **Animal**. Reino Unido, v. 7, p. 363-372, 2013.

BRUNES, L. C.; COUTO, V.R.M. Balanço de gases de efeito em sistemas de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos de corte. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 66, n. 254, p. 287-299, 2017.

Brasil. Ministério da Ciência, tecnologia, inovações e comunicações. Secretaria de políticas para formações e ações estratégicas. Coordenação-geral do clima. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 5º edição, 2020.

CARO, D.; KEBREAB, E.; MITLOEHNER, F. M. Mitigation of enteric methane emissions from global livestock systems through nutrition strategies. **Climate Change**, California, v.137. p. 467-480, 2016.

DIAS-FILHO, M.B.D. Diagnóstico de pastagens no Brasil. **Documentos**, Belém, p.21-43, 2014.

CONGIO, G. F. S.; BATALHA, C. D. A.; CHIAVEGATO, M. B.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, P. P. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; MAXWELL, T. M. R.; GREGORINI, P.; DA SILVA, S. C.; Strategic grazing management towards sustainable intensification at tropical pasture-based dairy systems. **Science of the Total Environment**, China, v. 636, p. 872-880, 2018.

DOWNING, M.M.R.; NEJADHASHEMI, A. P.; HARRIGAN, T.; WOZNICKI, S. A. Climate change and livestock: Impacts, adaption, and mitigation. **Climate Risk Management**, USA, v. 16, p. 145-163, 2017.

DUTHIE, C.A.; TROY, S.M.; HYSLOP, J.J.; ROSS, D.W.; ROEHE, R.; ROOKE, J.A. The effect of dietary addition of nitrate or increase in lipid concentrations, alone or in combination, on performance and methane emissions of beef cattle. **Animal**, Reino Unido, v. 12, e. 2, p. 280-287, 2018.

FIGUEIREDO, E.B.DE; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R.DE.O.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; WAGNER-RIDDLE, C.; SCALA JR., N.L. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Jaboticabal, v. 142, p. 420-431, 2017.

GARCIA JUNIOR, L.C.; PIRES, M.V., CUNHA, D.A. Biodigestores para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela bovinocultura na região sudeste, Brasil. **Revista de economia e agronegócio**, Viçosa, v.14, n. 1,2 e 3, p. 139 -166, 2016.

GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K.A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. **Animal Feed Science and Technology**, Australia, v. 166-167, p. 308-320, 2011.

GRANJA-SALCEDO, Y.T.; FERNANDES, R.M.; DE ARAUJO, R.C.; KISHI, L.T., BERCHIELLI, T.T., DE RESENDE, F.D., BERNDT, A., SIQUEIRA, G.R. Long-Term Encapsulated Nitrate Supplementation Modulates Rumen Microbial

Diversity and Rumen Fermentation to Reduce Methane Emission in Grazing Steers. **Frontiers in Microbiology**, Jaboticabal, v. 10, p. 1-12, 2019.

HENDERSON, B. B.; GERBER, P. J.; HILINSKI, T. E.; FALCUCCI, A.; OJIMA, D. S.; SALVATORE, M.; CONANT, R. T. Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Australia, v. 207, p. 91-100, 2015.

HRISTOV, A. N.; OH, J.; FIRKINS, J. L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; MAKKAR, H. P. S.; ADESOGAN, A. T.; YANG, W.; LEE, C.; GERBER, P. J.; HENDERSON, B.; TRICARICO, J. M. Special topics – Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 91, n. 11, p. 5045-5069, 2013.

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K. DE; MOUSQUER, C. J.; SIMIONE, T. A.; JUNIOR GOMER, F.; FERREIRA, V. B.; SILVA, H. M. DA. Produção de Bovinos de Corte no Sistema de Pasto-suplemento no Período Seco. **Nativa**, Mato Grosso, v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014.

HONAN, M.; TRICARICO, J.M.; KEBREAB, E. Feed additives as a strategic approach to reduce methane production in cattle: modes of action, effectiveness and safety. **Animal Production Science**, Australia, p. A-N, 2021.

HULSHOF, R.B.A.; BERNDT, A.; GERRITS, W.J.J.; DIJKSTRA, J.; VAN ZIJDERVELD, S. M.; NEWBOLD, J.R.; PERDOK, H. B. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane-based diets. **Journal Animal Science**, Oxford, v. 90, p.2317–2323, 2012.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas territoriais**. Brasil. 2021 Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=1>>.

KUMAR, S.; CHOUDHURY, P. K.; CARO, M.D.; GRIFFITH, G. W.; DAGAR, S. S.; PUNIYA, M.; CALABRO, S.; RAVELLA, S.R.; DHEWA, T.; UPADHYAY, R. C.; SIROHI, S.K.; KUNDU, S. S.; WANAPAT, M.; PUNIYA, A.K. New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 98, p. 31-44, 2013.

LAZARI, T.A.; CAVALI, J.; PORTO, M.J.; FERREIRA, E.; CODOGNOTO, L.C. Emissão de metano na recria e terminação de bovinos sob diferentes níveis de tecnologias. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá v. 12, n. 3, p. 981-998, 2019.

LEE, C.; BEAUCHEMIN, K. A. A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. **Canadian Journal of Animal Science**, Canadá, v. 94, n. 4, p. 557-570, 2014.

MACHADO, F. S.; PEREIRA, L.G.R.; JÚNIOR, R.G.; LOPES, F.C.F; CHAVES, A.V.; CAMPOS, M.M.; MORENZ, M.J.F. Emissão de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. **Embrapa gado de leite**, Juiz de Fora, p. 1-92, 2011.

MEDEIROS, S. R. DE; ALBERTIN, T. Z.; MARINO, C. T. Lipídios na nutrição de ruminantes. *In*: MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1º ed. Brasília: 2015. p. 63-76.

MOATE, P. J., WILLIAMS, S.R.O., GRAIGER, C., HANNAH, M.C., PONNAMPALAM, E.N., ECKARD, R.J., Influence of cold-pressed canola, brewers grains and hominy meal as dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Australia, v.166-167, p. 254-264, 2011.

NATEL, A. S.; FAUSTO, D. A.; ARAGÃO, T. R. DE P.; ABDALLA, A. L. Otimização da pecuária nacional de forma sustentável. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 3, p. 529-544, 2016.

OLIVEIRA, V. DA. S.; NETO, J. A. S.; VALENÇA, R. DE L.; DOS SANTOS, A. C. P. Estratégias para mitigar a produção de metano entérico. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p.39-70, 2017.

OLIVEIRA, O. A. M.; AMARAL, A. DAS G.; PEREIRA, K.A.; CAMPOS, J. C. D.; TAVEIRA, R. Z. Utilização de aditivos modificadores da fermentação ruminal em bovinos de corte. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 1, p.287-311, 2019.

PATRA, A.K. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. **Livestock Science**, Índia, v. 155, n. 2-3, p. 244-254, 2013.

PATRA, A.K. Recent Advances in Measurement and Dietary Mitigation of Enteric Methane Emission in Ruminants. **Frontiers in Veterinary Science**, Kolkata, v. 3, p.39, 2016.

PAULA, K. G. S. A. DE, PESSOA, M. S., ABRÃO, F. O. Emissão de metano na pecuária: relação causa-efeito e mecanismos modulatórios. **Pubvet**, Goiás, v. 13, n. 1, p.1-11, 2019.

PEREIRA, L.G.R.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; TOMICH, T. R.; REIS, L. G.; COOMBS, C. Enteric mitigation strategies in ruminants: a review. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, Antioquia, v. 28, p.124-143, 2015.

RODRIGUES JUNIOR, C. T.; CARNEIRO, M. S. DE S.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, E. S.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. DE L.; PINTO, M. DO S. DE C.; ANDRADE, A. C.; PINTO, A. P.; FOGAÇA, F. H. DOS S.; CASTRO, K. N. DE C. Produção e composição bromatológica do capim-Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização. **Revista Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 2141-2154, 2015.

RUGGIERI, A.C.; CARDOSO, A. DA S.; ONGARATTO, F.; CASAGRANDE, D. R.; BARBERO, R. P.; BRITO, L. DE F.; AZENHA, M. V.; OLIVEIRA, A. A.; KOSCHECK, J. F. W.; REIS, R. A. Grazing intensity impacts on herbage mass,

sward structure, greenhouse gas emissions, and animal performance: Analysis of *Brachiaria* pastureland. **Agronomy**, Suíça, v. 10, n. 11, p. 1750, 2020.

RUMPEL, C.; CRÈME, A.; NGO, P. T.; VELÁSQUEZ, G.; MORA, M. L.; CHABBI, A. The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 15, n. 2, p. 353-371, 2015.

SILVA, A.R.; FILHO, J.A.R.; CARVALHO, E.J.M.; SANTIAGO, A.V.; VELOSO, C.A.C.; MARTINEZ, G.B. Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema de integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no Sudeste Paraense. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 39997-40016, 2021.

SOUZA-FILHO, W. DE S.; NUNES, P. A. DE A.; BARRO, R. S.; KUNRATH, T. R.; ALMEIDA, G. M. DE; GENRO, T. C. M.; BAYER, C.; CARVALHO, C. DE F. Mitigation of enteric methane emissions through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs between animal performance and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 213. p. 968-975, 2019.

TORRES, C.M.M.E.; JACOVINE, L.A.G.; OLIVEIRA NETO, S.N.DE; FRAISSE, C.W.; SOARES, C.P.B.; CASTRO NETO, F.DE; FERREIRA, L.R.; ZANUNCIO, J.C.; LEMES, P.G. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. **Scientific Reports**, Viçosa, v. 7, n. 16738, 2017.

VAN GASTELEN, S.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A. Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep?. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, 2019.

VAN ZIJDERVELD, S.M.; GERRITS, W.J.J.; DIJKSTRA, J.; NEWBOLD, J.R.; HULSHOF, R.B.A.; PERDOK, H.B. Persistency of methane mitigation by dietary nitrate supplementation in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Netherlands, v. 94, n. 8, p. 4028-4038, 2011.

ZHOU, Z.; MENG, Q.; YO, Z. Effects of Methanogenic Inhibitors on Methane Production and Abundances of Methanogens and Cellulolytic Bacteria in In Vitro Ruminant Cultures. **Applied and Environmental Microbiology**, China, v. 77, n. 8, p. 2634-2639, 2011.

ZHOU, Z.; MENG, Q.; YO, Z. Effects of nitrate on methane production, fermentation, and microbial populations in in vitro ruminant cultures. **Bioresour. Technol.**, China, v. 103, n. 1, p. 173-179, 2012.

Produção de energia com Biogás gerado pelos dejetos de suínos

Energy production with Biogas generated from swine waste

Christian Ribeiro, Carlos Alexandre Granghelli

1. Introdução

A produção suína brasileira cresce em ritmo acelerado no decorrer dos últimos anos, ocupando atualmente a quarta posição no ranking mundial de produção de carne, quinta posição no ranking de consumo de carne em toneladas e quarta posição em exportação (USDA, 2021). A previsão é que ocorra um aumento desses números a médio e longo prazos, devido à vigente necessidade de alimentar a população, que cresce anualmente. Dessa forma, justaposto ao aumento da produção dos animais, ocorre o aumento da produção de dejetos, sendo de suma importância a destinação correta desses resíduos, devido às exigências ambientais e dos consumidores, que buscam cada vez mais por produções que respeitem o meio ambiente e que prezem pelo bem-estar animal.

Segundo Ito et al. (2016) os dejetos produzidos apresentam riscos para o meio ambiente e recursos hídricos caso sejam descartados incorretamente, processo que pode acarretar prejuízos tanto para os animais quanto para os humanos. Da mesma forma, Cardoso et al. (2015), com base em análises realizadas na produção de suínos, demonstraram que a atividade não atua de forma sustentável e pode trazer grandes risco para o meio ambiente, como poluição dos corpos hídricos e ocasionar problemas como acidificação do solo, entre outros. Sendo assim, se faz necessário a utilização de novas formas de tratamento para os dejetos a fim de garantir a sustentabilidade das produções.

De acordo com Vieira et al. (2019), a produção de biogás vem se destacando por ser uma das fontes renováveis de energia de maior volume atualmente, e, com sua aplicação e utilização, é possível combater problemas socioeconômicos e ambientais, dando para os resíduos das produções um descarte correto, evitando a poluição do meio ambiente. Neste contexto, Roya et al. (2011) relataram que

após a produção do biogás, o mesmo pode ser utilizado de diversas formas para substituir a utilização de gases advindos de origem mineral; sua aplicabilidade envolve situações como fonte de calor para preparo de refeições, iluminação, combustão em motores automobilísticos, queima para produção de energia, demonstrando que a produção de biogás pode ter múltiplas aplicações e trazer novos olhares para os dejetos produzidos na criação de suínos.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo abordar como ocorre a produção de energia por meio do biogás gerado pelos dejetos de suínos, abordando aspectos atuais do mercado, benefícios e pontos negativos existentes, devido ao crescimento da preocupação do mercado consumidor da relação produção meio ambiente e os impactos que a produção suinícola pode causar.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos indexados e livros, sendo as bases de dados utilizadas: revistas acadêmicas, artigos indexados ao Google acadêmico, sites estatísticos de produções, bem como cartilhas técnicas e livros, utilizando-se as palavras-chave: Projeções das produções, Suinocultura, Meio ambiente, Impactos ambientais e Biogás. Apenas artigos, livros e revistas publicados entre 2011 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Impactos da produção suinícola

A produção de suínos envolve o consumo de um grande aporte de água, fazendo com que a produção cause impactos ao meio ambiente, sendo necessário total atenção ao tratamento da água utilizada e o descarte correto dos dejetos formados (TAVARES, 2013). O Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA, 2021) afirma que a estimativa de consumo de água para matrizes de suínos em uma propriedade de ciclo completo chega a 92 litros por dia por animal ou 33562 litros por ano, ao passo que o volume de dejetos gerado chega em torno de 50 litros por dia, o que corresponde a 18500 litros anuais. Sendo assim, torna-se necessário o controle de como e onde serão descartados estes dejetos, pois, conforme supracitado, acarretam em problemas ambientais devido ao volume

gerado ser um grande poluidor, uma vez que nestes dejetos existem componentes prejudiciais ao meio ambiente como, por exemplo, nitrato, cobre, zinco, nitrato, odores relacionados a amônia, patógenos e problemas ligados ao solo como emissão de metano e óxido nitroso, sendo necessário realizar tratamento dos dejetos para sua valorização e redução de impacto ao ambiente (KRAJESKI; POVALUK, 2014; ROHR, 2014).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o Brasil passou de cerca de 10,5 milhões de abates no 1º trimestre 2016, para cerca de 13,04 milhões de abates no 1º trimestre de 2021, dados que reforçam o crescimento da produção. Krabbe et al. (2013) afirmam que, com o aumento do poder aquisitivo das classes de menor renda, existe a tendência de o consumo de carne suína aumentar tanto *in natura* como na forma de processados, junto com os demais tipos de carnes, como de aves e bovinos, sendo importante acompanhar este aumento tanto do consumo quanto da população para que seja garantido o suprimento de alimento para todos. Ressaltando, nesse sentido, que a busca para suprir a demanda de alimentos de origem suína, faz com que ocorra o crescimento da produção e, por consequência direta disto, o aumento do volume dos dejetos produzidos.

As criações de suínos se baseiam nos sistemas intensivos de animais confinados, sendo que o manejo de dejetos no estado líquido acarreta problemas para a produção como armazenagem, tratamento e sua destinação. Por se encontrar na forma líquida, o potencial de poluir aumenta devido à facilidade de ser descartado em diversos locais, assim mostrando-se necessário o tratamento e manejo adequados desses resíduos (ITO et al, 2016). Além disso, a produção de suínos de forma intensiva apresenta-se como uma emissora de dióxido de carbono, metano e amônia, principais componentes que são citados como causadores do aquecimento global e chuvas ácidas (SILVA, 2012).

2.2 O que é biomassa, biogás e etapas para obtenção

Com o avanço das tecnologias, faz-se cada vez mais necessário a utilização de energia, exigindo assim a exploração de novas fontes, pois os sistemas atuais

podem não ser suficientes para suprir a demanda energética, visto que grande parte da energia utilizada atualmente é proveniente de hidrelétricas, de potencial grande, mas limitado. Com isso, a utilização de novas fontes de energia se torna relevante. Exemplo disto, através da utilização de biodigestores e biomassa, é possível gerar energia com a queima do biogás produzido. Para a obtenção do biogás é necessária atenção para alguns pontos, como o pH da biomassa, temperatura em que se encontra, o tempo de armazenamento e o quanto se pode produzir, tanto de energia como de estoque de biomassa (MALAGGI; SOUZA, 2014).

A biomassa pode ser proveniente de diversos tipos de materiais, podendo ser obtido de madeiras, resíduos de madeiras, fábricas de processamento de produtos agrícolas, resíduos das produções agrícolas e criações animais. Para cada tipo de matéria-prima e biomassa, faz-se necessária a atenção antes do processamento, pois cada componente terá a sua particularidade e composição, sendo necessário o seu pré-tratamento antes de ir para as lagoas de tratamento e, posteriormente, para a fermentação. (HEIDENREICH; FOSCOLO, 2015).

O produto gerado pela fermentação dos dejetos captados pelo biodigestor, conhecido como biogás, é um gás que pode se tornar combustível, uma vez que sua composição é uma mistura de metano e gás carbônico. Para obtenção do biogás, é necessário que a biomassa passe pelo processo de fermentação anaeróbica, o qual deve ocorrer com a utilização de ferramentas e técnicas específicas (CALZA, 2015).

O processo de produção de biogás envolve quatro principais etapas: dentro da primeira etapa, tem-se a coleta e estocagem da matéria-prima e, se for necessário, um primeiro processamento ocorrendo a mistura da biomassa ou a sua separação entre a parte líquida e sólida, sendo necessária atenção ao dimensionamento das estruturas; por conseguinte, ocorre sua destinação até o local onde passará para a etapa seguinte. Na segunda etapa, após a chegada aos biodigestores que podem ter diferentes formatos, ocorre a digestão anaeróbica, sendo necessário estabelecer o tipo de biodigestor adotado e os cuidados necessários para cada modelo. Após a segunda fase, teremos dois produtos

distintos: o biofertilizante e o biogás. A terceira etapa se dá com os biofertilizantes, quando serão necessários realizar o seu tratamento e armazenamento corretos. Por fim, na quarta etapa acontecerá o cuidado com o biogás, seu armazenamento, avaliação de sua qualidade e utilização (Senai, 2016).

Após a produção bruta de biogás, dependendo da sua finalidade, pode ser adicionado ao processo a purificação do gás produzido; para isso, faz-se necessário empregar técnicas que irão aumentar a concentração do metano no gás, sendo sua composição final cerca de 97% metano. Após a purificação, pode ser destinado a automóveis que tenham sistema GNV, células de combustível e também a capacidade de ser voltado para a rede de armazenagem de biogás. As principais impurezas retiradas são: água para se evitar a corrosão dos maquinários e tubulações, oxigênio, visando a diminuição de possíveis acidentes, sulfeto de hidrogênio, evitando-se altas concentrações e corrosão, e também dióxido de carbono, devido ao seu baixo valor energético (SILVA, 2019).

Alguns processos são utilizados para realizar a purificação do gás. Um deles constitui no uso das colunas de carvão que efetuam a retirada de água do gás. Outro exemplo, é o tanque de lama de cal utilizado para retirada do sulfeto de hidrogênio e o dióxido de carbono. Para tanto, foram levadas, em consideração, formas de realizar a purificação do biogás sem aumentar tanto o seu valor de implantação (SCUSSEL, 2019).

2.2.1 Processos que ocorrem na biodigestão

Para que a produção de biogás ocorra, é necessário que aconteça a digestão anaeróbica. A fim de se obter o gás no final do processo, a biomassa deve passar por diferentes fases, sendo elas a hidrólise, acidogênese, acetogênese e a metanogênese; cada etapa do processo necessita atenção para os grupos de microrganismos atuantes e controles ambientais (SOARES; FEIDEN; TAVARES, 2018).

A etapa da hidrólise faz com que os compostos como os polissacarídeos, proteínas e lipídios sejam degradados para formas mais simples e solúveis,

processo em que as bactérias hidrolíticas participam excretando enzimas extracelulares, etapa importante que sofre interferência do tipo de material que está sofrendo hidrólise. As substâncias orgânicas como carboidratos são degradadas em intervalos de horas, proteínas e lipídios em alguns dias e a lignina sofre o processo de hidrólise lentamente, encerrando por muitas vezes de forma incompleta. Na fase da acidogênese, os monômeros formados na fase da hidrólise são utilizados por bactérias anaeróbicas como substrato, o que os transforma em outros compostos como ácidos orgânicos de cadeia curta, moléculas com 1 a 5 carbonos e hidrogênio, sendo que a concentração de hidrogênio pode influenciar nesta etapa, estando ligado ao processo de oxidação da matéria resultante (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

Na fase da acetogênese, as bactérias acetogênicas atuam no processo, no qual ocorrem reações consideradas endotérmicas, transformando os compostos formados na fase anterior, ocorrendo modificações como a dos ácidos de cadeia longa em ácidos de um átomo a dois átomos de carbono e produzindo, em conjunto, hidrogênio e dióxido de carbono. A metanogênese é a última fase do processo e deve ocorrer em ambiente anaeróbico, sob a ação das arqueas metanogênicas; o carbono é convertido em dióxido de carbono e metano, sendo o processo de geração do metano definido pelo tipo de metabolismo dos diferentes grupos de arqueas, , onde as metanogênicas acetoclásticas produzem o metano com base no acetato e as arqueas metanogênicas hidrogênotróficas produzem também metano, porém com tendo hidrogênio e dióxido de carbono como base (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

Gueri et al. (2018) afirmam que além do processo complexo da digestão anaeróbica, outros parâmetros interferem na qualidade da digestão e no material final, tendo a necessidade de controlar parâmetros como pH, temperatura, material a ser utilizado e acompanhar os mesmos durante todo o processo. De acordo com Cancelier et al. (2015) as concentrações iniciais de biomassa e a temperatura nas quais estão submetidas podem fazer com que ocorra variação da concentração de biogás que será produzido; além desse fator, também foi constatado que a adição de nutrientes à mistura pode ser deletéria para a

produção do gás; nutrientes como sal de ferro e níquel acarretam uma diminuição da velocidade de transformação dos dejetos submetidos ao biodigestor, existindo a necessidade de se entender todo o processo da digestão anaeróbica por mais tempo, para que se tenha o máximo de eficiência e o produto final seja de qualidade, podendo ser usado para a desejada queima e consequente transformação em energia elétrica sustentável.

2.3 Potencial brasileiro para a produção de energia elétrica proveniente do gás

Os demais meios de tratamento para os dejetos suínos trazem renda e retorno financeiro de forma menos efetiva aos proprietários quando comparados com a produção de biogás, ; sendo assim, com a técnica da produção de biogás, o produtor consegue retirar lucros dos investimentos realizados ou economizar na conta de energia ao final do mês, ao contrário dos demais tipos de tratamento de dejetos onde é possível se obter retorno econômico com insumos para adubação, mas quando comparados à produção de biogás e sua queima, o valor agregado ao biogás é maior (GOMES, 2014).

Dentre as possíveis formas para impulsionar a produção de gás existem sistemas que geram renda com a energia produzida, pois a mesma pode ser retornada para rede elétrica e contar como bônus de energia, ou mesmo ser destinada para utilização como gás encanado em fogões, combustíveis para automóveis, aquecimento de água em condomínios, promovendo assim economia nas propriedades. O gás restante pode ser direcionado para geradores de baixa produção que irão poupar na conta de energia (CIBIOGÁS, 2021).

Nesse contexto, existe no Brasil o Centro Internacional de Energias Renováveis-Biogás, que tem como propósito realizar pesquisas, aplicar tecnologias e fazer com que a produção de biogás em território nacional cresça de forma sustentável e competitiva. Em 2020, esse instituto monitorou cerca de 675 plantas produtoras de biogás distribuídas pelo Brasil, produzindo cerca de 2,2 bilhões de m³ de biogás, sendo disponibilizadas aos produtores, assistências técnicas com as tecnologias para produção de biogás e a sua utilização

(CIBIOGÁS, 2021). No ano de 2021, o Brasil apresentou crescimento na implantação das plantas produtoras de biogás, tendo cerca de 755 plantas em funcionamento e com uma produção 10% maior do que o ano anterior, sendo Minas Gerais o estado com o maior número de plantas seguido por Paraná e Goiás. Em 2021, houve, expansão da tecnologia para os estados de Rondônia e Alagoas, com plantas produzindo energia térmica e elétrica em sistemas que podem realizar a comercialização do biogás purificado para a combustão mecânica em automóveis (CIBIOGÁS, 2022).

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2020, o Brasil continha cerca de 1,9 milhões de matrizes alojadas, com potencial para expansão; conseqüentemente, utilizando maiores volumes de água e produzindo maiores quantidades de dejetos, com aumento no volume de exportações de carne suína.

2.4 Resíduos da produção de biogás

Com os líquidos e sólidos que sobram da produção de biogás é possível realizar a adubação e irrigação de plantações, sendo os dejetos suínos uma grande fonte de nitrogênio, podendo suprir parcialmente ou completamente a necessidade do solo. Um dos problemas da sua utilização é conhecer a sua composição e a quantidade necessária para suprir a demanda do solo sem causar prejuízos para a natureza (QUADRO, 2011).

Para a utilização da fertirrigação, existe a necessidade do conhecimento acerca da composição do biofertilizante. Para isso, são realizados testes para descobrir não apenas sua composição, mas quais tipos de bactérias e material orgânico que ainda resta no líquido coletado do biodigestor, pois o processo de biodigestão retira cerca de 90% da matéria orgânica do composto, mas deve se ter atenção às análises realizadas, para que assim seja possível dimensionar a quantidade que será utilizada no solo, respeitando as leis ambientais de cada região; com a utilização da fertirrigação de maneira prudente, os produtores conseguem realizar economias com adubações dos principais macro nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio e garantir maiores produções (KRAJESKI; POVALUK, 2014).

2.5 Crédito de Carbono

O aumento do efeito estufa fez com que a procura para se determinar as possíveis fontes de gases que fazem com que esse fenômeno aconteça aumentou, e com isso a procura por alternativas à mitigação desse efeito; sendo assim, foi criado o conceito de crédito de carbono como forma de estimular que países busquem maneiras de se fazer com que a quantidade de gases que causam o efeito estufa seja diminuída ao longo dos anos, cumprindo metas e recebendo retorno financeiro. O Brasil se tornou uma peça fundamental nesse conceito, devido ao alto índice de florestas, tornando-se um grande sumidouro de carbono. Por outro lado, também se encontra entre um dos dez maiores produtores de gases do efeito estufa, sendo necessário ter atenção pois o país usufrui de isenções, em participar do programa de crédito de carbono, por ser um país em desenvolvimento (SOUZA, 2013).

Com o surgimento do crédito de carbono, um novo segmento de mercado foi criado, tendo-se toda uma estrutura de pessoas que vendem, adquire e repassa créditos de carbonos, sendo esse mercado de interesse para países que queiram bater suas metas de redução de gases que causam o efeito estufa. A suinocultura tem forte impacto neste seguimento devido à quantidade de metano produzido. Para o correto tratamento e utilização dos dejetos produzidos, são necessários os biodigestores, gerando subprodutos. Este mercado de crédito de carbono necessita de total atenção, pois necessita da atividade de agentes intermediários na sua negociação, podendo ter riscos quando contratos e parcerias forem firmadas para que a suinocultura se consolide como forte atuante nesse segmento, tonando-se necessário formular adequadamente projetos e fechar parcerias com produtores e empresas (ROHR, 2014).

Para que a comercialização dos créditos de carbono exista, são necessárias a participação de empresas que fazem esse tipo de negociação. O mercado consiste em empresas que emitem quantidades excedentes de carbono que realizam a compra de créditos das empresas que emitem menores quantidades, assim sobrando créditos de carbono em termos de metas das primeiras empresas citadas. Esse mercado é regulamentado pelo tratado de Quioto. Além desse tipo

de mercado, existe o mercado de créditos voluntários, onde empresas e países que não fazem parte do tratado podem realizar a compra e venda de créditos, trabalhando com estoque de carbono e agregando conhecimento para toda a cadeia (GOULARTE; ALVIM, 2011).

3. Considerações Finais

Com a produção de suínos em crescimento no Brasil e no mundo, cada vez mais os cuidados com os dejetos produzidos tornam-se necessários, pois ocorrerá um aumento populacional ao longo dos anos e será preciso que este aumento também ocorra na produção de proteína para alimentação da população.

Para tanto, é essencial que se tenha conhecimento e acesso acerca dos processos que podem ser utilizados para que se faça o descarte correto dos dejetos produzidos sem causar problemas para o meio ambiente; e uma dessas formas seria a produção do biogás e a posterior geração de energia, trazendo grandes benefícios com seu uso, e com isso fortalecendo o incentivo no crescimento de programas nacionais para geração de energia renovável.

De acordo com os aspectos da produção de suínos, é possível que ocorra a tecnificação com implantação dessas práticas e, em curto prazo, o biogás estará melhor difundido e com fácil acesso para uso no cotidiano das pessoas nas diferentes formas como abordado durante o presente trabalho.

Referências

ABPA-Associação Brasileira de proteína animal. **Relatório Anual 2021**.p 50- 62. 2021.

CALZA, L, F. *et al.* Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.35, n.6, p.990-997, nov. /dez. 2015.

CANCELIER,A.*et al.* Avaliação da Produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.20 n.2. Abr./jun. 2015.pg 209-217.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**. p.127-145, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75241745007>. Acesso em: 05 out. 2021.

CIBIOGÁS- Centro Internacional de Energias Renováveis. Nota Técnica: N° 001/2021 – Panorama do Biogás no Brasil 2020. **CIBiogás (Brasil)**. Foz do Iguaçu, março de 2021. Disponível em: https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2020-v.8.0.1_1.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

CIBIOGÁS- Centro Internacional de Energias Renováveis. Relatório Técnico n° 001/2022 - Biogás Panorama do Biogás no Brasil 2021. **CIBiogás (Brasil)** – Foz do Iguaçu, CIBiogás, 2022. Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **USDA.gov** - United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 13 nov. 2021.

GOMES, T.M.S.; REIHER, A.P. Viabilidade econômica da produção de biogás de dejetos suínos: um estudo de caso. **Revista Ciências Administrativas**, [S. l.], v. 19, n. 2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/rca/article/view/3390>. Acesso em: 18 abr. 2022.

GOULARTE, B.S.; ALVIM, A.M. A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social. **Análise**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 72-88, jan. /jun. 2011. Disponível em: https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/10480/2/A_Comercializacao_d_e_Credito_de_Carbono_e_seu_Impacto_Economico_e_Social.pdf

GUERI, M. V. D. et al. Food waste anaerobic digestion of a popular restaurant in Southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, **Elsevier** [s. l.], ano 2018, v. 196, p. 382-389, 31 maio 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.282>.

HEIDENREICH, S.; FOSCOLO, P.U. Progress in Energy and Combustion Science, **Elsevier** V. 46, Pages 72-95, fevereiro 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128514000495>. Acesso em: 21 mai. 2022.

Instituto brasileiro de geografia e estatística- IBGE. **Indicadores IBGE:** estatística da produção pecuária, 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2021_2tri.pdf. Acesso em: 09 nov. 2021.

Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA). **Instrução Normativa N° 11 Suinocultura, de 21 de fevereiro de 2009**. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2022.

ITO, M.; GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 44, p. 125-156, set. 2016. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9974>. Acesso em: 6 out. 2021.

KRABBE, A.L et al. Cadeias produtivas de suínos e aves: Tópicos atuais na produção de suínos e aves. **Embrapa** Pelotas: IFSul/Pelotas, 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/979119> . Acesso em: 19 out. 2021.

KRAJESKI, A.; POVALUK, M. Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos dejetos suínos. **Saúde Meio Ambient.** v. 3, n. 1, p. 3-18, jan. /jun. 2014. Disponível em: <http://www.periodicos.unc.br/sma/article/view>. Acesso em: 19 out. 2021.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do (Ed.). Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. p. 13-26, Concórdia, SC: **Embrapa Suínos e Aves**, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108617/fundamentos-da-digestao-anaerobia-purificacao-do-biogas-uso-e-tratamento-do-digestato>. Acesso em: 28 out. 2021.

MALAGGI, M.; SOUZA, S.N.M. Estimativa do potencial de produção de biogás e energia na indústria de abate de frangos no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 151-162, 2014. Disponível em:

https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/37927/pdf_20. Acesso em: 22 out. 2021.

QUADRO, S.M. *et al.* Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suíno, **Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.85-93, jan. Mar, 2011.

Disponível em:

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2035/1872>.

Acesso em: 23 de mar. 2022.

ROHR, S.A. Biodigestores, créditos de carbono e mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). *In*: Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de Suínos Teoria e Prática**. Brasília, 2014. p 821- 844.

ROYA, B. *et al.* BIOGÁS: UMA ENERGIA LIMPA. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, V. 13, n. 13, p. 142 – 149, 2011. Disponível em: <http://biomassaworld.com.br/wp-content/uploads/2016/04/biogs.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

SCUSSEL, A.C.; MUNIZ, L.A.R. Dimensionamento de um sistema para produção e purificação de biogás a partir de dejetos suínos. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**. V.6, n. 01, p.09-19. 2020.

SENAI – Departamento Regional do Paraná. Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná – Curitiba, 2016.

SILVA, C. L. da.; BASSI, N. S. S. Análise dos Impactos Ambientais no Oeste Catarinense e das Tecnologias Desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 128–143, 2012. DOI: 10.48075/igepec. V16i1.5181.

SILVA, M.L.B.; MEZZARI, M.P. Tratamento e Purificação de Biogás. p. 69-93, Concórdia, SC: **Embrapa Suínos e Aves**, 2019.

SOARES, C. M. T.; FEIDEN, A.; TAVARES, S. G. Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na produção de biogás. **Nativa** ,2018, 5(7), 522-528. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i7.5155>.

SOUZA, A.L.R.; ALVAREZ, G.; ANDRADE, J.C.L. Mercado regulado de carbono no Brasil: Um ensaio sobre divergências contábil e tributária dos créditos de carbono. **o&s** - Salvador, v.20 - n.67, p. 675-697 - Novembro/Dezembro – 2013.

TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; AMORIM, B. N.; OLIVEIRA, P. A. V. Redução do consumo de água e da produção de dejetos na suinocultura ? Um caminho para a sustentabilidade. **Embrapa Suínos e Aves**, 2013.

VIEIRA, F. P. et al. Análise de viabilidade econômica do aproveitamento energético do biogás e do biometano provenientes de dejetos de suínos: estudo de caso, **Tecnia** | v.4 | n.1 | 2019.

Búfalo de corte no Brasil: desafios da produção de uma carne mais sustentável

Water buffalo in Brazil: challenges in producing more sustainable meat

Isabela Almeida Marquesini, Cristiane Gonçalves Titto

1. Introdução

Até 2050 a população de todo o mundo, especialmente nos países desenvolvidos, consumirá dois terços a mais de proteína animal do que hoje. As demandas dos consumidores por carne e produtos cárneos sustentáveis, economicamente viáveis, de alta qualidade e mais saudáveis pressionam o setor pecuário a buscar uma fonte substituta para alimentar a população crescente (DEBAKY et al., 2019). Ao mesmo tempo em que cresce a exigência por criação sustentável e sem efeitos adversos na saúde humana e o bem-estar animal (BROOM, 2017). Além do aumento significativo do potencial de produção e a diversificação da produção pecuária (NAVEENA; KIRAN, 2014).

Neste contexto, o búfalo é a maior promessa para a produção de carne porque possuem uma potencialidade natural para produzir em ambientes considerados hostis, graças à sua capacidade de utilizar recursos alimentares de baixa qualidade (DEB et al., 2016) e transformar em carne com propriedades físico-químicas e sensoriais que permitem sua classificação como alimento funcional devido seu alto teor de proteína e composição lipídica. Além disso, a carne desses animais apresenta colesterol inferior e baixo teor de gordura entremeada tornando-a menos calórica (GREGORY et al., 2017).

Por isso, os sistemas de criação de búfalos ganham cada vez mais um perfil como opção produtiva e comercial em regiões tropicais, podendo superar em vários aspectos a criação de espécies convencionais, principalmente no modelo de dupla aptidão. Este modelo funciona devido a algumas características marcantes desta espécie, a sua capacidade de adaptação a um ecossistema particularmente exigente e a sua capacidade de responder aos princípios de sustentabilidade em

sistemas de pastagem rotativa, incluindo modelos agrossilvipastoris (BERTONI et al., 2021).

Esta revisão tem como objetivo demonstrar a importância da criação de búfalos voltados para corte, ressaltando não somente suas propriedades nutricionais como fonte proteica de alto valor biológico, como também uma criação alternativa para ser implementada em sistemas silvipastoris na Amazônia, regiões que estão degradadas, fazendo com que a bubalinocultura não gere uma competição por espaço com produção de alimento humano ou com pastagem para outras criações, mas sim trazendo um maior valor agregado a estas áreas.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e as bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico, *Scientific Electronic Library Online*, *PubMed*, *PubVet*, *ScienceDirect*, utilizando as palavras-chave: carne de búfalo, características carne de búfalo, búfalo zootecnicamente sustentável, sistema silvipastoril com búfalos. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Pecuária de corte bubalina no Brasil

A pecuária de corte de búfalos no Brasil vem crescendo discretamente, comparando dados estimativos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2015, o rebanho efetivo de bubalino foi de 1,37 milhão, demonstrando um crescimento do rebanho foi de 3,5% comparativamente ao ano de 2014 (IBGE, 2015), não somente devido a boa adaptabilidade a diversas regiões, mas também pelas características de sua carne que podem vir atender cada vez mais as exigências de um mercado consumidor que busca por fontes de proteínas alternativas mais “magras”, já que esta demonstrou ter um menor teor de gordura e colesterol (SILVA, SILVA, et al., 2014).

A nova tendência mais “saudável” por parte dos consumidores, pode ser um fator favorável para um aumento no interesse de estudos de uma bubalinocultura de corte mais sustentável.

Sendo uma espécie que atinge características de abate mais precocemente quando comparada aos bovinos em sistema extensivo tradicional a sua carne além de ter um maior teor protéico em relação às outras espécies já consumidas, ela também não perde em palatabilidade, ou seja, maciez e suculência. Apesar de todas as suas qualidades, a cadeia produtiva de criação de búfalos voltada para corte ainda precisa quebrar diversas barreiras, como a caracterização errônea de búfalos serem animais selvagens, com uma carne com coloração avermelhada escura e dura, causando receio nos consumidores ao adquirir produtos vindos dessa espécie. A correlação de carne bubalina com uma carne dura provém de grande parte de a carne comercializada ser de origem de búfalos mais velhos de descarte de produção leiteira. A produção e o consumo de carne de bubalina têm dados escassos, devido a maior parte de a carne bubalina ser vendida como carne bovina, aproximadamente 90%, faltando estímulo para os produtores irem atrás de uma maior consolidação da identidade da carne de búfalo (MARQUES et al., 2015).

Em relação aos sistemas de criação, a maior parte do rebanho bubalino é criado sob método de sistema extensivo convencional, ou áreas pantanosas ou áreas com solo com baixa fertilidade (CRUZ et al., 2019). Independente do sistema aos quais os animais são criados, os búfalos quando comparados aos bovinos, apesar de demonstrarem um desenvolvimento mais rápido, bom rendimento de corte do traseiro total e maior deposição de gordura subcutânea do que a intramuscular, o que dá a característica de uma carne mais saudável, eles apresentam um menor rendimento de carcaça ao abate, aproximadamente 5% a menos que os bovinos, devido ao couro mais espesso, chifres mais pesados e maior porcentagem de vísceras (RODRIGUES et al., 2003).

Ao comparar a carne de ambas às espécies, a carne de búfalo apresenta uma coloração vermelho mais forte que a carne bovina que tem uma coloração vermelho vivo. A cor da carne está diretamente relacionada com o teor de

mioglobina no músculo, tendo uma variação de 0,393 a 0,005g a cada 100g de tecido, esse parâmetro indica que a musculatura do búfalo possui duas vezes mais metamioglobina que a musculatura de bovino, o que conseqüentemente aumenta a taxa de oxidação da carne e a torna mais escura (DI STASIO, BRUGIAPAGLIA, 2021).

2.2 Vantagens da criação de búfalos

A produção dos búfalos tem ganhado cada vez mais destaque no mercado, visto que segundo dados da Organização das Nações Unidas para alimentação e Agricultura (FAO) o rebanho de búfalos no Brasil teve um crescimento de 686% entre os anos de 1961 a 1980 e um crescimento de 143% entre os anos de 1980 a 2005, sendo esta evolução bastante significativa quando comparado ao crescimento das outras produções animais de destaque nacional, como produção de frangos, que no mesmo período foi de 234% e 149%, bovinos de 112% e 61% e suínos 34% e -3% (SANTOS et al., 2016).

O crescimento anual do rebanho de búfalos no Nordeste é de 7,64% quando comparado ao ano de 2014 (IBGE, 2015), sendo mais um indicativo de que esta produção tem sido levada em consideração pelos produtores como uma nova opção produtiva (CARVALHAL; COSTA, 2014) desmistificando que a criação de búfalos só era viável na região Norte do Brasil, região que concentra o maior rebanho de búfalos e local onde foram introduzidos no Brasil inicialmente.

Esse potencial da bubalinocultura é dado não somente por suas vantagens econômicas, tais quais suas características de docilidade, diminuindo estresse em manejo, facilidade em adaptação a diversas condições climáticas, apresentando capacidade de produção em ambientes nos quais bovinos não teriam condições, como também por ser uma criação com boa fertilidade, longevidade, mais eficiente em conversão alimentar, quando comparado aos bovinos, e com tripla aptidão, podendo ser utilizado para produção de leite, carne e trabalho (CAMARGO JUNIOR et al., 2012).

Com índices zootécnicos superiores aos bovinos, como taxa de natalidade maior que 80% e mortalidade menor que 3% ao ano, precocidade, com produtos de

alto valor agregado devido ao seu maior rendimento industrial produzindo um leite com maior nível de gordura, proteínas e minerais (OLIVEIRA et al., 2013) e uma carne com baixo teor de gordura, colesterol e alto valor proteico, além da criação de búfalos ter uma vida de até 15 anos e tornar-se também uma atividade que consegue realizar a inclusão de pequenos produtores.

Esses dados apenas confirmam que a bubalinocultura tem potencial para uma expansão ainda mais, porém ainda faltam incentivos com maiores divulgações dos benefícios dessa criação.

2.2.1 Principais características da espécie

No Brasil, os búfalos foram introduzidos pela Ilha de Marajó, e multiplicaram-se exponencialmente devido a sua capacidade de adaptação em diferentes regiões climáticas e em solos de baixa fertilidade e drenagem da água, convertendo forragens nativas que são alimentos fibrosos, em maior ganho de peso e produtos de alto valor proteico, carne e leite (VIEIRA et al., 2011).

Pela sua adaptação, força e resistência, os búfalos domésticos passaram a ser utilizados não somente para produção de leite e carne, como para tração em terrenos pantanosos e inundados como ocorre no norte do Brasil, reduto inicial da criação (OLIVEIRA et al., 2013) e atualmente a criação disseminando em todo o país, com um enfoque cada vez maior em seus produtos de grande valor agregado nutricionalmente.

Com o conhecimento das potencialidades dos búfalos e as vantagens provindas em sua criação, a bubalinocultura tornou-se uma opção de escolha na pecuária brasileira, principalmente em áreas que os bovinos não apresentam desempenho considerável, como áreas inundáveis, solos com baixa fertilidade ou pastagem de baixo valor biológico, porém é preciso ressaltar que mesmo sendo uma espécie com grande capacidade de adaptação climática, o calor ainda é um dos principais fatores de estresse térmico dos animais, podendo ocasionar distúrbios biológicos, prejudicando o desenvolvimento dos animais, fertilidade e produção, principalmente para animais criados a pasto sem acesso a áreas de sombreamento (GARCIA et al., 2011).

A criação de búfalos associada ao pensamento de animais rústicos, faz com que a preocupação com bem-estar animal, por exemplo sua zona de conforto térmico, seja muito baixa, tornando um dos desafios da criação de búfalos para corte no Brasil.

Classificada como alimentos saudáveis, por suas propriedades proteicas e menor índice de perfil lipídico, a carne de búfalo apresenta características físico-químicas e sensoriais semelhantes a carne bovina. Dentre as características físico-químicas os parâmetros a serem considerados são teor de umidade, minerais, pH e perda por cocção e das características dos parâmetros sensoriais considerados são suculência, sabor, aroma, maciez, textura e cor (SILVA et al., 2014).

Animais com idade inferior a 2 anos de idade são um referencial para obtenção de uma carne com parâmetros desejáveis como cor, maciez e suculência (KIRAN et al., 2016).

A composição muscular é de 212,67 mg/g de proteínas em carne de búfalos jovens e 222,67 mg/g de proteína em carne de búfalos mais velhos e com uma composição lipídica de 20,81% em búfalos mais jovens e 21,87% em búfalos mais velhos (KIRAN et al., 2016) com gordura sendo presentes mais como em forma de gordura subcutânea do que gordura entremeada, a carne bubalina demonstra um perfil de baixo ácidos graxos saturados e maior perfil de ácidos graxos poli-insaturados (ômega 3), características consideradas extremamente desejáveis pelo consumidor quando comparadas com a gordura presentes na carne bovina e suína (LUZ; ANDRIGHETTO, 2013).

A carne de búfalo também pode ser classificada em relação a suas boas concentrações de aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais. Aminoácidos essenciais tem uma concentração que varia de 8,52 a 10,36 mg para cada 100g de carne, sendo esses: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina e triptofano e aminoácidos livres variaram em 155,79 a 181,78 mg /100g, destes a maior proporção foi de ácido glutâmico, 34,66-45,76% e alanina. A concentração de aminoácidos não essenciais foi de 3,36 a 5,01 mg/100g, destacando Etanolamina, B-alanina e ornitina, sendo a concentração de carnosina e anserina 50% do total dos mesmos (TAMBURRANO et al., 2019).

2.3 Criação atual de búfalos

A partir da década de 80, ocorreu uma expansão da criação de búfalos em “vazios pecuários”, que eram áreas de pastagens não propícias para a criação de bovinos. O desenvolvimento promissor do gado bubalino nessas áreas se deu pela não necessidade de manejo específico para alcançar bons índices zootécnicos para conversão alimentar, fertilidade, além da dupla aptidão de produção e o uso de pastagens sem presença de cercas altas (COURA et al., 2021).

Com a expansão da bubalinocultura por todo o Brasil, estudos têm sido desenvolvidos para modernizar o sistema de produção e contribuir positivamente com o bem-estar animal. Como exemplo a criação de búfalos em sistemas silvipastoris, como forma de trazer conforto térmico aos animais que possuem uma pelagem escura (GARCIA et al., 2011), principalmente em áreas de pastagens que não contam com uma região de água para os animais se refrescarem, com comportamento adaptativo da espécie. A maioria da criação dos animais é feita em regime extensivo, não contando com áreas de sombreamento.

O mercado consumidor tem se preocupado cada vez mais com a qualidade dos alimentos de origem animal, e um dos fatores que tem chamado a atenção do consumidor é o bem-estar dos animais utilizados na cadeia produtiva. As novas exigências dos consumidores impactaram diretamente na forma de criação de búfalos que antigamente por ser considerada uma produção sem necessidade de manejo e adaptável, sem avaliação quanto ao estresse térmico e muitas vezes inseridos em áreas onde bovinos não se desenvolveriam (FOGAÇA et al., 2017).

A expansão de estudos relacionados a estratégias para proporcionar bem-estar aos animais de forma a agradar a pressão do consumidor, mudando os sistemas de criação e de manejo dos animais, pode resultar numa melhor produção e qualidade dos produtos de origem bubalina, seja carne ou leite, devido à queda de estresse dos animais.

Na Itália, o Instituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno (IZSM), possui o projeto “Ruminant Welfare®” que engloba questões de bem-estar relacionadas aos animais, sendo este o único protocolo desenvolvido para a avaliação do bem-estar específico para a espécie *Bubalus bubalis*, em sistema

intensivo, com uso de um escore corporal adaptado dos bovinos para os bubalinos, além da avaliação dos 5 domínios do bem-estar animal que são correlacionados a nutrição, ambiente, saúde, comportamento e estados mentais, que é tudo aquilo que se refere aos fatores internos e externos que possam estimular os animais (ROSA et al., 2015).

O protocolo “Ruminant Welfare®” está sendo utilizado na avaliação de sistemas intensivos, todavia como quase toda produção de bubalinos no Brasil é feita sobre sistema extensivo, existe a necessidade de adaptação dos indicadores para ser utilizado no Brasil. Já há estudos que descrevem uma melhoria no bem-estar dos animais, avaliando frequência cardíaca e temperatura retal, com o uso de sistema silvipastoril, o qual fornece sombreamento e conforto térmico aos búfalos.

2.4 Criação zootecnicamente sustentável

A criação de búfalos tem se mostrado cada vez mais uma alternativa zootecnicamente importante para o setor da pecuária brasileira, com produtos dessa criação que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado seja para carne ou leite devido suas excelentes qualidades nutricionais (SILVA et al., 2021).

A bubalinocultura vem demonstrando ser uma criação que não precisa de áreas de pastagens que poderiam ser destinadas para alimentação humana e nem necessidade de fornecimento de rações a base de grãos que também competiriam com a nutrição humana (PEIXOTO et al., 2014).

Se destacando por ser utilizada em áreas vazias, seja por motivos de alterações pela degradação humana ou por serem terrenos que não possuem bom escoamento e ficam encharcados boa parte do ano, a criação de búfalos tem sido uma alternativa produtiva e benéfica socioeconomicamente para adequação de política sobre o uso da terra (SILVA et al., 2021).

2.4.1 Sistemas silvipastoris na Amazônia

A integração dos animais em áreas com estabelecimentos de árvores, seja elas para exploração de madeira ou de frutas, no qual essas forneceram aos animais um microclima favorável, devido ao sombreamento. Essa prática é amplamente utilizada em outros países, mas no Brasil vem chamando atenção nos últimos anos, principalmente por permitir utilizar diversas áreas da Amazônia que tiveram que ser destinadas para cultivo de culturas perenes com o esforço de recuperar áreas degradadas. Como citado anteriormente por sua condição de fácil adaptabilidade a diversas condições climáticas e capacidade de produção a partir de alimentos de baixo valor nutricional, estudos apontam que o desempenho produtivo dos búfalos sob as condições de sombreamento do sistema silvipastoril foi superior do que exposto ao sol totalmente, mostrando o potencial desse sistema integrado (MAGALHÃES et al., 2011).

Uma justificativa para esse melhor desempenho seria que os búfalos possuem alta concentração de melanina na pele e nos pelos, fazendo com ele absorva muito calor por radiação, porém com baixa concentração de glândulas sudoríparas o que dificulta a perda por calor por transpiração, e baixa concentração de pelos espalhados pelo corpo fazendo com que a pele fique mais exposta a radiação. Apesar de um sistema termorregulador eficiente, com limite de zona de conforto de 36°C, os búfalos demonstraram maior conforto nos microclimas que são formados pelas árvores, com a redução direta de incidência da radiação solar a temperatura, além de apresentarem maiores índices produtivos (SILVA et al., 2011).

Ainda foi analisada a qualidade da carne dos animais terminados no sistema silvopastoril com suplementação alimentar de resíduos agroindustriais como o coco e dendê após a extração do óleo e o farelo da palma ou palmiste, como fonte alternativa de carboidrato e proteína, porque além da contribuição com o ambiente, tem baixo custo, aumentando o lucro do produtor por cabeça, e grande disponibilidade no Oriente Amazônia Brasileira devido à alta extração de óleos (PEIXOTO et al., 2014).

Foram realizadas análises avaliando os parâmetros físico-químicos e sensoriais no músculo *Longissimus dorsi* dos búfalos, e foi observado em relação os parâmetros de pH, cor e maciez a carne se manteve dentro da classificação ideal e quanto ao teor de gordura um maior percentual de ácido graxos saturados, porém a razão de ácido graxos saturados e ácidos graxos poliinsaturados, ainda estavam na classificação de carnes saudáveis, com um valor de inferior a 0,45. Animais que receberam coco e óleo de palma apresentaram maior concentração de mirístico (C14:0) e ácidos palmítico (C16:0), sendo que ambos são classificados como hipercolesterolêmicos. Animais que receberam somente coco apresentaram maior concentração do ácido esteárico, considerado um ácido graxo neutro e ácido linoléico (C18:2), com propriedades que trazem benefícios à saúde humana (PEIXOTO et al., 2014).

É constatado em literatura que a carne provinda de animais criados em sistema extensivo, seja ele tradicional ou silvipastoril uma maior proporção de ácidos graxos que trazem benefícios à saúde humanos assim como alguns antioxidantes também estão presentes em maior concentração. Mesmo com o teor de ácidos graxos se apresentando um pouco mais elevado quando os búfalos passam a receber subprodutos de coco, dendê ou palma, ainda se classificam como carne saudável, sendo uma alternativa de proteína de qualidade para atender o aumento do consumo humano, demonstrando o potencial da criação de búfalos sob diferentes ambientes, com variáveis nutricionais e manejo (JOELE et al., 2013).

A suplementação alimentar com subprodutos agroindustriais na bubalinocultura, fornece uma alternativa mais barata ao produtor, que estará suprimindo as exigências nutricionais da criação, aliando a ocupação de áreas cada vez menos produtivas e que antes eram inutilizadas, com isso a criação de búfalos demonstra ter cada vez mais espaços no setor agropecuário gerando ganhos para os produtores, mostrando ser uma criação sustentável que poderá auxiliar cada vez mais na economia com sua cadeia produtiva (SANTOS et al., 2016).

3. Considerações finais

Essa revisão possibilitou demonstrar que mesmo a criação de búfalos gerando produtos de valor agregado, com ênfase na carne, com características nutricionais que permitem classificá-la como um alimento saudável, devido suas propriedades de uma carne com mais proteína, pouco teor de gordura e colesterol, ainda se faz necessário campanhas de incentivo político e marketing para aumento da comercialização e valorização deste produto.

A cadeia produtiva que envolve a bubalinocultura demonstra cada vez mais aspectos zootecnicamente sustentáveis, e com grande capacidade de lucro ao produtor quando atrelada a sistema silvipastoril, um sistema com sustentabilidade biológica, econômica e social, além do maior conforto térmico aos animais e por consequência maior produtividade. A integração dos sistemas promove um aumento na biodiversidade e na intensificação da agropecuária, como consequência maior exploração da carne e maior valor na propriedade.

Referências

BERTONI, A.; ÁLVAREZ-MACÍAS, A.; MOTA-ROJAS, D.; DÁVALOS, J. L.; MINERVINO, A. H. H. Dual-Purpose Water Buffalo Production Systems in Tropical Latin America: Bases for a Sustainable Model. **National Library of Medicine**, Maryland, v. 8, n. 11, Oct./ 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ani11102910>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

BROOM, D.M. Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 46, n. 8, p. 683-688, Ago. / 2017. Disponível em: <46(8):683-688, 2017>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

CAMARGO JUNIOR, R. N. C.; MARQUES, J. R. F.; MARCONDES, C. R.; ARAÚJO, C. V.; AGUIAR, J. F.; MARQUES, L. C.; RODRIGUES, A. E. Índices de eficiência reprodutiva de búfalos da Amazônia Oriental do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.64, n.4,

p.796-803, Ago./2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000400002>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2022.

CARVALHAL, M. V. de L.; COSTA, F. de O. Produção e bem-estar de búfalas (*Bubalus bubalis*) leiteiras: uma revisão. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 12, n. 3, Set./Dez. 2014. Disponível em: < <https://www.bufalo.com.br/home/wp-content/uploads/2016/01/dramonique.pdf>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2022.

COURA, R. A. N.; RODRIGUES, L. M.; CEACERO, T. M; RIBEIRO, B. P. V. B.; SOUZA, M. A. da S. Produção de búfalo no Brasil. **IV Semana de Ciência e tecnologia do IFMG Campus Bambuí**, Bambuí, Dez./2021. Disponível em: < [87.pdf\(ifmg.edu.br\)](87.pdf(ifmg.edu.br))>. Acesso em: 30 de janeiro de 2022.

CRUZ, L. de la C; JAIME, H. B.; GREGORIO, O.; MORALES, A. M. T.; RODEA, G. B.; SANTIAGO, R.; WAYTULA, M.; ROMERO, J. M. V. Effects of weaning on the stress responses and productivity of water buffalo in diferente breeding systems: A review. **Livestock Science**, Cidade do México, v. 226, p. 73-81, May. 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141319302860?via%3Dihub> >. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

DI STASIO, L.; BRUGIAPAGLIA, A. Current Knowledge on River Buffalo Meat: A Critical Analysis. **Animals**, Switzerland, v. 11, n. 7, art. 2111, Jul./ 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ani11072111>>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

EL DEBAKY, H. A.; KUTCHY, N. A.; UL- HUSNA, A.; INDRIASTUTI, R.; AKHTER, S.; PURWANTAR, B.; MEMILI, E. Review: Potential of water buffalo in world agriculture: Challenges and opportunities. **Applied Animal Science**, v. 35, n. 2, p. 255- 268, Abril/2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01810>>. Acesso em: 26 de abril de 2022.

FOGAÇA, J. L.; DANTAS, A.; VETTORATO, M. de C.; FERNANDES, M. A. R.; FERREIRA, C. G.; MACHADO, V. M. V. Base Conceitual para avaliação comportamental e do bem-estar de búfalas leiteiras. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 24, n. 3, p. 105-117, Sept. /2017. Disponível em: < <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/issue/view/7/5>>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; JÚNIOR, J. de B. L.; NAHÚM, B. de S.; ARAÚJO, C. V.; SANTOS, A. X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 46, n. 10, p. 1409-1414, Out./2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000039>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2022.

GEB, G. K.; NAHAR, T.N.; DURAN, P. G.; PRESICCE, G.A. Safe and sustainable traditional production: the water buffalo in Asia. **Frontiers in Environmental Science, Suíça**, v. 4, n. 38, Maio /2016. Disponível em: <[doi:10.3389/fenvs.2016.00038](https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00038)>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

GREGORY, L.; ROSSI, R. S.; MENDES, J. P. G.; NEUWIRT, N.; MARQUES, E. C.; MELVILLE, P. A.; MONTEIRO, B. M. Ocorrência dos principais agentes bacterianos e parasitários em fezes diarreicas de bezerros búfalos nos estados de São Paulo e Paraná. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 2, p. 180-185, Apr.- Jun. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1808-1657001122012>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1&u2=1>>. Acesso em: 02 de abril de 2022.

JOELE, M. R. S. P.; JUNIOR, J. de B. L.; FATURI, C.; GARCIA, A. R.; NAHÚM, B. S.; LOURENÇO, L. F. H.; OLIVEIRA, K. C. C. Sistemas silvipastoril e tradicional na Amazônia Oriental - produção e qualidade da carcaça e carne de búfalos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2457-2464, Set./Out. 2013. Disponível em: <[0.5433/1679-0359.2013v34n5p2457](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2457)>. Acesso em: 30 de janeiro de 2022.

JOELE, M. R. S. P.; LOURENÇO JUNIOR, J. de B.; NAHUM, B. S.; NERES, L. de S.; LOURENÇO, L. de F. H.; RODRIGUES, E. C. N.;

KIRAN, M.; NAVEENA, B. M.; REDDY, K. S.; SHAKIHUMAR, M.; REDDY, V. R.; KULKARNI, V.V.; RAPOLE, S.; MORE, T. H. Understanding tenderness

variability and ageing changes in buffalo meat: biochemical, ultrastructural and proteome characterization. **Animal- The International Journal of animal Biosciences**, Amsterdã, v. 10, n. 6, p. 1007-1015, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1017/S1751731115002931> >. Acesso em: 13 de outubro de 2021.

LUZ, P. A. C da; ANDRIGHETTO, C. Características da carne bubalina e benefícios da maturação sobre a sua qualidade. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 413-420, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.7213/academico.011.004.AO08> >. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A. Desempenho produtivo de búfalos em sistemas silvipastoris na Amazônia brasileira. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 5, n. 27, 2011. Disponível em: < <https://www.pubvet.com.br/uploads/8a1a1d572336c8739a3471ba980b4862.pdf> >. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

MARQUES, C. S. S.; OAIGEN, R. P.; MORAES, C. M., SANTOS, M. A. S. S.; JÚNIOR, J. B. L.; ABEL, I. Perfil dos consumidores da carne de búfalo, em Belém, Pará, Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 9, n. 2, p. 126-133, Mossoró, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.21708/avb.2015.9.2.4662>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

NAVEENA, B.M.; KIRAN, M. Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. **Animal Frontiers**, v. 4, n. 4, p.18-24, Oct. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.2527/af.2014-0029>>. Acesso em: 26 de abril de 2022.

OLIVEIRA, J. P. F. de; RANGEL, A. H. do N.; BARRETO, M. L. de J.; ARAÚJO, V. M. de; JÚNIOR, D. M. de L.; NOVAES, L. P.; AURELIANO, I. de P. L. Temperamento de búfalas em sala de ordenha sobre índices produtivos e adaptabilidade ao ambiente: uma revisão. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v. 1, n. 1, p. 20-29, Jul/2013. Disponível em: <

https://www.researchgate.net/profile/Adriano-Rangel-2/publication/304524618_Temperamento_de_bufalas_em_sala_de_orderha_sobre_indices_produtivos_e_adaptabilidade_ao_ambiente_uma_revisao/links/5779081408aead7ba0763dd6/Temperamento-de-bufalas-em-sala-de-orderha-sobre-indices-produtivos-e-adaptabilidade-ao-ambiente-uma-revisao.pdf>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

PEIXOTO, J. M. R. S.; JÚNIOR, L. J. B.; LOURENÇO, L. F. H.; AMARAL, R. S. C.; MELLER, L. H. Buffalo meat from animals fed with agro industrial products in eastern Amazon. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 63, n. 242, 2014. Disponível em: < <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/552/527> >. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. de; FREITAS, R. T. de; BRESSAN, M. C., TEIXEIRA, J. C. Rendimento do Abate e Caraça de Bovinos e Bubalinos Castrados e Inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 663-671, 2003. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbz/a/zMdQbMspC3tKcsbp69f5jsv/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em 08 de outubro de 2021.

ROSA, G. de; GRASSO, F.; WINCKLER, C.; BILANCIONE, A.; PACELLI, C.; MASUCCI, F.; NAPOLITANO, F. Application of the Welfare Quality protocol to dairy buffalo farms: Prevalence and reliability of selected measures. **American Dairy Science Association**, Illinois, v. 98, n. 10, p. 6886-6896, Jun./2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9350>>. Acesso em: 29 de abril de 2022.

SANTOS, C. L. R. dos; JÚNIOR, J. B. dos S.; CUNHA, M. C. da; NUNES, S. R. F.; BEZERRA, D. C.; JÚNIOR, J. R. de S. T.; CHAVES, N. P. Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 83, p. 1-8, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1808-1657000022014> >. Acesso em 08 de outubro de 2021.

SILVA, F. L.; SILVA, T. dos S.; VARGAS, F. C.; FRANZOLIN, R. Scientific Note: Physicochemical parameters and sensory acceptance of buffalo burgers as compared to beef burgers. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas,

v. 17, n. 4, p. 340-344, Out. - Dez. 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.2614> >. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

SILVA, J. A. R. da; ARAÚJO, A. A. de; JÚNIOR, J. de B. L.; SANTOS, N. de F. A. dos S.; GARCIA, A. R.; NAHÚM, B. de S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1364-1371, Out. 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000033> >. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

SILVA, J. A. R. da; GARCIA, A. R.; ALMEIDA, A. M. de; BEZERRA, A. S.; JUNIOR, J. de B. L. Water buffalo production in the Brazilian Amazon Basin: a review. **Trop Anim Health Prod**, Califórnia, v. 53, art. 343, Jun. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02744-w> >. Acesso em: 27 de abril de 2022.

TAMBURRANO, A.; TAVAZZI, B.; CALLÀ, C. A.M.; AMORINI, A. M.; LAZZARINO, G.; VINCENTI, S.; ZOTTOLA, T.; CAMPAGNA, M. C.; MOSCATO, U.; LAURENTI, P. Biochemical and nutritional characteristics of buffalo meat and potential implications on human health for a personalized nutrition. **Italian Journal of Food Safety**, Pavia, v. 8, n. 3, Sep. 2019. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784592/> >. Acesso em: 13 de outubro de 2021.

VIEIRA, J. N.; TEIXEIRA, C. S.; KUBARA, M. Y.; OLIVEIRA, D. A. Bublinocultura no Brasil – Short communication. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 5, n. 2, 2011. Disponível em: < <https://pdfs.semanticscholar.org/2acc/e858e9cb5e9ff4743c64d32f1cfd38829106.pdf> >. Acesso em: 27 de janeiro de 2022.

Sistemas de criação de equinos com vistas ao bem-estar e sustentabilidade

Equine breeding systems with a view to welfare and sustainability

Júlia de Ávila, Roberta Ariboni Brandi

1. Introdução

O comportamento natural dos equinos apresenta um convívio em grupo com divisão hierárquica e tempo médio de pastejo de 16h por dia com intervalos de ócio. Nesses intervalos eles realizam atividades sociais, fazem suas caminhadas e descansam. Quando livres, consomem uma vasta diversidade de forragens sempre explorando os alimentos disponíveis e buscando novas áreas de pastejo fazendo com que sua demanda nutricional seja suprida somente com volumoso (BERG et al., 2015).

Maior parte da criação de equinos, no Brasil se baseia em pastejo, sendo a maioria voltada para trabalho e criações independente. (REZENDE, 2015). Porém como o crescente número de animais e a utilização dos mesmos em diversas áreas, desde trabalho ao esporte, tornou-se mais viável a criação em estábulos devido a facilidade do controle e cuidado dos mesmos. Embora esse sistema de criação tenha facilitado o manejo para os criadores, quando feito sem os cuidados corretos pode acarretar em distúrbios por estresse nos animais atribuídos a erro na alimentação e tempo de permanência na baia (CANAL JÚNIOR, 2015).

Para que os cavalos mantenham seu bem-estar em sistema de confinamento é importante o fornecimento de volumoso em diferentes horários do dia, inclusive durante a noite, isso faz com que o animal diminua seu tempo de ócio e tenha uma maior conexão com seu hábito natural. Em criações a pasto, em áreas pequenas, a rotação programada é uma saída interessante por maximizar a produção e conservar melhor a pastagem.

O objetivo desta revisão foi levantar informações sobre as formas de criação de equinos e os sistemas de manejo de pastagens possibilitando aumentar a

produtividade das forrageiras para a criação extensiva de cavalos em áreas menores, considerando seu bem-estar e necessidades nutricionais.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google acadêmico e Science Direct, utilizando as palavras-chave: comportamento natural, criação a pasto, sustentabilidade, equinos, implantação de forrageiras, análise econômica, entre os anos de 2011 e 2022.

2.1 Comportamento natural de equinos em pastejo

Cavalos são animais herbívoros pastejadores, monogástricos adaptados a digestão de fibras, com digestão feita em duas etapas. Na parte pré-cecal, formada pelo estômago e intestino delgado, ocorre a ação enzimática, na parte pós-ileal ocorre a ação microbiana e é formada pelo intestino grosso. Na etapa pós-ileal, o processo que ocorre se assemelha a digestão dos ruminantes já que as bactérias fermentam o volumoso devido ao tamponamento de ácidos graxos e, assim como os ruminantes, os cavalos consomem as proteínas microbianas geradas nesse processo. (MÜLLER, 2012).

Os equinos passam aproximadamente 16h do dia pastejando, devido ao estômago relativamente pequeno eles consomem pequenas quantidades em maiores frequências. Sendo assim, o tempo de pastejo é dividido em vários intervalos de até 4h entre eles, durante o ócio os animais interagem entre si, caminham e buscam abrigos para descanso. (BURLA et al., 2016).

Quando em pastejo, apresentam de 20 a 30 bocados por minuto, número que varia de acordo com o alimento disponível e a categoria do animal. Éguas em lactação e cavalos atletas tendem a apresentar maior número de bocados. O tempo de pastagem também pode variar de acordo com a exigência do animal, forrageira disponível e disponibilidade de alimento. Forrageiras com menor aceitabilidade geram maiores tempos de pastejo já que o animal precisa selecionar quais folhas consumir (ZANINE, 2009).

Segundo Harris et al (2017) a quantidade mínima de volumoso deve ser de 1,25% do peso vivo, ideal de 1,5% do peso vivo (em base de matéria seca) e pode atingir até 3,2% do peso vivo (NRC, 2007).

Quando criados a pasto, os equinos possuem comportamentos mais próximos do natural e que são influenciados por fatores como clima, manejo, qualidade e disponibilidade de forragens, idade, sexo, hierarquia, categoria do animal, entre outros. O comportamento ingestivo dos cavalos está diretamente relacionado a energia de manutenção e características da forragem, como a altura, estrutura e qualidade nutricional. Esses pontos fazem com que o tempo de pastejo, dinâmica da área, desempenho do animal e frequência do consumo se alterem dependendo da situação. (SÁ et al., 2020).

2.2 Sistemas de criação de equinos e suas implicações

A extensão territorial do Brasil e o clima faz com que o país tenha favoráveis condições na utilização de pastagens para as criações e como a alimentação dos equinos pode ser suprida com 100% de volumoso, gerando bom desempenho ao animal, maior parte da criação de equinos, no Brasil se baseia em pastejo, sendo a maioria voltada para trabalho e criações independente. (REZENDE, 2015).

Entretanto, o aumento da utilização de cavalos para esportes e lazer fez com que os animais desses nichos passassem a ser mantidos em baias devido a facilidade que esse método traz visando controle de peso, alimentação e cuidados gerais, além de tornar possível a criação de uma maior quantidade de cavalos num espaço menor (CANAL JÚNIOR, 2015). Entretanto, a estabulação dos cavalos, se feita de forma incorreta acaba afetando o bem-estar, que é analisado por alguns indicadores como: necessidades, felicidade, adaptação, sentimentos, liberdades (sanitária, fisiológica, ambiental, psicológica e comportamental), ansiedade, saúde, capacidade de previsão, dor e estresse. (AZEVEDO et al., 2020).

Os animais, quando estabulados, passam por mudanças em seus hábitos alimentares e comportamentais. Essas mudanças estão relacionadas com a

diminuição do contato com outros cavalos e a forma de disponibilidade de alimentos, que passa a ser fornecida de 2 a 3 vezes por dia e de forma localizada, diminuindo o hábito de locomoção e busca pelo mesmo. Nesse tipo de criação os animais passam a receber o concentrado de forma a suprir de forma mais rápida as necessidades nutricionais, com animais em diferentes idades e categorias a dieta deve ser feita de forma individual. (BURLA et al., 2016). A estereotipia é o nome dado para a mudança de comportamento dos cavalos quando eles passam a se expressar de forma obsessiva e repetitiva e, esses comportamentos são dados devido a diversos fatores, como por exemplo: falha de manejo, restrição alimentar, restrição de espaço e restrição de contato visual. (STEINER et al., 2013). Os comportamentos estereotipados mais frequentes observados nos cavalos são: lignofagia, aerofagia, comer a cama, movimentos laterais repetitivos, escoicear a baia e movimentos aleatórios. (ZULUAGA et al., 2018). Motivos como tédio, solidão e frustração podem ser motivo para o desenvolvimento de estereotípias também. (PELOSO, 2012).

Uma saída para reduzir o estresse e ócio, evitando comportamentos estereotipados de animais confinados é a implementação de enriquecimento ambiental já que ele gera estímulos parecidos ao que o animal expressaria em hábitos livre, com isso, essa técnica melhora significativamente o bem-estar dos animais de produção. (RICCI et al., 2017). A utilização de redes para alimentação é uma das técnicas de enriquecimento ambiental utilizada para que os cavalos reduzam o tempo de ócio e aumentem seu tempo de alimentação quando confinados, aumentando esse tempo em até 2h a mais em comparação ao fornecimento de feno ao cocho. (ROCHAIS et al, 2018).

Entretanto, são necessários alguns cuidados na hora da implantação das redes para alimentação como, por exemplo, o tamanho dos furos, que não devem ser muito pequenos, para que não cause frustração nos cavalos por não conseguirem obter o alimento. (ELIS; REDGTE, 2015). Outro ponto que demanda atenção são as forrageiras fornecidas para alimentação dos equinos, seja ao cocho, pasto ou nas redes para alimentação, as forrageiras do gênero *Cynodon* são as mais utilizadas devido ao seu crescimento estolonífero, que é mais resistente ao

pisoteio, alto valor produtivo e nutritivo e apresentam alta aceitabilidade pela espécie. (SILVA; UNANIAN, 2011). Outras forrageiras como as do gênero *Panicum* podem ser oferecidas desde que haja acompanhamento e cuidado com a quantidade fornecida e a qualidade nutricional pois possuem altos níveis de oxalato e amido, o que pode acarretar problemas graves para os cavalos. (OLIVEIRA et al., 2014).

2.3 Sustentabilidade aplicada na criação a pasto

Mesmo com alternativas para melhorar a qualidade de vida de cavalos confinados, a criação a pasto é a que mais se assemelha com seus hábitos de vida livre, porém com a criação em sistema extensivo e o manejo incorreto das áreas, é necessário a expansão de pastagens para o aumento da produção, entretanto, essa expansão pode-se tornar algo negativo quando estendida para áreas de vegetação natural. (DIAS-FILHO, 2013). Quando se utiliza a pastagem de forma indevida, sem controle da taxa de lotação nem manejo das forrageiras, as pastagens se degradam e faz com que produtores, sem acompanhamento profissional, busquem novas áreas ao invés de revitalizar e otimizar a pastagem já existente. (DIAS-FILHO, 2017).

Um ponto importante que influencia na degradação e necessidade de aumento de áreas de pastejo é o comportamento de forrageamento, ele determina o consumo do animal e varia de acordo com a qualidade da forrageira fornecida já que o animal irá consumir de acordo com sua exigência nutricional. (FORTIN et al., 2015).

A resposta da qualidade da forrageira pode variar por diversos motivos, inclusive pela interação forragem, animal e meio ambiente e, para que essa resposta seja positiva é necessário a gestão sustentável da pastagem. Para que o pasto atenda as exigências é importante que o manejo de cultivo e lotação de pastagem estejam alinhados entre si já que, a falha em um desses pilares pode acarretar prejuízos financeiros além de afetar a qualidade nutricional que o cavalo exige. (ALVES et al., 2021).

Segundo Souza et al. (2018) para que a pastagem atinja a demanda necessária do animal é importante que a forrageira seja de boa qualidade e possua alta aceitabilidade. Para que a forrageira se estabeleça é importante que o manejo da pastagem respeite o método de plantio, a altura de entrada e saída dos animais, taxa de lotação, a correção do solo, sendo que a fertilidade é responsável por 50% do sucesso da pastagem. Uma prática de manejo de grande importância que aumenta a capacidade de suporte animal e melhora o desempenho é a utilização de fertilizantes, entre eles, tem-se os fertilizantes nitrogenados em primeiro plano já que ele desempenha um importante papel no desempenho de características morfogênicas como o desenvolvimento de perfilhos e folhas. (FAGUNDES et al., 2011). Algumas técnicas, além do manejo básico de pastagem, auxiliam na maximização da produtividade das forrageiras, entre as principais tem-se o sistema de consórcio onde duas ou mais espécies são cultivadas juntas na mesma área que, quando feito com as espécies corretas apresenta mudanças morfológicas nas plantas como o aumento de área foliar e tamanho do dossel, isso trará um aumento na qualidade e oferta nutricional da área. (QIAN et al., 2018). A utilização de cobertura morta torna-se uma boa alternativa visando o aumento da produtividade da pastagem pois sua presença melhora as condições do solo, agindo como um adubo e facilitando o crescimento da cultura com maior qualidade. (ALVES et al., 2018). Por interferir diretamente no crescimento das pastagens, a irrigação é uma prática muito importante, de acordo com um estudo as características morfofisiológicas das gramíneas melhoram de forma diretamente proporcional com maiores lâminas de irrigação. (QUEIROZ et al., 2015).

Analisando os requisitos de implantação de pastagem junto com o hábito de pastejo constante e rente ao solo dos equinos, as forrageiras do gênero *Cynodon* são as mais utilizadas devido ao seu crescimento estolonífero, que é mais resistente ao pisoteio, alto valor produtivo e nutritivo e apresentam alta aceitabilidade dos cavalos. (SILVA; UNANIAN, 2011). As espécies do gênero *Cynodon* possuem características nutricionais mais compatíveis com as exigências nutricionais equinas, fazendo com que eles supram suas necessidades

de uma forma mais eficiente do que demais espécies. (SOUZA et al., 2018). Segundo Gonçalves et al., (2002) são bem recomendadas para pastejo por terem alta capacidade de produção de matéria seca, e uma relação folha: colmo que traz uma boa resposta na qualidade nutritiva, atendendo as exigências nutricionais dos animais em forma de pasto ou feno.

Como as espécies do gênero *Cynodon* são conhecidas e não apresentaram mudanças recentes, não há dados recentes sobre implantação e manejo, para que sua implantação seja bem-sucedida alguns passos devem ser seguidos como: preparo correto do solo, plantio em solo úmido, escolha de mudas recém colhidas, compactação pós-plantio e adubação de cobertura. Além disso, seu plantio pode ser feito tanto a lanço quanto em sulcos, na primeira situação recomenda-se a utilização de 4 a 5 t/ha, já na segunda, 2500 kg/há e respeitando a profundidade média de 10cm e distanciamento de linhas de 50cm. (RODRIGUES et al., 1998).

Em relação ao manejo de entrada e saída dos animais no pasto e taxa de lotação, com forrageiras do gênero *Cynodon* tem-se dados diferentes de acordo com o método de pastejo, para lotações intermitentes recomenda-se um pastejo com altura média de 10cm de corte com período de descanso de 30 dias na época de água e 42 dias na época de seca com uma taxa de lotação variável entre 7 a 8 unidades de animal (ua) por hectare. Tendo em vista uma lotação contínua, recomenda-se um pastejo com altura de corte entre 10 a 20cm e com uma taxa de lotação média de 2 UA por hectare. (FREIRIA et al., 2014). Embora existam valores médios sobre a taxa de lotação é importante que seja feito o cálculo correto para analisar a relação correta de animais por área, esse cálculo deve ser feito utilizando-se os dados de área total, tamanho do piquete, produção de matéria seca e consumo por animal. (OLIVEIRA, 2006).

Outra saída que pode aumentar a produtividade da área de pastejo é a utilização do pastejo rotacionado, nesse sistema tem-se áreas divididas em piquetes que são alternados entre tempo de pastejo e descanso, ou seja, enquanto os animais estão em um determinado piquete, os demais passam pelo seu período de descanso e rebrota, depois desse período os animais trocam de piquete para que o antigo em uso passe pelo descanso. Com esse método é possível ter maior

controle do pasto além de obter-se um pastejo uniforme com maior eficiência produtiva. (MUNIZ et al., 2014).

Com isso nota-se que as forrageiras têm sua qualidade relacionada ao método e manejo de pastejo aplicado por isso podem apresentar respostas negativas e positivas a partir do pastejo. Quando os pastejos são realizados em períodos mais curtos e com a taxa de lotação adequada para a área, obtém-se respostas positivas pois a forrageira após a desfolha ativa mecanismos compensatórios que estimulam que os nutrientes dos colmos subam para as folhas e assim, haja a rebrota com as quantidades corretas de nutrientes, já a resposta negativa se dá pelo nível intenso de pastejo que prejudica a rebrota das folhas, altura do dossel e alongamento do colmo e, também o pisoteio que pode até matar as gramíneas caso não haja um controle e um manejo de adubação. Para conciliar a qualidade do pasto, capacidade de rebrota, nutrição e bom desempenho dos cavalos é importante que todas as etapas sejam bem calculadas e manejadas. (ALVES et al., 2018).

3. Considerações Finais

Com o passar dos anos os cavalos passaram a ser cada vez mais utilizados pelos homens em atividades variadas, desde o esporte até a lida ou lazer e esse aumento fez com que alguns criadores passassem a mantê-los estabulados por ser mais viável economicamente, mais prático e aumentar a relação cavalo/m². Porém, quando estabulados, os equinos podem passar por privações de suas liberdades passando por uma brusca mudança de hábitos já que passam mais tempo em ócio ou dormindo e recebem alimento com menos frequência e de forma localizada e essa mudança, caso não seja feita de forma adequada e com adaptações para que o animal seja privado de seu comportamento natural, faz com que eles desenvolvam estereotípias devido ao tédio, estresse e até mesmo solidão.

Ao analisar as vantagens e desvantagens dos sistemas de criações utilizados para equinos, juntamente com indicadores de bem-estar e expressão de hábitos naturais comportamentais e alimentares, a criação a pasto torna-se mais

favorável para os animais, entretanto, pode ainda ser um problema para os criadores já que, quando os pastos são formados e manejados sem os cuidados certos e com taxa de lotação mal calculada acaba perdendo sua qualidade rapidamente podendo sofrer danos quase irreversíveis, o que faz com que os criadores expandam mais terras para manter os animais e essa expansão pode ser prejudicial para a região e meio ambiente.

Quando a oferta de forragem é feita de maneira adequada e estratégica têm-se benefícios tanto para o bem-estar do animal quanto para a sustentabilidade do pasto. O manejo correto da forrageira aumenta sua produtividade de matéria seca por hectare, acarretando no aumento da taxa de lotação devido a maior disponibilidade de forragem de alta qualidade nutricional. Além da importante relação do manejo de implantação com a qualidade nutricional da forragem, outra técnica que pode ser inserida para aumentar a produtividade e sustentabilidade é a utilização o pastejo rotacionado, esse método baseia-se na separação da área total em piquetes e, essa separação resulta em maior produtividade devido a disponibilidade de forrageira em diversas épocas e qualidade nutricional alta gerada pelo tempo de descanso que os piquetes vazios passam para que haja rebrota de forma adequada..

Outro ponto que pode aumentar a eficiência produtiva da área no método de pastejo rotacionado é a utilização do tempo de descanso dos piquetes para a recuperação da área de latrina. Devido à alta seletividade de pastejo dos equinos, eles acabam separando uma área própria para as fezes dentro do próprio piquete, porém, essa separação acaba tornando a área de latrina uma área perdida para pastejo, mas, durante o manejo rotacionado essas fezes podem ser espalhadas para que, quando os animais retornem ao piquete, não reconheçam onde era a antiga área, essa técnica além de manter todo o piquete produtivo ainda auxilia na adubação da área

A criação a pasto de equinos resulta em animais com maior eficiência e com menos comportamentos de estresse, gerando maior produtividade e facilidade de manejo, além disso pode ser algo positivo e sustentável. Entretanto, nos dias atuais a maioria das propriedades ainda mantém os cavalos estabulados. As

informações sobre esse método de criação ainda são escassas então é de suma importância que haja mais pesquisas relacionadas a importância da criação a pasto, técnicas recomendadas, manejo correto, cálculos de taxa de lotação, forrageiras indicadas e as vantagens que isso pode trazer para a relação homem-animal e animal-ambiente.

Referências

ALVES, Cleber Pereira et al. Respostas morfofisiológicas de plantas forrageiras sob manejo de lavoura e pastejo: Uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 6, 2021.

ALVES, Hygor Kristoph Muniz Nunes et al. The application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of forage cactus: A review. **Amazonian Journal of Plant Research**, 2(3), 207-220.

ANJOS, Amanda Nunes A.assis; LEME, Denise. Pereira. Práticas de manejo alimentar de equinos estabulados na Ilha de Santa Catarina. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR. [S.L.], v. 12, n. 2, p. 113, 15 abr. 2014. BERG, M. D.et al. Browse-related behaviors of pastured horses in Australia: a survey. **Journal Of Veterinary Behavior**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 48-53, jan. 2015.

AZEVEDO, Hierro Hassler Freitas *et al.* Bem-estar e suas perspectivas na produção animal. **Pubvet**, [s. l.], v. 14, ed. 01, p. 128, janeiro 2020.

BURLA, J. B. et al. Effects of feeding management and group composition on agonistic behaviour of group-housed horses. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.L.], v. 176, p. 32-42, mar. 2016.

CANAL JÚNIOR. A influencia do tempo de estabulação no comportamento de equinos da raça. **Unoesc & Ciência - ACET**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 201–208, 2015.

DIAS-FILHO, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **rev. atual. e ampl.** Belém. n.4, p.215, 2011.

DIAS-FILHO, M.B. Degradação de pastagens: o que é e como evitar **Embrapa**, Brasília, DF 2017.

ELLIS, A.D.; REDGATE, S. The effect of presenting forage in multi-layered haynets and at multiple sites on night time budgets of stabled horses. **Applied Animal Behaviour Science**, V. 171, pp.108-116, out 2015.

FAGUNDES, J. L. et al. Capacidade de suporte de pastagens de capim-tifton 85 adubado com nitrogênio manejadas em lotação contínua com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2651-2657, 2011.

FORTIN, D. et al. Temporal dynamics in the foraging decisions of large herbivores. **Animal Production Science**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 376, 2015.

FREIRIA, L.B. et al. Impacto da adubação nitrogenada nas características morfofisiológicas de gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Cynodon* em pastejo e corte. **PUBVET**, Londrina, V. 8, N. 8, Ed. 257, Art. 1706, Abril, 2014.

GONÇALVEZ, G. D. et al. Produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte durante o ano. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1163-1174, 2002.

MÜLLER, C. E. Equine digestion of diets based on hay-lage harvested at different plant maturities. **Animal Feed Science and Technology**, v.177, n. 1-2, p. 65-74, 2012.

MUNIZ, R. A. *et al.* Balanço de energia e evapotranspiração do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado. **Revista brasileira de meteorologia**, [s. l.], v. 29, ed. 01, p. 47-54, 2014.

OLIVEIRA, C. M. M. et al. Cólica em equídeos no Rio Grande do Norte: estudo retrospectivo dos principais achados clínicoepidemiológicos de 25 casos. **Acta Veterinaria Brasílica**, Mossoró, v. 8, n. 4, p. 290-294, out. 2014

OLIVEIRA, P. P. A. Dimensionamento de piquetes para bovinos leiteiros em sistema de pastejo rotacionado. Comunicado técnico no. 65. **Embrapa**, São Carlos, SP 2006

PELOSO, J. G. Biology and management of muscle disorders and diseases. In: **Equinesurgery**. WB Saunders, 2012. p. 1180-1189.

Qian, X., et al. Relay strip intercropping of oat with maize, sunflower and mung bean in semi-arid regions of Northeast China: yield advantages and economic benefits. **Field Crops Research**, 223, 33-40, 2018

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 19, n. 10, p. 931-938, out. 2015

RICCI, G. D.; et al. Enriquecimento ambiental e bem-estar na produção animal. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 324-331, 2017.

RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R.A; SOARES FILHO, C.V. Estabelecimento de pastagens de Cynodon. In: PEIXOTO, A.M.; DE MOURA, J.C.; DE FARIA, V.P.(Eds.). Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross, e Estrela. **Simpósio sobre Manejo de Pastagem**, 15. Anais...Piracicaba, SP, FEALQ, p.115-128. 1998.

ROCHAIS, C. et al. “Hay-bags” and “Slow feeders”: Testing their impact on horse behaviour and welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, V. 198, p.52-59, jan 2018.

SÁ, C. L. et al. Comportamento ingestivo de equinos em pastagens com Panicum maximum Jacq. na região do semiárido de Minas Gerais. **Medicina Veterinária (Ufrpe)**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 133-140, 25 ago. 2020.

SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M. Criação de equinos: manejo reprodutivo e da alimentação. **Embrapa-SPI/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2011.

SOUZA, E. L. et al. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade: bovinocultura, equideocultura, forragem, ovino caprinocultura, produção. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 4, n. 15, p. 8271-8284, ago.

2018. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-473.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

STEINER, D. et al. Aerofagia em equinos: revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 16, n. 2, 2014.

ZANINE, A.M. et al. Comparison of food habit of horses and mules under grazing. **Arch. zootec.** Córdoba, v. 58, n. 223, p. 459-462, sept. 2009 .

ZULUAGA, Angélica M. *et al.* Frequency of abnormal and stereotypic behaviors in urban police patrolling horses: A continuous 48-hour study[□]. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, Colombia, v. 31, ed. 01, p. 17-25, 2018.

Adubação nitrogenada: mocinho ou vilão para a sustentabilidade dos sistemas de produção em pastagens?

Nitrogen fertilization: a good guy or a villain for the sustainability of pastures production systems?

Letícia Lipi Mello, Lilian Elgalise Techio Pereira

1. Introdução

As pastagens ocupam a maior parte das áreas agricultáveis em todo o mundo, e no Brasil esse ecossistema é de grande importância para a pecuária nacional. Atualmente, os sistemas agrícolas além de rentáveis devem ser sustentáveis, de forma a reduzir os problemas ambientais decorrentes (PIMENTEL, 2012). Isso se deve ao seu vasto território e às condições climáticas favoráveis. Porém, nota-se que culturalmente instaurou-se o comportamento de uma produção extensiva e de baixo investimento, o que a longo prazo gerou extensas faixas de terra de pastagem em estado de degradação. Isso, além de causar a queda do potencial produtivo, também gera impactos ambientais negativos e torna-se evidente a importância do surgimento de novas ferramentas para recuperação e renovação dos sistemas pastoris.

Garantir produção e persistência das plantas forrageiras permite que o sistema seja rentável e próspero para toda a cadeia e a adubação nitrogenada é um insumo quase que indispensável para forragicultura. Porém, a aplicação de nitrogênio (N) de forma indiscriminada pode ser nociva, tanto usado em excesso quanto em quantidades insuficientes. Como forma de garantir sustentabilidade aos sistemas pastoris estratégias vigentes de adubação nitrogenada devem ser estudadas para futuramente serem uma realidade nas propriedades.

O objetivo desta revisão é evidenciar como o uso da adubação nitrogenada em sistemas de pastagens pode contribuir para uma produção mais sustentável, e descrever que seu uso indiscriminado pode gerar impactos negativos ao ambiente. Dessa forma, busca-se demonstrar a necessidade de ajustes nos protocolos de adubação vigentes, tendo por base um mais amplo conhecimento dos requerimentos nutricionais das espécies forrageiras, dando ênfase às

possibilidades do uso da adubação eficiente como alternativa para assegurar sustentabilidade desses sistemas.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão que visa fornecer um panorama geral do uso da adubação nitrogenada em sistemas de pastagens, descrevendo os protocolos vigentes e as necessidades ajustes, através do uso da adubação estratégica, a fim de assegurar sustentabilidade. Será temporal, com cobertura do tema para o período entre 2010 a 2021, tendo como base as publicações mais recentes e destacadas na literatura nacional e internacional, baseada em artigos científicos publicados em periódicos indexados, livros ou capítulos de livros. As referências bibliográficas foram obtidas a partir das bases de dados de publicações do Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico e SciELO – *Scientific Electronic Library Online* (Biblioteca Científica Eletrônica On-line). Os termos utilizados para pesquisa nas bases de dados foram: emissão óxido nitroso agricultura; adubação nitrogenada estratégica, adubação nitrogenada recuperação de pastagens, sustentabilidade sistemas de pastagem.

2.1 Cenário atual e perspectivas para a produção sustentável em pastagens

A área destinada a pastagem no Brasil representa cerca de 45% do uso de terras de todo o território (cerca de 159 milhões de hectares), sendo que os demais 55% dividem-se entre matas e florestas (29%), lavouras (18%) e outros (8%) (IBGE, 2019). Os sistemas de produção baseados em pastagem no Brasil enquadram-se, em sua maior parte, na categoria de sistemas extensivos, com pouco ou nenhum controle sobre o manejo do pastejo e sem qualquer monitoramento do potencial de crescimento da pastagem ou ajustes das taxas de lotação (CABRAL et al., 2021).

Adicionalmente, o estigma de atividade não demandante em insumos e tecnologia e a cultura, ainda presente, de que as pastagens não necessitam de um manejo específico implicam no fato de que, com o passar do tempo, as plantas

forrageiras não conseguem manter bom desenvolvimento, devido ao consumo da massa verde pelo animal e a exportação contínua de nutrientes. Isso, aliado a falta de reposição periódica dos nutrientes, a acidificação natural do solo, a perda da matéria orgânica e a compactação do solo, diminui progressivamente a eficiência de crescimento e uso das pastagens (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010) trazendo, como consequência negativa, a proliferação das áreas degradadas ou em degradação no Brasil (DIAS-FILHO, 2014).

As pastagens ocupam uma importante parcela das áreas agricultáveis e a atividade pecuária praticada no país é predominantemente baseada no uso de pastagens (CABRAL et al, 2021). Todavia, se por um lado a grande incidência de áreas degradadas é um dado preocupante, por outro mostra, como ponto positivo, a existência de um imenso potencial para o aumento de produtividade da pecuária nacional pela simples recuperação dessas áreas improdutivas. Essa informação adquire relevância quando se deseja aumentar a sustentabilidade e maximizar o uso dos recursos naturais para a produção de alimentos.

Segundo estimativas apresentadas por Batista et al. (2019) e Telles et al. (2021), a atividade pecuária, da forma como é praticada atualmente, é considerada responsável por cerca de 44% das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Neste cenário, a literatura é unânime ao descrever que simples ações de manejo, tais como o monitoramento do crescimento da pastagem aliado ao ajuste de lotação (CASTELAM et al., 2020) e a adoção de melhores práticas agrônômicas, tais como a periódica correção da acidez do solo e a adoção de adubação (CABRAL et al., 2021), são capazes de contribuir para a recuperação de áreas degradadas, aumentar o sequestro de carbono pelo sistema e as taxas de lotação, e melhorar a digestibilidade da forragem produzida, reduzindo inclusive as emissões entéricas de metano pelos ruminantes (BATISTA et al., 2019).

Diante de um cenário em que a demanda por alimentos aumenta a cada ano graças ao exponencial crescimento da população, recuperar e renovar áreas de pastagens já existentes tornam-se melhores alternativas a abrir e ocupar novas localidades. Assim, produzir maior quantidade de carne ou de leite em menores áreas de pastagem, ou seja, ser mais eficiente, vem se tornando uma

necessidade para o estabelecimento de sistemas sustentáveis e para a sobrevivência e competitividade da pecuária nacional (DIAS-FILHO, 2014).

2.2 Importância da adubação nitrogenada para produção sustentável em pastagens

Dentre as possíveis estratégias a serem utilizadas na recuperação de sistemas pastoris e na manutenção do potencial produtivo das pastagens, podemos citar a aplicação de fertilizantes nitrogenados. O nitrogênio (N) é um importante nutriente graças a sua relação direta com a produção de matéria seca. Além disso, é constituinte das proteínas e participa ativamente no processo fotossintético, por meio de sua composição na molécula de clorofila. Castelan et al. (2020) citam, ainda, que a adubação nitrogenada em pastagens, quando associada ao manejo correto, reduz a proporção de N retido nas paredes celulares dos tecidos vegetais, aumenta a proporção de proteína verdadeira e frações solúveis de compostos nitrogenados da planta. Isso, aliado ao fato de que a adição de adubação nitrogenada em pastagens promove maximização do crescimento e maior massa de folhas, resulta em impactos diretos sobre o consumo de porções mais digestíveis pelo animal em pastejo e reduz a intensidade de excreção de N via fezes e urina (BATALHA et al., 2022).

A adubação nitrogenada é a principal ferramenta para a elevação da produtividade das pastagens, porém pouco utilizada nos sistemas extensivos de produção de bovinos (ROSADO; GONTIJO, 2017). Silva et al. (2013) demonstraram que a adubação nitrogenada teve efeito positivo sobre as características estruturais e produtivas e, conseqüentemente, sobre a recuperação da pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*). Com isso, é possível afirmar que a aplicação de N nos pastos torna-se componente fundamental para recuperação de áreas que apresentem algum nível de degradação e para manutenção e persistência de pastagens já produtivas. É válido ressaltar que o nitrogênio e também demais nutrientes podem e devem ser repostos no solo por meio da aplicação de fertilizantes, porém, o pH é também uma característica importante do solo que deve ser levada em consideração quando deseja-se aumentar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas. Esse

parâmetro, quando em condições adequadas melhoram a eficiência dos fertilizantes e conseqüentemente produtividade. Zoz et al. (2009), concluíram em seu trabalho que o aumento do pH do solo proporciona maior disponibilidade de P no solo quando são utilizadas fontes solúveis de fosfato (superfosfato triplo e Umostart®) e, esse aumento de pH reduz a adsorção de P no solo. Além disso, a calagem aumenta a lixiviação de nitrato no perfil do solo, independentemente do modo de aplicação do corretivo e incrementou significativamente os rendimentos de MS, teores de fósforo, cálcio e magnésio e nitrogênio da gramínea (COSTA et al., 2012)

Silveira e Kohmann (2020) destacaram que, na região sudeste dos Estados Unidos, a prática de aplicações repetidas e frequentes de fertilizantes químicos e orgânicos aliados à erosão do solo em áreas de pastagens degradadas, tem conduzido ao aumento nas concentrações de N e P das fontes de águas naturais, estimulando a produtividade biológica e causando uma degradação geral da qualidade da água. Como consequência desse processo, conhecido como eutrofização, ocorrem impactos negativos sobre a diversidade e produtividade de plantas aquáticas e uso de água para recreação e pesca.

No Brasil, o cenário pode ser considerado quase o oposto, onde a falta de manejo da pastagem aliado a baixa adoção de adubação nitrogenada ou, ainda, a falta de critérios adequados na aplicação dos fertilizantes, ainda é a principal preocupação para a adoção de sistemas com mínimo impacto ambiental. Delevatti et al. (2019) demonstraram que pastagens de capim marandu mantidas a 25 cm em lotação contínua respondem linearmente, em termos de acúmulo de forragem, à aplicação de nitrogênio até cerca de 270 kg/ha de N por ano. Benefícios para o valor nutritivo da pastagem também foram registrados, com aumentos nos teores de proteína bruta e redução das frações fibra em detergente neutro e ácido, aumentos nas taxas de lotação e no ganho por área. Todavia, os maiores ganhos médios diários por animal não foram obtidos com a maior dose de adubação, mas sim com uma quantidade intermediária, equivalente a uma amplitude entre 90 até 180 kg/ha de N por ano, uma vez que os benefícios para o ganho por área e desempenho animal acima destas doses não compensam os custos associados ao aumento na

quantidade do fertilizante e os incrementos nas emissões de GEE, particularmente óxido nitroso (NOGUEIRA et al., 2015).

Segundo Santos et al. (2016), por ser um elemento muito dinâmico no sistema solo-planta-atmosfera, o N pode ser perdido facilmente por volatilização ou lixiviação; além disso os adubos nitrogenados têm baixa eficiência e alto custo de sintetização, o que permite considerar que sua utilização sem critério, pode onerar os custos do sistema produção e contaminar o meio ambiente. As perdas gasosas são o principal fator de ineficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados, pois o N que poderia ser absorvido e assimilado pelas plantas é perdido na forma de amônia ($N-NH_3$) e de óxido nitroso (N_2O) para a atmosfera e isso pode ser evitado através do manejo adequado dos fertilizantes. O óxido nitroso tem menor concentração na atmosfera, assim como o CH_4 . No entanto, o poder de aquecimento (Global Warming Potential – GWP) do N_2O e CH_4 na atmosfera é muito superior, quando comparado com o CO_2 (ALMEIDA et al., 2015).

Novas tecnologias devem ser implementadas para a intensificação dos sistemas de produção e para mitigação dos gases gerados pela produção agrícola (NOGUEIRA et al., 2015). Em relação à aplicação de fertilizantes a base de nitrogênio, uma importante ferramenta a ser utilizada e desenvolvida a adubação estratégica para espécies de gramíneas forrageiras tropicais, uma vez que compõem a maior parte das áreas ocupadas com pastagens no Brasil (SERRA et al., 2018).

2.3 Protocolos de adubação vigentes e possibilidades do uso da adubação estratégica

No Brasil, a forma tradicional de aplicação de adubação nitrogenada em pastagens consiste na definição de quantidades pré-fixadas de N de acordo com o potencial de resposta de uma dada espécie forrageira ou, ainda, através de relações empíricas entre a dose de N e a expectativa de taxa de lotação a ser mantida na pastagem (SANTOS; PRIMAVESI; BERNARDI, 2010). Todavia, a utilização de doses fixas não contempla as necessidades das plantas, pois mudanças fisiológicas e morfológicas ocorrem em função das alterações em fatores

ambientais, tais como incidência luminosa e pluviosidade. Assim como os fatores ambientais e a fisiologia da planta variam ao longo do ano e entre ciclos de rebrotação de uma dada estação de crescimento, a necessidade de nutrientes também varia entre os ciclos de corte (BAZAME et al., 2020).

Segundo Smith et al. (2018), melhorar o gerenciamento de N é uma forma de aumentar a lucratividade e reduzir as perdas para o meio ambiente, pois abordagens estratégicas, com o uso de taxas variáveis de adubação, têm o potencial de melhorar a eficiência de uso de nitrogênio e reduzir a quantidade total aplicada, com pouco impacto na produção de MS da pastagem. Dessa forma, o enfoque no mapeamento do requerimento de N pela planta é extremamente importante para o aumento da sustentabilidade na pecuária. Porém, para que esse tipo de sistema produtivo se torne uma realidade, mais estudos devem ser realizados em torno das reais necessidades das espécies de gramíneas forrageiras tropicais.

Além da perda de N por volatilização pode-se citar também o fato de o nutriente apresentar perdas para o ambiente via lixiviação. Segundo Sartor et. al (2011), o nitrogênio na forma $N-NO_3^-$ está prontamente disponível para as plantas e também facilmente perdido por lixiviação, uma vez que sua adsorção eletrostática é menor que a de outros ânions presentes na interface sólido-líquido do solo superficial. E a lixiviação traz consequências severas ao ambiente, pois além da possibilidade de contaminação das águas, a lixiviação também coloca o N fora do alcance das raízes das plantas, diminuindo a eficiência da adubação nitrogenada, seja ela orgânica ou mineral (SILVA; PEREIRA PIERANGELI; TRAUTMANN-MACHADO, 2013).

A emissão de N_2O deve ser um atributo para auxílio da determinação dos protocolos de adubação vigentes, porém, não deve ser o único parâmetro a se considerar. Vale ressaltar que o requerimento nutricional das plantas também possui relevância, uma vez que a aplicação de adubação nitrogenada de forma estratégica não tem como objetivo único a mitigação dos gases, mas também a maximização da produção do sistema. Para melhor definir o requerimento de N pelas gramíneas forrageiras tropicais devem ser avaliados parâmetros de produção e parâmetros que indiquem seu status nutricional em relação ao nutriente.

Smith et al. (2018) procuraram avaliar se a aplicação de adubação nitrogenada baseada em níveis crescentes de informação ambiental e tecnologia seriam capazes de melhorar a eficiência do uso de nitrogênio, reduzir as perdas de N e insumos necessários desse nutriente para manutenção de produção. A partir dos resultados obtidos, os autores notaram que as estratégias adotadas são capazes de reduzir a aplicação de fertilizantes, aumentando a eficiência, e gerando menores perdas de N do que uma estratégia fixa. Além disso, o que fora observado no experimento em questão adiciona mais suporte para um afastamento de estratégias fixas. A fim de melhorar e tornar mais precisos os dados que dizem respeito a adubação nitrogenada estratégica, é necessário alçar mão de métodos avançados de monitoramento do status em que a pastagem se encontra em relação ao nutriente. Bazame et al. (2020) em seu trabalho demonstraram que o uso de taxas variáveis, através de monitoramento com sensores espectrais e clorofilômetros, reduz a quantidade de adubo aplicado em impactos sobre o valor nutritivo, produção de forragem e taxas de lotação.

3. Considerações finais

É bastante notória a importância da adubação nitrogenada para a produção, não apenas das forrageiras, mas também para outras culturas. A identificação e delineamento de novas formas de uso desse insumo tornam-se cruciais para incremento de sustentabilidade nos sistemas. Para que essa vertente de manejo se torne uma realidade para a forragicultura, são necessários estudos mais aprofundados acerca do comportamento fisiológico das plantas e dos insumos no ambiente tal qual seus impactos ambientais. Estudos recentes demonstram que estratégias de adubação vigentes podem ser definidas baseando-se no fracionamento das doses dentre os diferentes ciclos de rebrotação da planta e de acordo com sua necessidade; em ambientes cuja umidade do solo é estável durante as diferentes estações do ano a adubação pode ser dividida entre estação das chuvas e estação seca; além disso, o estudo da interação entre fertilizantes distintos traz consigo possibilidades inovadoras, uma vez que a forragicultura, principalmente gramíneas tropicais possuem menos dados acerca deste tema comparativamente a outras culturas, sejam elas perenes ou anuais.

Implantar e tornar os sistemas produtivos pastoris sustentáveis depende da mudança de estigmas e de estudos acerca das possibilidades de tornar isso prevacente. Para que a adubação nitrogenada estratégia torne-se uma realidade é necessário que primeiramente os dados do nitrogênio contido nas plantas sejam precisos e efetivos. Para isso, torna-se indispensável o desenvolvimento de tecnologias que corroborem para tais definições. Além disso, atualmente os processos de evolução da cadeia produtiva estão pautados na implantação de tecnologias que permitam que o monitoramento e manutenção dos sistemas sejam realizados e auxiliem na tomada de decisão dos produtores. Com isso, o desenvolvimento de softwares, uso de drones e transmissão de informações em tempo real e de forma facilitada possibilitam a expansão e instauração de estratégias produtivas como protocolos de adubação vigentes, uso de manejos cada vez mais efetivos e corretos da pastagem.

Referências

BAZAME, H. C. et al. Spectral sensors prove beneficial in determining nitrogen fertilizer needs of *Urochloa brizantha* cv. Xaraés grass in Brazil. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, Cali, v. 8, n. 2, p.60-71, 2020.

CABRAL, C. E. A. et al. Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 2, p. 173-181, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/12047>. Acesso em: 12 nov. 2021.

CATTELAM, P.M.M. et al. Componentes não-carcaça de novilhas suplementadas com diferentes fontes energéticas em pastagem de Tifton 85. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, p. e8629109336, 2020.

COSTA, N.L. et al. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés a níveis de calagem. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 13, Ed. 200, Art. 1340, 2012. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/939375/1/apiResposta_debrachiaria.pdf. Acesso em: 4 de jul. 2022.

DE ALMEIDA, R. F. et al. Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: Uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 8, n. 2, p. 441-461, 2015. Disponível em:<<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3426/2605>> Acesso em: 22 out. 2021.

DELEVATTI, L. M. et al. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, London, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-44138-x>. Acesso em: 12 nov. 2021.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, Belém, 2014. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2021.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010. Disponível em:<<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744098012.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html>. Acesso em: 17 out. 2021.

NOGUEIRA, A. K. S. et al. Emissões de óxido nitroso e metano do solo em áreas de recuperação de pastagens na Amazônia matogrossense. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, p. 937-943. 2015. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/qn/a/ss5v5TJySBgh5WHhBK3rWjc/?lang=p>> Acesso em: 22 out. 2021.

PIMENTEL, R. M. Propriedades físicas, carbono e nitrogênio do solo em sistemas agropecuários. Lavras, 2012. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/vtt-907>> Acesso em: 07 mai. 2022.

ROSADO, T. L.; GONTIJO, I. Adubação nitrogenada em pastagens: os resultados promissores obtidos na pesquisa e a realidade enfrentada pelos produtores. **Revista Vértices**. Campos dos Goitacazes. v.19, n.1p. 163-174. 2017.

SANTOS, P. M.; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, AC de C. Adubação de pastagens. **Bovinocultura de corte**, Piracicaba: FEALQ, 2010. p.459-472.

SANTOS, S. M. C. et al. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia. v. 3, n. 1. p. 16–20. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/letli/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/12%C2%B0%20se mestre/TCC/545-2188-1-PB.pdf>. Acesso em: 21 out. 2021.

SARTOR, L.R. et al. Eficiência de uso da adubação nitrogenada, recuperação e lixiviação do nitrogênio em pastagem de capim-papuã. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 899-906, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/mjdQ3kh8WB5YFygChdjzt8F/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2022

SILVA, F. L.; PIERANGELI, M. A. P.; TRAUTMANN-MACHADO, R. J. Disponibilidade e lixiviação de nitrogênio em dois solos típicos de Pontes e Lacerda, MT, tratados com resíduo ruminal bovino. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1509-1522, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744122006.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2022.

SILVA, D. R. G. et al. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza. v. 44 p. 184-191. Mar. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/mjdQ3kh8WB5YFygChdjzt8F/?lang=pt#> Acesso em: 19 out. 2021.

SILVEIRA, M. L.; KOHMANN, M. M. Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. **Management strategies for sustainable cattle production in southern pastures**. Academic Press, p. 35-58, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128144749000037?via%3Dihub>. Acesso em 12 nov. 2021.

SMITH, A. P. et al. Fertiliser strategies for improving nitrogen use efficiency in grazed dairy pastures. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 274-282, set. 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X1830007> Acesso em: 20 out. 2021.

TELLES, T. S. et al. Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Texto para Discussão. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília, No. 2638, 2021. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/240832>. Acesso em: 12 nov. 2021.

ZOZ, T. et al. INFLUÊNCIA DO pH DO SOLO E DE FERTILIZANTES FOSFATADOS SOBRE A ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/579/328>. Acesso em: 4 jul. 2022.

Aquicultura: sistemas sustentáveis para criação de jacarés

Aquaculture: sustainable systems for breeding alligators

Rafaela Batalha Vale, Daniele dos Santos Martins

1. Introdução

A inclusão da sustentabilidade nos processos produtivos se tornou importante em meados da segunda metade do século XX e anos depois, sendo aplicada aos sistemas de criação animal, tornando-os mais sustentáveis. Ser sustentável é fundamental nos setores em que têm finalidade de produzir alimentos e subprodutos/coprodutos de origem animal. É indispensável para empresas e produtores a sabedoria de que os recursos naturais não são ilimitados e que precisam se adequar às novas exigências de mercado. Desta forma, atualmente muitas empresas e fazendas envolvidas com a produção animal e, principalmente na aquicultura, têm demonstrado comprometimento com a preservação ambiental, inclusive os envolvidos com a criação de jacarés, os quais possuem sistemas de cultivo que foram aperfeiçoados com o passar dos anos, a fim de se tornarem mais sustentáveis (PEREIRA et al., 2014).

A jacaricultura (criação de jacarés) é uma técnica de cultivo que faz parte da Aquicultura e praticada há séculos em outros países, como na China. Entretanto, no Brasil, é um tipo de criação relativamente recente, ainda com poucos estudos para referência e com poucas fazendas produtoras. Embora o país não apresente muitos produtores desse setor, alguns possuem alta tecnologia, estando bem preparados e estabilizados nesse nicho de mercado, com um público alvo em regiões como São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso, entre outros. Normalmente, essa criação é utilizada para subsistência ou geração de renda para pequenos produtores e, no caso de jacarés, é uma forma de proteger a biodiversidade dos crocodilianos, permitir a conservação de espécies e tornar as fiscalizações mais rígidas, quando voltadas para criação sustentável de animais silvestres (PUGAS; MATEUS, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo fundamental a discussão crítica e organizada de como se apresentam os principais sistemas brasileiros de criação de jacarés, assim como suas atribuições sustentáveis para minimizar os impactos resultantes das ações humanas ao meio ambiente, com enfoque na sustentabilidade e situação atual destes métodos de cultivo.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico, PubMed, SciELO, Web of Science, Science Direct, Scopus, utilizando as palavras-chave: aquicultura, criação de jacarés, *farming*, jacaricultura, *ranching*, sistemas de criação, sustentabilidade, sustentáveis. Apenas artigos e livros publicados entre 2012 e dezembro de 2021 foram utilizados.

2.1. A agropecuária do Brasil, seus sistemas de criação e o bem-estar

A atividade produtiva, denominada agropecuária, estende-se a variados complexos produtivos, que visam o bom manejo e planejamento de sistemas desde o solo utilizado até o produto gerado que chega ao consumidor. A criação de um rebanho animal o mais uniforme possível, compreende as técnicas de melhoramento e seleção genética, instalações específicas para espécie animal e prática adotada, tecnologias, biossegurança e a supervisão diária dos índices zootécnicos, visando a produção segura de alimentos, como carnes, leite e derivados, ovos e mel, também de subprodutos e/ou coprodutos (NAVOLAR et al., 2018). Segundo o censo agropecuário (IBGE, 2017), a pecuária envolve não apenas a criação de rebanhos bovinos, mas também a avicultura, suinocultura, ovinocultura, caprinocultura, equideocultura, bubalinocultura, apicultura, aquicultura e todas demais criações animais que existem atualmente, incluindo as de expressividade mínima no PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro.

O Brasil apresenta 3 sistemas de criação normalmente utilizados, sendo: sistema extensivo; sistema intensivo, o qual divide-se em confinado e/ou semiconfinado; e o sistema semi-intensivo. Sendo predominantemente utilizado o

sistema extensivo de produção, no qual é necessária uma maior área à campo ou a pasto disponibilizado para a criação dos animais, não necessita de muitas instalações, comumente têm baixa tecnologia aplicada e em algumas regiões do país, há risco de facilitar a entrada de predadores no campo. O segundo sistema mais utilizado é o intensivo, em que os animais geralmente são mantidos confinados ou semiconfinados, permitindo que o animal apresente maior produção de carne, leite ou ovos, possibilitando redução da área e mão-de-obra utilizada. No sistema semi-intensivo os animais são mantidos parcialmente confinados, ou seja, ficam confinados a partir do final de tarde e durante a noite e são mantidos soltos de manhã e parte da tarde, essa estratégia visa a melhoria no controle zootécnico de parasitas e de índices produtivos (RICCI; TITTO; SOUZA, 2017; MAPA, 2018; SENAR, 2020).

Uma vez que o sistema de criação é definido, passa a ser parte da atividade produtiva a aplicação de métodos relacionados com o bom desenvolvimento, alta produção e bem-estar animal. A produção animal brasileira deve expressar em todas as suas vertentes a preocupação com os animais e elencar quais são as ações realizadas para garantir o bem-estar dos animais. Conhecendo os conceitos das '5 Liberdades dos Animais' e aplicá-las nas diferentes fases de produção, apresentando-se como critério importante que influenciará na sustentabilidade dos sistemas produtivos (CEBALLOS; SANT'ANNA, 2018).

De acordo com Temple Grandin (2014), o bem-estar dos animais de produção é definitivamente afetado pelos atos humanos durante a criação; assim, não os enxergar como seres sencientes, negligenciá-los ou não realizar um bom manejo são ações humanas que afetam negativamente o bem-estar dos animais. Além desses fatores apresentados, são diretamente afetados pelo ambiente (temperatura, clima, instalações e equipamentos inadequados, sanidade etc.), tornando necessário adequar todos esses e mais fatores para que o bem-estar seja devidamente fornecido aos animais, melhorando desempenho e produtividade.

2.2. Tipos de sistemas de criação de jacarés

2.2.1. A produção de jacarés e suas oportunidades

A jacaricultura (criação de jacarés) é uma prática pecuária recentemente legalizada e desempenhada, apresentando maior ocorrência nos estados do Norte e Centro-Oeste do Brasil e apresenta uma pequena quantidade de produtores ou empreendimento especializados e corretamente regulamentados, os quais atuam dentro de um nicho específico no mercado. Sua produção visa o aproveitamento máximo produtivo sob manejos específicos para as espécies de crocodilianos (*Melanosuchus niger*, *Caiman crocodilus*, *Caiman yacare*, *Caiman latirostris*, *Paleosuchus trigonatus*) que normalmente são utilizadas com a finalidade de produzir partes e produtos de alto valor agregado como carne e pele, reprodutores e matrizes, ovos, dificultar a caça e proteger a biodiversidade em um sistema de criação com processos sustentáveis (TRAJANO; CARNEIRO, 2019).

Trabalhos recentes envolvendo caça ilegal de jacarés no Brasil e na Colômbia, destacavam que esta espécie era abatida ilegalmente para extração de peles e cauda, e a carne era oferecida sem quaisquer garantias de higiene e segurança alimentar para turistas. Sendo assim, a partir dos acontecimentos relacionados a caça desenfreada destes animais da fauna brasileira, o IBAMA apresentou a Portaria IBAMA 126/1990, a qual permite a criação de crocodilianos em sistemas produtivos e com isso, aumentou a fiscalização das espécies silvestres, principalmente crocodilianos, por parte dos órgãos responsáveis pelo meio ambiente em cada Estado. Posteriormente, seguindo essa portaria, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) introduziu dois sistemas de criação denominados como ciclo de cultivo fechado ou *farming* e sistema de criação semi-intensivo ou *ranching* (FRANCO et al., 2019; TRAJANO; CARNEIRO 2019).

Conforme Barbosa e Lima (2016), o Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento da Aquicultura, devido às condições naturais do país e disponibilidade de águas doce e salgada, sendo a jacaricultura uma das práticas aquícolas que tem apresentado poucos empreendimentos, mas com enorme possibilidade de crescimento. Filho et al. (2020); Sousa e Figueiredo (2015)

abordam que o Brasil é o país que possui uma elevada biodiversidade de jacarés em relação ao mundo e citam que o cultivo de crocodilianos é um empreendimento sustentável, caracterizado como um bionegócio, o qual se caracteriza como o uso intensivo e é dependente de insumos da biodiversidade brasileira, tendo propósito econômico para a extração ou beneficiando-se destes insumos comercialmente, em sua forma bruta ou modificada por processos tecnológicos sendo muito vantajoso às comunidades, o Estado e os demais envolvidos.

A criação de jacarés, além de apresentar um rendimento lucrativo alto e condizente com o método de cultivo, no Brasil, considerando apenas as criações que utilizam os sistemas *farming* e *ranching*, são criados e abatidos um total de 300.000 jacarés por ano, neste caso, a produção de carne é utilizada principalmente no mercado interno, mas atualmente a produção de peles alavancou o Brasil ao patamar de 2º maior exportador deste produto oriundo do cultivo de jacarés, gerando ao redor de US\$ 200 milhões de dólares por ano (FILHO et al., 2020).

A criação de animais na agropecuária brasileira é motivo de estudos e pesquisas de diversos autores nacionais, sendo a área de aquicultura, mais especificamente a jacaricultura um dos setores de constante crescimento, porém pouco comentado nacionalmente. A prática de criar jacarés comercialmente, assim, como seus sistemas de criação utilizados atualmente no Brasil, foi caracterizada e explicada de acordo com os sistemas fechado e semi-intensivo. Tais sistemas foram identificados separadamente como os que possuem certa dependência da sustentabilidade em um ou vários níveis de cultivo, por se tratar do uso de animais silvestres e, portanto, necessitarem de manejos e instalações diferenciadas e muito específicas para cada método de cultivo e espécie.

Desta forma, considerando as características e métodos de manejo utilizados (animais e ambiente), ambos sistemas discutidos a seguir, demonstram maior afinidade com a sustentabilidade, devido às instalações aplicadas e como o planejamento dos ciclos são administrados, empregando maior cuidado e responsabilidade com o ambiente ao redor.

2.2.2. Ciclo *Farming*

O ciclo *farming* ou cultivo fechado, foi o primeiro sistema produtivo de jacarés criados em cativeiro autorizado e regulamentado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), inicialmente pela Portaria 126/1990 e, atualmente foi atualizada pela Instrução Normativa N° 07/2015, em que especifica as espécies com aptidão para partes e produtos, que são: jacaretinga (*Caiman crocodilus*), jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) e jacaré-açu (*Melanosuchus niger*). Segundo o IBAMA (2015), o *farming* é caracterizado pela criação dos jacarés em todas as etapas, incluindo a reprodução, sendo ele um ciclo fechado e o único sistema de cultivo de jacaré-do-papo-amarelo permitido no Brasil, com algumas exigências específicas para a espécie.

De acordo com a instrução normativa n° 07 de 2015 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): “as matrizes e reprodutores deverão ser adquiridos preferencialmente de criadouros comerciais devidamente autorizados pelo órgão competente, de destinação pelo órgão ambiental competente de animais apreendidos em ações de fiscalização” (IBAMA, 2015).

Conforme Aveiro (2012); Carreira et al. (2015), o *farming* é composto exatamente pelas fases reprodutivas de cópula e postura, há retirada dos ovos dos ninhos nos viveiros, para que seja realizada a incubação. O acompanhamento da eclosão dos ovos tem como finalidade o controle das quantidades de fêmeas e machos nascidos; os filhotes são acompanhados durante todo seu desenvolvimento até atingirem a idade e peso de abate, a qual é estabelecida de acordo com a finalidade para a qual foram cultivados (carne, pele e/ou ovos). Durante a captura dos animais, aqueles que forem destinados à fase de reprodução no início do plantel devem apresentar o comprimento de 1,80 m em machos e 1,60 m em fêmeas obrigatoriamente.

Para Batista et al. (2012) o cultivo de jacarés regulamentado e fiscalizado como um bionegócio tem o intuito de produzir produtos de alta qualidade

oriundos da biodiversidade, passa a ter como finalidade proteger e preservar os crocodilianos nativos, que enfrentam a caça descontrolada em alguns Estados.

E que são afetados negativamente pela exploração/destruição de seus habitats naturais, sendo estes muito importantes devido os crocodilianos terem papel fundamental na cadeia alimentar, como predadores de muitas espécies de pequenos mamíferos, peixes e aves, que devem ser controladas naturalmente e evitar o excesso de suas populações.

O *farming*, como o sistema pioneiro no Brasil para criação de crocodilianos, continua muito utilizado. É diferenciado pela capacidade de manter todos os níveis da criação e por ser o único permitido por lei para criação de jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), desde o estágio reprodutivo até o abate.

Tem extrema importância ambiental e sustentável, por ser o sistema que mais contribui para manter essa espécie afastada de sua total extinção, já que é o único com permissão governamental para criar o jacaré-de-papo-amarelo. Desta forma, sua contribuição para a jacaricultura e a sustentabilidade é evidente e não deve ser desconsiderada, sendo reconhecido e contemplado como um bionegócio.

2.2.3. Ciclo *Ranching*

O método de cultivo conhecido como *ranching*, é caracterizado como um sistema semi-intensivo, em que uma porcentagem dos ovos encontrados em ninhos na natureza é coletada. Na sequência, os ovos são incubados no sistema de criação até a sua eclosão e os filhotes são cultivados passando pela engorda até atingirem os pesos e/ou idades esperadas, e são encaminhados para abate (CAMPOS et al., 2020).

O *ranching* foi legalizado no Brasil a partir de 2008, na Instrução Normativa N° 169 pelo órgão competente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em que foi responsável por especificar que: “instituir e normatizar as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro, visando atender às finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de conservação, de exposição, de manutenção, de criação, de reprodução, de comercialização, de abate e de beneficiamento de produtos e

subprodutos, constantes do cadastro técnico federal (ctf) de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais” (IBAMA, 2008).

Gomes e Philippi (2018); Prochmann (2016), citam que nesse tipo de sistema apenas 50% de um ciclo fechado é praticado, sendo as fases de recria e engorda. Esses autores também discutem que a coleta dos ovos deve ocorrer de dezembro a março, em área permitida e sob as normas ambientais. A retirada dos ovos e população de jacarés nessa região deve sempre ser acompanhada pelo IBAMA e outro órgão responsável pelo meio ambiente no Estado em questão.

Durante a incubação, é importante que a temperatura seja bem controlada, mantida de 28° a 32° C para fêmeas e 32° a 34° C para machos, ambas as incubações com período médio de 75 dias de duração. Os ovos também podem ser coletados dentro de propriedades de cooperativas, em que os cooperados ajudam na preservação e biodiversidade dos jacarés (BARBOZA et al., 2013; PULCHERIO et al., 2017; AGUILERA; ZUFFO, 2019).

No entanto, devido à escassez de informações, a jacaricultura é um assunto que requer mais atenção do público em geral e acadêmicos. A necessidade de ter mais trabalhos científicos que envolvam esses sistemas de criação é demandada, pois a literatura empregada está muito desatualizada ou são difíceis de serem acessadas. Por outro lado, o uso comercial de jacarés está bem inserido na aquicultura brasileira há décadas, apesar de ser uma prática onerosa, não deixa de apresentar crescimento e cada vez mais interesse de produtores e consumidores de produtos adquiridos a partir da criação comercial de crocodilianos, como jacaré-açu (*Melanosuchus niger*), jacaretinga (*Caiman crocodilus*), jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*), jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), jacaré-coroa (*Paleosuchus trigonatus*).

2.3. A sustentabilidade na aquicultura

A sustentabilidade pode ser caracterizada como ter capacidade de produzir o próprio sustento e manter-se com isso. Esse conceito está intrinsecamente ligado à sociedade, ao ambiente natural e à economia, sem afetá-los negativamente, permitindo que todos os recursos continuem renováveis, por

estarem sendo utilizados de forma racional e responsável, também não impedindo que as gerações atuais e as próximas possam viver confortavelmente. Junto ao conceito e introdução à sustentabilidade na sociedade, está a mudança de hábitos e estilos de vida, começando por reciclar e reutilizar materiais, água, gases e resíduos, diminuindo desperdício e expansão econômica, o uso de recursos renováveis se torna uma forma sustentável de proteger e conservar o meio ambiente. É importante conscientizar as gerações, principalmente em regiões onde a agricultura e pecuária familiares geram renda ao Estado, sendo fundamental as escolas ensinarem meios ecológicos e sustentáveis de viver e produzir (LIMA et al., 2017; BERTUSSO et al., 2019; BRIGHENTI et al. 2021).

Os recursos naturais sempre foram importantes para a subsistência e desenvolvimento humano, sendo indispensáveis em muitas práticas de produção animal. Esta é uma relação essencial para a continuidade da humanidade neste planeta, tanto para produzir alimentos, quanto para suprir as demandas de recursos necessários para se manter o modo de vida capitalista. Sabendo-se disso, a sustentabilidade tem sido discutida incansavelmente há décadas e, atualmente, é aplicada nos pilares social, cultural, econômico e ambiental, pois é evidente que o uso exacerbado dos recursos naturais tem se tornado a causa dos frequentes desastres naturais, as adversidades climáticas, a poluição dos solos, dos veios d'água, do ar e até mesmo, a alta exploração de muitas formas de vida vegetais e animais (SILVA et al., 2018).

Na produção animal e principalmente na aquicultura, a sustentabilidade é fundamental para garantir que uma criação animal seja bem sucedida, devido à necessidade de uso racional e proteção dos recursos naturais que restam, tendo como objetivo basal o desenvolvimento sustentável, em que apresente viabilidade econômica, que os produtos obtidos tenham cunho ecológico, sejam saudáveis para os consumidores e o meio ambiente, que sejam aceitos de acordo com a situação social (MERCANTE et al., 2020; BONFA NETO, 2020).

Segundo Siqueira (2017); Valenti et al. (2021), para os produtores e grandes empresas atuantes nas áreas aquícolas, é exigida a certificação de sustentabilidade ambiental, principalmente para aqueles que cultivam

organismos aquáticos diretamente no mar. O autor defende que a aquicultura, sendo uma atividade com capacidade de alta produção, podendo alimentar com segurança à população mundial e gerar renda para os pequenos produtores e famílias em regiões com baixo desenvolvimento, também pode ser considerada uma alternativa para lidar com as atuais intempéries causadas pela exploração descontrolada dos recursos naturais. Desta forma, possibilitando a produção de alimentos saudáveis e adoção total de métodos de cultivo sustentáveis como um setor que apresenta menor custo de investimento e possibilita o fornecimento de empregos.

Para aprofundar a discussão sobre sustentabilidade, foi explanada sua situação na aquicultura, assim como sua importância e exigência para as grandes empresas e fazendas envolvidas com a exploração comercial de espécies silvestres, sejam plantas e/ou animais. Identificamos que ao aplicar estratégias sustentáveis nessas áreas, o uso racional dos insumos e a proteção dos recursos naturais são garantidos e mais bem aproveitados; gerando aumento do lucro dos produtores, assim como diminuição dos custos referentes aos métodos mais poluidores. A sustentabilidade na prática aquícola apresenta-se ideal para lidar com fatores adversos e problemas que possam surgir a curto ou longo prazos.

3. Considerações Finais

Em conclusão, o trabalho discute os sistemas mais sustentáveis que são utilizados para a criação de jacarés, além de atualizar e aproximar o leitor de um assunto pouco abordado, a jacaricultura, mas praticado há décadas, sendo a sustentabilidade nos sistemas de criação a chave principal para o sucesso da Aquicultura.

Assim, a aquicultura, principalmente a jacaricultura, é uma área comercial que permanece com grande potencial de crescimento e que ainda pode ser muito aperfeiçoada. O Brasil possui grande capacidade de aprimoramento nessa área e genialidade para novas tecnologias que aperfeiçoem os métodos de cultivo.

Referências

AGUILERA, Jorge González; ZUFFO, Alan Mario. Ciências agrárias: campo promissor em pesquisa 3. Ponta Grossa-PR: Editora Atena, v. 3, p. 163-175, 2019. ISBN: 978-85-7247-417-7. DOI: 10.22533/at.ed.17719200619. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/arquivos/ebooks/ciencias-agrarias-campo-promissor-em-pesquisa-3>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

AVEIRO, Ana Vitoria Dominguez. Criação de jacaré em cativeiro. Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, jan. 2012. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY5Ng==>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO CULTURAL E EDUCACIONAL BRASIL. 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura. ACEB, [S.l.], jan. 2014. Disponível em: https://issuu.com/revistas_nd/docs/anu_rio_pesca_e_aquicultura_2014_i. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

BARBOSA, Heitor Thury Barreiros; LIMA, Jackson Pantoja. Características da piscicultura em Presidente Figueiredo, Amazonas. Revista Igapó - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 103-113, jun. 2016. e-ISSN: 2238-4286. Disponível em: <http://igapo.ifam.edu.br/ojs/index.php/igapo/article/view/440>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

BARBOZA, Rafael Sá Leitão et al. Plano de manejo comunitário de jacarés na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém-PA, Brasil. Revista Biotemas, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 215-226, jun. 2013. ISSN: 2175-7925. DOI: 10.5007/2175-7925.2013v26n2p215. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/86a7/be8484be6594ec5308fc39fddc6cccd6e5dc.pdf>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

BATISTA, André Mauricio Barroso et al. Levantamento qualitativo de gêneros de parasitos em amostras fecais de jacarés criados comercialmente em sistema fechado no estado do Rio de Janeiro. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.32, n. 10,

p. 1045-1049, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012001000018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/3tFLxr6tTYbzzd7mDZQsSML/?lang=pt>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

BERTUSSO, Fernando Rodrigo et al. Recuperação de nascentes em propriedades rurais do município de Cruzeiro do Oeste, PR. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 995 - 1007, edição especial, mai. 2019. ISSN: 2595-573X. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/1906>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

BONFA NETO, Dorival. O estado mundial da pesca e aquicultura em 2020. *Revista Mares - Revista de Geografia e Etnociências*, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 111-114, abr. 2020. ISSN: 2675-2697. Disponível em: <http://revistamares.com.br/index.php/files/issue/view/5>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

BRIGHENTI, Bianca et al. Da pele ao couro: a química transformando vidas. Livro *Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma Análise Pluralista*, Guarujá-SP: Editora Científica Digital, v. 2, ed. 1, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.37885/210504568>. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/210504568>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

CAMPOS, Zilca et al. Uso de drone no levantamento de ninhos de jacaré-do-pantanal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Corumbá - MS: Embrapa Pantanal, n. 141, ed. 1, 14 p., jul. 2020. ISSN: 1981-7215. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/812071/uso-de-drone-no-levantamento-de-ninhos-de-jacare-do-pantanal>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

CARREIRA, Laura Borelli Thomaz et al. Viabilidade econômica da criação de matrizes e reprodutores de *Caiman latirostris* no Estado de São Paulo. *Boletim*

do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 687-695, 2015. ISSN: 1678-2305. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/issue/archive>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

CEBALLOS, Maria Camila; SANT'ANNA, Aline Cristina. Evolução da ciência do bem-estar animal: aspectos conceituais e metodológicos. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, [S.l.], v. 16, p. 1-24, ago. 2018. Open Access. ISSN: 2596-2868. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/1981-4178.2018.161103>. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/23740/0>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

FILHO, Jerônimo Vieira Dantas et al. Desenvolvimento da jacaricultura no Brasil. *Revista Ciência e Saúde Animal*, [S.l.], v. 2, p. 32-47, abr. 2020. ISSN: 2675-0422. Disponível em: <http://revistas.icesp.br/index.php/CSA/issue/view/187/showToc>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

FRANCO, Diogo de Lima et al. Evolução das políticas para uso sustentável da fauna no Brasil: o caso do manejo comunitário de jacarés no Amazonas. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16319-16339, set. 2019. ISSN: 2525-8761. DOI: 10.34117/bjdv5n9-184. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/issue/view/64>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

GOMES, Loriane de Souza; PHILIPPI, Daniela Althoff. Características sustentáveis de inovações da carne e do couro de jacaré: estudo de caso na Caimasul. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1315-1333, set. 2018. ISSN: 2595-3621. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/518>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

GRANDIN, Temple. Animal welfare and society concerns finding the missing link. *Meat Science*, Colorado, v. 98, i. 3, p. 461-469, may. 2014. Open Access. ISSN: 0309-1740. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.011>. Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014001314?via%3Dihub>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos. Censo Agropecuário, Rio de Janeiro: IBGE, v. 8, p. 1-105, 2019. ISSN: 0103-6157. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução Normativa Ibama nº 07, de 30 de abril de 2015. Diário Oficial da União - Seção 1, [S.l.], n. 84, mai. 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=135756>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução Normativa nº 169, de 20 de fevereiro de 2008. Diário Oficial da União - Seção 1, [S.l.], n. 35, fev. 2008. ISSN: 1677-7042. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=113878>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. ICMBio/MMA, Brasília-DF, v. 1, ed. 1, 492 p., 2018. ISBN: 978-85-61842-79-6. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/10187>. Acesso em: 31 de outubro de 2021.

LIMA, Magno Luís Bezerra et al. Desenvolvimento sustentável e competitividade das nações: uma análise multivariada. Revista Reuna, Belo Horizonte-MG, v. 22, n. 1, p. 41-62, jan./mar. 2017. ISSN: 2179-8834. DOI: <https://dx.doi.org/10.21714/2179-8834/2017v22n1p41-62>. Disponível em: <https://revistas.una.br/reuna/article/view/877>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

MEDEIROS, Thatiane Brito da Silva et al. Educação ambiental: levantamento das práticas sustentáveis aplicadas ao setor pesqueiro (pesca e aquicultura) como ferramenta de reflexão. Revista Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 81-95, mar. 2020. ISSN: 2359-3652. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uftv7-8961>. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/8961>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

MERCANTE, Cacilda Thais Janson et al. A importância do fósforo na produção ambientalmente sustentável em aquicultura continental. Livro Ciência e Tecnologia do Pescado Uma Análise Pluralista, Guarujá-SP: Editora Científica Digital, ed. 1, dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.37885/201101972>. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/201101972>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 81, de 19 de dezembro de 2018. Diário Oficial da União - Seção 1, [S.l.], n. 244, dez. 2018. ISSN: 1677-7042. Disponível em: https://www.in.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/base-de-dados?ano=2018&mes=Dezembro#p_p_id_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Gd5DGyx5KQLn_. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

NAVOLAR, Felipe Martins Negreiros et al. Bem-estar em animais de produção - Frango de corte. Ciência Veterinária UniFil, [S.l.], v. 1, n. 2, abr./jun. 2018. ISSN: 2595-7791. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/revista-vet/article/view/42>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

PEREIRA, Diene Hellmann et al. Matriz de aspectos e impactos ambientais como ferramenta de evidenciação de contingências ambientais. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S.l.], v. 3, n. 2, mai./ago 2014. e-ISSN: 2316-9834. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v3i2.106>. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/9872>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

PROCHMANN, Fernanda Nascimento. Do Pantanal para o mundo. Revista Safra, n. 185, p. 32-34, jul. 2016. ISSN: 1677-583X. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00398957554ccf59d9d1d?authid=s0dwSAHZny4V>.

Acesso em: 17 de outubro de 2021.

PUGAS, Rejane Martins; MATEUS, Gustavo Affonso Pisano. A pesca sustentável em Maragogipinho, Aratuípe, Bahia, Brasil. Revista Uningá Review, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 36-41, abr./jun. 2016. ISSN: 2178-2571. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/issue/view/126>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

PULCHERIO, Raquel de Sousa Lima. et al. Microbiota bacteriana de ovos de jacaré-do-pantanal incubados naturalmente. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, [S. l.], v. 69, n. 6, p. 1676-1682, jan. 2017. ISSN: 1678-4162. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9575>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/i/2017.v69n6/>. Acesso em: 31 de outubro de 2021.

RICCI, Gisele Dela et al. Enriquecimento ambiental e bem-estar na produção animal. Revista de Ciências Agroveterinárias, [S.l.], v. 16, n. 3, set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711632017324>. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711632017324>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Caprinocultura: criação e manejo de caprinos de corte. Coleção Senar: 267. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), Brasília: Senar, 2020. 92 p. ISBN: 978-65-86344-08-0. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/267_Caprinocultura_criacao-e-manejo-de-caprinos-de-corte.pdf. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

SILVA, Wellington Luiz de Melo et al. Sustentabilidade na aquicultura: dimensões social, econômica e ambiental - uma revisão de literatura. Revista Educamazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 87-108, jan./jun. 2018. e-ISSN: 2358-1468. Disponível em:

<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/4618>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

SIQUEIRA, Tagore Villarim de. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. IPEA, Boletim regional, urbano e ambiental, [S.l.], n. 17, jul./dez. 2017. ISSN: 2177-1847. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=31588&Itemid=7. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

SOUSA, Kleber Abreu; FIGUEIREDO, Giane Lourdes Alves de Souza. Bionegócios e desenvolvimento alternativo no estado do Amazonas (Brasil). Revista de História da UEG, Anápolis, v. 4, n. 2, p. 139-159, ago./dez. 2015. ISSN: 2316-4379. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/revistahistoria/issue/archive>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

TRAJANO, Marcela de Castro; CARNEIRO, Larissa Pereira. Diagnóstico da criação comercial de animais silvestres no Brasil. Brasília: Ibama, 56 p., 2019. ISBN: 978-85-7300-393-2. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/fauna/faunasilvestre/2020-06-16-Diagnostico_criacao_comercial_animais_silvestres.pdf. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

VALENTI, Wagner Cotroni et al. Aquaculture in Brazil: past, present and future. Aquaculture Reports, [S.l.], v. 19, 18 p., jan. 2021. Open Access. ISSN: 2352-5134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/aquaculture-reports/vol/19/suppl/C>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

Utilização de grãos secos de destilaria (DDGs) de milho na alimentação de vacas em lactação

Use of distillery dry corn grains (DDGs) in feeding lactating cows

Régner Ítalo Gonçalves de Oliveira, Arlindo Saran Netto

1. Introdução

A procura e preocupação pela maior produção de combustíveis limpos (etanol), denominado biocombustível, tem gerado maior investimento em tecnologia, como as indústrias flex de destilaria. O Brasil conquistou destaque entre a produção mundial de etanol e, apesar da queda de produção na safra durante a pandemia da COVID-19, pretende intensificar sua produção nos próximos anos, incluindo a produção de etanol a partir do milho que deve apresentar um aumento de 60% em 2021/22 (UNEM, 2021).

As vantagens da utilização do milho em relação à cana de açúcar para produção de etanol são a facilidade na armazenagem do grão, principalmente para ser utilizado por usinas destiladoras - modelo flex - adaptadas para produzir o etanol a partir do milho durante a entressafra da cana; o excesso de produção de milho nas regiões que se concentram as indústrias destiladoras e a grande valorização dos coprodutos. Um coproduto gerado por esse processo de obtenção do etanol a partir do milho é conhecido como grãos secos de destilaria com solúveis - DDGs (*dried distillers grains with solubles*) o qual vem sendo empregado na composição na dieta dos animais domésticos (SILVA; PERES NETTO; SCUSSEL, 2016).

É significativa e se torna cada vez mais promissora a utilização de coprodutos oriundos da agroindústria na alimentação animal, seja como substituto parcial de concentrado ou como de volumosos na época de escassez de forragem. Essa prática pode resultar no aumento de produção e redução de custos em comparação com os ingredientes tradicionais, principalmente o produtor que possui fácil acesso a esses coprodutos (AZEVEDO et al., 2012).

Pesquisas recentes têm buscado examinar os coprodutos na alimentação animal e determinar os ótimos níveis de inclusão nas dietas, os quais apresentam melhor produtividade e economia, além de atribuir qualidade aos produtos (KOTSAMPASI et al., 2017).

De acordo com Oliveira (2013) a inclusão de coprodutos na dieta de ruminantes pode se tornar benéfica nas propriedades dado que apresentam menor custo que os ingredientes tradicionais e ainda assim proporcionam produtividade ao rebanho e qualidade do produto.

Objetivou-se com este trabalho apresentar o que são os grãos secos de destilaria com solúveis – DDGs e sua influência como ingrediente alternativo da indústria de destilaria na alimentação de ruminantes leiteiros, sendo uma alternativa aos produtores para substituição de ingredientes convencionais.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão que fornece um panorama geral de produção e características do DDGs até a dieta de ruminantes leiteiros. Será temporal com cobertura do tema no período de 2012 a 2022, com as publicações mais recentes e destacadas, baseada em publicações de artigos em periódicos indexados e livros nas bases de dados: ScienceDirect, PubMed, Google Acadêmico e Scielo. As palavras chaves utilizadas para a pesquisa foram: “Coprodutos na nutrição de ruminantes”, “DDGs na nutrição de bovinos de leite”, “Comercialização e produção de DDGs” e “Grãos secos de destilaria”.

2.1 Coprodutos na nutrição de ruminantes

Há uma diferença teórica entre subproduto e coproduto e as suas características. Resumidamente, ambos são resíduos de um processo industrial de obtenção de um produto. O que difere um subproduto de um coproduto é a existência de um potencial mercadológico ou não. Os resíduos que possuem uma demanda de mercado e dispõem de um valor de compra definido são denominados de coprodutos e os que não possuem um valor de mercado ou ainda não possuem

um potencial explorado são identificados como subprodutos (JAYATHILAKAN et al., 2012).

De acordo com Oliveira et al. (2013), a utilização de coprodutos na alimentação animal é uma alternativa para diminuir a inclusão de ingredientes tradicionais que apresentam maior custo. Devido apresentarem um bom potencial nutritivo capaz de atender as necessidades nutricionais dos animais, sua utilização é uma boa maneira de destinar os resíduos que seriam descartados. Essa reciclagem de nutrientes tende a minimizar impactos ambientais que poderiam ser causados caso depositados no meio ambiente.

Entretanto, a utilização de coprodutos ainda é feita de forma incorreta e sem embasamento científico, podendo ocasionar prejuízos na qualidade final do produto ou até mesmo na saúde do animal e gerando perdas econômicas. Para o aproveitamento desses ingredientes na nutrição de ruminantes é necessário conhecer sua disponibilidade ao longo do ano, sua composição nutricional, seu processo de obtenção, seus fatores limitantes e sua influência no desempenho produtivo animal, além da adaptação animal ao consumo (BRUST et al., 2015).

A utilização de subprodutos na dieta de ruminantes de interesse zootécnico é uma realidade que já vem sendo utilizada há anos por conta de questões econômicas e ambientais, e hoje tem considerável atenção de produtores rurais. O seu fornecimento, além de promover uma dependência dos bovinos por cereais que possam servir para animais monogástricos incluindo a alimentação humana, descarta a necessidade de investimentos no manejo de resíduos.

2.2 Grãos secos de destilaria (DDGs)

A União Nacional de Etanol e Milho (UNEM), (2021) relata que a produção de DDGs no Brasil começou em 2010 no Mato Grosso em três usinas flex e atualmente já está presente em mais três estados brasileiros: Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. O DDGs é descrito como o grão de milho seco por destilação no qual é um dos produtos das indústrias de etanol de milho, utilizado há muito tempo por pecuaristas em países como Estados Unidos, Argentina e Paraguai. A utilização de milho como matéria-prima para a produção de etanol

gera um rendimento de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDGs por tonelada de milho seco.

A composição nutricional do DDGs tem sido de grande relevância e atenção para pesquisadores da área de zootecnia, produtores de etanol e, especialmente, para a indústria de rações, já que a maior parte de DDGs é comercializado como ingrediente de ração para ruminantes. Um grande consumidor do DDGs é a indústria de ração animal.

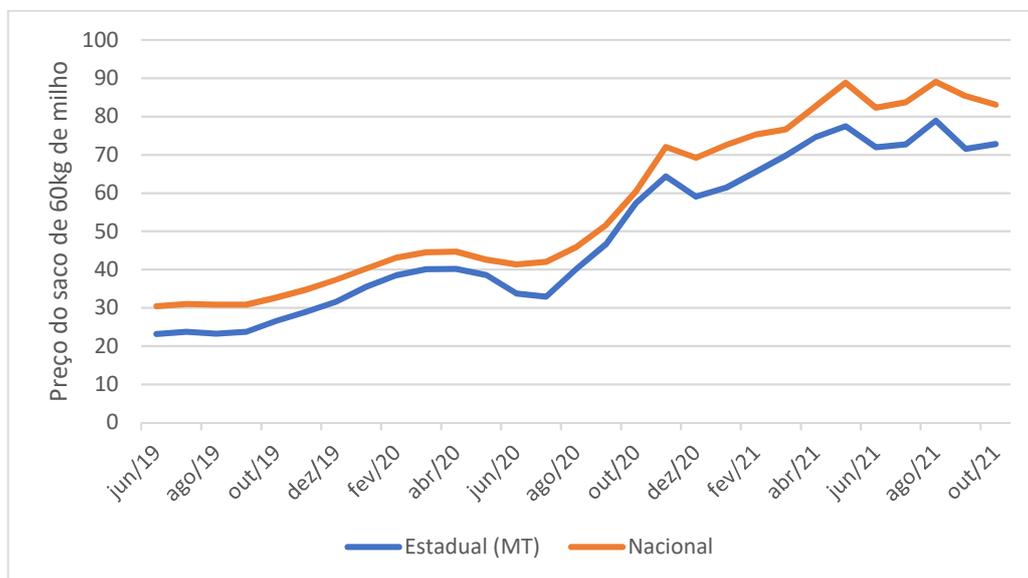
As análises do DDGs têm se centralizado em análises bromatológicas como a sua digestibilidade, energia líquida (EL), nutrientes digestíveis totais (NDT), extrato etéreo (EE), proteína digestível e indisponível, perfis de aminoácidos e minerais.

2.2.1 Panorama atual da produção de DDGs de milho no Brasil

Graças à ampla diversidade e adaptabilidade das cultivares de milho disponíveis no mercado, o cereal é uma cultura estratégica no Brasil assim como no mundo, podendo ser cultivada em consórcio, rotação e sucessão com outras culturas. O maior produtor nacional é o Mato Grosso, seguido pelo Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, e o potencial crescimento na produção se dá principalmente pelo uso do cereal na alimentação animal como ingrediente na dieta de aves e suínos, tanto quanto para produção de etanol nos Estados Unidos (CONTINI et al., 2019).

De acordo com a União Nacional de Etanol e Milho (2021) a produção de grãos secos de destilaria dobrou nos últimos dois anos e tende superar 2 milhões de toneladas em 2021/22 no Brasil, o que configura no aumento de 60% diante do 1,3 milhões de toneladas alcançados no ano agrícola anterior. Além disso, a meta é conseguir 6 milhões de toneladas por safra até 2029. Essa estimativa é baseada em anúncios de investimentos para construção de novas plantas de usinas de etanol de milho ou de ampliação das já existentes.

Figura 1 – Preços recebidos pelos agricultores de milho (R\$/ saca de 60kg) do MT entre junho de 2019 a outubro de 2021.



Fonte: AGROLINK (2021)

Com a ocorrência de estiagens e geadas, que foram motivadas pela formação do La Niña, em áreas produtoras de milho no Brasil em 2020 e somadas às frentes frias entre junho e agosto de 2021, a produção de milho reduziu e o preço do cereal valorizou. Ainda que mais baixo, o preço atual do milho apresenta valorização e com isso o DDGs ganha também mais valor comercial visto o aumento nos preços domésticos recebidos (Figura 1) pelos agricultores (IEA, 2021).

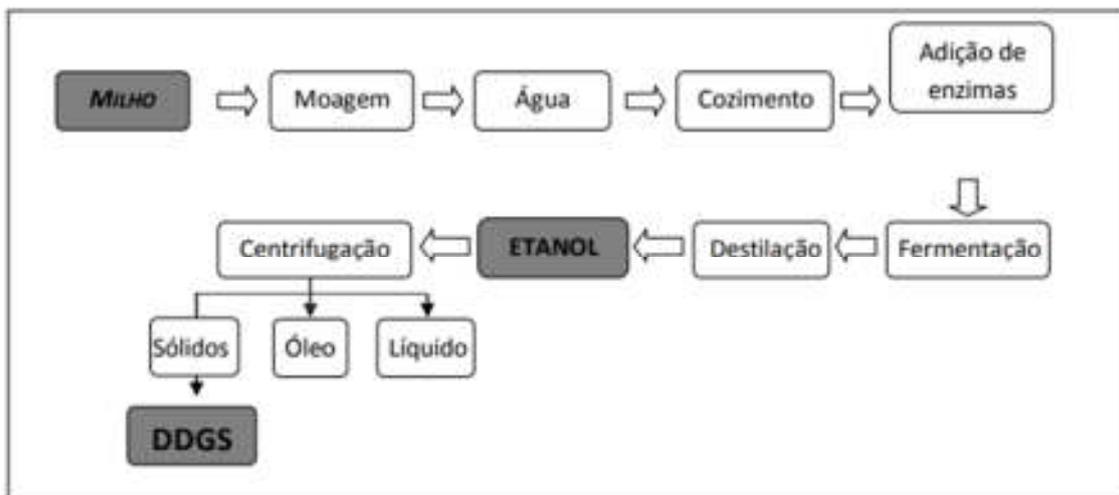
2.2.2 Processo de obtenção do DDGs

Resumidamente, o grão de milho é transformado em etanol por dois processos: moagem úmida ou moagem seca. Na moagem úmida, a semente de milho é dividida em componentes primários: amido, gérmen e fibra, originando resíduos variados. O processo de moagem a seco possui seis etapas: moagem, cozimento, liquefação, sacarificação, fermentação e separação.

Os produtos desse processo são álcool combustível, dióxido de carbono e os grãos secos de destilaria com solúveis. Em razão à menor necessidade de investimentos e a maior produção de etanol, o processo de moagem seca produz

70% da produção de etanol à base de milho (ALVES et al., 2012). Este processo pode ser observado conforme a Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processamento do milho para produção do etanol e seus coprodutos.



Fonte: Adaptado ALVES et al., (2012)

Assim, como na cana-de-açúcar, a glicose é transformada em etanol pela ação da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no processo de fermentação. O fluido produzido vai para as centrífugas onde são separadas a parte fina e a parte restante que se encaminha aos evaporadores e é produzido o xarope. Este xarope é misturado aos sólidos obtidos na centrífuga e é secado, originando o DDGs (ALVES et al., 2012).

Durante o processamento convencional do milho, é importante destacar que se utiliza ácido sulfúrico para controlar o pH durante a etapa de fermentação. Dessa maneira os grãos de milho ou de destiladores em geral podem conter grandes quantidades de íons sulfato (SO_4^{2-}), que são reduzidos a sulfetos (S^{2-}) no rúmen (Lewis, 1954). Conseqüentemente, o excesso de enxofre na dieta pode causar em casos graves a doença neurológica, polioencefalomalacia, em casos leves ocorre a diminuição da IMS e GMD o que gera um desafio para altas inclusões de DDGs nas dietas de ruminantes.

2.3. DDGs na nutrição de bovinos leiteiros

Um estudo realizado na Indonésia testou os efeitos de duas inclusões de DDGs (7,5% e 15% DDGs com base na ingestão de MS) sob condições climáticas quentes em relação ao controle que não possui esse coproduto. Os resultados demonstraram que a inclusão de DDGs na dieta de vacas leiteiras pode promover um aumento na produção de leite sem alterar o consumo de matéria seca (CMS). A qualidade do leite mensurada pelo conteúdo de sólidos totais e o teor de gordura foram semelhantes em vacas submetidas à dieta controle e DDGs a 7,5%. A inclusão de DDGs a 15% tendeu a melhorar ligeiramente o teor total de sólidos e gordura no leite. Além disso, a inclusão de DDGs reduziu o custo das dietas em comparação à dieta controle (TANGENDAJA, 2013).

De acordo com a pesquisa de Abdelqader e Oba (2012), a inclusão de DDGs em 20% na matéria seca (MS) da dieta, em comparação com a dieta com farinha de canola (10,2% por MS), o CMS e a produção de leite foram superiores, chegando a uma média de aumento de 5,6% na produção. Além disso, teores de gordura e lactose no leite e os aminoácidos asparagina e glutamina foram superiores ao controle, mas a proteína do leite caiu sua concentração. No fluido ruminal, não houve efeitos no pH ruminal médio diário, na concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) como de acetato, propionato e valerato, apenas concentração maior de butirato, amônia e concentração de nitrogênio nas dietas com inclusão de DDGs.

Maxin, Ouellet, e Lapierre, (2013), estudando a influência da inclusão de 20,2% de DDGs de milho com alta proteína em comparação com três ingredientes: DDGs de trigo proteinado (22% por MS), farelo de soja (13,7% por MS), e farelo de canola (20,8% por MS), concluíram que os melhores resultados se deram com a dieta com farelo de canola, visto que não apresentou deficiência de um único aminoácido, enquanto com DDGs de milho houve deficiência de lisina. Neste estudo, o CMS e produção de leite não diferenciam estatisticamente entre as dietas, mas a dieta mais produtiva foi com DDGs de milho, o que pode explicar a menor porcentagem de gordura no leite.

Outro estudo, conduzido por Testroet, et al. (2014), avaliou três dietas, sendo uma de controle (0% DDGs por MS) e duas com a inclusão de DDGs (10% DDGs, 25% DDGs por MS). Os resultados apontam que a produção de leite não foi afetada pelas dietas 0% e 10% DDGs, mas caiu significativamente com a dieta 25% DDGs. Conforme aumentaram a inclusão de DDGs, a proteína e os sólidos não gordurosos do leite aumentaram, entretanto houve uma queda na gordura do leite. Os ácidos graxos voláteis do rúmen não diferiram entre as dietas. A composição de ácidos graxos do leite foi afetada em vacas alimentadas com maiores inclusões de DDGs, produzindo maiores concentrações de ácidos graxos insaturados, o que é mais desejável.

Em 2014, Paz e Kononoff avaliaram os resultados da dieta de vacas em lactação com quatro tratamentos, sendo diferentes níveis de DDGs de baixo teor de gordura (15% e 30% DDGs por MS em substituição ao milho) em dietas com ou sem suplementação de lisina protegida no rúmen. Eles observaram que as dietas de inclusão de DDGs de baixo teor de gordura e com suplementação de lisina não causaram efeito sobre a IMS, produção de leite e nas concentrações de gordura e lactose do leite. Mas, novamente, a concentração de proteína do leite caiu em vacas submetidas aos tratamentos com 30% de DDGs de baixo teor de gordura em comparação com aquelas alimentados com 15% de DDGs de baixo teor de gordura.

Outro trabalho, desenvolvido por Ramirez-Ramirez (2016) compara a influência de quatro dietas compostas por DDGs e DDGs de teor reduzido de gordura sem e em associação com gordura inerte no rúmen (0% de DDGs; 30% de DDGs; 30% de DDGs de teor reduzido de gordura e 30% de DDGs de teor reduzido de gordura em associação com gordura inerte por MS). O CMS e a produção de leite foram semelhantes entre os tratamentos com DDGs, mas com dados superiores ao controle. Neste o teor de proteína do leite já aparece maior para as dietas com DDGs, 30% e 30% com teor reduzido de gordura, intermediária para a dieta com 30% com gordura reduzida e associado a gordura inerte e menor comparada a dieta controle. Observou-se uma redução da

porcentagem e da síntese de gordura do leite nas dietas com 30% DDGs e semelhantes nas demais.

As variações na produção de leite estão relacionadas com o nível de inclusão de DDGs e a qualidade nutricional desse coproduto. Uma análise composicional típica dos grãos úmidos de destilaria visa principalmente a definição das características nutricionais da matéria-prima, o que é fundamental para determinação dos valores nutricionais de uma dieta.

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) pode variar em torno de 34,8% (Manthey & Anderson 2018). O mesmo ocorre com a concentração de proteína indisponível (PIDA) e o nitrogênio ligado a FDN (PIDN) no DDG que surge pelas altas temperaturas durante o processo de secagem. Inclusive, a fração de PIDN pode ser utilizada como um indicador da quantidade de dano por calor e formação do produto Maillard no DDGs (Li et al., 2012).

Na dieta de bovinos leiteiros, o DDGs de milho é conhecido por fornecer significativas quantidades de proteína não degradável no rúmen (PNDR) além de ser descrito como uma fonte proteica de alta qualidade (NRC, 2001).

U.S. Grains Council (2012) mensurou a PNDR, a degradação da proteína do DDGs no rúmen e obteve entre 47 a 57% de PNDR, o que mostra uma alta concentração de proteína não degradada no rúmen.

A composição nutricional é afetada pelas propriedades nutricionais e pela inconsistência da origem do DDGs, como diferentes técnicas de processamento: condições de fermentação, métodos de moagem e secagem, tipo de grão utilizado e quantidade de solúvel adicionado, o que pode levar à má formulação da ração e diminuição da produtividade animal.

Quando identificarem as diferenças e características da matéria prima ou do processamento que tornam o DDGs variável, poderão ser detectadas e melhoradas subsequentes com novas técnicas. Como resultado, a consistência e qualidade do DDGs podem ser aplicáveis nas formulações de dietas, tornando-as mais precisa.

3. Considerações Finais

Ainda que permaneça alto o preço do milho no mercado brasileiro, as usinas destiladoras que utilizam o grão para produção de etanol estão aumentando a produção e fazendo novos investimentos nos últimos dois anos.

O coproduto, grão seco de destilaria com solúveis (DDGs), é considerado um ingrediente proteico energético que pode ser introduzido na dieta de vacas em lactação. Por conta de sua variação no mercado, é de extrema importância a análise da composição bromatológica antes de ser formulada a dieta, além de que sua armazenagem deve ser adequada, controlando o teor de umidade e a proliferação de fungos para não elevar o teor de micotoxinas em sua composição.

A utilização do DDGs é uma possibilidade viável para produtores próximos às destilarias de milho, podendo reduzir os custos da dieta e promover a sustentabilidade por meio da utilização do resíduo do milho da extração do etanol. Respeitando os níveis adequados de inclusão nas dietas de bovinos leiteiros como garantia de uma boa produtividade.

Mais estudos devem ser realizados com o DDGs produzido no Brasil visando intensificar a associação do conhecimento teórico e sua aplicabilidade. Há uma necessidade de pesquisas que envolvam a matéria prima (grão de milho) para produção de etanol relacionando com a qualidade do DDGs e as que incorporem seu uso a pasto, já que grande parte do rebanho leiteiro brasileiro é criado apenas neste sistema.

O aperfeiçoando das etapas de produção de etanol e, conseqüentemente, o coproduto gerado nas destilarias poderá promover uma melhor produtividade de leite nas propriedades, a fim de fortalecer toda a cadeia produtiva.

Referências

ABDELQADER, MM; OBA, M. **Lactation performance of dairy cows fed increasing concentrations of wheat dried distillers grains with solubles.** v. 95, n. 7 Sherbrooke: Journal of Milk Science, 2012. 3894-3904 p.

AGROLINK. **Cotações: milho**. Porto Alegre: Agrolink, 2021. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/mt/milho-seco-sc-60kg>>. Acesso em: 30 out. 2021.

ALVES, J.O et al. **Síntese de nanomateriais de carbono a partir do resíduo de milho (DDGS)**. V.35. São Paulo: Química Nova, 2012. 1534-1537 p.

AZEVÊDO, J. A. G. et al. **Nutritional diversity of agricultural and agro-industrial by-products for ruminant feeding**. v.64, n.5. Belo Horizonte; Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2012. 1246-1255 p.

BRUST, L. A. C. et al. **Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria**. 35. Rio de Janeiro: Pesquisa Veterinária Brasileira, 2015. 956-964 p.

CONTINI, E. et al. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. 2. Brasília: Embrapa: Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2019.

DA SILVA, J. R.; NETTO D. P.; SCUSSEL, V. M. **Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança – uma revisão**. Vol. 10, nº3. Maringá: Pubvet, 2016. 190-270 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Impactos das Adversidades Climáticas sobre o Comércio Exterior Brasileiro de Produtos Selecionados**. IEA, 2021. Disponível em:<<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15953>>. Acesso em: 02 nov. 2021

JAYATHILAKAN, K. et al. **Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review**. Vol.49, n.3. Mysore: Journal of Food Science and Technology, 2012. 278–293 p.

KOTSAMPASI, B. et al. **Effects of dietary pomegranate pulp silage supplementation on milk yield and composition, milk fatty acid profile and blood plasma antioxidant status of lactating dairy cows**. Vol. 234. Mysore: Animal Feed Science and Technology, 2017. 228-236 p.

LEWIS, D. **The reduction of sulphate in the rumen of the sheep**, Vol. 56. Sheffield: Biochemical Journal, 1954. 391–399 p.

Li, C., Li, J. Q., Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. **Ruminal and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with grain source and milling process**. *Animal Feed Science and Technology*, 2012. 175(3–4), 121-130.

MANTHEY, A. K., & ANDERSON, J. L. 2018. **Growth performance, rumen fermentation, nutrient utilization, and metabolic profile of dairy heifers limit-fed distillers dried grains with ad libitum forage**. *Journal of dairy science*, 101(1), 365-375 p.

MAXIN, G., OUELLET, D. R., LAPIERRE, H. **Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability**. Vol. 96, n. 12. Champaign: *Journal of dairy science*, 2013. 7806-7817 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition**, 2001. Washington, DC: The National Academies Press, 2001.

OLIVEIRA, R.L. et al. **Alimentos Alternativos na Dieta de Ruminantes**. Vol.15, n.2. Areia: *Revista Científica de Produção Animal*, 2013. 141-160 p.

PAZ, H. A.; KONONOFF, P. J. **Lactation responses and amino acid utilization of dairy cows fed low-fat distillers dried grains with solubles with or without rumen-protected lysine supplementation**. Vol. 97, n. 10. Champaign: *Journal of dairy Science*, 2014. 6519-6530 p.

RAMIREZ-RAMIREZ, H. A. et al. **Reduced-fat dried distillers grains with solubles reduces the risk for milk fat depression and supports milk production and ruminal fermentation in dairy cows**. Vol. 99, n. 3. Champaign: *Journal of dairy science*, 2016. 1912-1928 p.

TANGENDJAJA, B. **Effect of feeding corn dried distillers grains with solubles (DDGS) on milk production of cow under hot climate condition.** Vol. 14, n. 2. Bogor: Journal of Agricultural Science, 2013. 63-70, p.

TESTROET, E. D. et al. **Quality of milk from lactating dairy cattle fed dried distillers grains with solubles.** Vol. 11. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2014.

UNIÃO NACIONAL DE ETANOL E MILHO. **Milho: produção de DDG no brasil deve superar 2 mi de toneladas em 2021/22 e alcançar 6 mi de t até 2029.** Cuiabá: UNEM, 2021. Disponível em: <<http://www.etanoldemilho.com.br/2021/10/13/milho-producao-de-ddg-no-brasil-deve-superar-2-mi-de-t-em-2021-22-e-alcancar-6-mi-de-t-ate-2029/>>. Acesso em 3 nov. 2021.

US Grains Council. **A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS)**, 3ª edição. Washinton: Grains Council, 2012. 406p.

Coprodutos na nutrição de equinos: poupando alimentos destinados à alimentação humana

By-products in equine nutrition: saving food for human consumption

Victória Pereira de Melo, Roberta Ariboni Brandi

1. Introdução

Com o aumento da discussão das questões ambientais, tem se buscado criar sistemas de produção sustentáveis com fontes de energia e alimentos alternativos que podem ser utilizados na alimentação animal em detrimento a alimentos destinados à alimentação humana (MOTA et al., 2011).

Os concentrados formulados para equinos, utilizam como ingredientes o milho, a soja, a aveia, o trigo, a cevada e o farelo de arroz, todos alimentos que também compõem a nutrição humana (KALANTARI et al., 2021).

Na equideocultura, o uso de coprodutos cresceu, juntamente com o uso de aditivos e tecnologias que visem o aumento da digestibilidade proporcionando um menor consumo (FURTADO et al., 2011). Produtos como a casca de soja (BORGHI et al., 2017, MENEZES et al., 2014, MOREIRA,2015, KABE et al. 2016), a polpa cítrica (MOREIRA,2015, MENEZES et al., 2014), o gérmen de milho desengordurado (GIUNCO et al., 2016) foram testados para a alimentação de equinos, assim como novos processamentos de alimentos também ganharam destaque (MANSO et al. 2015).

O objetivo do presente trabalho foi realizar revisão de literatura sobre os coprodutos e tecnologias utilizados na alimentação de equinos que possam reduzir a utilização de ingredientes utilizados na nutrição humana.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google acadêmico, Science Direct, utilizando as palavras-chave: fisiologia digestiva, coprodutos, digestibilidade aparente, equinos,

nutrição, manejo alimentar e processamentos. Apenas artigos publicados entre 2011 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Nutrição Equina

Os equinos são animais herbívoros que pastejam continuamente pequenas porções ao longo do dia. Essa espécie possui comportamento seletivo auxiliado pela língua e lábios móveis e sistema digestivo adaptado para pastar de 10 a 15 horas almejando o consumo das melhores forrageiras (OLIVEIRA et al., 2018).

Apresenta estômago pequeno e intestino bem desenvolvido. O estômago não é completamente preenchido durante a digestão e por isso o alimento permanece por um curto período de tempo. O intestino desses animais abriga uma grande e importante população microbiana que através da fermentação disponibiliza os nutrientes para o organismo (MARTIN-ROSSET, 2015).

A digestão do alimento se inicia na boca através da mastigação. Os equídeos possuem a maior taxa de mastigação por minuto estimulando uma maior produção de saliva (REZENDE et al., 2015). O estômago é composto por uma parte glandular onde ocorre os mecanismos protetores e aglandular que não possui autoproteção e por isso esta mais exposta à acidez. Esse órgão raramente se esvazia por inteiro e o trânsito normal do conteúdo gástrico aos outros compartimentos é estimulado pela ingestão de alimento (ARANZALES et al., 2013).

A maior parte da digestão da fibra ocorre no ceco e no cólon que fazem parte do intestino grosso (IG) e juntos representam 60% do trato digestivo. No ceco, há grande quantidade de bactérias celulolíticas capazes de digerir alimentos fibrosos, gerando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). A deficiência de fibra pode afetar a microbiota do IG e diminuir os movimentos peristálticos aumentando os riscos de distúrbios (REZENDE et al., 2015).

O volumoso representa parcela principal da alimentação dos cavalos, pois as fibras são a base da dieta influenciando diretamente no bom funcionamento do sistema digestório e suprimindo quase totalidade da exigência energética. A maior produção de saliva estimulada por esse alimento umedece o alimento auxiliando

na deglutição e conseqüentemente tamponando o ambiente estomacal devido à presença de bicarbonato, mantendo a integridade funcional do estômago, ceco e cólon (ARANZALES et al., 2013).

Segundo Harris et al. (2017) a quantidade mínima a ser oferecida de volumoso é de 1,25% do peso vivo e a ideal 1,5% do PV, ambos em base de matéria seca, demonstrando que a base da alimentação do equino deve ser o volumoso e o concentrado deve auxiliar a atender a demanda nutricional de determinadas fases (NRC, 2007).

Os concentrados mais utilizados no mercado são a base de carboidratos não estruturais com quantidades significativas de grãos ou produtos ricos em amido. Animais com alta demanda energética como, cavalos atletas, precisam de energia prontamente disponível, esse tipo de concentrado é uma opção, desde que fornecido em porções fracionadas para que não ocorra sobrecarga do trato gastrointestinal (PIMENTEL et al., 2013).

Os cavalos possuem capacidade de digestão de amido limitada no intestino delgado fazendo com que uma proporção substancial de amido atinja o intestino grosso (MAIA et al., 2017). A ingestão por refeição não deve ser superior a 1,1g amido/kg PV (VERVUERT et al., 2009). Em excesso, esse polissacarídeo será rapidamente fermentado o ceco e cólon pelas bactérias amilolíticas produzindo ácidos graxos de cadeia curta e ácido lático, responsáveis por diminuir significativamente o pH podendo causar danos ou irritação à mucosa intestinal do animal resultando em distúrbios metabólicos como cólicas e laminites, além de prejudicar a digestibilidade da fibra (MAIA et al., 2017).

Uma alternativa segura para esses animais é aumentar o aporte de energia por ingredientes que não os carboidratos não estruturais. O fornecimento de óleo melhora a digestibilidade pré-cecal devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes, controla o uso de glicogênio intramuscular elevando o tempo para fadiga e assim proporcionando bem-estar ao animal, principalmente aos atletas, que devido a sua demanda energética, usualmente são suplementados com maiores quantidades de concentrados (MAGALHÃES et al., 2017).

2.2 Coprodutos utilizados na alimentação de equinos

A nutrição ocupa uma parcela significativa nos custos de produção. Assim, muitas pesquisas estão sendo realizadas para testar novos ingredientes para alimentação animal. A adoção dessas matérias primas alternativas deve ser feita com cuidado e deve ter como parâmetros de escolha a palatabilidade, granulometria, higiene e valor nutricional (FURTADO et al., 2011).

O uso dos coprodutos tem importância ambiental, econômica e nutricional, pois permitem a utilização de alimentos que seriam descartados evitando o acúmulo de resíduos que gerariam poluição ambiental, agregam valor a esses produtos, além de diminuir a competição de ingredientes comuns à alimentação humana como o milho, trigo e a soja (COSTA et al., 2015).

A soja é considerada uma importante *commodity*, pois é uma matéria-prima amplamente negociada no mercado internacional (ARTUZO et al., 2018). O milho é outra *commodity* utilizada nas dietas para animais e humanos (SILVA et al., 2013). O trigo tem cerca de 75% da sua produção destinada à produção de farelo de trigo para alimentação humana (WESENDONCK et al., 2013). Por isso, diminuir a concorrência desses ingredientes com a alimentação animal é tão importante (TEIXEIRA et al., 2014).

O NRC (2007) reconhece a relevância do uso dos coprodutos e outros componentes alternativos, porém, a variabilidade nutricional desses deve ser analisada, pois um mesmo alimento original pode ter diferentes composições químicas em razão da discrepância existente quanto aos tipos de solo, adubação, clima e processamentos (FURTADO et al., 2011).

Os coprodutos têm sido uma alternativa segura na alimentação animal. Além da questão ambiental, esses resíduos são importantes, pois ajudam a reduzir a quantidade de amido na dieta dos cavalos, adequando à fisiologia do animal, além de atender às necessidades de energia do cavalo (MENEZES et al., 2014).

Produtos como a casca de soja (BORGHI et al., 2017, MENEZES et al., 2014, MOREIRA, 2013, KABE et al., 2016), a polpa cítrica (MOREIRA, 2013, MENEZES et al., 2014), o gérmen de milho desengordurado (GIUNCO et al.,

2016) foram testados para acrescentar a dieta fibras de fácil fermentação e com isso aumentar o aporte energético por esta via, reduzindo o uso de amido. Este tipo de fibras é conhecido na equinocultura por “super fibras” (Duren, 2000).

A casca de soja tem sido utilizada nas dietas para equinos por sua palatabilidade e aceitabilidade além das características de suas fibras. As porcentagens de inclusão da casca de soja no concentrado variam de acordo com cada estudo. Kabe et al. (2016) concluíram que seu uso é viável até 28% sem alterar a microbiota, afetar negativamente a digestibilidade, alterar as características físico-químicas das fezes. Santos et al. (2018) desenvolvendo alimento extrusado incluíram 40% de casca de soja umedecida entre 20 – 23% e obtiveram produtos com características viáveis para produção comercial. Borghi et al. (2017) incluíram casca de soja, em substituição de até 40% do concentrado melhorando a digestibilidade dos carboidratos fermentáveis e não alterando a glicemia de equinos sob exercício de intensidade moderada.

O gérmen de milho é um coproduto da industrialização do milho com muitos atrativos nutricionais e boa disponibilidade na região centro-sul do Brasil (SILVA et al., 2013). Pesquisas com esse coproduto para equinos são escassas. Giunco et al. (2016) estudaram o gérmen de milho desengordurado, resultado da extração da maior parte do amido, glúten e gérmen do grão de milho através de processo úmido, pode ser utilizado na dieta em até 30% do concentrado sem causar efeitos deletérios ao coeficiente de digestibilidade aparente, as características e parâmetros físico-químicos do sangue e pode contribuir para formular dietas com baixos índices glicêmico e insulinêmico.

Outro coproduto da industrialização do milho é o glúten de milho 21. Esse ingrediente é o que mais se assemelha ao gérmen de milho desengordurado (GIUNCO et al., 2016). Correa et al. (2016) investigaram a substituição do farelo de trigo por glúten de milho 21 com diferentes níveis de inclusão no concentrado (0%, 10%, 20% e 30%). A inclusão de até 30% pode ser consumida sem afetar a digestibilidade em dietas com proporções iguais, em base energética, de concentrado e volumoso (50:50).

Em substituição aos grãos, pode-se utilizar a polpa cítrica que é outro coproduto energético para dietas de equinos. Sua inclusão viável foi em até 28% no concentrado mantendo as curvas glicêmicas e insulinêmicas próximas aos valores basais (MENEZES et al., 2014; BRANDI et al., 2016).

Os óleos vegetais também são coprodutos que podem ser utilizados na nutrição equina. Esse ingrediente possui uma maior quantidade de pesquisas, sendo o óleo de soja o mais utilizado, pois é uma boa alternativa de fonte energética. A porcentagem de inclusão na dieta varia de acordo com a dieta, o tipo de óleo, categoria do animal, raça, tipo de treinamento (FURTADO et al., 2011).

A maioria os estudos concordam que o uso do óleo gera alterações fisiológicas e metabólicas positivas, como redução de energia gasta para produção de calor e melhor recuperação pós-prova (NASCIMENTO et al., 2019). Os pesquisadores encontraram que o fornecimento de altos níveis de óleo influenciou negativamente o consumo de matéria seca e a digestibilidade da celulose (FURTADO et al., 2011).

Os óleos de soja e milho são os mais utilizados, pois possuem boa aceitabilidade pelos cavalos, apresentam grande disponibilidade no mercado, e diminuem o fornecimento de carboidratos não estruturais prevenindo problemas futuros (NASCIMENTO et al., 2019).

2.3 Processamentos

Os programas nutricionais têm contado com novas alternativas alimentares, ou antigos ingredientes submetidos aos novos métodos de industrialização, reduzindo os custos e proporcionando uma maior segurança alimentar aos cavalos (MANSO et al., 2015). Na nutrição animal são realizados diferentes processamentos. A trituração e a peletização são processamentos que podem influenciar no desempenho dos animais (ULENS et al., 2015). A extrusão é um processo que utiliza altas temperatura, melhora a digestibilidade e a disponibilidade de energia (BRENNAN et al., 2011).

Grãos processados e amido são digeridos de forma mais eficiente no trato gastrointestinal do que grãos inteiros e não processados, aumentando a digestibilidade pré-cecal como resultado da micronização, extrusão e floculação (KALANTARI et al., 2021). Assim, quanto mais amido degradado e absorvido antes do intestino grosso, menor será a formação de gás e calor, maior será o rendimento da energia digestível, e menor serão os riscos de ocorrer processos fermentativos (CASALECCHI et al., 2012).

Os coprodutos permitem aumentar o fornecimento de fibras de alta qualidade, o aporte energético, sem aumentar a quantidade de amido. Enquanto que os processamentos rompem a matriz celular dos grãos aumentando a digestibilidade (SANTOS et al., 2018). Para os equinos, tanto os coprodutos como os novos processamentos são vantajosos pois ambos colaboram com a saúde do trato gastrointestinal ao reduzir ou transformar o amido disponível e permitir o aumento do aporte energético.

O uso de 30% concentrado contendo conjunto de grãos cereais que passaram por algum processamento melhorou a digestão da dieta sem afetar negativamente o comportamento alimentar e pH fecal de equinos (KALANTARI et al., 2021).

A ração farelada não é muito indicada, pois produz muito pó podendo causar problemas respiratórios nos cavalos ou até a obstrução do canal nasolacrimal, uma alternativa seria umedecer essa ração para diminuir o pó, porém, em altas temperaturas essa atividade causaria a fermentação da ração levando a quadros de cólica. Além de ser mais difícil de ser transportada, armazenada e distribuída (ZANARDO et al., 2017).

A peletização é um processo mecânico que combina altas temperaturas, umidade e pressão resultando na diminuição de partículas, melhor palatabilidade e aproveitamentos dos nutrientes, aumento da densidade da ração proporcionando mais economia, aumento da durabilidade e redução dos microrganismos e seleção dos ingredientes pelos animais (ESCOLA e PIASSA, 2019).

Os alimentos extrusados são mais digestíveis, pois passam por um processo industrial cujo alimento é pressionado, sofre ação da umidade, pressão e

temperatura para expandir a porção de amido (MANSO et al., 2015). A alta temperatura fornecida pelo processo de extrusão promove a expansão rompendo a elasticidade do grão, e conseqüentemente a degradação estrutural do amido. A composição do produto extrusado influencia diretamente na característica de expansão, ingredientes com alto teor de fibra ou lipídeos tendem a expandir menos (SANTOS et al., 2018).

A degradação do amido aumenta a absorção da glicose no intestino delgado e evita que parte do amido não digerido acesse o intestino grosso levando a distúrbios metabólicos. O alimento completo extrusado possui a maior digestibilidade e concentração energética por incluir fibra de boa qualidade e permitir o aumento do aporte de extrato etéreo contribuindo para a manutenção da saúde gastrointestinal do cavalo (MANSO et al., 2015).

Alimentos ricos em carboidratos podem produzir diferentes efeitos no metabolismo energético dos cavalos por terem grande influência sobre as respostas glicêmicas. Os milhos inteiros ou triturados geram uma alta resposta glicêmica, que não é desejada, pois dificulta a digestão pré-cecal afetando o colo e ceco dos equinos por modificar o padrão de fermentação e a microbiota no intestino grosso (CASALECCHI et al., 2012). A extrusão e floculação melhoram significativamente a digestibilidade do milho, o que pode ser comprovado pela grande variação na concentração de glicose após a ingestão (MANSO et al., 2015).

3. Considerações Finais

O uso dos coprodutos na alimentação equina é uma alternativa viável por suprirem a demanda energética dos animais, manterem a saúde gastrointestinal por reduzirem a quantidade de amido ofertada e diminuírem a concorrência com a alimentação humana.

O processamento também é importante para aumentar a digestibilidade através da degradação do amido que é absorvido antes de chegar ao intestino grosso, sendo responsável também por evitar distúrbios metabólicos como cólicas e laminites que frequentemente atingem os equinos.

Referências

ARANZALES, J.R.M.; ALVES, G.E.S. O estômago equino: agressão e mecanismos de defesa da mucosa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p. 305-313, 2013.

ARTUZO, F. D. et al. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n.2, 2018.

AL-RABADI, G.J. et al. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, n. 3, p. 267-279, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.097>>. Acesso em: 03 nov. 2021.

BORGHI, R. T. et al. Digestibility of nutrients and digestive health in horses submitted to moderate exercise and supplemented with diets formulated with soybean hulls. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 59, p. 118-125, 2017.

BRANDI, R. A. et al. Physicochemical and microbial analysis of feces from horses fed diets containing citrus pulp. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 17, n. 4, 2016.

BRENNAN. C. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, ed. 10, p. 570-575, 2011. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.007>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CASALECCHI, F. L., ETCHICHURY, M., ONZAGA, I. V. F., GOBESSO, A. A. O. Digestibilidade aparente total e resposta glicêmica de dietas para equinos contendo milho submetido a diferentes processamentos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 232-238, 2012.

CORREA, G. F.; NASCIMENTO, O. C. A. ; MOTA, T. P. ; HESPANHOLO, G. O. ; MOREIRA, C. G.; MENEZES, M. L. ; VERVUERT, I. ; BALIEIRO, J. C. C. ; BUENO, I. C. S. ; BRANDI, R. A. Impact on digestibility, and blood and fecal

parameters of replacing wheat bran with corn gluten meal in concentrate of adult horses. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 186, p. 41-45, 2016.

COSTA, R. V. et al. Girassol (*Helianthus annuus* L.) e seus coprodutos na alimentação animal. **PUBVET**, Maringá, v. 9, n. 7, p. 303-320, 2015.

ESCOLA, W. A. N. e PIASSA, M. M. COMPARAÇÃO ENTRE RAÇÕES PELETIZADAS E FARELADAS SOBRE O DESEMPENHO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 2, n. 1, 2019.

FURTADO, C. E.; BRANDI, R. A.; RIBEIRO, L. B. Utilização de coprodutos e demais alimentos alternativos para dietas de equinos no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.232-241, 2011.

GEOR, R. J.; COENEN, M. ; HARRIS, P. A. Equine Applied and Clinical Nutrition. **Elsevier Health Sciences** , 2013.

GIUNCO, C. et al. Defatted maize germ in equine diets. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 5, p. 1305-1313, 2016.

HARRIS, P. A. Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. **Animal**, v. 11, ed. 6, p. 958-967, 2017.

KABE, A. M. G. Soybean hulls in equine feed concentrates: apparent nutrient digestibility, physicochemical and microbial characteristics of equine feces. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 36, p. 77-82, 2016.

KALANTARI, R. K. et al. The Effect of Three Levels of Concentrate and Grain Processing on Feeding Behavior, Nutrient Digestibility, Blood Metabolites and Fecal pH Of Turkmen Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 104, 2021.

MAGALHÃES, F. J. R. et al. Efeito da suplementação com concentrados ricos em óleo sobre biomarcadores metabólicos para cavalos. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 11, n. 2, p.114-121, 2017.

MAIA, M. A., BOTTEON, P. de T. L., SPINDOLA, B. F., BOTTEON, R. de C. C. M., Alteração do pH fecal de equinos pela administração de alcalinizantes orais. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 39, n. 1, 2017.

MANSO, H. E. C. C. C. et al. Biomarcadores sanguíneos de cavalos consumindo milho processado de diferentes formas ou farelo de algaroba. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 13, p. 69-77, 2015.

MARTIN-ROSSET, W. ed. W. MartinRosset, Equine Nutrition INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables. **The Netherlands: Wageningen Academic Publishers**, 2015.

MENEZES, M. L. et al. EFFECTS OF DIETS WITH INCREASING LEVELS OF CITRUS PULP ON THE BLOOD PARAMETERS LINKED TO ENERGY METABOLISM IN HORSES. **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v.38, n. 6, p. 589-59, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000600008>>. Acesso em: 26 out. 2021.

MOREIRA, C. G., et al. Palatability and digestibility of horse diets containing increasing levels of citrus pulp. **MVZ Cordoba**, v. 20, p. 4546-4557, 2015.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20110045>>. Acesso em: 26 out. 2021.

NASCIMENTO, J. C. S. et al. Utilização de óleos vegetais na alimentação de equinos: Revisão. **PUBVET**, v.12, n.3, a57, p.1-7, Mar., 2018.

NRC. National Research Council of the National Academies. Nutrient Requirements of Horses. 6 th edition. Washington DC. **The National Academies Press**, 2007

OLIVEIRA, K. et al. Digestibilidade e tempo de retenção dos grãos de sorgo processados durante a ensilagem em equinos. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador**, v.15, n. 2, p. 308-317, 2014.

OLIVEIRA, A. A. M. de A., PAGLIOSA, G. M., SALVADOR, L. A. Avanços e tecnologias na alimentação de equinos. **Revista Científica de Produção Animal**, v.20, n.2, p.91-97, 2018.

PIMENTEL, M. M. et al. Manejo nutricional de equinos utilizados em provas de vaquejada no rio grande do norte, brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, n.1, p.61-65, 2013.

REZENDE, A. S. C. de et al. Yeast as a feed additive for training horses. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, V. 36, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000300012>>. Acesso em: 26 out. 2021.

REZENDE, A. S. C., SILVA, R. H. P., INACIO, D. F. da S. Volumosos na alimentação de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, V. 7, n. 1, 2015.

SANTOS, M. M. de M. et al. Parâmetros industriais na modificação termoplástica de concentrados com inclusão de casca de soja destinada a alimentação de equinos. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**, Goiânia, ed. 28, 2018.

SANTOS, M. M. de M. et al. Potencial fermentativo de inóculos fecais de equinos alimentados com dietas completas extrusadas. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**, Goiânia, ed. 28, 2018.

SILVA, C. A. et al. Utilização de um complexo enzimático para rações contendo farelo de gérmen de milho desengordurado para suínos em fase de crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 2, p. 4065-4082, 2013.

TEIXEIRA, U. H. G. et al. Potencial de utilização de co-produtos agroindustriais para suplementos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 2, p. 3363– 3386, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v8n14.1749>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

ULENS, T. et al. Effect of grinding intensity and pelleting of the diet on indoor particulate matter concentrations and growth performance of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, ed. 2, p. 627-636, 2015.

VERVUERT, I.; VOIGT, K.; HOLLANDS, T.; CUDDEFORD, D.; COENEN, M. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. **Veterinary Journal**, v. 182, ed. 1, p. 67-72, 2009.

WESENDONCK, W. R. et al. Valor nutricional e energia metabolizável de subprodutos do trigo utilizados para alimentação de suínos em crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.203-210, 2013.

ZANARDO, J. A., DINIZ, A. P., LEÃO, H. F. Avaliação da qualidade nutricional de rações comerciais de equinos na cidade de Araguari – MG. **Revista Eletrônica da Reunião Anual de Ciência**, v. 7, n. 1, 2017.

Febre aftosa na bovinocultura brasileira

Foot-and-mouth disease in Brazilian cattle

Gabriela Lazoti Blumer, Ricardo Luiz Moro de Sousa

1. Introdução

O Brasil possui grande destaque na produção e exportação de proteína de origem animal. Em 2021, o país produziu cerca de 9,71 milhões de toneladas equivalente em carcaça, sendo que 2,48 milhões dessa produção foi exportada e o restante ficou no mercado interno (ABIEC, 2022). Esse desempenho pode estar associado a décadas de investimentos em tecnologias no campo, engenharia genética, manejo nutricional e sanitário, os quais, além de aumentarem a produtividade dos rebanhos, impactam nas exportações, tornando o país cada vez mais competitivo no mercado. Diante dessa posição em que o país ocupa, é indispensável a aplicação adequada de medidas de manejo sanitário, colaborando para a segurança dos alimentos destinados ao mercado consumidor (MARCHEZINI et al., 2019).

A febre aftosa é uma doença infecciosa que acomete os animais de casco fendido, com destaque para os bovinos e bubalinos. É conhecida por ser altamente contagiosa e causar danos significativos à cadeia de produção de proteína animal (CONSTABLE et al., 2017). A detecção da febre aftosa no plantel resulta em enormes impactos socioeconômicos, já que restringe a circulação dos produtos alimentícios, devido aos embargos econômicos, atuando como uma barreira sanitária no comércio nacional e internacional (GARCIA et al., 2015).

Por décadas, a febre aftosa tem sido uma ameaça sanitária à pecuária devido ao caráter altamente contagioso, colocando em risco todas as regiões do mundo, sendo considerada uma das doenças infecciosas animais mais importantes, devido aos efeitos que causa na produção e exportação, com a imposição dos embargos no trânsito interno e externo dos produtos (MENEZES; LUNA; MIRANDA, 2020).

Não existe tratamento para a febre aftosa, pois é economicamente inviável. Dessa forma, o abate sanitário de todos os animais, infectados ou contatantes num rebanho, é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), para se evitar a rápida disseminação do vírus, o que pode acarretar perdas de bancos genéticos importantes para a produção, além da grande perda econômica e de credibilidade no mercado (PIRES, 2010).

Um dos fundamentos principais para a produção zootécnica num mercado cada vez mais competitivo nacional e internacionalmente, é a administração adequada de medidas de gestão sanitária, assegurando a saúde e bem-estar dos animais para a elaboração de produtos de qualidade e confiabilidade, garantindo a segurança alimentar (JACOB; AZEVEDO, 2020).

Adicionalmente, relatos históricos no controle e prevenção de enfermidades que afetam as espécies animais de interesse zootécnico são importantes para a realização de melhores avaliações de ações usuais de biossegurança e planejamento de programas sanitários futuros mais eficazes (JOAQUIM et al., 2016). Nesse contexto, o presente trabalho objetivou delinear o panorama histórico de obstáculos e avanços para o controle e prevenção da Febre Aftosa dentro da bovinocultura brasileira, que tem permitido ao país atingir destaque cada vez maior no mercado mundial de proteína animal.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Google acadêmico, PubMed, Scielo e Science Direct utilizando as palavras-chave: febre aftosa, bovinocultura, epidemiologia, sanidade e vacinação. Foram utilizados artigos e livros publicados entre 2010 e 2022 fornecendo uma recapitulação da história da febre aftosa no Brasil, com consulta de informações mais antigas para compreender os marcos históricos e os avanços dos processos na área.

2.1 Perfil epidemiológico da doença

A febre aftosa, na perspectiva da saúde pública, seria considerada insignificante, se não fosse levado em consideração os obstáculos socioeconômicos impostos pela doença (PITUCO, 2005). Sua presença nos rebanhos bovinos causa efeitos desfavoráveis na produção, com a diminuição do desempenho e produtividade animal, perdas de plantéis inteiros devido a inexistência de tratamentos, além de afetar financeiramente os produtores rurais que dependem da atividade pecuária para a sobrevivência (GARCIA et al., 2015).

A relação intrínseca entre saúde pública e bem-estar social é evidenciada por essa enfermidade, que coloca em risco a oferta de alimentos de origem animal no mercado devido às barreiras não tarifárias impostas aos produtos provenientes de regiões suspeitas ou afetadas pela doença (FLORINDO; MEDEIROS; MAUAD, 2015).

A febre aftosa é considerada uma doença infecciosa, causada por um vírus do gênero *Aphtovirus* pertencente à família *Picornaviridae*, com elevado potencial de contágio (ARZT et al., 2010). É reconhecido sete sorotipos, sendo eles: A, O, C, Ásia-1, SAT-1, SAT-2 e SAT-3 (MAREE et al., 2014). O vírion é formado por uma única molécula de RNA com, aproximadamente 8.400 nucleotídeos, envolto por um capsídeo icosaedro sem envelope (PORTA et al., 2013).

No Brasil, há documentação da ocorrência dos tipos A, O, C, com a presença de múltiplos subtipos com diversos graus de virulência, principalmente entre os sorotipos A e O. A existência de diversos subtipos se dá pela propensão do agente a mutações, que levam a geração de diferentes cepas ou variantes virais. Essas diferenças genéticas ocasionam falhas na imunidade proporcionada pelas vacinas, que são específicas para o sorotipo presente na região e não oferecem proteção para os demais subtipos, incluindo as mutações provenientes do mesmo sorotipo (LYRA; SILVA, 2004).

A disseminação da febre aftosa ocorre principalmente por via aerógena. A movimentação de animais susceptíveis durante um surto da doença pode intensificar esse processo, facilitando a propagação do vírus e resultando em epidemias localizadas. À vista disso, o trânsito de animais pode aumentar a

possibilidade de contato entre animais infectados e suscetíveis (STENFELDT et al., 2018).

A propagação do agente pode ocorrer de forma direta, pelo contato entre os animais infectados e os suscetíveis. Esse processo ocorre através da ingestão ou inalação de partículas virais presentes em secreções que são eliminadas pelos animais afetados ou em período de incubação. A transmissão indireta ocorre por meio de vetores animados, como quando os seres humanos transportam material contaminado em suas roupas e sapatos, infectando os animais suscetíveis ao entrar em contato com eles. Além dos vetores inanimados, representados pelos veículos, implementos e utensílios veterinários (ARZT et al, 2011).

Os animais portadores dessa doença atuam na manutenção da permanência dos vírus no ambiente, uma vez que este vírus é capaz de perdurar na faringe dos animais e ser detectado somente anos após a infecção (ARZT et al., 2018). O período de incubação da doença compreende, em geral, 21 dias, sendo seguido pelo início dos primeiros sinais clínicos, manifestados na forma de febre, desenvolvimento de vesículas dolorosas na região dos lábios, gengivas, narinas, espaços interdigitais, além dos animais poderem apresentar quadros de anorexia e depressão (COSTA et al., 2021). Os animais nessas condições possuem dificuldades de locomoção e ingestão de alimentos, provocadas pela sensação de dor ou desconforto, resultando em intenso emagrecimento e queda na produtividade, ocasionando prejuízos aos produtores (DE MELO et al., 2020).

2.2 Panorama brasileiro do processo de erradicação

A febre aftosa foi primeiramente relatada no Brasil em 1895, na região do Triângulo Mineiro, após importações sistemáticas de gado originário da Europa, com o advento da indústria frigorífica e, posteriormente, devido à ausência de medidas de manejo sanitário, se difundiu para as demais regiões do país. As consequentes epidemias configuraram-se em grande desafio contra o controle da doença, com investimentos no desenvolvimento de vacinas, campanhas de vacinação e fiscalização, bem como a criação de órgãos governamentais para o combate, controle e erradicação da enfermidade (LYRA; SILVA, 2004).

Com a determinação da associação entre a disseminação da doença e o modelo de produção pecuária de dada região, com ênfase para locais de atividade comercial intensiva, foi possível determinar que as estratégias de controle da doença deveriam ser realizadas em conjunto pelas áreas afetadas, a fim de se obter resultados mais rápidos e adequados, ao invés da implementação de medidas separadas em cada local de foco (PRADO et al., 1998).

O combate à febre aftosa no Brasil de forma sistematizada, se iniciou por volta de 1969, apesar do então Ministério da Agricultura, desde 1934, ter regulamentado por decretos medidas de controle da doença (MARQUES et al., 2015). A criação da PANAF-TOSA (Centro Panamericano de Febre Aftosa) em 1951, permitiu a melhor organização e adequado desenvolvimento de programas de controle e erradicação, com ferramentas de estudos direcionados a ações para a eliminação do agente nos rebanhos comerciais do país (OPAS, 2018).

Neste contexto, a endemicidade da febre aftosa no Brasil foi constatada até meados dos anos 1980, quando houve a redução dos focos de infecção (LYRA; SILVA, 2004). A redução dessa taxa foi possível devido à implementação efetiva da campanha de combate à doença nas décadas de 1960, que envolveu a disponibilização de linhas de crédito. Ao mesmo tempo, ocorreram investimentos em infraestrutura laboratorial, capacitação de pessoal e conscientização dos produtores rurais sobre a importância da doença, através do desenvolvimento de planos estratégicos que abrangeram vários países da América do Sul (NARANJO; COSIVI, 2013).

Logo após, na década de 1970, houve o estabelecimento do controle da qualidade das vacinas, assim como a detecção de áreas infectadas, por intermédio da comparação entre o estudo do trânsito animal e a ocorrência da doença (LYRA; SILVA, 2004).

A redução foi realizada de maneira parcial, devido ao pouco interesse dos produtores, na maioria das regiões, em aderir aos esforços governamentais para o combate à enfermidade, em razão das elevadas taxas inflacionárias na época, transferindo à atividade pecuária uma verdadeira reserva de valor com dolarização e elevada liquidez; além do moderado poder de barganha dos

produtores junto à indústria frigorífica, verificado pelo protecionismo comercial consolidado no momento (FERREIRA FILHO, 1999).

O cenário começou a se modificar no início dos anos 1990, quando houve a abertura comercial expondo os produtores brasileiros a maior concorrência de mercado e a estabilização da economia atingida com a implementação do Plano Real (1994), que aboliu as elevadas taxas inflacionárias, colocando fim ao uso do “boi gordo” como capital especulativo (BATALHA; SILVA, 2000).

As condições desse novo cenário revelaram a necessidade de transformações estruturais, pois o desenvolvimento tecnológico do campo, em níveis cada vez maiores, e a diminuição de áreas destinadas a pastagens poderiam ser severamente afetados caso os níveis elevados de incidência da febre aftosa perdurasse (MULLER; DE MATTOS; DE LIMA, 2007). Com a maior concorrência no mercado nacional e internacional e a necessidade de um produto seguro livre de enfermidades, os esforços contra a febre aftosa e sua erradicação foram intensificados em todo o território (VISCENSOTTI; MONTEBELLO; MARJOTTA-MAISTRO, 2019).

A implementação do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA) em 1992, representou um marco importante na trajetória do combate à doença. O programa adotou políticas que se basearam em atividades regionalizadas, com a criação dos circuitos pecuários. Os circuitos eram definidos como locais de economia pecuária parcialmente independentes. Esses circuitos possuíam elevada possibilidade de abranger inteiramente as quatro fases da produção de bovinos (DE MORAES; BRISOLA; GONÇALVES, 2017).

Concomitantemente, dentro do planejamento do PNEFA, metas foram estabelecidas com prazos limites para as suas realizações, tendo como objetivo a erradicação da doença, alcançando-se a consolidação dessas diretrizes por volta de 2005 (LYRA; CORTES, 2002).

As diferentes formas de exploração e comercialização da bovinocultura concorreram para a integração de regiões econômicas, até então independentes, em áreas mais homogêneas, permitindo a regionalização das ações, por circuito pecuário, envolvendo desde a fase de vacinação até o controle de entrada de

susceptíveis. Em tempo, a implementação desse programa conferiu o emprego de estratégias distintas para cada circuito pecuário, com a utilização de vacinas oleosas, as quais possuíam maior grau de imunogenicidade (LYRA; SILVA, 2004).

A regionalização propiciou a criação gradual de zonas livres de febre aftosa, considerando o predomínio geográfico dos sistemas de produção e a relação de interdependência desses sistemas, quanto às formas de comercialização dos produtos e subprodutos da bovinocultura de leite e corte. Em razão disso, o país pôde avançar no processo de erradicação da febre aftosa, adotando regiões livres da enfermidade, continuamente protegidas por barreiras naturais ou postos fixos de fiscalização (SOUZA et al., 1994).

Os principais fundamentos do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA) incluem a vacinação sistemática dos rebanhos bovinos, controle do transporte dos animais, fiscalizações e vigilância epidemiológica, com ações preventivas e intervenções no caso de emergências. Esse programa atua com as divisões de responsabilidades entre os setores público federal e estadual, juntamente com o setor privado (MARQUES et al., 2015).

O avanço do PNEFA pode ser avaliado pela quantidade de focos de febre aftosa registrados no país, ao longo dos anos, sendo que foram observados resultados positivos referentes à redução progressiva dos mesmos. Porém, embora o avanço do PNEFA tenha atingido resultados favoráveis, o programa apresentou alguns sobressaltos, com a detecção de focos em regiões que já eram consideradas livres internacionalmente. A elevação dos casos ocorreu entre 1992 e 1994, tendo como a principal causa: os animais habitualmente comercializados em leilões como moeda de troca; porém, esse enfoque foi modificado em 1995, com a vigência do novo plano econômico (Plano Real-1994) que permitiu a diminuição da prática de leilões, proporcionando a redução sucessiva do número de focos no país até 2002-2003, período em que não foi relatado nenhum caso (MULLER; DE MATTOS; DE LIMA, 2007).

O último caso de febre aftosa oficialmente relatado no Brasil ocorreu em 2006, após várias décadas de dedicação ao combate à doença, com o empenho de

todos os indivíduos inseridos na cadeia produtiva da proteína animal, concedendo ao país resultados otimizados das ações de controle e erradicação (OIE, 2021).

Atualmente, o Brasil passa por uma fase de transição do seu status sanitário, com grande parte das regiões do país consideradas livres de febre aftosa com vacinação, visando o principal objetivo que é a erradicação da doença em todo o território e a obtenção do reconhecimento nacional e internacional de país livre de febre aftosa sem a utilização de vacinas (COSTA et al., 2021).

2.3 Vacinação

As medidas de controle e prevenção da febre aftosa no Brasil, fundamentadas no Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA), compreendem um calendário regionalizado de vacinação de bovinos e bubalinos, juntamente com o controle interno e externo da movimentação de animais, campanhas de educação sanitária e ações emergenciais organizadas em caso de ocorrência de focos, além do monitoramento por soroepidemiologia (SOUZA, 2007).

Para conter o avanço de uma enfermidade de característica infecciosa, é indispensável agir internamente na cadeia epidemiológica, reconhecendo os agentes etiológicos, os hospedeiros susceptíveis e as características ambientais ou nicho ecológico onde a enfermidade se manifesta. Nos locais onde a doença apresenta endemicidade, o controle da imunidade dos hospedeiros é essencial, determinando uma melhor condição de equilíbrio entre o agente etiológico e os animais suscetíveis (BONITA; BEAGLEHOLE; KJELLSTROM, 2010).

A vacinação foi uma das estratégias mais amplamente empregadas no enfrentamento da febre aftosa, aliada a outros diferentes processos de prevenção e controle do vírus (DIAZ-SAN SEGUNDO et al., 2017). No início dos programas de combate à enfermidade, a utilização das vacinas convencionais inativadas compostas por hidróxido de saponina, consistia praticamente no único recurso. Após estudos conduzidos pelo Centro Panamericano de Febre Aftosa (CPFA) por volta de 1972, as vacinas convencionais foram gradualmente substituídas por vacinas que continham o adjuvante incompleto de Freund. Essas novas vacinas

conferiam ao antígeno vacinal desencadear uma resposta imune de forma mais rápida, intensa e longa, atribuindo melhor imunidade aos animais. Devido a isso, foi possível ampliar o intervalo entre as vacinações, tornando o programa de vacinação mais vantajoso em termos de custo para o manejo sanitário. (PRADO et al., 1998).

O processo de prevenção e erradicação da febre aftosa é fortemente facilitado pela alta eficácia da vacinação, que se torna obrigatória para bovinos e bubalinos, devendo ser realizada conforme o calendário oficial estabelecido em cada região (SILVA, 2016). Para os bovinos, a vacinação deve ser realizada a partir dos quatro meses de idade, quando a imunidade passiva por anticorpos colostrais diminui, não interferindo no nível de imunização proporcionada pela vacina (LIMA et al., 2014).

Durante um período relativamente longo da história de controle da febre aftosa no país, houve grande resistência à vacinação por parte de produtores receosos de que os animais vacinados poderiam se tornar portadores do vírus e serem capazes de disseminar a doença, embora não demonstrassem sinais clínicos evidentes. Entretanto, os animais vacinados que viessem a ter infecção subclínica desenvolveriam quantidades muito pequenas do vírus, com baixa morbidade da doença, explicando o sucesso da vacinação. Além disso, a realização de testes para distinguir animais portadores dos vacinados foi vastamente utilizada, sendo os resultados admitidos internacionalmente (SUTMOLLER; MCVICAR, 1976).

Por outro lado, as ações de vigilância se fundamentaram na detecção de anticorpos contra as proteínas não capsidais (PNC) para diferenciar os animais vacinados dos infectados. No entanto, a presença dessas proteínas nas vacinas produzidas no decorrer da multiplicação viral, etapa da fabricação industrial do imunógeno, tornaram-se um obstáculo, uma vez que a presença dessas proteínas dificulta o processo de detecção de anticorpos oriundos de desafios a campo, estimulando a formação de resposta imunológica por animais não infectados em condições naturais (MARQUES et al., 2015).

Os animais de maior idade e, conseqüentemente, com histórico de maior número de vacinas recebidas, apresentaram maiores proporções de reatividade às PNC, quando analisados pelo sistema I-ELISA 3ABC/EITB, indicando a interferência vacinal (MARQUES et al., 2015). Neste contexto, em 2008, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº50 (IN 50), apresentou uma pesquisa de anticorpos contra a PNC, para a remoção dessas proteínas, no controle de qualidade das vacinas (BRASIL, 2008).

A eficácia da pesquisa foi comprovada com a diminuição da reatividade, com reduções significativas da interferência vacinal, em razão dos processos de purificação das vacinas. Os testes diagnósticos de diferenciação de animais portadores ou vacinados, como o teste do sistema I-ELISA 3ABC/EITB, são considerados ótimos métodos para impedir a movimentação dos animais, possivelmente, portadores do vírus da febre aftosa, advindos de plantéis vacinados (MARQUES et al., 2015).

Apenas o controle da qualidade da formulação, produção e armazenamento pelos órgãos oficiais não são suficientes para assegurar um adequado desempenho da vacinação. Existe a necessidade de os produtores rurais manipularem corretamente o produto. Portanto, é fundamental realizar a adequada conservação das vacinas dentro das propriedades, controlar a temperatura em todo o ciclo e higienizar a pele do animal antes da aplicação. Essas práticas permitem resultados mais satisfatórios na imunização dos animais (SAMARA; BUZINARO; CARVALHO, 2004).

As reações vacinais, nos locais de inoculação, em virtude de manejo vacinal inadequado (agulhas rombudas, sem desinfecção periódica e manuseio inadequado do aplicador) são as maiores responsáveis pelas grandes perdas de carcaça e depreciação do couro (MARQUES et al., 2012). Esse cenário leva à resistência dos produtores em adotar o programa de vacinação, já que as partes afetadas com as lesões ou abscessos são condenadas e os produtores não recebem pelo todo, arcando com grandes prejuízos (LIMA et al., 2019). Essas reações

ocorrem, especialmente, pelos tipos de vacinas e os adjuvantes utilizados, como o óleo mineral (LEAL et al., 2014).

O óleo mineral utilizado na produção das vacinas contra a febre aftosa promove uma maior taxa de proteção contra o vírus; contudo, pode atuar como um estimulante na formação de abscessos, contribuindo para a depreciação do produto (ROBATTINI et al., 2020).

A ocorrência de nódulos após a vacinação pode estar associada às vias de aplicação intramuscular e subcutânea. Foi observado uma maior incidência de nódulo pós-vacinal em animais vacinados pela via subcutânea em comparação à via intramuscular. Isso pode ser explicado pela menor vascularização do tecido subcutâneo, em comparação ao tecido muscular, e as dificuldades de as vacinas oleosas serem absorvidas pelo organismo (LIMA et al., 2014).

Portanto, é imprescindível os cuidados na produção das vacinas, o volume a ser administrado e a escolha da melhor via de aplicação, para que se possa garantir imunidade desejável e seja possível diminuir as reações pós-vacinais (MARQUES et al., 2012).

3. Considerações Finais

Atualmente a febre aftosa é uma enfermidade que, gradativamente, está deixando de ser uma preocupação para a produção pecuária no Brasil. Com um histórico de mais de um século no país, a enfermidade foi considerada como prioridade para a evolução do status sanitário dos rebanhos bovinos brasileiros, visando a conquista de mercados internacionais altamente competitivos por empresas brasileiras, destacando o país no cenário mundial de proteína animal.

A combinação de esforços entre os produtores, profissionais do setor e órgãos governamentais, além de institutos de pesquisas e universidades, foi essencial para a eficácia dos programas de controle estabelecidos pelo MAPA, culminando com o estabelecimento da condição do Brasil como livre da Febre Aftosa, com áreas sem vacinação, em crescimento constante, visando se estender por todo o território nacional.

Não obstante, a preocupação com a qualidade das vacinas comercializadas, com o manejo vacinal e programas de vigilância, incluindo testes laboratoriais para diferenciação entre vacinados e infectados, potencializou o controle epidemiológico da doença, proporcionando ao país alcançar posição de destaque no controle e erradicação do vírus da Febre Aftosa. O produto final de todas essas ações é a abertura de mais mercados consumidores à carne bovina brasileira, com geração de mais empregos e rendas ao agronegócio brasileiro.

Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Beef Report: perfil da pecuária no Brasil 2022. **ABIEC**, 72p, 2022. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ARZT, J. et al. Agricultural diseases on the move early in the third millennium. **Veterinary Pathology**, Basel, v. 47, n. 1, p. 1-13, jan. 2010.

ARZT, J. et al. The pathogenesis of foot-and-mouth disease I: viral pathways in cattle. **Transboundary and Emerging Diseases**, Weinheim, v. 58, n. 1, p. 291-304, ago. 2011.

ARZT, J. et al. Transmission of Foot-and-mouth disease from Persistently Infected carrier cattle to naive via transfer of oropharyngeal fluid. **mSphere**, v.3, n. 5, 12. set. 2018.

BATALHA, M. O.; SILVA, C. A. B. Estudo sobre a eficiência econômica e competitividade da cadeia agroindustrial da pecuária de corte no Brasil. **IEL**, Brasília p. 398, 2000.

BONITA, R./ BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTROM, T. Epidemiologia básica. **Livraria Santos Editora Com. Imp. Ltda**, Santos, v. 2, p. 99, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Ministerial nº 50, de 23 de setembro de 2008. Aprova o regulamento

técnico para a produção, controle da qualidade, comercialização e emprego de vacinas contra a febre aftosa. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2008.

CONSTABLE, P. D. et al. *Veterinary Medicine*. **11th Elsevier**, Missouri, p.2058-2067, 2017.

COSTA, H. L. R. et al. Histórico e perspectiva da situação sanitária da febre aftosa no Estado de São Paulo. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 19, n. 1, 14 mai. 2021.

DE MELO, W. G. G. et al. Febre aftosa: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Niterói, v. 34, n. 1, p. 1-11, jan. 2020.

DE MORAES, G. M.; BRISOLA, M. V.; GONÇALVES, V. S. P. Os circuitos pecuários e a febre aftosa no Brasil: uma análise histórico-institucional. **Savannah Journal of Research and Development**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 39-47, fev. 2017.

DIAZ-SAN SEGUNDO, F. et al. Foot-and-mouth disease vaccines. **Veterinary Microbiology**, Amsterdam, v. 206, n. 1, p. 102-112, jul. 2017.

FERREIRA FILHO, J. B. S. Os desafios da estabilização econômica para a agricultura brasileira. In: **GOMES, M. F. M.; COSTA, F. A. (Eds.). (Des)equilíbrio econômico & agronegócio-UFV/DER**, Viçosa, p. 41-49, 1999.

FLORINDO, T. J.; DE MEDEIROS, G. I. B.; MAUAD, J. R. C. Análise das barreiras não tarifárias à exportação de carne bovina. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 1, n. 2, jun. 2015.

GARCIA, D. C. C. et al. Impactos do surto de febre aftosa de 2005 sobre as exportações de carne bovina brasileira. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 16, n. 4, p. 525–537, 30 out. 2015.

JACOB, M. C. M.; AZEVEDO, E. Inspeção sanitária de produtos de origem animal: o debate sobre qualidade de alimentos no Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 29, n. 4, 18 nov. 2020.

JOAQUIM, F. S. et al. Zoonoses em animais de produção: aspectos gerais. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 49–71, 01 mar. 2016.

LEAL, P. V. et al. Estimativas de perdas econômicas causadas por reação granulomatosa local após uso de vacina oleosa contra febre aftosa em bovinos de Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 8, p. 738-742, ago. 2014.

LIMA, D. C. P. et al. Febre aftosa: ocorrência de nódulo pós-vacinal segundo via de aplicação da vacina. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, n. 1/2 p. 156–161, 31 dez. 2014.

LIMA, L. G. F. et al. Losses caused by carcass bruising in a packing plant in Goiás State. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, p. 3729-3740, jul. 2019.

LYRA, T. M. D. P.; CORTES, J. D. A. Controle de qualidade nos serviços públicos: a experiência dos programas de saúde animal. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 321–332, 1 dez. 2002.

LYRA, T. M. P.; SILVA, J. A. A febre aftosa no Brasil, 1960-2002. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 5, p. 565–576, out. 2004.

MARCHEZINI, A. R. et al. Desempenho do comércio internacional da carne bovina brasileira nos anos 2000. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 12478–12501, jan. 2019.

MAREE, F. F. et al. Challenges and prospects for the control of foot-and-mouth disease: an African perspective. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, Londres, v. 5, n. 1, p. 119-138, out. 2014.

MARQUES, A. L. A. et al. Compressão medular em bovinos associada à vacinação contra febre aftosa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.10, p.1851-1854, 20 out. 2012.

MARQUES, G. H. F. et al. A experiência brasileira na erradicação da febre aftosa e o emprego do sistema I-ELISA 3ABC/EITB para certificação sanitária de bovinos e bubalinos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, n. 0, p. 1–11, 12 jan. 2015.

MENEZES, T. C. DE; LUNA, I.; MIRANDA, S. H. G. DE. Network Analysis of Cattle Movement in Mato Grosso Do Sul (Brazil) and Implications for Foot-and-Mouth Disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 29 abr. 2020.

MULLER, C. A. DA S.; DE MATTOS, L. B.; DE LIMA, J. E. Determinantes da erradicação da febre aftosa no brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Minas Gerais, v. 9, n. 1, p. 89-97, jan. 2007.

NARANJO, J.; COSIVI, O. Elimination of foot-and-mouth disease in South America: lessons and challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, Londres, v. 368, n. 1, p. 1-12, jun.2013.

OIE. Brasil livre de Febre Aftosa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; **Folder**, 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE (OPAS). Panaftosa: compromisso com a erradicação da febre aftosa nas Américas desde 1951. 2018. Disponível em: <<https://iris.paho.org/handle/10665.2/52125>>. Acesso em: 26 mar. 2023.

PIRES, A.V. Bovinocultura de corte. v. 2. Piracicaba, FEALQ: **Editora Gráfica**, 2010.

PITUCO, M. E. A importância da febre aftosa em saúde pública. **Arquivos do Instituto Biológico**, n. 17, 13 out. 2005.

PORTA, C. et al. Rational engineering of recombinant picornavirus capsids to produce safe, protective vaccine antigen. **PLoS Pathogens**, São Francisco, v. 9, n. 3, p. 1-8, mar. 2013.

PRADO, J. A. P. et al. Erradicação da febre aftosa no estado do Rio Grande do Sul, brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n. 1, p. 55–60, 31 ago. 1998.

ROBATTINI, J. A. et al. Adverse effects of foot-and-mouth disease vaccine in dairy cattle. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 8, p. 589-592, ago. 2020.

SAMARA, S. I.; BUZINARO, M. DA G.; CARVALHO, A. A. B. DE. Implicações técnicas da vacinação na resposta imune contra o vírus da febre aftosa. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, n. 6, p. 375–378, nov. 2004.

SILVA, R. O. P. Situação da Febre Aftosa no Brasil. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 11, n. 6, jun. 2016.

SOUZA, J. G. et al. ABC do Programa Nacional de Prevenção e Erradicação da Febre Aftosa. **MAPA**, Brasília, 1994.

SOUZA, V. F. Epidemiologia, patogenia, diagnóstico, prevenção e controle da febre aftosa. **Embrapa Gado de Corte. Documentos**, 166, Campo Grande, p. 25, set. 2007.

STENFELDT, C. et al. Contact challenge of cattle with foot-and-mouth disease virus validates the role of the nasopharyngeal epithelium as the site of primary and persistent infection. **MSphere**, Washington DC, v. 3, n. 6, p. 1-18, dez. 2018.

SUTMOLLER, P.; MCVICAR, J. W. Pathogenesis of foot-and-mouth disease: the lung as an additional portal of entry of the virus. **The Journal of hygiene**, v. 77, p. 235–243, out. 1976.

VISCENSOTTI, J. M.; MONTEBELLO, A. E. S.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. Competitividade brasileira no comércio exterior da carne bovina. **IPecege**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 7-18, fev.2019.

Efeito da idade de desmame no desempenho de bovinos de corte

Effect of weaning age on the performance of beef cattle

Geovana Camila Baldin, Arlindo Saran Netto

1 Introdução

A pecuária de corte é uma atividade consolidada no território brasileiro, nos últimos anos observa-se o destaque do setor em âmbito nacional e internacional, sendo caracterizado por fornecer à população produtos como a carne e seus derivados, considerados como a principal fonte de proteína animal contida na dieta da população mundial (WU et al., 2014).

A otimização da criação de bovinos de corte é de extrema importância e desempenha um papel fundamental na alimentação de pessoas no mundo todo, dessa forma, o desafio atribuído aos pecuaristas e profissionais da área é produzir carne com qualidade e com maiores índices de produtividade, diminuindo os impactos e ainda obtendo maior quantidade de produtos para suprir a demanda mundial de alimentos (SILVEIRA et al., 2021).

Apesar da importância e da representatividade que o país tem acerca da pecuária de corte mundial, nota-se que não é a maioria dos envolvidos na cadeia produtiva da carne que prezam pelas boas práticas de produção ou ainda, não detém de técnicas que podem incrementar a produtividade e desempenhos dos animais. Observa-se os resultados dessas condicionantes nos índices zootécnicos que são muito inferiores comparados aos obtidos pelos países concorrentes no mercado mundial de exportação de carne, ficando atrás especialmente dos Estados Unidos e da Austrália, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, 2022).

Diversos fatores podem influenciar o desempenho dos animais nas fases que envolvem a criação de bovinos, desde o período gestacional até a fase de abate. Identifica-se que no sistema de criação extensiva adotado no Brasil, a parcela que sofre maiores prejuízos perante o ciclo são as fêmeas bovinas

destinadas à cria, uma vez que, são mantidas em pastagens que não oferecem nutrição adequada para suprir a exigência nutricional que o animal demanda para própria manutenção, gestação e muitas vezes ainda permanecem amamentando os bezerros da cria anterior (DUARTE JÚNIOR et al., 2016).

Com o intuito de melhorar a produtividade na fase de cria, alternativas como o desmame antecipado de bezerros também são viáveis quando objetiva-se reduzir a exigência de manutenção das vacas e pressão de pastejo sobre as pastagens (RASBY, 2007). Na mesma perspectiva, a redução da idade ao desmame da progênie contribui para a saúde reprodutiva da matriz, melhorando os índices de concepção na próxima estação de monta (D'OCCHIO et al., 2019; BELOOWS et al., 1974).

Diante disso, estratégias de desmame são discutidas há muito tempo como alternativa para melhorar os índices de produtividade do par vaca-bezerro, por isso, essa revisão tem por objetivo comparar e entender quais são os efeitos da idade ao desmame sobre o desempenho de bovinos de corte no abate.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Elsevier, Google acadêmico, SciELO, PubVet, Journal of Animal Science and Technology e Revista Brasileira de Zootecnia, utilizando as palavras-chave: bovino de corte, desmame antecipado, desmame precoce, estratégias de desmame, desempenho de bezerros, características de carcaça. Apenas artigos e livros publicados entre 1969 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Bovinocultura de Corte

A bovinocultura de corte possui um histórico de atividade economicamente essencial para o crescimento do Brasil, com segundo maior rebanho do mundo de aproximadamente 224 milhões de cabeças no ano de 2021 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2022), o país possui importante representatividade no mercado mundial, sendo o maior produtor e

exportador do mundo dessa *commodity* (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2022).

De acordo com a Abiec (2022), no ano de 2021 o Brasil produziu cerca de 9,7 milhões de toneladas de carne bovina, desse número estima-se que 25,6% (2,4 milhões de toneladas) foram exportadas para outros países e outros 74,4% foram consumidos no país, resultando em um consumo de 34,3 kg de carne bovina por pessoa em um ano.

Associado a isso, o setor produtivo da carne apresentou um crescimento no PIB do Brasil, representando 10% do total nesse mesmo ano, o que significa na geração de renda para milhões de famílias brasileiras que estão envolvidos direto ou indiretamente em todos os elos dessa cadeia produtiva. Fica claro a participação e força desse setor na economia do país, e o impacto que essa atividade tem na vida e na alimentação do mundo todo, porém, sabe-se que ainda não se atingiu o máximo potencial de produtividade (GRIGOL et al., 2019).

Considerando que aproximadamente 76,1% do rebanho bovino no país é criado a pasto, seguindo um sistema de produção extensiva, é importante reconhecer os desafios de planejamento e manejo enfrentados nesse contexto (ABIEC, 2020). Nesse tipo de sistema, é comum que os animais sejam criados em áreas extensas de pastagem, sujeitos aos efeitos das variações climáticas típicas de um país tropical como o Brasil, que incluem períodos de chuvas escassas e altas temperaturas (LATAWIEC et al., 2014).

Além disso, destaca-se que grande parte das fazendas voltadas para a criação de bovinos de corte está situada no Centro-Oeste do Brasil, com a predominância do bioma do Cerrado e de pastagens com forrageira do gênero *Brachiaria*, sendo locais reconhecidos pela baixa fertilidade do solo, que não consegue manter a qualidade da pastagem durante as todas as estações do ano (SILVA; NASCIMENTO JUNIOR, 2007).

A fase de cria dentro de uma propriedade de bovinos de corte envolve não só a criação de bezerros, mas também matrizes e reprodutores (OLIVEIRA et al., 2006). Por isso para melhorar os índices zootécnicos e lucratividade dentro ciclo é essencial estar atento aos fatores que os afetam, no caso das matrizes, nota-se

que a condição corporal durante a época reprodutiva é um fator decisivo para elevar a taxa de prenhez do rebanho (FERREIRA et al., 2013).

Visando otimizar a cadeia de produção envolvida na bovinocultura de corte, oferecendo um bezerro por ano por matriz, a maioria das pecuárias adotam um sistema em que as vacas possam se tornar gestantes, enquanto os bezerros da prenhez anterior ainda estão ao pé, consumindo o leite produzido por estas (INFORZATTO et al., 2008).

Neste cenário, a produção de leite nesse período requer um aporte nutricional do organismo das vacas gestantes, voltadas para criação do bezerro, por isso, animais em período de lactação possuem maior exigência nutricional comparados à animais não lactantes (FREIRIA et al., 2014). Segundo Neville Jr. e McCullough (1969), vacas Hereford quando em lactação têm exigência energética de manutenção em 31% e ganho de peso em 29% superiores em comparação com os animais não lactantes.

Por isso, ao longo dos anos a criação sofreu diversas mudanças para acompanhar o mercado e garantir a lucratividade em locais que apresentavam alguns desafios, diante à essa situação, pressionados pela competição com outras fontes de proteína animal e ainda por uma adequação para atender as novas exigências do mercado nacional e internacional, os criadores tiveram a necessidade de buscar novas tecnologias para melhorar a produtividade do rebanho e se manterem viáveis dentro da produção (CARVALHO; DE ZEN, 2017).

Nesse sentido, para evitar essas adversidades, melhorar índices reprodutivos seria uma alternativa viável, uma vez que, são características influenciadas principalmente por fatores ambientais sobre a eficiência biológicas da vaca (GOTTSCHALL et al., 2007).

2.2 Estratégias de Desmame Precoces

O desmame corresponde à um período de separação do bezerro da vaca, em que os animais interrompem a ingestão de leite materno e dão continuidade a ingestão de alimentos sólidos e água, além de retirar o estresse nutricional da

matriz que está voltada para produção de leite (VALLE; ANDREOTTI; THIAGO, 1998).

De acordo com Galef (1981) é um período com intensas mudanças fisiológicas, morfológicas e metabólicas que podem afetar o desempenho do animal na vida adulta, sendo assim, podendo representar diminuição da idade ao abate em machos (RESTLE; BRONDANI; BERNARDES, 1999) e antecipar a idade à puberdade de fêmeas (RESTLE; POLLI; SENNA, 1999).

O desmame convencional geralmente acontece entre os 6 a 8 meses de idade dos bezerros, nessa idade os animais já passaram pelas adaptações fisiológicas e desenvolvimento do rúmen e estão plenamente aptos para se alimentar unicamente de forragens sólidas (VAZ; LOBATO, 2010).

Devido essa mudança, os animais passam por um período de estresse e têm o pasto como principal fonte para atender as exigências de proteína, energia e outros nutrientes, por isso, é recomendado que esse desmame ocorra em épocas em que as condições climáticas favoreçam o crescimento e qualidade da pastagem e conseqüentemente esteja mais disponível para o bezerro recém desmamado (OLIVEIRA et al., 2006).

Como alternativa para melhorar a ciclicidade de vacas de corte, diversos produtores e pesquisadores estão adotando outros métodos de desmame, como o desmame antecipado ou desmame precoce (PELLEGRINI et al., 2006). Segundo Short et al. (1990) o desmame precoce pode otimizar a eficiência biológicas das vacas, sendo que, o anestro pós-parto é influenciado pela nutrição e amamentação da vaca durante esse período.

Assim como, Almeida, Lobato e Schenkel (2002), Pellegrini e Lopes (2011) e Restle et al. (2001) constataram que manejo de desmame antecipados diminuíram a exigência das vacas no início da gestação da próxima prole, permitindo que estas tivessem uma recuperação do peso e melhoria da condição corporal antecipadamente comparadas às vacas que foram mantidas com os bezerros com o desmame convencional.

O desmame antecipado compreende ao método adotado em reduzir cerca de 60 a 90 dias a idade ao desmame, assim como o desmame precoce é um manejo

que visa melhorar as condições da vaca sem acarretar prejuízos no desenvolvimento do bezerro (CORRÊA et al., 2011). Já o desmame precoce por Rasby (2007) é definido por animais que são desmamados desde os 45 dias de idade até os 180 dias de idade, mas por outro lado, o desmame precoce descrito por Gottschall (2002) é quando retira-se o aleitamento do bezerro entre os 60 e 90 dias de idade do bezerro, ambos com o objetivo de separar o par vaca-bezerro, para que a condição corporal da matriz se recupere ainda durante os primeiros meses de gestação.

2.3 Desempenho de carcaça de novilhos desmamados precocemente

O método adotado de realizar o desmame precoce de bezerros de corte demonstra-se vantajoso quando está relacionado com o intuito de melhorar a produção, aumentando a taxa de prenhez e produtividade das matrizes de corte (Almeida; Lobato, 2002). Entretanto, dependendo do nível de restrição causada ao bezerro, pode prejudicar o desenvolvimento e desempenho futuro desse animal, uma vez que, nos primeiros meses de vida estes são seriamente influenciados pelo consumo do leite da mãe que depende da produção e conseqüentemente da nutrição dessa matriz (CERDÓTES et al., 2004).

Sendo assim, Costa et al. (2016) observaram que o leite materno só atende as exigências nutricionais visando o desempenho dos animais até os 84 dias de idade, por outro lado, Enríquez, Hötzel e Ungerfeld (2011) também demonstraram que desmame superprecoces poderiam influenciar o bem-estar animal, uma vez que estes passam por intenso estresse com o rompimento do vínculo materno e ainda quando desmamados muito jovens não vivenciam tempo suficiente para aprenderem atividades vitais de sobrevivência.

Ao avaliar o desempenho de bezerros pós-desmame, Almeida, Lobato e Schenkel (2003) constataram que até um ano de idade bezerros mestiços desmamados precocemente aos 91 dias tiveram menor desempenho em ganho de peso do que bezerros desmamados na época convencional aos 170 dias, porém os animais desmamados precocemente que receberam suplementação proteica-energética com 14% de PB tiveram resultados semelhantes aos que tiveram o

desmame convencional. Já em outra fase, quando esses animais foram comparados ao abate entre os 24-27 meses de idade, as características e peso de carcaça foram semelhantes em ambas as estratégias de desmame.

Em pesquisas mais recentes, Lim et al. (2018) tiveram bezerros desmamados precocemente aos 80 dias e convencionalmente aos 130 dias de idade, nesse estudo os autores observaram que as idades de desmame também não afetaram o ganho de peso dos animais durante o crescimento e ainda ao abate as características de carcaça foram semelhantes em ambas as idades de desmame, todavia os animais desmamados mais tardiamente tiveram melhores resultados ao que diz respeito à qualidade de carne, marmoreio e área de olho de lombo (AOL) em referência à outra estratégia de desmame.

Em 1999 Restle et al. (1999) avaliou o efeito do desmame precoce na carcaça de novilhos que foram desmamados aos 90 dias e os comparou com novilhos submetidos ao mesmo ambiente, porém desmamados aos 210 dias, nesse sistema, os autores constataram que não houveram diferenças significativas em peso vivo na terminação 437 kg e 467 kg, respectivamente nos animais desmamados precocemente e convencional; ainda em rendimento de carcaça quente animais que passaram pelo manejo de desmame precoce tiveram rendimento de 53,33% e de desmame convencional de 52,21%, também não oferecendo diferença significativa.

Assim como, Guerrero et al. (2013) estudou bezerros que tiveram diferentes períodos de desmame, o precoce aos 3 e 4 meses e o convencional aos 7 e 8 meses, sendo que os bezerros desmamados precocemente receberam suplementação após o desmame e os desmamados convencionalmente permanecerem recebendo apenas o leite e forragem. No período de terminação ambos os tratamentos foram submetidos ao mesmo ambiente, apresentou-se que a idade ao desmame não afetou a conformação e rendimento de carcaça dos animais, porém houve uma diferença na composição e cor da carne. Ainda na mesma pesquisa, no quesito de análise sensorial, ambas as estratégias de desmame tiveram o mesmo resultado nas avaliações.

De outra maneira, Pötter e Lobato (2003) notaram que quando abatidos de forma precoce, aos 14 meses, novilhos desmamados antecipadamente aos 100 dias tiveram menor peso de carcaça fria e ainda menor peso ao abate quando comparados com bezerros desmamados à época convencional de 180 dias, apesar disso o rendimento de carcaça de ambos se manteve próximos à 52% e apresentou resultados próximos de espessura de gordura subcutânea.

3 Considerações Finais

A estratégia de desmamar bezerros precocemente demonstrou-se vantajosa do ponto de vista reprodutivo, uma vez que, quando a matriz deixa de amamentar sua prole, fisiologicamente a energia de manutenção que era utilizada para produção de leite será direcionada para manutenção da própria matriz, consequentemente o escore de condição corporal será recuperado mais rapidamente e na próxima estação de monta a vaca estará em condições favoráveis para concepção de outra gestação, melhorando, com isso, as taxas reprodutivas do rebanho.

Por outro lado, quando os bezerros são separados de suas mães em idades precoces, eles deixam de receber a nutrição advinda do leite e por consequência não atingem o mesmo desempenho de bezerros que ficaram com as mães durante período normal. Porém, quando os bezerros são desmamados precocemente e recebem a nutrição adequada após o desmame, o ganho de peso pode ser próximo na recria e no abate alcançar o mesmo desempenho de peso e rendimento de carcaça daqueles que foram desmamados no período convencional.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. São Paulo: ABIEC, 2020. Disponível em www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/. Acesso em: 20 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC. **Beef report**: perfil da pecuária no Brasil 2022. São Paulo: ABIEC, 2022. Disponível em: www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/. Acesso em: 07 ago. 2022.

ALMEIDA, L. S. P.; LOBATO, J. F. P.; SCHENKEL, F. S. Data de desmame e desempenho reprodutivo de vacas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1223-1229, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000500019>. Acesso em: 27 out. 2022.

ALMEIDA, L. S. P.; LOBATO, J. F. P.; SCHENKEL, F. S. Idade de desmame e suplementação no desenvolvimento e em características de carcaças de novilhos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, suppl 1, p. 1713-1721, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000700022>. Acesso em: 27 out. 2022.

BELLOWS, R. A. et al. Effects of Early Weaning on Postpartum Reproduction of the Dam and Growth of Calves Born as Multiples or Singles. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 3, p. 589-600, 1 set. 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas1974.393589x>. Acesso em: 28 jun. 2023.

CARVALHO, T. B.; DE ZEN, S. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/109/77>. Acesso em: 20 out. 2022.

CERDÓTES, L. et al. Desempenho de bezerros de corte filhos de vacas submetidas a diferentes manejos alimentares, desmamados aos 42 ou 63 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.597-609, 2004.

CORRÊA, M. N. *et al.* **Produção animal**: bovinocultura de corte. 2. ed. Pelotas: Cópias Santa Cruz LTDA, 2011. (Série NUPEEC).

COSTA, L. F. *et al.* Exigências nutricionais de vacas de corte lactantes e seus bezerros. *In*: VALADARES FILHO, S. C. *et al.* (ed.). **Exigências nutricionais**

de zebuínos puros e cruzados BR CORTE. 3. ed. [Viçosa]: Produção Independente, 2016. p. 273-298.

D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, v. 125, p. 277–284, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>. Acesso em 28 jun. 2023.

DUARTE JÚNIOR, M. *et al.* Suplementação de fêmeas bovinas em pastejo: aspectos nutricionais e reprodutivos. **PubVet**, Maringá, v. 9, n. 7, p. 321-336, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/suplementacao-de-femeas-bovinas-em-pa.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

ENRÍQUEZ, D.; HÖTZEL, M. J.; UNGERFELD, R. Minimising the stress of weaning of beef calves: a review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, London, v. 53, n. 1, art. 28. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-28>. Acesso em: 28 out 2022.

FERREIRA, M. C. N. *et al.* Impacto da condição corporal sobre a taxa de prenhez de vacas da raça nelore sob regime de pasto em programa de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1861-1868, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744122032.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

FREIRIA, L. B. *et al.* Exigências nutricionais e eficiência energética para vacas de corte. **PubVet**, Maringá, v. 8, n. 9, p. 975-1135, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v8n9.1714>. Acesso em: 25 out. 2022.

GALEF, B. G. The ecology of weaning parasitism and the achievement of independence by altricial mammals. *In*: GUBERNICK, D. J.; KLOPFER, P. H. **Parental care in mammals**. New York: Plenum, 1981. p. 214-241.

GOTTSCHALL, C. S. **Desmame de terneiros de corte: Como? Quando? Por quê?** Guaíba: Agropecuária, 2002.

GOTTSCHALL, C. S. *et al.* The reproductive performance of beef cows of different ages with calves weaned at three or seven months. **Animal Reproduction**, Belo

Horizonte, v. 4, n. 1, p. 42-45. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/254428867_The_reproductive_performance_of_beef_cows_of_different_ages_with_calves_weaned_at_three_or_seven_months. Acesso em: 27 out. 2022.

GUERRERO, A., *et al.* Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. **Animal**, 7(12), 2063-2072. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731113001729> Acesso em: 05 maio. 2023.

GRIGOL, N. S. *et al.* Bovinocultura de corte e SAN: percepção de sustentabilidade de agentes da cadeia. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 26, art. e019011, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8653853/19281>. Acesso em: 08 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Painel de Indicadores**. 2022. Disponível em: <https://ibge.gov.br/indicadores>.

INFORZATTO, G. R. *et al.* Emprego de IATF (Inseminação Artificial em Tempo Fixo) como alternativa na reprodução da pecuária de corte. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 11, p. 1-8. 2008. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/vDUdxdtHvMZ6vR_2013-5-29-12-36-19.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

LATAWIEC, A. E. *et al.* Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 8, p.1255-1263, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001566>. Acesso em: 20 out. 2022.

LIM, H. *et al.* Effects of weaning and castration ages on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics in Hanwoo steers. **Journal of Animal Science and Technology**, Korea, v. 60, n. 12, p. 30.1-30.11, 2018.

Disponível em: <https://koreascience.kr/article/JAKO201810760745610.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

NEVILLE, W. E., JR, & MCCULLOUGH, M. E. Calculated energy requirements of lactating and non-lactating Hereford cows. **Journal of animal science**, 29(5), 823–829, 1969. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas1969.295823x> Acesso em: 25 out. 2022.

OLIVEIRA, R. L. *et al.* Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-86, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/1905/1/706-2734-2-PB.pdf>. Acesso em: 22 out 2022.

PELLEGRINI, L. G. D. *et al.* Desempenho de bezerros desmamados precocemente, mantidos em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), com diferentes níveis de suplementação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1883-1889, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600034>. Acesso em: 27 out. 2022.

PELLEGRINI, C. B.; LOPES, L. F. D. Comportamento reprodutivo de vacas de corte manejadas em pastagem natural com duas cargas animais e duas idades à desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 11, p. 2606-2612, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/yBVDxkfPVjPGXcrS7WkhFcQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2022.

PÖTTER, B. A. A. E LOBATO, J. F. P., Desempenho e características quantitativas de carcaça de novilhos Braford desmamados aos 100 ou 180 dias de idade e abatidos aos 13-14 meses. **Revista Brasileira de Zootecnia [online]**. 1220-1226. 2003 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000500024>. Acesso em: 31 out. 2022

RASBY, R. Early weaning beef calves. **Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, n. 1, p. 29-40, 2007. Disponível em: [10.1016/j.cvfa.2007.01.002](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.01.002). Acesso em: 12 ago. 2022.

RESTLE, J. *et al.* Desempenho de vacas charolês e nelore desterneiradas aos três ou sete meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 499-507, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000200029>. Acesso em: 27 out. 2022.

RESTLE, J. *et al.* Efeito do desmame precoce na carcaça de novilhos terminados em pastagem e abatidos aos 24 meses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 2129-2136, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001100020>. Acesso em: 22 out. 2022.

RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; BERNARDES, R. A. C. O novilho superprecoce. *In*: RESTLE, J. (ed.). **Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1999. p.191-214.

RESTLE, J.; POLLI, V. A.; SENNA, D. B. Efeito de grupo genético e heterose sobre a idade e peso à puberdade e sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 701-707, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000400023>. Acesso em: 22 out. 2022.

SILVA, SILA CARNEIRO DA; NASCIMENTO JR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. especial, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000014>. Acesso em: 20 out. 2022.

SILVEIRA, L. G. G. *et al.* Sistemas de cria em áreas tropicais: desmama precoce. Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2021. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/619/3115>. Acesso em: 18 out 2022.

SHORT, R. E. *et al.* Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. **Journal of animal science**, 68(3), 799–816. 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1990.683799x>. Acesso em: 27 out. 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Livestock and poultry: world markets and trade**. 2022. Disponível em: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/73666448x/f1882v52q/765389829/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

VALLE, E. R.; ANDREOTTI, R.; THIAGO, L. R. S. **Estratégias para aumento da eficiência reprodutiva e produtiva em bovinos de corte**. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1998. (Documentos, 71). Disponível em: https://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/DOC071.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

VAZ, R. Z.; LOBATO, J. P. Efeito da idade de desmame no desempenho reprodutivo de novilhas de corte expostas à reprodução aos 13/15 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 142-150, 2010a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100019>. Acesso em: 25 out. 2022.

WU, G. *et al.* Production and supply of high-quality food protein for human consumption: sustainability, challenges, and innovations. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1321, n. 1, p. 1–19, ago. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nyas.12500>. Acesso em: 28 jun, 2023.

História do melhoramento genético em bovinos de corte no Brasil

The history of the genetic improvement in Brazil's cattle

Giulia Giatti, Rachel Santos Bueno Carvalho

1. Introdução

Atualmente, o Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo e deve parte desse sucesso graças ao melhoramento genético. Por isso, continua investindo em novas tecnologias e na capacitação de profissionais para manter essa posição no ranking (GOMES; OLIVEIRA, 2021).

O melhoramento genético animal tem como objetivo elevar a produtividade, a qualidade dos produtos de origem animal e a competitividade no mercado, garantindo a sustentabilidade e a conservação das espécies (EUCLIDES FILHO, 1999). Segundo Carneiro Júnior e Assis (2016), o melhoramento genético animal é um processo contínuo de seleção, reprodução e criação com objetivo de alterar as características naturais dos animais para aquelas desejadas pelo homem.

Por definição, o melhoramento genético tem dois pilares: seleção e acasalamento. A seleção se caracteriza como um processo de decisão para quais animais serão permitidos reproduzirem mais que outros. Quando a seleção é feita durante várias gerações, busca-se aumentar a frequência de genes desejáveis para certas características (FREITAS et al., 2013). O primeiro passo para iniciar o processo de melhoramento genético é identificar os indivíduos geneticamente superiores, ou seja, que apresentam genes favoráveis para determinado sistema de produção. Posteriormente, é preciso escolher o melhor método de acasalamento para os animais selecionados considerando o sistema de criação.

O desempenho animal vem da genética atrelada ao meio ambiente. O reconhecimento econômico de animais geneticamente superiores, a disputa por compra e venda desses e a melhoria nos índices zootécnicos nas propriedades são as principais causas da busca por desenvolvimento de programas de

melhoramento genético e melhoria das metodologias já empregadas (CARNEIRO JÚNIOR, 2009).

O aumento exponencial da preocupação da sociedade com alimentação, economia, ambiente, cultura e política contribui para a atividade do melhoramento genético animal. Além dos avanços da genética molecular, novos modelos matemáticos, maior capacidade computacional, simulação de sistemas, métodos estatísticos e novas biotécnicas de reprodução. Todos esses fatores contribuem para a consolidação da genética de bovinos no Brasil e exportação de carne de qualidade (EUCLIDES FILHO, 2009).

Segundo Gomes e Oliveira (2021), a revolução da pecuária brasileira pode ser descrita em cinco fases: a primeira se caracteriza com as primeiras importações de bovinos da raça Guzerá; a segunda, com maiores investimentos na pecuária por causa da crise do café na década de 1870; a terceira, marcada por grandes investimentos em importações de raças; a quarta fase, quando iniciou-se o abastecimento do mercado internacional; e a quinta fase, mais atual, definida pela modernização e programas de melhoramento genético.

Esse trabalho buscou apresentar de forma objetiva as principais mudanças que ocorreram nas últimas décadas sobre a busca por melhoramento genético animal, quais os objetivos e critérios de seleção ao longo da história até os dias atuais da bovinocultura de corte.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Scopus, Scielo, Web of Science e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave: melhoramento genético animal, evolução, histórico, objetivos, critérios, seleção, raças, Brasil, bovinos de corte e pecuária de corte. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e junho de 2022 foram utilizados.

A seguir, estão descritas as diversas fases e variáveis do melhoramento genético de bovinos de corte, tecnologias utilizadas em cada época e importância econômica para o Brasil.

2.1 Desenvolvimento das raças brasileiras

A seleção de raças foi o passo inicial do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. A seleção de indivíduos é importante para melhorar raças puras ou seus cruzamentos e a escolha da raça conduz o sucesso desses cruzamentos. Além disso, a formação de uma nova raça concentra e fixa características de interesse das criações.

Diversos animais domésticos, incluindo os bovinos, chegaram ao Brasil por volta de 1533 no ciclo das grandes navegações dos colonizadores europeus. A caravela “Galga” foi a transportadora do maior número de bovinos vindos de Cabo Verde e Açores com destino a Salvador, capital da colônia na época. No final do século XVI, havia um grande número de bovinos no litoral brasileiro, aos poucos a criação de gado foi se estendendo ao interior (SILVA; BOAVENTURA; FIORAVANTI, 2012).

Entre os séculos XVII e XVIII a expansão do gado acompanhou o crescimento populacional e a busca por áreas de mineração. Nessa época a bovinocultura era uma atividade secundária, utilizada principalmente como conquista de territórios. Os investimentos nessa criação no século XIX possibilitaram que ela se tornasse a principal fonte de renda no início do século XX, principalmente na região de Goiás, depois que a mineração entrou em colapso. Mas a busca por novas terras para mineração culminou em abandono das terras e disseminação desordenada do gado (SILVA; BOAVENTURA; FIORAVANTI, 2012).

Durante os três primeiros séculos após a invasão do Brasil, o gado trazido pelos colonizadores servia prioritariamente para tração, agasalho e alimentação. A criação era extrativista e sem conhecimentos técnicos avançados. Esses primeiros animais transportados para o Brasil reproduziram entre si, formando algumas espécies nacionais, como o gado Curraleiro, Caracu, Franqueiro ou Junqueiro, Mocho Nacional, Crioulo Lageano e Pantaneiro (ALENCAR, BARBOSA, 2010; GOMES, OLIVEIRA, 2021).

No início do século XIX, com as importações de raças exóticas, principalmente indianas, começa a criação para fins comerciais. Nesse momento,

inicia-se uma seleção que buscava forma e beleza. Essa escolha possibilitou uma futura padronização racial no território nacional (FREITAS et al., 2013). Foi na primeira metade do século XIX, em 1968, que o Ongole indiano desembarcou pela primeira vez no Brasil, dando origem ao Nelore brasileiro (Associação dos Criadores de Nelore do Brasil, 2022).

Em 1915, o governo do estado de São Paulo, com importações em larga escala, estabeleceu espécies zebuínas, principalmente o Guzerá, nas estações experimentais, para que houvesse cruzamento com o gado nacional e seleção dos animais mais adaptados ao meio ambiente brasileiro (FREITAS et al., 2013). Assim, foi instalado o primeiro posto pecuário, na cidade de Nova Odessa, em São Paulo, com o objetivo de promover a seleção do gado Mocho Nacional e do Caracu, além das raças Polled Angus, Hereford e Schwyz (EUCLIDES FILHO, 2009).

O desenvolvimento da pecuária no Brasil teve uma desaceleração pela proibição do Governo Federal de importar e exportar bovinos em meados de 1921, mas as pesquisas continuaram dentro do país possibilitando novos conhecimentos (GOMES; OLIVEIRA, 2021). Com a Segunda Guerra Mundial, aumentou a demanda de carne produzida em países de Terceiro Mundo e culminou a entrada de frigoríficos estrangeiros no Brasil, incentivando a crescente produção de bovinos, voltando a ser comercializados, sobretudo na década de 90 (SILVA; BOAVENTURA; FIORAVANTI, 2012).

Começaram a surgir no Brasil raças sintéticas com melhor adaptação ao clima tropical e com uma boa produção de carne, como Indubrasil, Canchim, Ibagé, Caiuá, Pampeana, Braford, Red Norte e Simbrasil. Esses cruzamentos eram feitos com duas ou mais raças, principalmente entre *Bos taurus* e *Bos indicus*, animais sem e com cupim, respectivamente (ALENCAR; BARBOSA, 2010). Os cruzamentos buscaram a melhor característica econômica de cada um, como a adaptabilidade do zebu e a produtividade do europeu (GOMES; OLIVEIRA, 2021).

Segundo Silva, Boaventura e Fioravanti (2012), o gado Curraleiro Pé-Duro é rústico e resistente por ter se desenvolvido na região quente e seca do Centro-Oeste e Nordeste; o Crioulo Lageano adaptou-se ao extremo frio e calor da região

Sul do país; e o gado Pantaneiro foi importante para ocupação de áreas alagáveis do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul; e o gado Caracu encontra-se disseminado em praticamente todo território nacional.

Segundo Jorge (2013), no Brasil há cerca de 60 raças de bovinos, representando 7,5% do total das 800 raças existentes no mundo. Segundo a Associação dos Criadores de Nelore do Brasil (2022), a raça é a mais popular bovina de corte no Brasil do século XXI e, as características raciais do Nelore foram definidas em 1938, com a criação do Registro Genealógico.

2.2 Critérios de seleção dos animais

Segundo Barbosa (2005), no Brasil, o objetivo da seleção é obter, a cada geração, animais capazes de produzir a maior quantidade de carne de boa qualidade, em sistemas de produção baseados em pastagens de gramíneas forrageiras tropicais e com boas práticas de manejo, no menor tempo e ao menor custo possíveis.

Os objetivos do melhoramento genético determinam os critérios de seleção, em outras palavras, os critérios de seleção são os meios usados para atingir os objetivos. Esses objetivos podem ser definidos em escala de unidade de produção ou sistema de produção, incluindo situações ambientais e de mercado alvos. Dessa forma, os critérios de seleção conseguem obter material genético adequado às condições ambientais da maioria dos sistemas de produção e às exigências e especificações do mercado consumidor. O sucesso dos sistemas inclui: eficiência reprodutiva do rebanho; eficiência do ganho de peso dos animais jovens e qualidade do produto (BARBOSA, 2005).

No início dos cruzamentos, por volta de 1760, prezava-se por selecionar animais com características externas visualmente bem determinadas, como pelagem, beleza, utilidade da forma, altura, comprimento e tamanho do animal (BARBOSA, 2005). Depois, evoluiu para características de crescimento, peso vivo e ganho em peso, ainda por serem mais fáceis de avaliar e medir e, as herdabilidades são maiores para essas características (ALENCAR; BARBOSA, 2010).

Segundo Alencar (2002), os critérios de seleção que começaram a ser utilizados no Brasil na década de 1980 já eram: características reprodutivas (perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, intervalo entre partos, duração da gestação, habilidade de permanência no rebanho e probabilidade de prenhez aos 14 meses de idade); características de crescimento (peso ao nascimento, aos 120 dias de idade, ao ano, ao sobreano, à idade adulta, ganhos de peso pré e pós desmama e número de dias para ganhar determinado peso); características morfológicas (altura no posterior ao sobreano, conformação, precocidade, musculosidade - CPM - e tamanho do umbigo); características de produtividade (quilogramas de bezerros desmamado por ano durante a permanência da vaca no rebanho).

Além das características citadas acima, na década de 2010, Nieto, Alencar e Rosa (2013) também citam: área de olho de lombo; espessura de gordura subcutânea; marmoreio; maciez da carne; resistência a parasitas; temperamento; eficiência alimentar; e produtividade.

Alencar e Barbosa (2010) salientam que as características visuais não foram deixadas de lado, ainda sendo necessário olhar para o animal e avaliar o conjunto de todas as características visuais aparentes. Além disso, os critérios de seleção passam a considerar a produtividade em relação ao ambiente, como eficiência no uso da terra, emissões de gases de efeito estufa e pegada ecológica (BUNGENSTAB; MENEZES; FELDKAMP, 2013).

O planejamento de melhoramento genético com objetivos claros e critérios bem estabelecidos são fundamentais para uma atividade de sucesso na produção e na rentabilidade do sistema. O objetivo é o resultado desejado para o desempenho dos animais e o critério é a base que norteia o processo. O uso de fichas para acompanhamento do desempenho dos animais permite melhor conhecimento sobre as necessidades e as deficiências de certas características em uma produção. Pode-se utilizar índices de seleção de touros ou vacas que combine as características definidas como critérios de seleção nas proporções desejadas e necessárias para melhoria da atividade (CARNEIRO JÚNIOR; ASSIS, 2016).

2.3 Ferramentas de análise

Apenas parte das diferenças observadas no desempenho dos animais são transmitidas de geração para geração. As características quantitativas são as que apresentam maior interesse econômico, porém são mais difíceis de serem selecionadas pela grande influência ambiental na expressão gênica (CARNEIRO JÚNIOR, 2009). Por isso, o desenvolvimento das ferramentas de análise é tão importante para a evolução do melhoramento genético animal.

O valor genético de um reprodutor, para as características de interesse econômico, será transmitido para sua progênie. A decisão de seleção deve ser baseada nessas características e, com o avanço na área computacional, foi possível maximizar o ganho genético pelas informações genealógicas dos indivíduos nos modelos de análise, comparando grupos contemporâneos, animais de várias gerações e o consequente aumento da acurácia das predições dos valores genéticos (GARNERO et al., 2006).

Essa necessidade de conhecimento dos descendentes dos animais vem desde os árabes quando citavam cor as genealogias de seus principais animais, e os romanos já que reconheciam o valor de um reprodutor pela qualidade de sua descendência, indicando, portanto, a necessidade do conhecimento do pedigree, como auxílio à seleção. Robert Bakewell (1725-1795) foi pioneiro na utilização do pedigree, com registros precisos do desempenho dos animais para acasalamentos endogâmicos, de modo que a seleção fosse objetiva. Em seus experimentos utilizou diversas espécies, dentre elas o gado da raça Longhorn (ROSA et al., 1997; MARTINS, SANTOS, SILVESTRE, 2019).

O melhoramento genético animal surgiu como ciência a partir das descobertas das leis de herança por Gregor Mendel (1822-1884) e suas descobertas foram intensificadas por Marie de Vries, Carl Franz Joseph Erich Correns e Erich Von Tschermak Seysenegg na década de 1900. Kal Pearson (1857-1936) aplicou matemática aos resultados evolucionários de Darwin (1809-1882). Francis Galton (1822-1911) juntou a estatística com a herança genética. Ronald Fisher (1890-1962), foi o primeiro a distinguir a variância genética da variância ambiental e a separar a variância genética em aditiva, dominância e

epistasia, e Sewall Wright (1889-1988) desenvolveu o coeficiente de parentesco. Assim, os dois últimos foram responsáveis pela moderna genética de populações. Charles Henderson (1911-1989) foi muito influente nas últimas quatro décadas pelo método de BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), essência de todas as avaliações genéticas (CARNEIRO JÚNIOR, 2009; CARREÑO, 2012; MARTINS, SANTOS, SILVESTRE, 2019).

Oswald Theodore Avery, em 1944, afirmou que o fator hereditário era determinado pelo DNA. E, na década de 1970, os marcadores moleculares possibilitaram adicionar informações do fenótipo ligados com o DNA, ou seja, demonstrar como a capacidade de produção de um animal (fenótipo) é o resultado da interação entre o material genético (genótipo) e o ambiente. Além disso, as marcas nos genes permitiriam acompanhar a segregação de alelos nas gerações e as características de interesse. Desse modo, começou a seleção, mais rápida e eficiente, do animal de acordo com seu genótipo, potencial genético (COUTINHO et al., 2010).

Segundo Rosa et al. (1997), para facilitar a consulta, recolher a quantidade de informações e proteger o interesse dos criadores de gado puro, foram organizados os livros genealógicos (herd books) em meados de 1822. No Brasil, em 1904, com o apoio da Associação Rural de Bagé, foi criado o primeiro livro: Herd Book Colares, para o atendimento dos registros das raças de origem européia (*Bos taurus*). Em 1916, em São Paulo, foi criado o Herd Book da raça Caracu. Em 1918, foi aberto o Herd Book Zebu, em Uberaba, Minas Gerais, pela Sociedade Rural do Triângulo Mineiro, hoje Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), para cuidar dos registros das raças zebuínas (*Bos indicus*).

Em 1949, implementaram-se os concursos do boi gordo que tinham o objetivo de guiar os criadores para selecionar e criar animais capazes de produzir precocemente. Em 1951, iniciaram-se as provas de ganho de peso, para identificar animais com maior potencial para essa característica. No final da década de 1960, a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), criou o Programa de Controle de Desenvolvimento Ponderal (CDP), que estabeleceu as bases necessárias para um novo impulso no melhoramento genético do Zebu de corte. A

década seguinte caracterizou-se pela estruturação das bases do melhoramento genético animal moderno. A partir da década de 1980, iniciaram-se as avaliações genéticas, considerando os acasalamentos dirigidos, as diferenças genéticas existentes entre grupos e DEPs (Diferenças Esperadas na Progenie) dos animais em avaliação (EUCLIDES FILHO, 2009).

A primeira década do século XXI buscou por novas características de interesse econômico com potencial para se tornarem critério de seleção; aprimoramento de modelos estatísticos para estimação de componentes de variância; e amplo campo aberto pelos novos achados da biologia molecular. A parceria de produtores com universidades possibilitou diversos estudos e publicações, como por exemplo a Merial S/A e o Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia (GMAB) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, em Pirassununga-SP, na qual foi estudado genes candidatos para obtenção de marcadores moleculares a serem empregados na seleção de bovinos de corte, principalmente, da raça Nelore (LÔBO; BITTENCOURT; PINTO, 2010).

Nas últimas duas décadas, a origem, a domesticação e a história dos bovinos estão sendo atualizados pelas novas pesquisas com análise de marcadores moleculares nucleares, mitocondriais e do cromossomo Y, utilizando DNA de fósseis e de raças existentes. Além disso, o melhoramento genético tem avançado pelo uso de biotecnologias, como a inseminação artificial, transferência de embriões, fertilização in vitro, clonagem e transgenia (JORGE, 2013; GOMES, OLIVEIRA, 2021).

Os sumários de avaliação genética são uma ferramenta atual com um compilado de estimativas das DEPs de acordo com animais selecionados para participar de uma avaliação genética. Quanto mais características desejáveis nos animais selecionados, maior a qualidade dos resultados das DEPs. Dessa forma, esse documento ajuda a selecionar, descartar e acasalar animais de acordo com os objetivos de cada sistema (SILVA, 2013).

A matéria prima do programa de melhoramento genético concentra-se nos dados. Atualmente existem vários componentes de ferramentas para controle e

análise desses dados: controle genealógico (Pedigree) e de superioridade genética; associações de criadores, como a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) e Associação dos Criadores de Nelore do Brasil (ACNB); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP); controles de produção e desempenho (fenótipos); medidas de desempenho (kg; cm; cm²; mm; %; dias; meses; número de filhos; número de partos); origem (pai; mãe; pasto; grupo; fazenda; estado; manejo; época do ano); idade (meses; anos); sexo (macho; fêmea); estado fisiológico (prenhe; vazia; lactante; seca); raça, composição racial e linhagem; e genótipos (informações sobre o DNA, genotipagem com chips de marcadores moleculares do tipo SNP).

Desde a década de 1970, a biotecnologia moderna tem sido usada para informação genética obtida a partir do DNA, completando a formação do fenótipo com a interação genótipo-ambiente. Os marcadores de genes possibilitaram a seleção de animais com genótipos superiores. Porém, a maioria das características de interesse zootécnico têm padrão poligênico de herança. Assim, foram desenvolvidos marcadores moleculares polimórficos, como os microssatélites e os polimorfismos de base única (SNP), mapeamento de locos de características quantitativas (QTL); além de serem utilizados genes candidatos e sequenciamento de DNA e mRNA (COUTINHO, ROSÁRIO, JORGE, 2010; MALAGÓ JUNIOR, SOMAVILLA, REGITANO, 2012).

A seleção genômica possui diversas vantagens, como o aumento da acurácia da predição do valor genético, possível redução do intervalo de gerações, possibilidade de redução do esforço de mensurações fenotípicas e mapeamento mais acurado de regiões genômicas envolvidas com os fenótipos de interesse (MALAGÓ JUNIOR; SOMAVILLA; REGITANO, 2012).

A sustentabilidade e qualidade do produto final são focos da continuidade do melhoramento genético animal. O avanço na genômica está permitindo saltos importantes na identificação de animais superiores para carne de qualidade que os consumidores buscam.

3. Considerações Finais

O objetivo da seleção na bovinocultura de corte no Brasil é a cada geração obter animais capazes de produzir maior quantidade de carne de boa qualidade, em sistemas extensivos, no menor tempo e ao menor custo possíveis. Ao longo das últimas décadas houveram mudanças nos critérios e ferramentas de seleção do melhoramento genético dos animais em decorrência da época, região, temperatura, clima, disponibilidade de território e recursos, fatores estes associados aos objetivos de cada sistema.

Apesar da raça Nelore ser disseminada em todo o território nacional, por causa da grande extensão do Brasil, cada região do país possui raças e/ou cruzamentos mais adaptados àquele local. Assim, a seleção e o cruzamento dos bovinos são ferramentas fundamentais para se obter animais com características desejadas para cada sistema. Programas de melhoramento genético com objetivos claros são pontos chaves para que o sistema de cruzamento seja viável economicamente.

Referências

ALENCAR, M. M. **Critérios de seleção em bovinos de corte**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/41186/1/PROCIMMA2010.00294.pdf>. Acesso em: 28 de out 2022.

ALENCAR, M. M.; BARBOSA, P. F. **Melhoramento genético de gado de corte no Brasil**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/856665/1/PROCIMMA2010.00010.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL. **A raça - histórico**. São Paulo: ACNB, 2022. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Raca/Historico>. Acesso em: 31 out. 2022.

BARBOSA, P. F. Objetivos e critérios de seleção em bovinos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia:

SBZ, 2005. p. 221-227. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223956/1/Objetivos-criterios-selecao.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

BARROS JÚNIOR, C. P. et al. Melhoramento genético em bovinos de corte (*Bos indicus*). **Nutri Time Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 4558-4564, 2016. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/362_-_4558-4564_-_NRE_13-1_jan-fev_2016.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.

BUNGENSTAB, D. J.; MENEZES, G. R. O.; FELDKAMP, C. R. Melhoramento genético de bovinos de corte no contexto ambiental global. In: ROSA, A. N. et al. (Ed.) **Melhoramento genético aplicado em gado de corte - Programa Geneplus –Embrapa**. Brasília: Embrapa, 2013. cap. 18, p. 227-234. p. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5060>. Acesso em: 28 out. 2022.

CARNEIRO JÚNIOR, J. M. Melhoramento genético animal. In: GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. (Ed.) **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Acre: Embrapa Acre, 2009. cap. 11, p. 197-208. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173036/1/22908.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

CARNEIRO JÚNIOR, J. M.; ASSIS, G. M. L. **Objetivos e critérios de seleção em bovinos de corte em fase de cria**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1068959/1/26310.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2022.

CARREÑO, A. S. **Breve revisión sobre la evolución del mejoramiento genético animal**. Arauca: Universidad Cooperativa de Colombia, 2012. Disponível em: <https://www.produccion->

animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/genetica_en_general/27-EVOLUCION_MEJORAMIENTO.pdf. Acesso em: 31 out. 2022.

COUTINHO, L. L. et al. **A genômica na bovinocultura de corte**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2010. cap. 41, p. 813-823. Disponível em: <file:///D:/Downloads/digitalizar0006.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2022.

COUTINHO, L. L.; ROSÁRIO, M. F.; JORGE, E. C. **Biotecnologia animal**. Estudos avançados, v. 24, p. 123-147, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/9RstydRVD7X74GRM8RcTBrn/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 07 nov. 2022.

EUCLIDES FILHO, K. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 620-626, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226893010.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 1999. (Documentos, 75). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/323391>. Acesso em: 17 out. 2022.

FREITAS, R. T. F. et al. Conceitos de melhoramento genético ao alcance de todos. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 138, p. 24-27, 2013. Disponível em: <https://www.umc.br/nucleos-pesquisa/lagoaa/publicacoes/revista-cientifica-tecnologica/pdf/pdf-13.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

GARNERO, A. V. et al. A genealogia e sua influência no valor genético de reprodutores da raça Nelore. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 235-240, 2006. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/206/202>. Acesso em: 03 nov. 2022.

GOMES, L. L.; OLIVEIRA, C. H. A. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Revista Diálogos Acadêmicos**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 54-59, 2021. Disponível em:

<http://revista.fametro.com.br/index.php/RDA/article/view/283/243>. Acesso em: 18 out. 2022.

JORGE, W. A genômica bovina: origem e evolução de taurinos e zebuínos. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 20, p. 217-237, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Viviam-Babicsak-2/publication/270759370_Alteracoes_senis_do_encefalo_de_caninos_-_aspectos_imaginologicos/links/54b3faf60cf28ebe92e447dd/Alteracoes-senis-do-encefalo-de-caninos-aspectos-imaginologicos.pdf#page=67. Acesso em: 18 out. 2022.

LÔBO, R. B.; BITTENCOURT, T. C. B. S. C.; PINTO, L. F. B. Progresso científico em melhoramento animal no Brasil na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 223-235, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/pnZcnPfJGnWDQRVCXHRTVqx/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2022.

MALAGÓ JUNIOR, W.; SOMAVILLA, A. L.; REGITANO, L. C. A. Biotecnologia animal: avanços de metodologia na área. In: Encontro Nacional sobre Metodologias e Gestão de Laboratórios da Embrapa, 17., 2012, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: FZEA, 2012. p. 102-117. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/945040/1/PROCI2012.00260.pdf>. Acesso em: 07 de nov. 2022

MARTINS, A. M. F.; SANTOS, V. A. C.; SILVESTRE, A. M. D. A história do melhoramento animal. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, Vila Real, v. 20, p. 106-114, 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/44799>. Acesso em: 27 out. 2022.

NIETO, L. M.; ALENCAR, M. M.; ROSA, A. N. Critérios de seleção. In: ROSA, A. N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte - Programa Geneplus Embrapa**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 109-122. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5060>. Acesso em: 28 out. 2022.

ROSA, A. N. et al. **Proposta de mudança no regulamento do registro genealógico das raças zebuínas**. Campo Grande, MS: Embrapa, 1997. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/320362/proposta-de-mudancas-no-regulamento-do-registro-genealogico-das-racas-zebuinas>. Acesso em: 31 out. 2022.

SILVA, L. O. C. et al. Uso dos sumários da avaliação genética nos processos de seleção e acasalamento. In: ROSA, A. N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte - Programa Geneplus Embrapa**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 167-178 p. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5060>. Acesso em: 28 out. 2022.

SILVA, M. C.; BOAVENTURA, V. M.; FIORAVANTI, M. C. S. História do povoamento bovino no Brasil Central. **Revista UFG**, Guarulhos, v. 13, n. 13, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48451/23779>. Acesso em: 31 out. 2022.

Desenvolvimento do melhoramento genético animal na pecuária Brasileira

Development of the genetic animal improvement in Brazilian livestock

Guilherme Ribeiro Caligares Zerbetto, Carlos Alexandre Granghelli

1. Introdução

A produção e o melhoramento animal tem um histórico desde a antiguidade e o início da domesticação de animais de “interesses zootécnicos”. Havia o conhecimento da escolha dos melhores animais para a reprodução a fim de garantir animais grandes e menos agressivos (SIMM et al., 2020).

Dessa forma, o uso de animais domésticos não só é um fator de desenvolvimento humano, assim como desenvolvimento tecnológico. No Brasil, a influência dos colonizadores permitiu a expansão agrícola e desenvolvimento do país, principalmente com os bovinos (animais de tração durante o período do açúcar) como também os equinos (transporte durante o ciclo do ouro por meio dos bandeirantes). Além disso, a partir do século XVI, houve um grande crescimento no rebanho suíno e caprino, enquanto as aves já faziam parte das propriedades rurais como “pecuária” de subsistência (EUCLIDES FILHO, 1999).

Hoje, o Brasil é referência na produção de animais de interesse zootécnico e isso se dá pela modernização do melhoramento genético, iniciando, tradicionalmente, nos parâmetros genéticos, passando pela escolha dos métodos estatísticos e, por fim, nos estudos moleculares aplicados ao melhoramento animal (LÔBO BARBOSA, 2010).

A própria expansão do mercado incentivou o progresso genético nas diferentes espécies exploradas comercialmente voltadas à agropecuária, influenciando na qualidade e quantidade produzida. Sendo assim, as mudanças ocorrem mais rapidamente devido a globalização e mudanças de interesse comercial e cultural (EUCLIDES FILHO, 1999).

A genética e o ambiente promovem o desempenho individual do animal. Assim, a produtividade elevada e o retorno econômico são frutos do melhoramento e condições ambientais favoráveis (CARNEIRO JUNIOR, 2011).

Ademais, segundo Rosa e colaboradores (2013), existem registros da percepção humana sobre características herdadas na Bíblia Sagrada, no livro de Genesis, com a fala de Jacó "...separa do rebanho todo animal negro entre os cordeiros e o que é malhado ou salpicado entre as cabras...", ou seja, há anos a humanidade tem ciência da maneira como produzir animais de acordo com os seus interesses.

Assim, o objetivo desta revisão é analisar como o conceito de melhoramento animal se desenvolveu ao longo dos anos e quais foram as contribuições para o crescimento da pecuária brasileira, desde a antiguidade até os dias atuais.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Scielo, Google Acadêmico, Web of Science, Science Direct, Scopus, utilizando as palavras-chave: histórico da pecuária, melhoramento genético, desenvolvimento da pecuária no Brasil. Apenas artigos e livros publicados entre 1967 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 Domesticação Animal

O surgimento do melhoramento animal está muito ligado à domesticação animal e a adaptação dos animais para a vida em cativeiro. Domesticação é "a prática usada pelo homem de amansar os animais selvagens para os empregar em atividades de seu próprio proveito" (DOMESTICAÇÃO, 2020). Ou seja, alguns animais conseguem se adaptar à convivência humana, a fim de desempenhar uma função útil a ele.

Os cães foram os primeiros animais a serem domesticados, entretanto, a domesticação de animais de interesses zootécnicos se iniciou com os ovinos e caprinos, passando para os suínos, bovinos e equinos, respectivamente (MARTINS et al., 2019). Ao longo do tempo, através de evidências históricas, a

domesticação foi se desenvolvendo impulsionada pelas ações humanas e também, através das modificações ambientais feitas pelo homem. Mesmo com a importância para a história da humanidade, ainda há poucos registros sobre os mecanismos, localização e tempo desses ocorridos (LARSON, G.; FULLER, D. Q, 2014).

A domesticação, associada à agricultura, foram dois fatores que promoveram a sedentarização do homem (FACULDADE DE GESTÃO E INOVAÇÃO, 2022). Dessa forma, estimulou indiretamente o desenvolvimento do melhoramento genético a partir da transferência do ambiente selvagem para o “cativeiro”, permitindo que a reprodução se tornasse mais controlada, entre indivíduos de alto e baixo grau de parentesco.

A criação animal surgiu independentemente em apenas três regiões: Oriente, China e Andes, evidenciando a distribuição geográfica dos animais ancestrais. Assim, outros animais foram domesticados após o estabelecimento de sociedades agrícolas e a partir das espécies ancestrais (LARSON; FULLER, 2014).

2.2 Histórico do melhoramento genético

Desde a antiguidade existe o interesse em compreender a reprodução e hereditariedade, tanto Hipócrates, quanto Aristóteles já acreditavam na mistura de partículas masculinas e femininas para gerar descendentes (VENTURIERI; ROSA, 2010). Os árabes sabiam as genealogias de seus principais animais, da mesma forma, os romanos reconheciam o valor de um reprodutor a partir da qualidade da descendência (ROSA et al., 1997).

Inicialmente, os animais cercados se reproduziam ao acaso de maneira controlada e “forçada”. Assim, a consanguinidade ocorria e mudanças genéticas iam se propagando à medida que a população daquele rebanho ia crescendo. Posteriormente, com o descobrimento das possibilidades fenotípicas, a reprodução dos animais era feita de maneira prática, a partir do conhecimento obtido da visualização, sem nenhum critério de seleção. Os produtores cruzavam os animais de acordo com as características de interesse, sem nenhuma base científica.

Segundo a revista História da ciência e ensino, o inglês Robert Bakewell foi o pioneiro no processo de seleção de animais mais objetiva, consanguinidade (acasalamento de animais com alto grau de parentesco) e testes de descendência, a fim de selecionar o melhor reprodutor para as próximas gerações. Dessa forma, iniciou-se o desenvolvimento e registros de genealogia dos animais, criando o Stud Book do cavalo Puro-Sangue Inglês, dando início para os primeiros documentos de *pedigree* (MARTINS et al., 2019).

Robert Bakewell (1725 - 1795) promoveu a cruzada estratégica entre machos e fêmeas separados, principalmente com ovelhas da raça Lincolnshire, no qual percebeu que produziam lã de melhor qualidade, e bovinos Longhorn que comiam menos e engordavam mais (ROSA et al., 1997). As raças ovinas atuais são originárias das cruzas de Bakewell (BBC, 2014).

Já no século XIX, a partir dos estudos genéticos de Darwin e as ideias da seleção natural, de Mendel e a hereditariedade e dominância de genes, e Galton, com o desenvolvimento de técnicas estatísticas e correlação, foi possível desenvolver metodologias no melhoramento genético animal (MARTINS et al., 2019). Ainda, Galton apresentou o termo “eugenia”, que significa a manipulação genética da seleção dos melhores genes mesmo não sendo no melhor meio adaptativo, feita pelo homem (SALGADO-NETO; SALGADO, 2011).

No século XX, o melhoramento genético animal esteve relacionado com os aspectos quantitativos, como também a possibilidade do grau de precisão dos registros fenotípicos e genealógicos, e com o desenvolvimento da estatística adequada para cada caso.

As teorias e métodos utilizados atualmente foram descobertos na primeira metade do século XX. Hugo Marie de Vries, Carl Franz Joseph Erich Correns, Erich von Tschermak Seysenegg, William Bateson e Wilhelm Ludwig Johannsen foram essenciais para comprovar os estudos de Mendel. Bateson criou os conceitos alelo, zigoto, homocigoto e heterocigoto e Johannsen os conceitos de genótipo e fenótipo (MARTINS et al., 2019).

Segundo o livro Introdução à genética, genes são as unidades fundamentais da informação biológica; alelos são genes localizados em um mesmo

locus em cromossomos homólogos, responsáveis por diferentes manifestações fenotípicas de uma característica; zigoto é a primeira célula formada após a fertilização do ovócito; homozigotos são indivíduos com par de alelos idênticos; heterozigotos são indivíduos com o par de alelos diferentes (diferem entre si).

Ainda no século XX, o inglês Godfrey Harold Hardy e o alemão Wilhelm Weinberg introduziram a teoria da genética de populações, o conhecido Equilíbrio de Hardy-Weinberg, no qual diz que estão em equilíbrio aquelas populações grandes em que possam ocorrer todos os tipos de cruzamentos possíveis, de acordo com as leis de probabilidade, e que ocorram ao acaso entre indivíduos de diferentes genótipos (SOUZA et al., 2011). Nestas condições, as frequências dos alelos não sofrem alterações ao longo das gerações caso não ocorra nenhum fator evolutivo. Em sequência, Ronald Aylmer Fisher e Sewal Wright começam pesquisas envolvendo a genética e a matemática (genética quantitativa), elaborando modelos estatísticos que complementam as análises genéticas e os efeitos da consanguinidade, apresentando certas contradições com as pesquisas de Mendel quando trabalhadas com populações (CARREÑO, 2012).

A partir de 1937, com a publicação do livro “Animal Breeding Plans”, outros geneticistas desenvolveram novas metodologias para o melhoramento animal, como Charles Roy Henderson e o método BLUP (melhor predição linear não viesada, usada em modelos lineares mistos para estimar efeitos aleatórios) e Walter Robert Harvey com o quadro de ANOVA (comparar as variâncias entre as médias da característica analisada dos indivíduos). O surgimento dos computadores, no final da década de 80, permitiu o desenvolvimento e aplicação desses métodos estatísticos, que são utilizados até hoje (MARTINS et al., 2019).

O Melhoramento Animal é a ciência que estuda os métodos para obtenção de animais geneticamente superiores para características economicamente destacadas. Estas são comumente características quantitativas que sofrem a ação de inúmeros genes de pequeno efeito, e sofrem a influência do ambiente na sua expressão, dificultando a seleção dos melhores animais.

Para que ocorra o melhoramento genético almejado, os indivíduos com maior número de genes favoráveis para as características de interesse devem ser

escolhidos, e promovido o acasalamento destes animais geneticamente superiores. É interessante que nesse cruzamento, o número de descendentes seja cada vez maior. As técnicas BLUP e a biotecnologia (IA, IATF, sexagem de sêmen, clonagem, transgenia) estão disponíveis para facilitar ainda mais o processo de seleção das características de interesse.

Alguns conceitos atrelados ao melhoramento são: genótipo e fenótipo, características quantitativas (muitos genes influenciam na características) e qualitativas (poucos genes estão relacionados com a característica), seleção (escolha dos indivíduos com características desejáveis), herdabilidade (ligação fenótipo-genótipo que será transmitido para os descendentes), diferença esperada na progênie (DEP) e acurácia (grau de confiabilidade no DEP) (CARNEIRO JUNIOR, 2011) (EUCLIDES FILHO, 1999) (GRIFFITHS, 2013).

A modernização dos métodos de melhoramento genético promoveu inúmeros benefícios para a produção animal e qualidade dos produtos, iniciando tradicionalmente, nos parâmetros genéticos, a escolha dos métodos estatísticos, surgimento do computador, metodologias analíticas e, por fim, os estudos moleculares aplicados ao melhoramento animal (IA, Transferência de embriões, por exemplo) (LÔBO BARBOSA, 2010). Com o rápido desenvolvimento da biologia molecular e genômica, é possível calcular as DEPs através de análise direta do DNA do indivíduo, permitindo prever o valor genético quando o animal ainda é jovem, ou até mesmo quando é um embrião, antes da transferência deste para uma receptora (FRANCO, 2016).

Entretanto, algumas situações podem interferir e alterar os resultados do melhoramento, é o caso da epigenética e das biotecnologias de reprodução. A epigenética é a área da genética que estuda as mudanças genotípicas e fenotípicas herdáveis, que ocorrem durante a tradução do RNA (GRIFFITHS, 2013). As biotecnologias de reprodução que têm grandes impactos no melhoramento são: IA, IATF, Transferência de embriões, etc. (FRANCO, 2016). Então, mesmo que as observações fenotípicas constituem um fator para os programas de melhoramento, as informações moleculares também possuem grande importância para auxiliar na seleção. Toda essa tecnologia e manuseio

genômico foi descoberto a partir da codificação dos genomas das espécies (MALAGÓ-JR, 2012).

A técnica do sequenciamento genômico permite identificar a sequência dos nucleotídeos do DNA ou RNA para entender a informação genética contida. Desde a década de 70, as metodologias de sequenciamento foram se modernizando, saindo do manual para o sequenciamento em massa e de grandes fragmentos em um curto período de tempo. Os marcadores moleculares têm sido uma ferramenta de identificação das características controladas por um ou poucos genes. A identificação dos alelos só foi possível a partir dos marcadores moleculares (SNPs), permitindo a construção de mapas genômicos (MOREIRA et al., 2015).

2.3 Desenvolvimento da pecuária no Brasil

No Brasil pré-colonial, os indígenas cultivavam milho, amendoim e mandioca, entretanto, não tinham a cultura de criação animal tão desenvolvida: era comum a prática da caça e criavam pequenos animais como porcos do mato e capivaras (OLIVEIRA, M. A, 2013).

A chegada dos europeus no território brasileiro desencadeou a vinda de outros animais domésticos que ainda não existiam no Brasil. A maioria dos animais de produção comerciais atuais não habitavam as Américas antes dos colonizadores. Os bovinos tiveram grande importância no ciclo do açúcar, como animais de tração, a fim de preparar o solo para o plantio da cana, além de fornecer carne, gordura, couro e leite. Já os equinos, no ciclo do ouro, eram responsáveis pelo transporte dos bandeirantes. A partir do século XIV, houve a introdução dos suínos como fonte de carne e couro, dos ovinos para produção de lã e, posteriormente, dos caprinos para a produção de leite (EUCLIDES FILHO, 1999). No século XVII, o rebanho bovino começou a ser visado para corte e, assim, estimulou a colonização, visto que o gado precisava de pasto para pastar, havendo necessidade de exploração das terras (VALVERDE, 1967) (EUCLIDES FILHO, 1999).

As primeiras fazendas de gado apareceram nos estados da Bahia e Pernambuco, expandindo para o restante do país. No século XVIII, o Nordeste alcança o apogeu no desenvolvimento da pecuária, entretanto, as distâncias, as dificuldades de transporte e as secas do sertão deixavam a carne com uma menor qualidade. A migração de colonos para outras regiões do país promoveu a expansão da pecuária de gado de corte no Brasil, principalmente nos estados do sul, onde a predominância da vegetação são os campos (pampas) (JÚNIOR, 2012).

A criação de gado bovino para corte foi a principal atividade pecuarista no Brasil-Colônia. Os processos de criação eram muito primitivos no Nordeste, com os animais soltos nos pastos, sem silagem ou melhoria dos pastos. Os únicos cuidados que tinham eram com as feridas e predadores. Em Minas Gerais, a criação do gado era mais tecnificada, com a oferta de sal e ração, além de instalações de ordenha completas, que permitiam a produção de queijos. Além disso, havia criação de porcos para a produção de carne e banha e carneiros para a produção de tecidos. No Sul, a expansão bovina foi intensa, alavancada com a disponibilidade de pastagens fartas e de boa qualidade, chegando a quase 4 milhões de cabeças (VALVERDE, 1967).

A partir da expansão da fronteira agrícola até os dias atuais, a bovinocultura de corte tem grande importância econômica no Brasil. A busca pela maior produção, por animais maiores e mais resistentes, consolidou para a base do melhoramento genético na pecuária de corte no Brasil (EUCLIDES FILHO, 1999).

A modernização da pecuária no Brasil se deu a partir da substituição das velhas raças bovinas, por novas raças inglesas e indianas. A ocupação do Centro-Oeste permitiu a expansão da atividade para esta propensa região. Dessa forma, o Brasil possui a sua produção de carne bovina centralizada nos estados do centro-sul do país (VALVERDE, 1967).

O Brasil é o principal exportador de carne bovina do mundo. Essa posição se dá pelo progresso no melhoramento genético e no desenvolvimento de biotecnologias de reprodução. A bovinocultura de corte é fundamental para a economia brasileira (GOMES, 2021).

2.4 O melhoramento genético no Brasil

Na primeira década do século XX, houveram grandes esforços governamentais com atenção ao melhoramento genético animal, sendo criadas estações experimentais. Depois desta etapa, os esforços em seleção e cruzamentos foram ampliados. Entretanto, o início da era do melhoramento no Brasil se deu para a bovinocultura de corte e, aos poucos, foi se expandindo para outras áreas (EUCLIDES FILHO, 1999).

As metodologias dos estudos são antigas, não sendo um avanço brasileiro nas pesquisas e sim uma consolidação dos resultados já publicados anteriormente, assim como citado no tópico 2.2 deste trabalho. Entretanto, o avanço do melhoramento genético no Brasil se dá na busca por novas características de interesse econômico, novos critérios de seleção e aprimoramento dos modelos estatísticos (LÔBO BARBOSA, 2010). A seleção genética se iniciou com a entrada de raças puras e material genético de alta qualidade no país, promovendo uma evolução na qualidade dos animais e nos seus respectivos produtos.

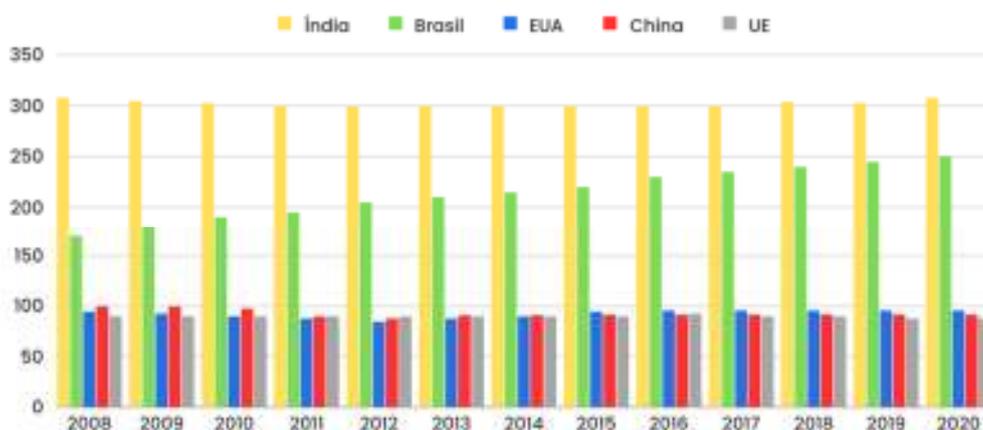
Para os bovinos de corte, o foco foi para as raças Caracu, Canchim, Nelore, Gir, Indubrasil e Guzerá, a fim de promover incrementos bioeconômicos. Para a bovinocultura leiteira, a produção de leite a partir de animais oriundos de cruzamentos entre zebuínos e europeus, como o Girolando. Entretanto, além dessas culturas concretizadas, surgiu a necessidade da criação de novas modalidades, como a avicultura. Assim, iniciou-se o processo de seleção de poedeiras comerciais e o melhoramento de frangos de corte, em busca de frangos mais precoces, resistentes e eficientes. Em meados da década de 50, houve a introdução de material genético de raças suínas de alta qualidade, promovendo a substituição das raças nacionais. Na caprinocultura, a produção de carne também abriu espaço para a produção de leite; já na ovinocultura, mesmo que a criação seja muito antiga no país, ainda há poucas pesquisas na área, algumas envolvendo estudos da pelagem (pigmentação, espessura e diâmetro dos fios). Por fim, na bubalinocultura, inicialmente teve como objetivo a produção de carne,

mas a partir de 1980, começou o incentivo para melhorias na produção leiteira (EUCLIDES FILHO, 1999).

O uso de métodos de seleção, biotecnologias e das ciências ômicas (técnicas moleculares), permitiu o Brasil se tornar na grande potência pecuária mundial. Hoje, o país possui um importante rebanho de bovinos, suínos e frangos, notado mundialmente (figuras 1, 2, 3) e é o maior exportador de carne bovina e de frango (GRINGO, 2020).

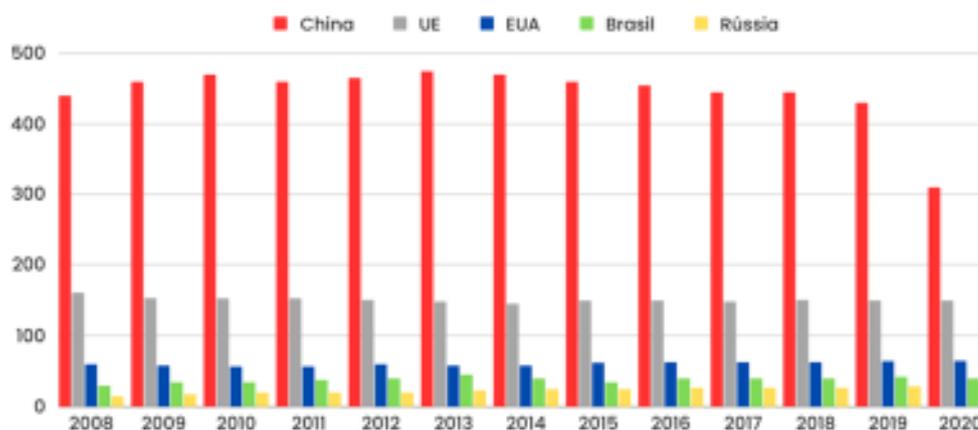
Figura 1 - Rebanho de bovinos

(em milhões de cabeças Principais países criadores)



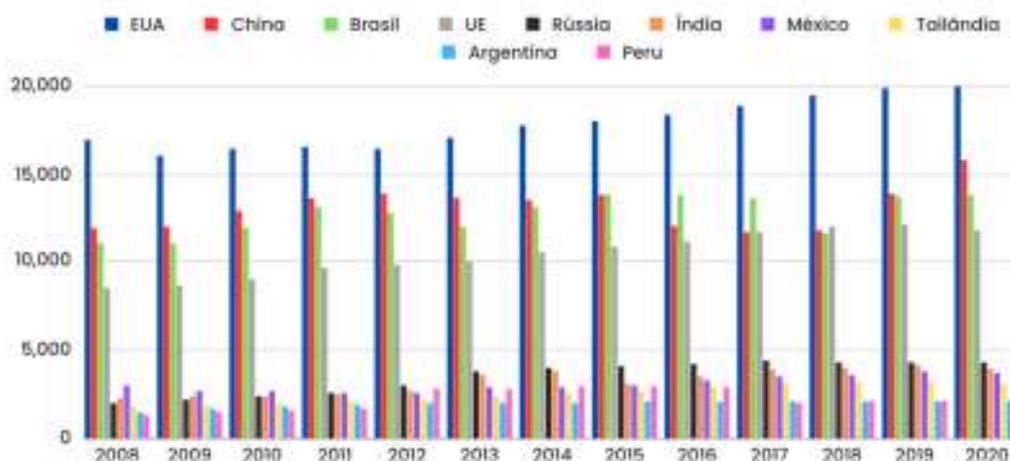
Fonte: USDA-FAS-PE&D, consulta em maio/2020 Observação: (*) dados referentes a abril Elaboração: Instituto Tricontinental de Pesquisa Social

Figura 2 - Rebanho de suínos (em milhões de cabeças)
principais países criadores



Fonte: USDA-FAS-PE&D, consulta em maio/2020 Observação: (*) dados referentes a abril
Elaboração: Instituto Tricontinental de Pesquisa Social

Figura 3 - Produção de carne de frangos (em mil cabeças)
principais selecionados



Fonte: USDA-FAS-PE&D, consulta em maio/2020 Observação: (*) dados referentes a abril
Elaboração: Instituto Tricontinental de Pesquisa Social

3. Considerações Finais

A domesticação animal permitiu o desenvolvimento do melhoramento genético, inicialmente de forma acidental e posteriormente, com o uso de ferramentas e estratégias, de forma intencional, direcionando o foco para as características de interesse e atendendo à demanda de mercado. Com o uso de métodos matemáticos e estatísticos, seleção gênica e experimentos laboratoriais, foi possível avançar ainda mais nesse processo.

No Brasil, o governo incentivou o desenvolvimento de centros de pesquisa voltados para o melhoramento genético, principalmente no que se refere às características de interesse zootécnicas e ao aumento da produção pecuária. Esse investimento foi fundamental para que o país se tornasse uma grande potência agropecuária e exercesse, até hoje, um papel importante na distribuição de alimentos para todo o mundo.

Referências

BBC. **História:** Robert Bakewell. 2014 Disponível em:

https://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/bakewell_robert.shtml. Acesso em: 28 out. 2022.

CARNEIRO JÚNIOR, J. M. Melhoramento genético animal. In:

GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. de (ed.). **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. cap. 11, p. 197-208. Disponível em:

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LivroEmbrapa.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

CARREÑO, A. S. **Breve revisión sobre la evolución del mejoramiento genético animal**. Arauca: Universidad Cooperativa de Colombia, 2012. 2 p.

Disponível em: <https://www.produccion->

[animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/genetica_en_general/27-](https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/genetica_en_general/27-)

[EVOLUCION_MEJORAMIENTO.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/genetica_en_general/27-EVOLUCION_MEJORAMIENTO.pdf). Acesso em: 27 out. 2022.

DOMESTICAÇÃO. *In*: MICHAELIS dicionário brasileiro da língua portuguesa. 2020. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/creditos/>.

Acesso em: 26 out. 2022.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância.** Campo Grande: Embrapa, Gado de corte 1999. 65 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/323391/melhoramento-genetico-animal-no-brasil-fundamentos-historia-e-importancia>. Acesso em: 10 set. 2022.

FACULDADE DE GESTÃO E INOVAÇÃO. **Conheça a História da Pecuária e o que ela representa no Brasil.** Disponível em: <https://www.faculadefgi.com.br/post/conheca-a-historia-da-pecuaria-e-o-que-ela-representa-no-brasil>. Acesso em: 26 out. 2022.

FRANCO, M. M. Epigenética no melhoramento genético e reprodução animal. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Calgary, v. 25, n. 1-2, p. 75-80, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169751/1/2571-7501-1-PB.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

GOMES, L. L. et al. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Diálogos Acadêmicos**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 54-59, 2021. Disponível em:

<http://revista.fametro.com.br/index.php/RDA/article/view/283#:~:text=Com%20base%20nisso%2C%20a%20evolu%C3%A7%C3%A3o,essa%20raz%C3%A3o%20n%C3%A3o%20para%20de>. Acesso em: 29 out. 2022.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à genética.** 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 738 p.

GRINGO, Matheus. Análise sobre a produção de carnes no Brasil. 2020. **Instituto Tricontinental de Pesquisa Social.** Disponível em: <https://thetricontinental.org/pt-pt/brasil/analise-sobre-a-producao-de-carnes-no-brasil/>. Acesso em: 07 nov. 2022.

LARSON, G.; FULLER, D. Q. The evolution of animal domestication. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, [s.l.], v. 45, p. 115-136, 2014. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813>. Acesso em: 28 out. 2022.

LÔBO, R. B. et al. Progresso científico em melhoramento animal no Brasil na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 223-235, jul. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/pnZcnPfJGnWDQRVCXHRTVqx/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2022.

MALAGÓ-JR, W.; SOMAVILLA, A. L.; REGITANO, L. C. A. Biotecnologia animal: avanços de metodologias na área. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE METODOLOGIAS E GESTÃO DE LABORATÓRIOS DA EMBRAPA, 17., 2012, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste; Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharias de Alimentos, 2012. p. 102-117

MARTINS, A. et al. A história do melhoramento animal. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces, Vila Real, v. 20, p. 106-114, dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/44799>. Acesso em: 27 out. 2022.

MOREIRA, Leandro Marcio et al. **Ciências genômicas: fundamentos e aplicações**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2015. 403 p. Disponível em: https://www.academia.edu/40709541/CIENCIAS_GENOMICAS_FUNDAMENOS_E_APLICACOES_1_EDICAO_LEANDRO_MARCIO_120191023_26494_uu882q. Acesso em: 07 nov. 2022.

NOGUEIRA, E. et al. Biotécnicas reprodutivas para aceleração do melhoramento genético. *In*: ROSA, A. N. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 210-227. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94050/1/Melhoramento-Genetico-16.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

OLIVEIRA, M. A. As roças brasileiras, do período colonial à atualidade: caracterização histórica e formal de uma categoria tipológica. **Varia História**, Belo Horizonte, v. 28, n. 48, p. p. 755-780, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vh/a/s3ksbWphSKVPrqRgSLvXJww/?lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2022.

PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 26. ed. São Paulo: Brasiliense, 2012. 365 p. Disponível em: <http://www.afoiceemartelo.com.br/posfsa/autores/Prado%20Jr,%20Caio/Historia%20Economica%20do%20Brasil.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

ROSA, A. N. et al. **Proposta de mudança no regulamento do registro genealógico das raças zebuínas**. Campo Grande: Embrapa, 1997. 20 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/320362/proposta-de-mudancas-no-regulamento-do-registro-genealogico-das-racas-zebuinas>. Acesso em: 27 out. 2022.

ROSA, A. N. et al. Recursos genéticos e estratégias de melhoramento. *In*: ROSA, A. N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**. Brasília: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 11-12. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127707/1/Melhoramento-Genetico-livro-completo.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

SALGADO-NETO, G.; SALGADO, A. Sir Francis Galton e os extremos superiores da curva normal. **Revista de Ciências Humanas**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 233-239, abr. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262725840_Sir_Francis_Galton_e_os_extremos_superiores_da_curva_normal. Acesso em: 27 out. 2022.

SIMM, G. et al. **Genetic improvement of farmed animals**. London: Cabi, 2020. 1067 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-IMMEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=genetic+improvement+of+farmed+anima>

ls&ots=9PWs7Ct4FO&sig=uuUE-XZf1fKnNu9FQwLXKbrT3C8. Acesso em: 11 set. 2022.

SOUZA, I. R. et al. **Genética evolutiva**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. 231 p. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Gen%C3%A9tica-Evolutiva.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, [s.l.], v. 2, n. 4, 1967. DOI: 10.18055/Finis 2524. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/2524>. Acesso em: 29 out. 2022.

VENTURIERI, G. A.; ROSA, V. L. **Genética clássica**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. 116 p. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Gen%C3%A9tica-Cl%C3%A1ssica.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

Uso do leite de cabra no aleitamento artificial de filhotes de *Tapirus terrestris* e *Myrmecophaga tridactyla*

*Use of goat's milk in the artificial suckling of *Tapirus terrestris* and *Myrmecophaga tridactyla**

Jennifer Machado de Souza, Ana Maria Centola Vidal

1. Introdução

De acordo com o ICMBio (2018), as espécies *Tapirus terrestris* (Anta) e *Myrmecophaga tridactyla* (Tamanduá-bandeira) são consideradas mamíferos de grande porte em vulnerabilidade de extinção, devido ao declínio populacional que vem acontecendo ao longo dos anos, o qual está relacionado a atropelamentos, caça e menor extensão e qualidade de seu *habitat*, principalmente nas regiões dos biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Segundo a Instrução normativa IBAMA nº 7, de 30/04/2015 (BRASIL, 2015), parques zoológicos, centros de triagem de fauna silvestre e centros de reabilitação de fauna nativa, são empreendimentos autorizados a manejar fauna, o que inclui receber, identificar, marcar, triar, avaliar e reabilitar os animais que são advindos de atropelamentos, órfãos, animais de cativeiro ilegal e de entregas realizadas pela população ou por órgãos de fiscalização. O que torna estas instituições responsáveis por assegurar dieta de acordo com seu hábito alimentar durante o período em que estarão *ex situ*.

Em decorrência ao resgate de fauna ou morte inesperada das mães, diversas instituições fazem o uso de fórmulas, tendo como base o leite de ruminantes como o de cabra ou do próprio leite em si nos primeiros dias de vida do neonato (AZAB, 2018; QUSE, 2014).

Para os mamíferos, o consumo do leite materno é um ponto crítico do desenvolvimento, pois ele é responsável por promover o crescimento e a sobrevivência aos neonatos. Sua composição varia de acordo com a espécie e fase da lactação. Entender suas características contribui para a conservação das

espécies e auxilia no desenvolvimento de formulações que atendam melhor às exigências dos animais (SKIBEL et al., 2013).

As características do leite de cabra têm sido aproveitadas em algumas espécies devido a sua composição e capacidade nutracêutica. Wickes (1953) relatou que há séculos o leite de cabra era utilizado em alternativa ao aleitamento materno para seres humanos recém-nascidos por serem animais de fácil manejo, hoje este uso continua sendo viável por apresentar, em comparação ao leite de vaca, maior conteúdo de ácidos graxos de cadeia curta, glóbulos de ácidos graxos de menor tamanho, o que facilita a ação das enzimas participantes do processo de digestão, além de apresentar mais proteínas séricas e menores valores de α_1 -caseína, o que lhe confere melhor digestibilidade e menor incidência de alergia quando utilizado em outras espécies (CRUZ et al., 2016).

Os profissionais relacionados à nutrição e manejo dos mamíferos órfãos acolhidos, devem buscar fontes de alimentação adequadas, levando em consideração a que mais se aproxime ao leite materno, de forma a suprir as necessidades alimentares e imunológicas desse filhote, já que falhas no manejo constantemente levam ao falecimento deste animal (MIRANDA, 2012).

Esta revisão tem como objetivo comparar as características do leite materno das espécies *Tapirus terrestris* e *Myrmecophaga tridactyla* ao leite de cabra, pois esta é a principal fonte utilizada para o aleitamento artificial em zoológicos e centros de reabilitação.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Scielo, Elsevier e Google acadêmico, utilizando as palavras-chave: características do leite de cabra, aleitamento artificial, manejo de animais silvestres, dieta para animais em cativeiro, criação a mão de animais. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e maio de 2022 foram utilizados.

2.1 As espécies *Myrmecophaga tridactyla* e *Tapirus terrestris*

2.1.1 Aspectos gerais do *Myrmecophaga tridactyla* (Tamanduá-bandeira)

O Tamanduá-bandeira pertence à superordem Xenarthra, ordem Pilosa que é dividida em quatro famílias: Myrmecophagidae, Bradypodidae, Megalonychidae e Dasypodidae. A família Myrmecophagidae, a qual o Tamanduá-bandeira pertence, é caracterizada por animais de conformação compacta, com focinho grande e de formato cônico, língua comprida e viscosa e ausência de dentes, que refletem seu hábito alimentar insetívoro baseado no consumo de formigas. As orelhas são pequenas, olhos pequenos e escuros. Seus membros anteriores são fortes e apresentam garras. O olfato é mais aguçado que a visão (CUBAS, 2014). Fêmea e macho apresentam média de massa corporal de 32 a 45 kg. O hábito de vida predominante é noturno/crepuscular e solitário, exceto em época de amamentação ou reprodução, em que casais podem ser observados. Os animais dessa ordem apresentam baixa taxa metabólica (CUBAS, 2007).

Os animais desta espécie são grandes e apresentam faixa preta em diagonal com bordas brancas no corpo. Os membros anteriores apresentam quatro dedos com garras, já os posteriores cinco dedos com unhas mais curtas. Atualmente, a população pode estar fragmentada entre áreas do Cerrado e Mata Atlântica e consegue ser encontrada em todos os biomas brasileiros. Ademais, espécimes podem ser encontradas em outros países da América do Sul, como Paraguai e Argentina (EISENBERG, 1999).

Segundo ICMBio (2018), o Tamanduá-bandeira é considerado espécie em vulnerabilidade de extinção, inferiu-se que a população teve uma perda de 30% nos últimos 26 anos, justificada pelo avanço do arco do desmatamento, incêndios, agropecuária, envenenamento indireto devido a aplicação de inseticidas para formigas. O que incentiva o desenvolvimento de estratégias para conservação.

Shaw (1980) relatou em sua pesquisa realizada no Pantanal que a dieta desses animais em vida livre é baseada no consumo de formigas e insetos, na proporção de 81% e 19%, respectivamente. Sua alimentação consiste em curtos períodos com várias alimentações ao dia.

Sua gestação dura em média 130 dias e geram um filhote ao ano que é carregado no dorso nos primeiros meses de vida. Os filhotes são amamentados em média até os 7 meses e seu desenvolvimento completo se dá a partir dos dois anos de idade, embora os cuidados maternos cessem a partir do primeiro ano do animal (HAY et al., 1994).

2.1.2 Aspectos gerais do *Tapirus terrestris* (Anta)

A anta é um animal pertencente à família Tapiridae e ordem Perissodactyla que abrange quatro outras espécies do gênero *Tapirus* (*T. terrestris*, *T. bairdii*, *T. pinchaque* e *T. indicus*). A *T. terrestris*, é encontrada em países da América do Sul como Brasil, Equador e Bolívia (CUBAS, 2007). Segundo o ICMBio (2018), é considerada em vulnerabilidade de extinção e algumas ameaças indicadas para a espécie são a caça, desmatamento e alteração do *habitat*, pecuária e fogo. O estado de conservação da anta é satisfatório apenas na região da Amazônia.

É um mamífero neotropical de grande porte com peso de 150 a 300 kg. Os músculos cervicais e caixa craniana são bem desenvolvidos. A musculatura nasal forma uma espécie de tromba que é constituída de tecido conectivo e muscular que tem capacidade tátil e auxilia na coleta dos alimentos. Seus membros locomotores são curtos em relação ao corpo. A pelagem apresentada é curta e pouco densa (MEDICI, 2001).

A fisiologia das antas é semelhante à dos equinos e rinocerontes. O trato gastrointestinal é constituído por um estômago pequeno, ceco e cólon bem desenvolvidos sem vesícula biliar. Embora ocorra semelhança aos equinos domésticos e que supostamente sejam capazes de digerir alimentos com maiores teores de fibra, sua dieta em vida livre difere desses animais. São seletivas e consomem em média 33% de frutos e 66% de folhas e fibras que abrangem gramíneas rasteiras, bromélias e plantas aquáticas (BODMER, 1990).

A gestação dura em média 390 dias e nasce geralmente um filhote com aproximadamente 5kg. No primeiro mês o filhote é alimentado de 5 a 10 vezes

por dia durante 10 minutos. Normalmente a idade reprodutiva é alcançada aos 2 anos de idade (CUBAS, 2014).

2.2 Nutrição das espécies sob cuidados humanos

O manejo de neonatos criados à mão sucede a morte da mãe ou negligência materna. Trata-se de uma situação que exige mão-de-obra especializada e que deve atender às demandas do animal de maneira semelhante àquela em criação natural. Essa prática deve incluir a provisão de manejo sanitário, atenção às excretas, saúde geral e dieta adequada (MOHAPATRA et al., 2019).

Embora a maior parte dos estudos envolvendo espécies silvestres, estejam relacionados à nutrição, práticas como a extrapolação de informações utilizadas para os animais domésticos de anatomia semelhantes são realizadas nas instituições. O que aumenta a dificuldade em atender suas demandas específicas e o risco de insucesso na manutenção desses animais (RATCLIFFE, 1996; LEWIS, 2005).

Sucedâneos ou fórmulas substitutas ao leite, são amplamente utilizadas no Brasil para adequar a alimentação dos filhotes às suas exigências nutricionais, já que os produtos indicados na literatura internacional são de difícil aquisição. O uso deste como parte do manejo alimentar é conduzido de maneira a evitar a morte dos animais (COSTA, 2007).

As dietas artificiais têm como objetivo proporcionar ganho de peso ideal para a fase inicial sem que os animais apresentem distúrbios intestinais e respiratórios. A formulação deve ser baseada na quantidade de nutrientes presentes na matéria seca do leite (proteína, carboidrato, gordura, minerais e vitaminas). Embora os sucedâneos sejam utilizados para oferecer melhores condições de desenvolvimento e manutenção da vida ao neonato, sua composição ou administração inadequada podem acarretar problemas. Sucedâneos muito calóricos podem acarretar obesidade, diarreia osmótica e desidratação (COSTA, 2007).

Por muito tempo, houve ressalvas em relação à lactose para órfãos selvagens, hoje se sabe que o leite de alguns animais apresenta níveis de lactose e

proteína próximos ou inferiores aos sucedâneos à base de leite de cabra ou vaca, necessitando de atenção ao animal alimentado artificialmente (MEDICI, 2001) (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição do leite de algumas espécies de mamíferos

Composição	Lipídeos (%)	Sólidos não gordurosos (%)	Lactose (%)	Proteína (%)	Caseína (%)	kJ/l
Cabra (<i>Capra hircus</i>)	4,09	8,9	4,2	3,71	2,4	2802 - 2894
Vaca (<i>Bos taurus</i>)	4,4	9	4,9	3,8	2,6	2709 - 2843
Equino	0,3 - 4,2	-	5,6 - 7,2	1,4 - 3,2	1,1	1936 - 2050
Anta (<i>T. terrestris</i>)	2,47 - 5,75	-	3,95	6,34 - 7,37	3,72 - 3,93	925 - 809
Tatu (<i>Dasyops novemcinctus</i>)	3,6 - 7,6	-	-	8 - 11	-	912 - 1439
Tamanduá	1,0 - 1,5	-	-	5,6 - 6,6	-	-

Fonte: Adaptado dos valores máximos e mínimos encontrados por: Nieuwenhove et al. (2014); Power (2018); Malarne et al. (2002); Park (2007); Kitts (1956).

O que se sabe hoje é que níveis mais elevados de gordura ou fontes de baixa digestibilidade, acarretam diarreia e são menos palatáveis aos filhotes. Em algumas espécies, embora a formulação estivesse correta, sucedâneos à base de leite bovino acarretaram distúrbios intestinais, devido à baixa digestibilidade e conformação dos glóbulos de gordura. O que pode ser adequado com a substituição pelo leite de cabra (COSTA, 2007).

Sahi (1994), relatou que a hipolactasia primária é observada na maioria das espécies de mamíferos após o desmame e que pode ser resultante da diminuição da enzima lactase no intestino delgado, esse quadro é considerado irreversível em animais adultos. Por outro lado, a hipolactasia secundária é transitória e provocada por reação a doenças causadoras de dano na borda da mucosa do intestino delgado como giardíase e doença celíaca. Ambos os casos provocam sintomas de intolerância à lactose que variam a depender da quantidade ingerida de lactose. Neste sentido, a remoção, parcial ou completa, da lactose torna os indivíduos aptos ao consumo dos produtos lácteos.

Ullrey (1986) observou que o uso do leite de vaca como sucedâneo para alguns marsupiais órfãos induzia a hipolactasia pela diferença que há com o leite materno. Em algumas instituições, utiliza-se realizar a diluição do leite com a água para adequar o teor de lactose e as exigências para os outros nutrientes são atendidas através das formulações (TAYTON; HONS, 1979).

No Brasil, a problemática de garantir o bem-estar e nutrição adequados para as espécies está atrelada aos valores orçamentários oferecidos pelo governo às instituições de caráter público, como zoológicos e centros de reabilitação. Limitações de recursos podem afetar a formulação das dietas (PIZZUTO, 2020). O leite de cabra, *in natura* ou em pó, é uma alternativa para alimentação artificial, principalmente na região nordeste do país, que segundo o IBGE (2021), detém a maior parte do rebanho brasileiro.

A composição bruta, valor energético e ácidos graxos foram determinados por Nieuwenhove et al. (2014) no leite de *Tapirus terrestris* em diferentes períodos de lactação. Os autores observaram que, os níveis de caseína foram mais baixos do que em ruminantes e próximos ao de equino, que o perfil de ácidos graxos foi semelhante ao de outras espécies não ruminantes como cavalos e rinocerontes e que, os maiores teores de proteína foram encontrados para os primeiros dias da lactação.

Até o presente momento poucos estudos foram realizados avaliando as características do leite de animais pertencentes à superordem Xenarthra. Urashima et al. (2008), relataram que a lactose é o sacarídeo predominante no leite do Tamanduá-bandeira e que uma menor parte é composta por oligossacarídeos, assim como na maioria dos eutérios. Portanto, o estudo supõe que o filhote utilize a lactose como principal fonte de energia e que ocorra a presença de lactase ativa em seu intestino delgado, tornando possível a digestão desse dissacarídeo.

Para humanos, de acordo com Sela e Mills (2010) e Gonia et al. (2015), acredita-se que oligossacarídeos auxiliem no desenvolvimento da microbiota neonatal, desenvolvendo papel antibiótico e prebiótico.

Um trabalho realizado por Power et al. (2018), objetivou analisar a composição nutricional do leite do Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*) em diferentes fases da lactação e em seguida compará-lo com diferentes espécies. Segundo os autores, a energia fornecida por fonte de carboidrato é restrita e a proteína seria a fração mais metabolicamente energética para os filhotes. Os açúcares contribuem ainda menos que os anteriores. A contribuição estimada para a energia bruta proveniente dos carboidratos do leite de tatu varia de 7 a 14%. Há ressalvas nesse valor, pois os oligossacarídeos, considerados resistentes à digestão, não foram considerados na análise e por isso a contribuição energética pode ser menor.

Tendo como base a energia bruta, a distribuição calórica do leite para o Tamanduá-bandeira é de 61%, 23% e 16%, para proteína bruta, açúcar e gordura (POWER, 2016). O que corrobora com o estudo realizado para o leite de Tatu-galinha e supondo-se que, esse perfil de aproveitamento energético da proteína seja uma característica ancestral em comum da superordem.

Por ser um produto acessível, de fácil aquisição e por suas características atreladas, o uso do leite de cabra vem sendo indicado nas instituições (FREITAS, 2018).

2.3 O leite de cabra nas dietas artificiais

O leite de todas as espécies de mamíferos tem por composição básica água, proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e minerais, mas sua composição varia amplamente por diversos fatores. Os teores divergem consideravelmente entre ruminantes e não ruminantes. Geralmente, o leite de ruminante apresenta menor teor de lactose e maior para proteína, principalmente caseína, gordura e vitamina, exceto vitamina C, em comparação com o leite equino e asinino (CLAEYS et al., 2014).

As proteínas do leite podem ser resumidas em albuminas, caseínas e outras moléculas biologicamente ativas. Caseínas podem ser classificadas como α (alfa) (s1, s2 ou s3), β (beta) e κ (kappa), dispostas na forma de micelas. Nelas estão contidas uma fração de aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina),

colaboradoras no crescimento dos filhotes juntamente às proteínas do soro do leite (HOLT et al., 2013).

As caseínas presentes no leite bovino são em prevalência a α -caseína, as quais estão presentes no leite caprino, mas em menor quantidade, ainda assim, muitas vezes, neste, a relação para α ₂-caseína é maior do que para α ₁-caseína. Para cabras, as maiores proporções são de κ -caseína e β -caseína. Os teores para o leite de cabra são de 16 a 26 g/L, 3% a 13%, 0,07 a 0,19 g/L e de 0,45 a 1,0 g/L para caseína, nitrogênio não protéico, cálcio ionizado e fósforo inorgânico, respectivamente (REMEUF; LENOIR, 1896; MORA et al., 1991).

Bahna (2002) diferenciou os conceitos alergia ou hipersensibilidade e intolerância ao leite. O processo alérgico, diferente da intolerância, está relacionado ao sistema imunológico e refere-se às respostas do organismo mediadas por IgE ao consumo de alguns alimentos. Na hipersensibilidade relacionada ao leite, os componentes mais citados são as frações das proteínas do leite, como caseína, β -lactoglobulina (β -lg) e α -lactoalbumina (α -la). Coincidindo com esta pesquisa, Chatchatee et al. (2011) observaram que a fração de α ₁-caseína é a mais abundante no leite de vaca, 34% das proteínas do leite, a qual é também considerada potencialmente mais alergênica.

Drunkler et al. (2010) citaram como possível substituto o leite de cabra para os casos de alergia ao leite de vaca, por apresentar algumas variáveis genéticas com menores concentrações de α ₁-caseína, sendo assim, seria um produto mais hipoalergênico.

Segundo Urashima et al. (2012), os principais carboidratos presentes no leite dos mamíferos placentários são a lactose e os oligossacarídeos, compostos basicamente por galactose, glicose, frutose e, em menor parte ácido salicílico e N-acetilglucosamina. Em muitas espécies, a lactose auxilia na absorção intestinal de cálcio, magnésio e fósforo e na utilização de vitamina D. O leite de cabra apresenta de 0,2-0,5% menos lactose que o leite de vaca (PARK, 2007).

No leite, os lipídeos estão predominantemente na forma de glóbulos e especificamente em tamanhos inferiores a 3,5 μ m no leite de cabra e ovelha, contrariamente ao leite de vaca, em que tamanhos superiores foram encontrados

(PARK, 2007). Além disso, os ácidos graxos de cadeias carbônicas de pequenas à médias (C4:0 à C12:0) são mais significantes no leite de cabra do que no de vaca. Estas características favorecem um metabolismo lipídico eficiente para o leite de cabra (MEENA, 2014).

Provavelmente devido à sua boa digestibilidade, capacidade nutracêutica e acessibilidade, o uso do leite de cabra tem sido recomendado e citado por vários autores como sucedâneo ao leite materno (WICKES, 1953; COSTA, 2007; MIRANDA, 2012; FREITAS, 2018).

Freitas et al. (2018) e Costa e Silveira (2013), relataram o uso do leite de cabra na alimentação artificial da espécie *Myrmecophaga tridactyla*, o qual foi acrescido de Pet Milk, vitamina K e cálcio no primeiro caso. Em um segundo caso, o leite compôs uma papa contendo ovos, ração para gatos, couve e aminoácidos que era oferecida junto à coalhada. O uso da ração para gatos foi justificado pela possível predisposição dos animais a sofrerem deficiência de taurina.

Miranda (2012), também sugeriu o uso do leite de cabra em pó nas primeiras seis semanas de vida do Tamanduá junto à suplementação de vitamina K diariamente.

Para a espécie *Tapirus* spp., foram indicados sucedâneos à base do leite de cabra, entretanto, por se tratar de um animal da ordem Perissodactyla, com caracteres fisiológicos muito semelhantes aos animais das famílias Equidae e Hippopotamidae, justifica-se a extrapolação dos cuidados em cativeiro utilizados para estes animais (COSTA, 2007).

Para outras espécies o uso do leite de cabra também é considerado viável. Duarte (2010) relatou o uso do leite de cabra para a dieta de cervídeos dos gêneros *Blastocerus* e *Mazama* suplementado com ração para felinos domésticos, de forma que a formulação se equiparasse ao leite materno devido a composição ser mais semelhante ao leite ovino.

3. Considerações Finais

Com base nos objetivos estabelecidos para esta revisão, pode-se concluir que o leite de cabra é uma alternativa viável por ter características semelhantes ao leite de anta e tamanduá-bandeira e ser adaptável às necessidades de filhotes. Além disso, é importante ressaltar a relevância da publicação de estudos por profissionais responsáveis pelo manejo de animais selvagens, a fim de contribuir para o conhecimento de seus hábitos e necessidades específicas. Isso evita generalizações com base no conhecimento de animais domésticos e melhora a precisão no manejo desses animais. Em suma, esta revisão destaca a importância de pesquisas cuidadosas e precisas para garantir o bem-estar dos animais selvagens e promover sua conservação.

Referências

- BAHNA, S. Cow's milk allergy versus cow milk intolerance. **Annals of Allergy**, Bethesda, v. 89, p. 56-60, dez. 2002.
- BODMER, R. E. Fruit patch size and frugivory in the lowland tapir (*Tapirus terrestris*). **Journal of Zoology**, Londres, v. 222, p. 121-128, set. 1990.
- BRASIL. Instrução normativa IBAMA nº 7, de 30 de abril de 2015. Dispõe da instituição e normatização das categorias de uso e manejo de fauna silvestre em cativeiro, e define, no âmbito do IBAMA, os procedimentos autorizados para as categorias estabelecidas. **Diário Oficial da União**: seção 1. p. 2, 30 abr. 2015.
- BRAZ, G. et al. Sucedâneo nas fases inicial e de crescimento para tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*). **Especial do 3º Workshop de Nutrição de Animais Selvagens da AZAB**, Paraná, v. 23, n.3, p. 69-73, 2018.
- CHATCHATEE, M. et al. Identification of IgE- and IgG-binding epitopes on α 1-casein: Differences in patients with persistent and transient cow's milk allergy. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, Nova Iorque, v. 107, c. 2, p. 379-383, fev. 2001.

CLAEYS et al. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. **Food Control**, v. 42, p. 188-201, ago. 2014.

COSTA, M. E. L. Neonatologia de mamíferos. *In*: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C.; CATÃO, J. L. **Tratado de Animais Selvagens - medicina veterinária**. São Paulo: Roca, 2007.

CRUZ, A. G.; ZACARCHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C.H. *In*: CRUZ, A. G.; ZACARCHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C.H. **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 282.

CUBAS, S. Z.; SILVA, J. C.; CATÃO-DIAS, J. L. *In*: CUBAS, S. Z.; SILVA, J. C.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens - medicina veterinária**: São Paulo: Roca, 1 out. 2014.

DRUNKLER, D.; FARINA, O.; KASKANTZIS, G. Alergia ao leite de vaca e possíveis substitutos dietéticos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Minas Gerais, v. 65, n. 374, p. 3-16, 2010.

DUARTE, J. M. B.; GONZÁLEZ, S. Captive management. *In*: DUARTE, J. M. B.; GONZÁLEZ, S. **Neotropical cervidology: biology and medicine of Latin American deer**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, IUCN, 2010. cap. 27, p. 240-247.

EISENBERG, J.F.; REDFORD, K.H. Mammals of the Neotropics: The Central Neotropics. Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. **The University of Chicago Press**, Chicago, v. 3, p.610, 1999.

FREITAS, G. Descrevendo o crescimento de um filhote de Tamanduá-Bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) (LINNAEUS, 1758). **Archives of Veterinary Sciences**, v. 23, n. 3, p. 42-45, 2018. 3º Workshop de Nutrição de Animais Selvagens da AZAB, Paraná, 1 jan. 2018.

GONIA, et al. Human milk oligosaccharides inhibit *Candida albicans* invasion of human premature intestinal epithelial cells. **The Journal of Nutrition**, Houston, v. 145, n. 9, p. 1992-1998, jul. 2015.

HOLT, C.; CARVER, J.; ECROYD, H.; THORN, D. Caseins and the casein micelle: Their biological functions, structures, and behavior in foods. **Journal of Dairy Science**, Nebraska, v. 96, p. 6127-6146, 16 out. 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2021**. Tamanho do rebanho de caprinos (bodes e cabras). Brasil: IBGE, 2021.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: mamíferos**, Brasília, 2018. v. 2, p. 40-59.

KITTS, W. D. et al. The immediate post-natal growth in the Columbian black-tailed deer in relation to the composition of the milk of the doe. **Journal of Wildlife Management**, v. 20, p. 212-214, abr. 1956.

LEWIS, A. Animal nutrition activities at the National Academies. **National Research Council. Proceedings of the Nutrition Advisory Group**, Washington, p. 57-58, 2005.

MALACARNE, M.; MARTUZZI, F.; SUMMER, A.; MARIANI, P. Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. **International Dairy Journal**, p. 869-877, dez. 2002.

MEDICI, E.; MORELI, F. Ordem Perissodactyla: conhecimento atual sobre a Anta brasileira, com ênfase no bioma Pantanal. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, Belém, v. 17, 3 jun. 2022.

MEDICI, P. E. Order Perissodactyla, Family Tapiridae (Tapirs). *In*: FOWLER, M. E.; CUBAS, Z. S. (ed.). **Biology, medicine, and surgery of south american wild animals**. Iowa State University Press: Wiley–Blackwell, Iowa, 2001, cap. 32. p. 363-367.

MEENA, S. Comparative fat digestibility of goat, camel, cow and buffalo milk. **International Dairy Journal**, v. 35, p. 153-156, abr. 2014.

MERI, I.; MIRANDA, G.; YOSHI, A. Morford and meyers Giant Anteater (*Mymecophaga tridactyla*) health care survey. **Edentata**, Switzerland, n. 5, p. 29-34, Suíça, 2003.

MIRANDA, F. **Manutenção de tamanduás em cativeiro**. 1 ed. São Carlos: Cubo, 2012.

MOHAPATRA, R.; SAHU, S.; DAS, J.; PAUL, S. **Hand rearing of wild mammals in captivity**: Odisha: Nandankanan Biological Park, Forest and Environment Department, Government of Odisha, Índia, p. 1-80, 2019.

MORA, A.; KUMOSINSKI, T.; FARELL, H. Quantification of α s1-casein in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds using reverse-phase high performance liquid chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3303, out. 1991.

NIEUWENHOVE, C.; PÉREZ, M.; HERNÁNDEZ, M.; PIZARRO, L. Characterization of gross composition, energy value, and fatty acid profile of milk from lowland tapir (*Tapirus terrestris*) during different lactation periods. **Canadian Journal of Zoology**, Canadá, vol. 92, p. 803- 809, 8 ago. 2014.

PARK, Y.; JUARÉZ, M.; RAMOS, M. Haenlein Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Holanda 68, p. 88-113, mar. 2007.

PARK, Y.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Holanda, v. 68, p. 88-113, mar. 2007.

POWER, L.; WATTS, S.; MURTOUGH, L.; KNIGHT, M. Macronutrient composition of milk of captive nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*), **Journal of Mammalogy**, v. 99, c. 2, pág 498–504, 3 abr. 2018.

REMEUF, F.; LENOIR, J. Relationship between the physico-chemical characteristics of goat's milk and its rennetability. **Bulletin-Fédération Internationale de Laiterie**, v. 202, p. 68, 1986.

SAHI, T. Hypolactasia and lactase persistence. Historical review and the terminology. **Scand Journal of Gastroenterology**, v. 29, p. 1-6, 1994.

SELA, A.; MILLS, A. Nursing our microbiota: molecular linkages between bifidobacteria and milk oligosaccharides. **Trends in microbiology**, v. 18, n. 7, p. 298-307, jul. 2010.

SHAW, J. H.; CARTER, T. S. Giant anteaters – Getting too close to this toothless creature could result in a fatal embrace. **Natural History**, v. 89, p. 62-67, 1980.

SKIBEL, L.; DOWNING M.; ORR, J.; HOOD R. The evolution of the nutrient composition of mammalian milks. **Journal of Animal Ecology**, vol. 82, n. 6, p. 1254-1264, 29 jul. 2013.

TAYNTON, B.; HONS, B. Handrearing Pigmy Hedgehog Tenrec *Echinops telfairi* at the Jersey Wildlife Preservation Trust. **Durrel Wildlife Conservation Trust**, Jersey, v. 16, p. 64-69, 1979.

URASHIMA, T. et al. Structural determination of the oligosaccharides in the milk of a giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). **Animal Science Journal**, v. 79, n. 6, pág. 699-709, 31 out. 2008.

URASHIMA, T.; NAKAMURA, T.; MESSER, M. Oligosaccharides of milk and colostrum in non-human mammals. **Glycoconjugate Journal**, vol. 18, p. 357-371, mai. 2001.

WALLACH, J. D. Nutritional diseases of exotic animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, vol. 157, p. 583-599, 1970.

WICKES, I. G. A history of infant feeding. **BMJ Journals**, v. 28, p. 416-422, ago. 1953.

PIZZUTO, C. Zoológicos e Aquários. *In*: HARTUNG, J.; COSTA, P.; PEREZ, C. (ed.). **O bem-estar animal no Brasil e na Alemanha: Responsabilidade e Sensibilidade**. São Paulo: GRAFTEC, 2021, p. 138-143.

POWER, M. L.; SCHULKIN, J. **Milk: the biology of lactation**. Maryland: Johns Hopkins Press, 18 out. 2016.

Utilização da contagem de células somáticas como indicador da qualidade do leite de búfalas

Usage of somatic cell count as an indicator of milk quality in buffaloes

Laura Torres de Araújo, Ana Maria Centola Vidal

1 Introdução

O leite de búfala é matéria prima importante para a produção de derivados lácteos, como o queijo muçarela, que tem ganhado destaque no mercado mundial. Porém, para que o leite possa ser aproveitado em seu total potencial e com segurança, padrões de qualidade e sanidade devem ser seguidos de maneira a oferecer ao consumidor e aos animais as melhores condições possíveis de produção.

Até o presente momento existe número restrito de legislações estabelecendo padrões de identidade, qualidade e sanidade para o leite de búfala, sendo que a contagem de células somáticas (CCS) é um importante indicador de qualidade do leite.

A CCS demonstra a quantidade de células somáticas no leite, incluindo células de defesa e células epiteliais (descamação) do tecido mamário. Altos níveis de CCS podem indicar infecções mamárias, inflamações e outros problemas de saúde nas búfalas, afetando a qualidade do leite e a produção de derivados.

O objetivo desta revisão de literatura é analisar a utilização do padrão de CCS como indicador de qualidade do leite e da saúde da glândula mamária de búfalas, comparando com o padrão atualmente utilizado e discutindo a importância desse índice na produção e na saúde animal de maneira a definir valores ou estratégias que permitam que o leite de búfala seja valorizado e seguro para o consumo, bem como a legislação aplicada especificamente à atividade de produção leiteira de búfalos no Brasil.

2 Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico, ScienceDirect, Research Gate e Scielo, utilizando as palavras-chave: Búfala, CCS, células somáticas, legislação, “Milk quality”, Mastite, qualidade do leite, “SCC”. Apenas artigos e livros publicados entre 2011 e maio de 2023 foram utilizados.

2.1 Legislação

No que tange a legislação acerca da qualidade e sanidade do leite, a Instrução Normativa (IN) nº 62, de 29 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011) que versava apenas sobre o leite de vaca, sendo aplicado ao leite de búfala por analogia. Essa Instrução Normativa estabelecia como meta, valores iguais de Contagem Bacteriana Total (CBT) e Contagem de Células Somáticas (CCS), porém essas metas não foram alcançadas e a IN nº 7, de 03 de Maio de 2016, apresentou novos valores para CBT e CCS (Tabela 1). Em 2017, houve a publicação do Decreto 9.013 de 29 de março de 2017, dispondo sobre as diretrizes da inspeção industrial e sanitária nos produtos de origem animal. Adicionalmente, as Instruções Normativas nº 76 e 77 de 26 de novembro de 2018 (BRASIL, 2017, 2018a, 2018b) apresentaram o regulamento técnico de identidade e característica de qualidade do leite cru refrigerado, pasteurizado e pasteurizado tipo A, bem como os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial, respectivamente.

A IN nº 76/2018 (BRASIL, 2018a), diferentemente da IN nº62/2011 (BRASIL, 2011) original e de suas emendas posteriores, estabelece padrões diferentes para contagem bacteriana total (CBT) e contagem de células somáticas (CCS), com valores mais baixos (Tabela 1), demonstrando um avanço em direção a um produto de maior qualidade; porém, essa continua sendo uma normativa não específica que versa sobre leite de maneira geral sem levar em conta as especificidades de cada espécie leiteira, mantendo como padrão o leite de bovinos. Essas legislações supramencionadas são de âmbito nacional, deixando em *vacatio*

legis produtores e laticínios bubalinos de quase todo o país, que, sem ter uma legislação que determine padrões para o leite de búfala, utilizam esses critérios como parâmetros de sanidade e qualidade do leite.

Tabela 1 - Comparativo de valores de referência para CBT e CCS nas legislações brasileiras.

Padrão/Legislação	SAA -	IN		IN	IN
	03/2008	nº62/2011	nº7/2016	nº76/2018	
	2008	2012	2014	2016	2018
Contagem Bacteriana	500 x 10 ³	600 x 10 ³	300 x 10 ³	300 x 10 ³	300 x 10 ³
Total (CBT) - Leite Cru	col./mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL
Contagem de Células Somáticas (CCS) - Leite Cru	-	600 x 10 ³	500 x 10 ³	500 x 10 ³	500 x 10 ³
		CS/mL	CS/mL	CS/mL	CS/mL

Legenda: Col. – colônia; UFC – unidade formadora de colônia; CS – célula somática.

Fonte: Adaptado de SÃO PAULO (ESTADO), 2008; BRASIL, 2011, 2016, 2018a.

O estado de São Paulo é o único estado que estabelece uma legislação específica para o leite de búfala e derivados. A Resolução SAA-03, de 10/01/2008 se utiliza de contagem global bacteriológica como parâmetro de qualidade, excluindo totalmente o padrão característico de contagem de células somáticas (CCS) (SÃO PAULO, 2008); além disso, não faz referência a teores de lactose, sólidos totais ou proteína (RICCI; DOMINGUES, 2012).

No âmbito internacional, segundo Sharma; Singh; Bhadwal (2011), nos EUA (Estados Unidos da América), para o leite de vaca a granel de padrão A, o limite legal máximo para a CCS é de 750 x 10³ células/mL; na Nova Zelândia e Austrália, os limites são de 400 x 10³ células/mL e, no Canadá, o limite estabelecido é de 500 x 10³ células/mL para o leite de vaca cru. Já as diretrizes da União Europeia 92/46/EEC e 94/71/EC, revogadas em 2005, estabeleciam que o limite para a CCS de leite de búfala cru destinado a produtos à base de leite deve seguir CBT a 30°C ≤ 1.000 x 10³ UFC/mL e CCS ≤ 500 x 10³ células/mL; no entanto, para produtos feitos com leite de búfala cru, sem que o processo envolva calor, a CBT a 30°C deverá ser de ≤ 500 x 10³ UFC/mL e a CCS ≤ 400 x 10³ células/mL (EUROPEAN UNION, 1992). Atualmente a legislação europeia, nº 853/2004, regulamenta apenas a contagem bacteriana, na qual o leite cru

destinado à produção de queijo deverá apresentar $CBT \leq 500 \times 10^3$ UFC/mL a 30°C (EUROPEAN UNION, 2004).

2.2 Diferenças fisiológicas entre o úbere de bubalinos e bovinos

Bubalinos e bovinos apresentam diferenças significativas em suas glândulas mamárias: búfalas possuem glândulas mamárias inguinais na qual a epiderme apresenta maior concentração de pigmentos de melanina, o canal do teto tem epitélio estratificado queratinoso mais espesso do que o epitélio observado na vaca, além da camada muscular do esfíncter ao redor desse canal ter maior tônus muscular, maior quantidade de vasos sanguíneos e fibras nervosas (SOLLECITO; LOPES; LEITE, 2011).

Os bubalinos apresentam os tetos relativamente mais pendulosos e longos, portanto, mais sujeitos a injúrias do que os tetos dos bovinos; porém, por conta dessas características supramencionadas, os tetos e seus canais funcionam como uma barreira mais eficiente contra as infecções diminuindo a entrada de microrganismos patogênicos (RICCI; DOMINGUES, 2012).

Outra diferença entre bubalinos e bovinos, de acordo com a literatura, é a fração da cisterna do teto, que se apresenta menor em búfalos do que em bovinos (SAHIN et al., 2016). Mudanças na área da cisterna foram observadas de acordo com os estágios de lactação; sendo que no início da lactação a cisterna apresenta maior área, diminuindo conforme a lactação prossegue. O mesmo ocorre com a idade dos animais, na qual animais mais velhos, tem cisternas maiores que animais mais novos (AMARAL; ESCRIVÃO, 2005).

Bubalinos, diferentemente de bovinos que são selecionados para ter aptidão leiteira, têm maior dificuldade na ejeção do leite, muitas vezes necessitando do bezerro ao pé para que o leite seja completamente exaurido (CARVALHAL; COSTA, 2018). O leite é expelido diretamente dos alvéolos da glândula mamária para a cisterna, sendo que 95% do volume é produzido nos alvéolos e apenas 5%, na cisterna (MELLO; FERREIRA; MELLO, 2016).

Apesar de todo o aparato leiteiro aparentemente mais resistente do que o observado em vacas, e a menor susceptibilidade para mastite clínica, devido à

menor produção leiteira, búfalas de maior produção e de algumas raças específicas apresentam propensão similar à de vacas para a ocorrência de mastite, com o agravante da dificuldade do diagnóstico (ALI et al., 2014).

2.3 Análises do Leite

Mastite em búfalas geralmente se apresenta na forma subclínica, sem apresentar sinais da infecção, tornando a detecção dificultada e podendo levar à cronicidade (COSTA et al., 2021), para que a saúde do úbere e do leite produzido se mantenha. Alguns exames e testes podem ser realizados no leite, *in locu* ou em laboratórios. A CCS é uma das principais análises que se usa para se diagnosticar a mastite subclínica e o *California Mastites Test* (CMT) é um dos testes que avalia a quantidade de CCS do leite, na qual um detergente rompe a membrana lipoproteica das células somáticas, levando ao extravasamento de conteúdo celular que é gelatinoso, sendo que esse conteúdo apresenta diferentes viscosidades. O CMT é realizado em uma “raquete” própria e apresenta 5 escores: negativo, 2 (traço/suspeito), 3 (positivo, +), 4 (positivo, ++), 5 (positivo, +++) (DIAS, 2007; COSTA et al., 2020b).

De acordo com Sollecito, Lopes e Leite (2011), o CMT é um método auxiliar de boa correlação com o exame microbiológico, porém o processo inflamatório pode não ser de origem infecciosa. Apesar dessa boa correlação com o exame microbiológico, fatores indiretos podem influenciar nos resultados do CMT, que acaba sendo considerado um indicador indireto da CCS do leite. (PIZAURO et al., 2014).

Os mesmos autores afirmaram ainda que o CMT não é um bom teste de triagem para mastite em búfalas, devido à ocorrência de falso-positivo e falso-negativo. Silva et al. (2014) demonstraram que 24,8% das amostras que foram testadas apresentaram-se não reagentes para o CMT e com crescimento bacteriano. Os resultados do CMT apresentam baixa concordância com os resultados do exame microbiológico, o que restringe a utilização do CMT como método exclusivo de diagnóstico de mastite, subclínica, devendo estar associado a outros testes, como o próprio exame microbiológico.

Para Medeiros et al. (2011), o CMT foi ineficiente para identificar os verdadeiros positivos nos exames microbiológicos realizados. Outro ponto que é desfavorável ao uso do CMT é que ele varia de acordo com o manejo, controle das condições sanitárias do rebanho e condição higiênica das instalações e, muitas vezes, pode ser inacessível para pequenos e microprodutores (MELO et al., 2022).

A maneira mais acessível de se criar meios de mensurar e identificar precocemente mastite nas búfalas é através de algoritmos de redes neurais que estão sendo usados para discernir animais sadios de animais infectados por mastite, tendo como base parâmetros de quantidade e qualidade do leite. Isso pode levar a se criar um modelo matemático que possibilite a “previsão” de quadros infecciosos antes que eles possam efetivamente causar prejuízos, aumentando a CCS do leite, acarretando perdas econômicas e descarte indevido de animais. Atualmente, são utilizados sensores que detectam a condutividade elétrica do leite de maneira on-line para monitorar a saúde mamária de cabras e vacas, porém ainda não foram feitas aplicações em búfalos (EBRAHIMIE et al., 2018).

Em estudo realizado com vacas holandesas usando redes neurais, foi possível atingir valores de sensibilidade, especificidade e DOR (*diagnostics odds ratio*) de 99%; 97,28% e 57,92% respectivamente, para discernir animais saudáveis de animais portadores de mastite e alta CCS no leite, usando como parâmetros de entrada o pH, a condutividade elétrica do leite, uma constante dielétrica e a quantidade de leite que cada animal produzia e os escores da CMT como valores de saída. A variável de condutividade elétrica é usada por conta das mudanças de componentes e composição iônica do leite associados à mastite (PANCHAL et al., 2016).

2.4 Características do Leite de Búfala

Diferentemente de qualquer outro tipo de leite, o leite de búfala tem características que o fazem único. Sua grande importância nutricional deriva dos valores diferenciados de lactose, lipídeos, proteínas, resíduo mineral e sólidos totais. Sua coloração branca, diferente da coloração mais amarelada do leite de

vacas, deriva da ausência de β -caroteno na composição química. Ademais, possui alto teor de cálcio, sendo tratado como um alimento funcional, recomendado para pessoas em recuperação e que necessitam de alimentos de alto teor nutritivo. Possui menor teor de água e maior concentração de matéria seca do que o leite bovino (RICCI; DOMINGUES, 2012).

A maior quantidade de ácidos graxos saturados gera derivados lácteos com características físico-químicas diferentes daqueles que são produzidos pelo leite de vacas, a exemplo da manteiga feita com leite de búfalas, que devido ao alto teor de ácidos graxos saturados apresenta maior dureza, coloração mais clara e sabor mais suave do que a manteiga feita com leite de vacas. Altas proporções de triglicerídeos de alto ponto de fusão conferem maior densidade ao leite de búfala, tornando-o uma ótima matéria prima para a fabricação de queijos e outros derivados lácteos (BECSKEI et al., 2020).

Diversos estudos mostram que a composição do leite de búfalas é altamente variável de acordo com a época do ano, o estágio de lactação, a raça dos animais e o manejo alimentar. Bastos e Birgel (2011) encontraram os seguintes parâmetros: sólidos totais, 14,4%; gordura, 3,93%; proteína, 4,22%, e lactose, 4,88%, e foi possível observar que os teores de gordura, lactose e sólidos totais foram significativamente maiores na fase inicial da lactação do que os obtidos em fases mais adiantadas da lactação, porém valores divergentes foram encontrados por Gürler, Kuyucuoglu e Pamuk (2013) que descreveram os seguintes valores médios: sólidos totais, 16,38%, gordura, 7,04%, proteína, 4,36%, e lactose, 4,19%, apesar de demonstrarem que de fato houve decréscimo na porcentagem de gordura e proteína nos estágios finais da lactação.

É necessário ressaltar que a proteína e a gordura se apresentam como os constituintes mais variáveis da composição do leite de búfalas, com esses teores variando de acordo com fatores como manejo alimentar, raça do animal, a qualidade do manejo, da ordenha e higiene do ambiente. Becskei et al. (2020) descreveram valores de teor de gordura entre 6 a 9,5%, e de 4 a 5% para proteínas.

Costa Filho et al. (2014) encontraram valores de proteínas variando entre 3,8 a 4,5%, lactose, de 4,15 a 4,93% e gordura, de 4,7 a 6,25%, no leite bubalino mas, sendo a gordura um dos constituintes mais variáveis, estabeleceram que se esta assume valores acima de 5,5% está mantendo a característica particular da espécie bubalina. Além dessa variação, reportaram que gordura, sólidos totais e extrato seco desengordurado apresentaram-se em maiores porcentagens na época seca (agosto a janeiro no Rio Grande do Norte), por conta de menor produção de leite durante o período seco, o que estimula a concentração desses componentes no leite.

Valores similares de gordura foram descritos em outros estudos, compreendendo a faixa de 5,44 a 7,30%, e proteínas entre 3,80 a 4,30% (SALES et al., 2017; MELO et al., 2022); porém, em outro estudo reportou-se uma concentração bem maior de gordura, aproximadamente 8%, em animais da raça mediterrânea com aptidão leiteira, criados especificamente para a produção de leite com a finalidade de produzir queijo, que deve atender padrões de gordura específicos, sendo maior que 7% (COSTA et al., 2020a).

2.5 Contagem de células somáticas (CCS) em búfalas

As células somáticas são formadas principalmente por células epiteliais secretoras de leite que foram eliminadas do revestimento da glândula mamária (descamação) e leucócitos que foram enviados para a glândula mamária em resposta a uma lesão ou infecção, sendo a mastite uma das infecções de maior impacto econômico dentro da indústria do leite. Essas células normalmente se desprendem e se renovam; no entanto, durante a infecção, os números aumentam (SHARMA; SINGH; BHADWAL, 2011).

Ainda de acordo com Sharma, Singh e Bhadawal (2011), durante a mastite, o número aumentado de CCS se dá devido a um fluxo elevado de neutrófilos, células que atuam na redução de processos infecciosos no leite. O leite proveniente de um úbere saudável tem 100×10^3 células/mL, porém pode chegar a valores muito superiores durante um episódio de mastite ou por conta de outros fatores associados com esse aumento.

Já foi estabelecido na literatura que a CCS no leite é afetada por diversos fatores como número de partos, época do ano, manejo sanitário da propriedade, estágio da lactação, idade do animal (FAGIOLO; LAI, 2007), e que búfalas tem uma tendência menor a mastite clínica, e maior inclinação à mastite subclínica (ALI et al., 2014). Jingar et al. (2014) demonstraram que, em búfalas, a predisposição para mastite clínica é significativamente menor do que em vacas, mas que ao longo dos partos esse índice aumenta, partindo de 22,78% ao primeiro parto para 32,89% após o quarto parto.

Consoante a esse entendimento, Costa et al. (2020b) demonstraram que a CCS aumenta conforme o número de partos, podendo chegar a uma média entre 200 e 300 x 10³ células/mL e que quase 10% de búfalas, em primeira parição, acabam tendo uma CCS média $\geq 400 \times 10^3$ células/mL, corroborando outros estudos, sugerindo ainda que o valor da CCS tem ligação direta com a quantidade de leite produzida (SAHIN et al., 2016; SAHIN; VERMA; KIMOTHI, 2021; SAHIN; YILDIRIM; ULUTAS, 2016).

Ali et al. (2011) afirmaram que a prevalência de mastite subclínica em búfalas se dá também devido à falta de higiene e condições gerenciais adversas das propriedades e que regiões distintas apresentam diferentes prevalências de mastite subclínica devido a fatores diversos, como previamente mencionado, fato confirmado também por outros autores (HUSSAIN et al., 2013; VÁSQUEZ-GARCÍA et al., 2017).

A ausência de uma legislação específica que contemple as particularidades do leite de búfala é prejudicial, pois para que ocorra o controle e a inspeção do leite de maneira satisfatória, os valores de base de CCS usados para bovinos podem ser ineficazes em bubalinos. Muitos estudos consideram que o valor de CCS $\leq 200 \times 10^3$ células/mL é o limite máximo para que se considere o leite e a glândula mamária saudáveis (COSTA et al., 2020a; MORONI et al., 2006; SAHIN; YILDIRIM; ULUTAS, 2016; VÁSQUEZ-GARCÍA et al., 2017; VERMA; KIMOTHI, 2021).

Esse foi o valor proposto por Tripaldi et al. (2010) como forma de identificação precoce para animais afetados pela forma subclínica da mastite.

Esse valor, associado a outros fatores como diminuição na produção de leite ainda estão fortemente associados a mudanças na composição do leite e em suas propriedades de coagulação, fundamentais para a fabricação de queijos.

Sharma, Singh e Bhadwal (2011) apontaram que a diminuição da CCS de 340×10^3 células/mL para 240×10^3 células/mL aumentou o rendimento do queijo em 1% e a diminuição da CCS de 640×10^3 células/mL para 240×10^3 células/mL aumentou o rendimento do queijo em 3,3%.

A adoção de um padrão para os valores limites que indiquem a sanidade do rebanho leiteiro bubalino mostrou-se bastante complicada e imprecisa, partindo de valores de $CCS \leq 63 \times 10^3$ células/mL em rebanho do estado de São Paulo, saudável com limiar para mastite subclínica respeitando o padrão base de 200×10^3 células/mL (VÁSQUEZ-GARCÍA et al., 2017), alcançando 100×10^3 células/mL para animais saudáveis (FAGIOLO; LAI, 2007). Contudo, outros estudos apresentaram CCS média de $137,20 \times 10^3$ células/mL no período seco e $190,309 \times 10^3$ células/mL durante o período de chuvas, devido à maior temperatura e umidade que favorece a proliferação de microrganismos causadores de mastite (PIZAURO et al., 2014).

Por outro lado, Medeiros et al. (2011) consideraram o limite médio de CCS dos animais pesquisados em 400×10^3 células/mL. Observaram ainda que algumas amostras apresentaram média de $CCS \leq 400 \times 10^3$ células/mL, mas estas deveriam ser positivas também para um segundo exame, seja ele microbiológico ou CMT (*california mastites test*). Assim como mencionado por Melo et al. (2022), onde o padrão de CCS para animais clinicamente saudáveis foi de $CCS \leq 400 \times 10^3$ células/mL, animais com $CCS \geq 400 \times 10^3$ células/mL e teste microbiológico positivo foram considerados positivos para mastite subclínica.

Porém, neste mesmo estudo, a média de CCS de animais clinicamente saudáveis foi de 239×10^3 célula/mL, enquanto que de animais infectados foi de 513×10^3 células/mL; apesar de considerarem saudáveis os animais com $CCS \leq 239 \times 10^3$ células/mL, recomendaram que análises microbiológicas fossem feitas para que o diagnóstico pudesse ser completado, o teto tratado, se necessário, para que o leite daquele quarto ou daquele animal pudesse ser utilizado.

Em Verma e Kimothi (2021), o valor da CCS foi de $97,4 \times 10^3$ células/mL, subindo durante a estação chuvosa e caindo durante o período seco, contrário a estudos anteriores. Foi possível observar a grande variação na CCS ao se comparar estudos com o mesmo *pool* amostral, feitos no mesmo ano, no mesmo local, porém em épocas diferentes na qual os autores obtiveram valores de CCS de $90,701 \times 10^3$ a $134,731 \times 10^3$ células/mL (SAHIN et al., 2016; SAHIN; YILDIRIM; ULUTAS, 2016).

Dhakal e Nagahata (2018) propuseram que para o diagnóstico de mastite, dois parâmetros devessem ser combinados – podendo ser CCS e Condutividade elétrica (EC), que para búfalos clinicamente saudáveis era 3,72mS/cm, aumentando em animais infectados. Os parâmetros descobertos foram de CCS $< 200 \times 10^3$ células/mL e sem bactérias patogênicas; a mastite subclínica foi definida como leite com CCS $\geq 200 \times 10^3$ células/mL, CMT positivo, CBT > 250 UFC/mL e ausência de sinais clínicos. A mastite clínica foi definida como leite com CCS $\geq 200 \times 10^3$ células/mL, CMT positivo, CBT > 250 UFC/mL e presença de sinais clínicos.

Silva et al. (2014) descreveram que tetos afetados por mastite clínica eram assimétricos, atrofiados ou mais volumosos que tetos não afetados, mais sensíveis e endurecidos quando da manipulação e o leite expelido por esse teto continha grumos e pus.

Não apenas a posição dos tetos e a anatomia do úbere tem influência na CCS, mas a quantidade de tetos infeccionados também influencia na quantidade de células somáticas. Quanto menos tetos afetados, maior as chances de uma cura e de não ocorrer aumento excessivo da CCS no leite. Búfalas com apenas um teto afetado apresentaram 100% de taxa de cura, seguidas por 2, 3 e 4 tetos afetados com taxas de 78,72 e 46% de taxa de cura respectivamente (VILLANADA et al., 2012). Foi observado que o quarto mamário traseiro esquerdo é o mais afetado dentre os quartos; no estudo de Ali et al. (2014), observou-se que 42,11% dos 57 tetos afetado por mastite eram o posterior esquerdo. Srinivasan et al. (2013) observaram o mesmo padrão infeccioso.

Diante de todos os fatores demonstrados ao longo dos anos e de tamanha variação de fatores que fazem com que a CCS do leite flutue de maneira irregular, o estabelecimento de um valor que defina categoricamente o que pode ser considerado um leite saudável fica dificultado. A utilização de um padrão sugerido vai ao encontro das tendências mais recentes que se utilizam de medidas associativas entre a CCS e a cultura microbiológica, na qual a $CCS \leq 200 \times 10^3$ células/mL com ausência de crescimento microbiológico (SAHIN et al., 2016). Em tempo, a utilização associativa de padrões de lactose, condutividade elétrica (EC) e CCS são uma alternativa de melhor custo benefício e alta acurácia quando combinadas para determinar a sanidade do leite.

3 Considerações Finais

A CCS é uma ferramenta importante para avaliar a saúde da glândula mamária, pois indica a presença de inflamação/infecção, porém não é um indicador específico da presença de patógenos na mesma, tendo em vista que a variação da CCS ao longo do tempo pode ser influenciada por diversos fatores, tornando a determinação de um valor padrão desafiadora. A CCS padrão de vacas se mostrou ineficaz quando aplicada às búfalas e a ausência de legislações acerca do tema tornam o cenário ainda mais complexo. A combinação da análise da CCS com a cultura microbiológica ou com a análise parâmetros como a condutividade elétrica, lactose, entre outras, é uma alternativa que se mostrou eficiente para o diagnóstico da mastite em búfalas levando em consideração as variáveis necessárias. A utilização de $CCS \leq 200 \times 10^3$ células/mL combinada com a ausência de crescimento microbiológico é outro padrão que tem se mostrado altamente eficaz para classificar o leite de búfalas como saudável.

Referências

ALI, M. A. *et al.* Prevalence of subclinical mastitis in dairy buffaloes of Punjab, Pakistan. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, Lahore, v. 21, n. 3, p. 477–480, 2011.

ALI, T. *et al.* Effect of management practices and animal age on incidence of mastitis in Nili Ravi buffaloes. **Tropical Animal Health and Production**, Berlin, v. 46, n. 7, p. 1279–1285, 2014.

AMARAL, F. R.; ESCRIVÃO, S. C. Aspectos relacionados à búfala leiteira Aspects related to the buffaloes milk. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, n. 2, p. 111–117, abr. 2005.

BASTOS, P. A.; BIRGEL, E. H. Milk of Murrah buffaloes bred in São Paulo (Brazil): influence of age, lactation phase, time of milking and bacterial isolation in the physical-chemical and cell composition. **Journal of Continuing Education in Animal Science of CRMV-SP**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 6–13, 2011.

BECSKEI, Z. *et al.* Assessment of water buffalo milk and traditional milk products in a sustainable production system. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 16, p. 6616, Aug. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 230, p. 9, 30 nov. 2018a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Procedimentos de Produção, Acondicionamento, Conservação, Transporte, Seleção e Recepção do Leite Cru em Estabelecimentos Registrados no Serviço de Inspeção Oficial. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 230, p. 10, 30 nov. 2018b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de Março de 2017. Dispõe sobre a Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 3, 30 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 03 de maio de 2016. Altera a redação da Tabela 2 do Item

3.1.3.1 do Anexo II da IN nº 62/2011. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 8, p. 11, 04 maio 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa No 62, de 29 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico de produção, Identidade e qualidade do Leite tipo A, Leite Cru Refrigerado, Leite Pasteurizado e Coleta de leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 7042, 29 dez. 2011.

CARVALHAL, D. M. V. L.; COSTA, D. F. O. Produção e bem-estar de búfalas (*Bubalus bubalis*) leiteiras: uma revisão. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 16, p. 1–10, ago. 2018.

COSTA, A. *et al.* Milk somatic cell count-derived traits as new indicators to monitor udder health in dairy buffaloes. **Italian Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 20, n. 1, p. 548–558, 2021.

COSTA, A. *et al.* Phenotypic characterization of milk yield and quality traits in a large population of water buffaloes. **Animals**, Basel, v. 10, n. 2, p. 327, Feb. 2020a.

COSTA, A. *et al.* Milk somatic cell count and its relationship with milk yield and quality traits in Italian water buffaloes. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 103, n. 6, p. 5485–5494, June. 2020b.

COSTA FILHO, M. H. B. da *et al.* Sazonalidade e variação na qualidade do leite de búfalas no Rio Grande do Norte. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 201–208, 2014.

DHAKAL, I. P.; NAGAHATA, H. Evaluation of mastitis related measures & their applications to classify buffalo milk in Chitwan, Nepal. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, [s.l.], v. 8, p. 99–111, 2018.

DIAS, R. V. C. Principais métodos de controle e diagnósticos de mastite bovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 1, n. 1, p. 23–27, maio. 2007.

EBRAHIMIE, E. *et al.* Hierarchical pattern recognition in milking parameters predicts mastitis prevalence. **Computers and Electronics in Agriculture**, Berlin, v. 147, p. 6–11, Apr. 2018.

EUROPEAN UNION. **Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for on the hygiene of foodstuffs.** 2004.

EUROPEAN UNION. **Council Directive 92/46/EEC of 16 June 1992, laying down the health rules for the production and placing on the market of raw milk, heat-treated milk and milk-based products.** 1992.

FAGIOLO, A.; LAI, O. Mastitis in buffalo. **Italian Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 6, n. 2, p. 200–206, 2007.

GÜRLER, Z.; KUYUCUOĞLU, Y.; PAMUK, Ş. Chemical and microbiological quality of Anatolian buffalo milk. **African Journal of Microbiology Research**, Lagos, v. 7, n. 16, p. 1512–1517, 2013. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/AJMR>. Acesso em: 4 nov. 2022.

HUSSAIN, R. *et al.* Risks factors associated with subclinical mastitis in water buffaloes in Pakistan. **Tropical Animal Health and Production**, Berlin, v. 45, n. 8, p. 1723–1729, Nov. 2013. DOI: 10.1007/s11250-013-0395-5.

JINGAR, S. C. *et al.* Comparative study on the incidence of mastitis during different parities in cows and buffaloes. **Indian Journal of Animal Research**, Karnal, v. 48, n. 2, p. 194–197, 2014. Disponível em: <http://www.arccjournals.com>. Acesso em: 1 nov. 2022.

MEDEIROS, E. S. *et al.* Perfil da contagem de células somáticas na infecção intramamária em búfalas na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 3, p. 219–223, Mar. 2011. DOI: 10.1590/S0100-736X2011000300014.

MELLO, R. R. C.; FERREIRA, J. E.; MELLO, M. R. B. de. Aspectos da fisiologia da lactação em búfalas (*Bubalus bubalis*). **Revista Brasileira de Reprodução**

Animal, Belo Horizonte, v. 40, n. 1, p. 8–16, Mar. 2016. DOI: 10.1590/S0102-09352016000100003.

MELO, B. A. de *et al.* Profile of the subclinical mastitis and frequency of microorganisms isolated from female crossbred buffaloes (*Bubalus bubalis*). **Research, Society and Development**, Itabira, v. 11, n. 4, p. e24911427327–e24911427327, Mar. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.27327.

MORONI, P. *et al.* Relationships between somatic cell count and intramammary infection in buffaloes. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 89, n. 3, p. 998–1003, Mar. 2006. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72162-2.

PANCHAL, I. *et al.* Classification of healthy and mastitis Murrah buffaloes by application of neural network models using yield and milk quality parameters. **Computers and Electronics in Agriculture**, Berlin, v. 127, p. 242–248, Sept. 2016. DOI: 10.1016/j.compag.2016.07.012.

PIZAURO, L. J. L. *et al.* Prevalence and etiology of buffalo mastitis and milk somatic cell count in dry and rainy seasons in a buffalo herd from Analândia, São Paulo State, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 6, p. 1703–1710, 2014. DOI: 10.1590/1678-4162-6979.

RICCI, G. D.; DOMINGUES, P. F. O leite de búfala. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 14–19, 2012. Disponível em: http://www.crmvsp.gov.br/arquivos/revista/10_1_2.pdf. Acesso em: 1 nov. 2022.

SAHIN, A. *et al.* The effects of stage of lactation, parity and calving season on somatic cell counts in Anatolian water buffaloes. **Indian Journal of Animal Research**, Karnal, v. 51, n. 1, p. 35–39, Feb. 2016. Disponível em: <https://arccjournals.com/uploads/Final-6-3808-S.196.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2022.

SAHIN, A.; YILDIRIM, A.; ULUTAS, Z. Effect of various environmental factors and management practices on somatic cell count in the raw milk of anatolian buffaloes. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 48, n. 2, p. 325–332, 2016.

Disponível em: <https://www.pakjas.com.pk/papers/2584.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2022.

SALES, D. C. *et al.* Buffalo milk composition, processing factors, whey constituents recovery and yield in manufacturing Mozzarella cheese. **Food Science and Technology**, London, v. 38, n. 2, p. 328–334, Sept. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v38n2/0101-2061-cta-1678-457X78816.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO), Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº 3, de 10 de Janeiro de 2008 - Dispõe sobre as normas técnicas de condições higiênico-sanitárias mínimas necessárias para aprovação, funcionamento e reaparelhamento dos estabelecimentos destinados a leite e produtos lácteos e altera a nomen. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2008. 32 p.

SHARMA, N.; SINGH, N. K.; BHADWAL, M. S. Relationship of somatic cell count and mastitis: an overview. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 24, n. 3, p. 429–438, 2011. Disponível em: <https://www.ajas.info/journal/view.php?number=21808>. Acesso em: 1 nov. 2022.

SILVA, N. D. S. *et al.* Ocorrência de mastite em búfalas (*Bubalus bubalis*) criadas em sistema extensivo no estado do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 839–846, set. 2014. Disponível em: <https://www.seer.ufu.br>

SOLLECITO, N. V.; LOPES, L. B.; LEITE, R. C. Contagem de células somáticas, perfil de sensibilidade antimicrobiana e microorganismos isolados de mastites em búfalos: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Niterói, v. 33, n. 1, p. 18–22, 2011.

SRINIVASAN, P. *et al.* Prevalence and etiology of subclinical mastitis among buffaloes (*Bubalus bubalus*) in Namakkal, India. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Dubai, v. 16, n. 23, p. 1776–1780, Nov. 2013.

TRIPALDI, C. *et al.* Effects of mastitis on buffalo milk quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 23, n. 10, p. 1319–1324, 2010. Disponível em: www.ajas.info. Acesso em: 29 out. 2022.

VÁSQUEZ-GARCÍA, A. *et al.* Species identification and antimicrobial susceptibility profile of bacteria causing subclinical mastitis in buffalo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 5, p. 447–452, Maio. 2017.

VERMA, M. P.; KIMOTHI, S. P. Factors affecting somatic cell counts in buffalo (*Bubalus bubalis*) milk. **International Journal of Livestock Research**, [s.l.], v. 11, n. 5, p. 17–23, 2021.

VILLANADA, N. M. *et al.* Retrospective study on the treatment of subclinical mastitis in water buffaloes. **Large Animal Review**, Cremona, v. 18, p. 201–205, 2012.

Consequências do estresse térmico em vacas leiteiras lactantes

Heat stress effects in lactating dairy cows

Manoel Carlos Souza Ferreira, Cristiane Gonçalves Titto

1. Introdução

O estresse térmico é um grande desafio para os animais de produção, principalmente em ambientes tropicais e subtropicais, caracterizados por temperaturas elevadas, ainda mais acentuadas no verão (DE AZEVEDO et al., 2005). A compreensão do estresse térmico se torna cada vez mais importante principalmente no cenário das mudanças climáticas, quando os períodos de calor estão cada vez mais longos e intensos, com os modelos climáticos indicando uma tendência do aumento da média da temperatura global nos próximos anos (WESTCOTT, 2011).

Altas temperaturas por períodos prolongados resultam em um menor índice produtivo, pois o animal tende a reduzir o consumo de alimentos na tentativa de reduzir sua termogênese (BAUMGARD; RHOADS, 2013) o que pode resultar em uma falta de nutrientes para a produção ou mesmo para a manutenção das funções básicas para a vida animal (WEST, 2003).

Na espécie bovina, os animais criados para a produção de leite possuem maior sensibilidade ao calor do que os animais destinados para a produção de carne, pois a produção de calor interno é maior durante a gestação e lactação (BAGATH et al., 2019). Pensando nisso, essa revisão teve como objetivo realizar uma coletânea de conhecimentos para mostrar os efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras lactantes e formas para amenizar os efeitos na produção e saúde animal.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico, PubMed, Scielo e Science Direct,

utilizando as palavras-chave: Estresse por calor, Gado leiteiro, Bioclimatologia, Bem-estar animal, Etologia, Nutrição e Termotolerância. Foram utilizados artigos e livros publicados entre 2011 e abril de 2023 fornecendo um panorama das mudanças recentes na compreensão do estresse por calor, com consulta de informações mais antigas para compreender o avanço dos estudos na área.

2.1 Ambiente Térmico

O estresse térmico por calor ocorre quando os fatores ambientais alteram negativamente a troca de calor do animal com o ambiente, onde o animal começa a adquirir cada vez mais energia térmica, sem que o animal consiga dissipá-la para o ambiente (BERNABUCCI et al., 2014). Os fatores ambientais que levam ao desbalanceamento da troca de calor entre o animal e o ambiente são alta temperatura, alta umidade relativa do ar, radiação térmica intensa e baixa velocidade do vento (BROWN-BRANDL; EIGENBERG; NIENABER, 2006).

Animais fora de sua zona de termoneutralidade tem a produção afetada negativamente, seja por frio ou por calor. No caso de bovinos leiteiros sua maior produtividade é alcançada em temperaturas entre 7°C a 21°C (NÄÄS; ARCATO JÚNIOR, 2001), com a temperatura superior crítica próxima de 26°C (HUBER, 1990). O aumento da temperatura do ar associado a alta umidade relativa do ambiente pode prejudicar a perda de calor por via evaporativa, pois impede a evaporação da água no trato respiratório e na pele, além de alterar a sensação térmica (ZHOU et al., 2022).

Entretanto, além dos fatores ambientais, existem fatores individuais dos animais que estão envolvidos com a capacidade animal em enfrentar e se adaptar à situação térmica do ambiente, como o genótipo, capacidade produtiva, estado gestacional e saúde individual (PRAGNA et al., 2016).

2.2 Primeiro estudos sobre o estresse térmico

Os estudos mais antigos sobre o estresse térmico abrangem os efeitos diretos sobre os índices zootécnicos dos animais. Desde o começo dos estudos sobre o tema, durante o estresse térmico os bovinos reduzem sua ingestão

alimentar e aumentam a ingestão de água e dessa forma há redução no aporte de energia para o organismo (MCDOWELL et al., 1969). Na tentativa de manter a homeostasia, há um maior gasto de energia em mecanismos de termorregulação (MORRISON, 1983). Esse desequilíbrio entre o consumo de alimento e o gasto energético, além da queda na produção de leite, causa também queda na fertilidade, menor taxa de concepção e um maior intervalo entre partos (DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003).

Desde a década de 80, sabia-se que vacas de alta produção eram mais afetadas pelo estresse por calor em relação a vacas de baixa produção, por conta do aumento da demanda de energia metabólica necessária para a produção, resultando em um maior consumo de ração e maior produção de calor metabólico nos animais de alta produção (COPPOCK et al., 1982). Além disso, o estresse por calor afetava também a composição do leite, com queda nos teores de proteína e gordura (BANDARANAYAKA; HOLMES, 1976).

Os efeitos diretos do estresse por calor também incluem o aumento da temperatura retal, aumento da frequência respiratória, redução na frequência cardíaca, redução no consumo de ração, aumento no consumo de água e a queda na produção de leite, além de mudanças no metabolismo animal, como a menor digestibilidade de alimentos, alteração dos níveis hormonais, como a queda nos níveis de hormônios tireoidianos, e outros efeitos metabólicos (KADZERE et al., 2002). Por isso, o uso de ventiladores, aspersores e nebulizadores se tornou um grande aliado para aumentar a produção de leite, na tentativa de reduzir os impactos do estresse por calor através da melhora da sensação térmica dos animais (WEST; MULLINIX JUNIOR; BERNARD, 2003).

Há tempos já se sabe dos dilemas do melhoramento genético de vacas leiteiras, pois quanto maior a produção de leite, maior a produção de calor metabólico e mais estreita é a zona de termoneutralidade dos animais. Por isso, é importante considerar vários fatores na criação de vacas leiteiras, visando a criação de animais eficientes e saudáveis (KADZERE et al., 2002)

2.3 Impactos do estresse térmico

2.3.1 Efeitos do estresse térmico no animal

Quando o animal é alocado em um ambiente termicamente estressante, o estresse pode impactar diretamente a sua produção, visto que a produção de leite necessita que o animal mobilize energia para o processo, o que aumenta a termogênese, elevando a temperatura do animal. Sendo assim, vacas em lactação possuem uma temperatura interna mais elevada do que vacas secas (CHEBEL et al., 2004). Além da lactação por si só ser um fator de importância ao se considerar o estresse por calor, o nível de produção de leite também deve ser considerado uma vez que vacas de alta produção possuem uma temperatura interna mais elevada do que animais de baixa e média produção, necessitando assim de um maior cuidado para manter sua temperatura interna ideal (SPIERS et al., 2004).

Sob estresse térmico, há alterações na fisiologia e no comportamento animal na tentativa de o indivíduo buscar alternativas para o resfriamento corporal ou para se adaptar frente os efeitos do aumento da temperatura (RATNAKARAN et al., 2016).

Outro comportamento que é alterado é o tempo que o animal passa deitado durante o dia, onde vacas em estresse por calor tendem a passar a maior parte de seu tempo em pé, pois dessa maneira a superfície de contato com o ar capaz de realizar troca de calor é maior (ALLEN et al., 2015; ANDERSON et al., 2013; BOYU et al., 2020).

Estudos mais aprofundados sobre a redução do consumo alimentar indicam que o rúmen fisicamente vazio leva à produção de hormônios relacionados com a sensação de fome, como o hormônio grelina, que além de ser responsável pela sensação de fome é também responsável por aumentar a mobilidade gastrointestinal (PEARCE et al., 2014; LEI et al., 2013). Pode-se pensar então que a sensação de fome causada pela redução da ingestão alimentar por conta do estresse térmico é agravada pela produção de grelina, o que pode impactar ainda mais o bem-estar desses animais de forma negativa (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017).

O estresse por calor reduz a intensidade e a duração do estro, uma das causas da redução do estro é a redução do consumo alimentar, que culmina em uma falha na produção de hormônios relacionados com a reprodução (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017). A baixa concentração de LH pode afetar negativamente o crescimento dos folículos ovarianos, principalmente no estágio final do crescimento folicular, o que resulta em um menor tamanho de folículos dominantes, gerando uma redução da dominância do folículo maior em relação aos folículos médios (SCHULLER; MICHAELIS; HEUWIESER, 2017).

2.3.2 Efeitos do estresse térmico nas propriedades do leite

O estresse térmico aumenta a expressão gênica de proteínas de choque térmico (HSP27, HSP70 e HSP90), relacionadas com a defesa contra o calor. Diante do estresse térmico, a glândula mamária, assim como todo o animal, aumenta a síntese dessas proteínas na tentativa de manter sua homeostasia, porém, durante esse processo, a produção de proteínas como as caseínas, que compõe parte importante dos sólidos do leite, é reduzida (HU et al., 2016).

A capacidade do animal em sintetizar os componentes do leite depende da disponibilidade de substratos para a sua síntese, o que pode ser alterado quando o animal se encontra em estresse. A síntese de gordura é uma das mais alteradas quando o animal se encontra em situações estressantes, já que a síntese de gordura demanda muita energia e o estresse térmico desvia os nutrientes que seriam para a glândula mamaria e os manda para outras partes do organismo para combater o calor, além de faltar substrato para a sua produção por conta da queda na ingestão alimentar (RAZZAGHI; GHAFARI; RICO, 2023)

O estresse por calor prejudica o sistema imune, pois gera uma maior concentração de cortisol, inibindo a expressão de genes que estão ligados à ativação de células T, onde os efeitos anti-inflamatórios de corticosteróides estão relacionados com a redução da atividade de fagócitos e alteração da função de linfócitos, tendo um impacto negativo na imunidade do animal (CAROPRESE et al., 2012). Dentro do úbere, a queda da imunidade pode levar a apoptose das células mamárias, facilitar a infecção por patógenos e conseqüentemente causar

uma redução na produção leiteira (THOMPSON-CRISPI et al., 2014).

2.4 Formas de mitigação do estresse térmico

Há três meios de reduzir seus efeitos do estresse térmico de forma geral: pela redução da produção de calor metabólico através de alterações na ração; mudanças no meio físico em que os animais se encontram, de forma que facilite a troca de calor entre o animal e o ambiente e através da seleção genética dos animais para gerar indivíduos mais resistentes ao estresse térmico (RENAUDEAU, 2012).

Na tentativa de contornar os efeitos negativos do calor sob a ingestão alimentar, é comum aumentar a concentração energética da dieta, fornecer mais nutrientes em um menor volume de alimento com o uso de concentrado (RENAUDEAU, 2012). Embora seja uma alternativa para contornar o déficit nutricional causado pela baixa ingestão de alimento, essa técnica pode gerar problemas pois dietas com alto teor de energia e pouca fibra são propícias para causar acidose ruminal (COLLIER; DAHL; VANBAALE, 2006).

Embora o fornecimento de concentrado seja uma alternativa para contornar o déficit nutricional causado pela baixa ingestão de ração, o fornecimento de proteína através de concentrado aumenta o nível de nitrogênio não proteico circulante no sangue devido a degradação proteica pela atividade microbiana ruminal (HASSAN; ROUSSEL, 1975). O nível de nitrogênio não proteico no sangue está diretamente relacionado com o aumento da temperatura retal dos animais (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017), pois o estresse por calor eleva o catabolismo de proteínas (JORGE-SMEDING et al., 2022), o que agrava o quadro de estresse por calor.

Existem inúmeros suplementos possíveis de se adicionar na alimentação dos animais com o objetivo de reduzir os efeitos negativos do estresse por calor. O uso de prebióticos e probióticos é uma alternativa que busca a melhora da resposta imune, que pode inclusive fortalecer e melhorar a resposta imune gerada pela vacinação (HASSANPOUR et al., 2013).

Em um estudo, Yang et al. (2022) suplementaram vacas leiteiras com L-Teanina, que é um aminoácido não proteico com propriedades antioxidantes e ansiolíticas capaz de aumentar a imunidade. Essa suplementação reduziu a temperatura retal das vacas, potencialmente aliviando o estresse térmico dos animais.

Em relação aos meios físicos utilizados para reduzir a sensação térmica, os mais comuns são o uso de sombra, de aspersores e nebulizadores, que auxiliam na perda de calor do animal para o ambiente (CHEN; SCHÜTZ; TUCKER, 2013).

O uso de aspersores em regiões com baixa umidade do ar resulta em uma perda de calor mais eficiente pelo animal quando comparado com o uso de sombras, com uma redução da temperatura de superfície e na frequência respiratória, porém os animais preferem sombra à aspersores (CHEN; SCHÜTZ; TUCKER, 2016). O uso de aspersores aumenta os comportamentos de incomodo dos animais, avaliado por movimentos de cabeça dos animais, onde as vacas mantem a cabeça baixa ou fora do alcance da água, mostrando que embora a pulverização de água auxilie na perda de calor, as vacas preferem evitar molhar a cabeça (CHEN; SCHÜTZ; TUCKER, 2016).

Tanto a sombra natural quanto a artificial são eficientes para a proteção contra a radiação solar, porém sombras naturais, como árvores, são mais eficientes para a melhora da sensação térmica dos animais pois a umidade resultante da evaporação da água das folhas, cria um microclima que auxilia na troca térmica entre o animal e o ambiente, gerando um maior alívio do estresse térmico para o animal (RENAUDEAU et al., 2012).

Atualmente, diversas tecnologias são utilizadas para manter a temperatura ambiente em uma zona de amplitude confortável para as vacas leiteiras mantidas em sistemas confinados. Esses equipamentos medem em tempo real a temperatura do ar e acionam mecanismos para reduzir a temperatura quando ela excede um limite programado, seja por ventiladores, aspersores, nebulizadores ou outros meios. O problema desse tipo de mecanismo é que apenas considera a temperatura do ambiente e não a resposta dos indivíduos ao ambiente. Alguns estudos têm utilizado tecnologias para monitorar em tempo

real a temperatura interna dos animais do rebanho e dessa forma controlar a temperatura do ambiente com base na resposta dos animais. Essa abordagem tem se mostrado positiva, de forma que evita o resfriamento excessivo do ambiente sem que haja muitos indivíduos com calor (LEVIT et al., 2021).

3. Considerações Finais

A preocupação sobre o estresse térmico por calor e suas consequências negativas têm aumentado em todo o mundo, já que o estresse por calor reduz a saúde, bem-estar e a produção dos animais. Desde o início dos estudos sobre o tema até os dias atuais, houveram grandes avanços no conhecimento sobre os mecanismos biológicos ativados para contornar o calor e as formas de controle do ambiente térmico para a redução do calor nos animais.

Fazendo um paralelo com os estudos mais antigos, acreditava-se que o estresse por calor era causado principalmente pela temperatura do ar e que apenas com sombra e fornecimento de água para beber era possível evitar grande parte das perdas. Porém, atualmente é conhecido que o estresse por calor não é causado apenas pela temperatura do ar, mas um conjunto entre a temperatura do ar, a umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e outros fatores ambientais.

Houve avanços sobre a compreensão do estresse térmico em vacas leiteiras e das formas para mitigá-lo. Tendo muitas opções para a redução do estresse, através da instalação de sistemas de resfriamento, como ventiladores, aspersores e nebulizadores, além do fornecimento de água fresca e sombra adequada.

Os avanços na compreensão do ambiente térmico e dos efeitos do estresse térmico por calor nos animais e na produção e qualidade do leite são essenciais para o desenvolvimento de técnicas que melhorem a produtividade e o bem-estar animal. Essa é uma área que deve ter um estudo contínuo, frente ao aumento da média das temperaturas globais e o aumento da produção de calor metabólico causado por conta da busca pela alta produção leiteira.

Referências

ALLEN, J. D. et al. 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, jan. 2015.

ANDERSON, S. D. et al. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 7, p. 4738-4750, jul. 2013.

BAGATH, M. et al. The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. **Research in Veterinary Science**, London, v. 126, p. 94-102, out. 2019.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 1, n. 1, p. 311-337, jan. 2013.

BANDARANAYAKA, D. D.; HOLMES, C. W. Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding. **Tropical Animal Health and Production**, Edimburgo, v. 8, n. 1, p. 38-46, dez. 1976.

BERNABUCCI, U et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 1, p. 471-486, jan. 2014.

BOYU, J. et al. A review of measuring, assessing, and mitigating heat stress in dairy cattle. **Biosystems Engineering**, London, v. 199, n. 1, p. 4-26, nov. 2020.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A. Heat stress risk factors of feedlot heifers. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 105, n.1, p. 57-68, dez. 2006.

CAROPRESE, M. et al. Effects of shade and flaxseed supplementation on the welfare of lactating ewes under high ambient temperatures. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 102, n. 2-3, p. 177-185, fev. 2012.

CHEBEL, R. C. et al. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 84, n. 3-4, p. 239-255, set. 2004.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Dairy cows use and prefer feed bunks fitted with sprinklers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 8, p. 5035-5045, ago. 2013.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Sprinkler flow rate affects dairy cattle avoidance of spray to the head, but not overall, in a aversion race. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 179, p. 23-31, jun. 2016.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1244-1253, abr. 2006.

COPPOCK, C. E. et al. Lactating dairy cow responses to dietary sodium, chloride, and bicarbonate during hot weather. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, n. 4, p. 566-576, abr. 1982.

DE AZEVEDO, M. et al. Estimation of Upper critical levels of the temperature-humidity index for $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ and $\frac{7}{8}$ lactating Holstein-Zebu dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, dez. 2005.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. **Theriogenology**, Stoneham, v. 60, n. 6, p. 1139-1151, out. 2003.

HASSAN, A.; ROUSSEL, J. D. Effect of protein concentration in the diet on blood composition and productivity of lactating Holstein cows under thermal stress. **The Journal of Agricultural Science**, Reino Unido, v. 85, n. 3, p. 409-415, mar. 1975.

HU, H. et al. The effect of heat stress on gene expression. And synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, Reino Unido, v. 87, n. 1, p. 84-91, jan, 2016.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. **Bovinocultura Leiteira**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 33-48, jan. 1990.

JORGE-SMEDING, E. et al. Short-term heat stress is associated with changes in the amino acid metabolism in dairy cows: a plasma and milk metabolomic study. **Animal – Science Proceedings**, Champaign, v. 13, n. 3, p. 442-443, ago. 2022.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 59-91, out. 2002.

LEI, L. et al. Effects of acute heat stress on gene expression of brain-gut neuropeptides in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*). **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 11, p. 5194-5201, nov. 2013.

LEVIT, H. et al. Dynamic cooling strategy based on individual animal response mitigated heat stress in dairy cows. **Animal**, Petit Bourg, v. 15, n. 2, p. 1-7, fev. 2021.

MCDOWELL, R. E. et al. Effect of heat stress on energy and water utilization on lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 52, n. 2, p. 188-194, fev. 1969.

MORRISON, S. R. Ruminant heat stress: Effect on Productions and means of alleviation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, n. 6, p. 1594-1600, dez. 1983.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 139-142, abr. 2001.

PEARCE, S. C. et al. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 12, p. 5444-5454, dez, 2014.

PEREIRA, M. H. C. et al. Timed artificial insemination programs during the summer in lactating dairy cows: Comparison of the 5-d Cosynch protocol with an estrogen/progesterone-based protocol. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 11, p. 6904-6914, nov. 2013.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, nov. 2017.

PRAGNA, P et al. Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. **International Journal of Dairy Science**, Paquistão, v. 12, n. 1, p. 1-11, ago. 2016.

RATNAKARAN, A. P. et al. Behavioral responses to livestock adaption to heat stress challenges. **Asian Journal of Animal Sciences**, Paquistão, v. 11, n. 1, p. 1-13, jan. 2016.

RAZZAGHI, A.; GHAFFARI, M. H.; RICO, D. E. The impact of environmental and nutritional stress on milk fat synthesis in dairy cows. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v. 83, n. 1, 2023.

RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock productions. **Animal**, Petit Bourg, v. 6, n. 5, p. 707-728, maio 2012.

SCHÜLLER, L. K.; MICHAELIS, I.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field conditions in dairy cows. **Theriogenology**, Stoneham, v. 102, n. 1, p. 48-53, out. 2017.

SPIERS, D. E. et al. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat stressed dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, Nova York, v. 29, n. 7-8, p. 759-764, out. 2004.

THOMPSON-CRISPI, K. et al. Bovine mastitis: Frontiers in immunogenetics. **Frontiers in Immunology**, Lausana, v. 5, n. 493, p. 1-10, out. 2014.

WEST, J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 6, p. 2131-2144, jun. 2003.

WEST, J. W.; MULLINIX JUNIOR, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 8, p. 2324-2337, jan. 2003.

WESTCOTT, N. E. The prolonged 1954 Midwestern U.S. Heat wave: Impacts and responses. **Weather, Climate, and Society**, Boston, v. 3, n. 3, p. 165–176, jul. 2011.

WESTWOOD, C. T.; LEANT, I. J.; GARVIN, J. K. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: A multivariate description. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 12, p. 3225-3237, dez. 2002.

YANG, L. et al. Alterations in nutrient digestibility and performance of heat-stressed dairy cows by dietary L-theanine supplementation. **Animal Nutrition**, Beijing, v. 11, n. 1, p. 350-358, dez. 2022.

ZHOU, M. et al. Effects of increasing air temperature on skin and respiration heat loss from dairy cows at different relative humidity and air velocity levels. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 105, n. 8, p. 7061-7078, ago. 2022.

Produção orgânica: comparativo entre Brasil e Estados Unidos com enfoque na produção de leite

Organic production: comparison between Brazil and the United States with a focus on milk production

Maria Clara Barbosa Buzato; Fabiana Cunha Viana Leonelli

1. Introdução

No mundo atual, o consumidor está cada vez mais exigente; com um maior acesso às informações, os indivíduos passaram a buscar por alimentos que visam a sustentabilidade, o bem-estar animal, a conservação ambiental e preço justo. Apesar desta orientação de consumo ser maior atualmente, desde 1970, um grupo de produtores já viam a importância de se pensar em todos os pilares e com isso nasceu a Federação Internacional de Movimentos de Agricultura Orgânica ou IFOAM, organização que iniciou o movimento da produção orgânica, que vem crescendo mais a cada ano (IFOAM, 2022; MACHADO, 2021).

Nos Estados Unidos, o início dessa produção se deu com a criação da Lei de Produção de Alimentos Orgânicos, em 1990. Já no Brasil, em 2003, o governo passou a regulamentar a produção orgânica, através da Lei Federal nº 10.831. Em ambas as leis, é justificado que o sistema orgânico é aquele em que se adotam técnicas específicas, no qual se visa otimizar o uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, respeitando a integridade das propriedades rurais. Tem como principal objetivo, sempre que possível, o não uso de materiais sintéticos ou geneticamente modificados, em qualquer fase do processo produtivo (BRASIL, 2003; USA, 1990).

A produção e consumo de leite orgânico no Brasil ainda é baixa, principalmente quando comparada à produção convencional ou orgânica dos Estados Unidos. No entanto, a cada ano a pecuária leiteira orgânica cresce, ganhando cada vez mais espaço entre os consumidores brasileiros e no mundo. Nos EUA, essa produção está bem estabelecida, com inúmeros consumidores que

priorizam esse tipo de produto, muitas vezes tendo como problema a escassez de oferta e, deste modo, sendo um dos países que mais importa alimentos orgânicos (MACHADO, 2021; LI; PETERSON; XIA, 2018).

Portanto, esta revisão bibliográfica tem como objetivo levantar e comparar dados de produção e consumo de leite orgânico, entre Brasil e Estados Unidos. A partir deste levantamento, pretende-se avaliar o crescimento da produção e consumo de leite orgânico nos dois países e traçar cenários para a atividade pecuária leiteira orgânica no Brasil.

2. Desenvolvimento

Essa é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram Agricultural Marketing Service, Centro de Inteligência em Orgânicos, IFOAM, MAPA, Portal Capes, utilizando as palavras-chave: Brasil, consumo, Estados Unidos, leite orgânico e produção. Apenas artigos e livros publicados entre 1990 e 2022 foram utilizados.

2.1 Produção Orgânica

No final do século XIX e início do século XX, a agricultura passou a tomar novas proporções, tornando-se cada vez menos sustentável. Com isso, iniciou-se uma grande preocupação com os rumos que a produção poderia tomar, fazendo com que um grupo de produtores passassem a pesquisar meios que solucionassem os futuros problemas que a agricultura poderia causar, principalmente, no meio ambiente. Em 1970, esse grupo de pioneiros passaram a difundir a ideia da agricultura orgânica, dando início a Federação Internacional de Movimentos de Agricultura Orgânica. Segundo a IFOAM, a produção orgânica é um sistema que tem como propósito promover a saúde dos solos, ecossistemas e indivíduos. A agricultura orgânica tem como princípio a tradição, inovação e ciência de modo que beneficia o espaço coletivo, possibilita relacionamentos justos, de forma que assegure uma boa qualidade de vida a todos envolvidos na produção

Já a pecuária orgânica, tem seu início no começo dos anos 2000, com foco principalmente no manejo dos rebanhos. Juntando a pecuária com a produção

orgânica, há a união de regras que respeitam os princípios da agricultura orgânica, utilizando insumos de origem orgânica, bem-estar animal, assim, tornando toda a produção mais sustentável. Além da valorização do produto, seja da carne ou do leite, nas prateleiras (AVILA, 2020).

Em 2020, o *Research Institute of Organic Agriculture* divulgou que, em 2018, o número de terras agrícolas orgânicas no mundo chegou a 71,5 milhões de hectares, 2,8 milhões de produtores e 186 países praticando esse tipo de atividade. O país com maior área de produção orgânica é a Austrália, seguido pela Argentina e o país com maior número de produtores é a Índia, com um total de mais de 1 milhão de agricultores orgânicos (WILLER et al., 2020).

Em 2018, no mundo foram gerados 105,5 bilhões de dólares com a exportação de comidas e bebidas orgânicas, sendo os Estados Unidos, Alemanha, França e China os países que mais importaram. Já a Austrália possui a maior parte dos seus hectares de produção orgânica destinada à exportação, o principal produto exportado é a carne bovina, já que a pecuária extensiva é uma das principais atividades orgânicas no país (LAWSON et al., 2018; MACHADO et al., 2021).

2.2 Consumo de Produtos Orgânicos no Brasil

O consumo de produtos orgânicos no Brasil vem crescendo com o passar dos anos. Segundo os dados do Censo Agropecuário do IBGE em 2017, houve um aumento de mais de 1000% das propriedades orgânicas, entre os anos de 2006 a 2017. Esse aumento se dá principalmente pela confiança dos consumidores por esses produtos, que são rastreáveis, sendo possível saber a sua origem. Atualmente, os consumidores passaram a ser mais exigentes, buscando por itens de qualidade e que sejam menos agressivos ao meio ambiente, sendo essa a ideia da produção orgânica, que une critérios de sustentabilidade social, ambiental e econômica (AVILA, 2020; TALLMANN; ZASSO, 2019).

Segundo Lima-Filho, Quevedo-Silva e Foschaches (2012) e Avila (2020), o que leva os consumidores a optarem por produtos orgânicos, principalmente, é a saúde, estilo de vida e a preservação ambiental, já que essa produção não há uso

de fertilizantes químicos e pesticidas, garantido a conservação do meio ambiente e sendo menos prejudicial a saúde. Os estudos feitos por esses autores também constataram que o maior público consumidor desses produtos são pessoas mais velhas, acima de 50 anos, de classe média e com ensino médio, a maioria participa de projetos sociais ou ambientais, traçando um possível público-alvo.

No entanto, ainda há algumas objeções sobre esses produtos. De acordo com Kasemodel (2016) através de uma pesquisa feita com consumidores, a maioria dos participantes da pesquisa que relataram não se alimentar com produtos orgânicos apontaram como justificativa o alto valor agregado, a menor disponibilidade de produtos, a falta de conhecimento ou até da confiança nesse tipo de produção.

Resultados assim também foram encontrados nos estudos de Soares, Deliza e Oliveira (2008) e Lima-Filho, Quevedo-Silva e Foschaches (2012), registrando que mesmo após anos os obstáculos para o crescimento da produção orgânica é o mesmo, sendo esse um ponto de atenção, tanto das empresas quanto do governo, pois se ocorresse o incentivo à políticas governamentais relacionadas à propagação de informação sobre os benefícios dos produtos orgânicos para a saúde e o meio ambiente à população, aumentaria a confiança do consumidor e, conseqüentemente, aumentando mais a produção e levando a uma possível redução dos preços.

Em todas as pesquisas, não foi possível encontrar maiores detalhes sobre consumo especificamente do leite orgânico no Brasil. As possíveis justificativas para isso seria o alto custo, comparado ao leite convencional e as outras possibilidades de “leites”, como os vegetais (MACHADO et al., 2021).

Mesmo com dificuldades em encontrar dados atuais e precisos sobre o consumo orgânico no Brasil, em 2017, segundo Willer et al (2020) o país era o maior mercado consumidor de orgânicos da América Latina, ocupando a 16ª posição mundial. Apesar disso, o consumo per capita de orgânicos no Brasil foi de apenas 4 euros, em 2018, sendo 31% a menos do que em países europeus e Estados Unidos, que possui um gasto per capita de 124,50 euros.

Em 2020, a Confederação Nacional da Indústria fez um estudo com o nome “Perfil do Consumidor Consciente”, em que se foi perguntado sobre um consumo sustentável e se os participantes estariam dispostos a pagar mais caro por esses produtos, 36% disseram que sim, pagariam mais caro por eles. Foi possível analisar que 52% dos participantes que possuíam renda familiar superior a 5 salários mínimos, escolheriam o alimento orgânico mesmo que tivessem que pagar mais caro, no entanto essa porcentagem é bem menor quando se trata de famílias com renda familiar de 1 salário mínimo, chegando a apenas 26% (CNI, 2020).

2.2.1 Produção de Leite Orgânico no Brasil

Na pecuária orgânica, toda a cadeia produtiva deve seguir as regras da produção orgânica, desde os animais até os insumos que serão utilizados. Toda propriedade deve possuir documentos e registros das operações que foram feitas durante toda produção, para que seja possível a rastreabilidade e avaliação dos riscos e dos pontos críticos que podem influenciar na qualidade orgânica do produto final. No Plano de Manejo Orgânico deve conter informações sobre a aquisição, produção e uso de insumos, vendas e saída de produtos e as áreas ocupadas com culturas e criações, sendo necessário que a origem de tudo que for usado seja de produções orgânicas ou autorizadas pelos órgãos competentes (BRASIL, 2021).

Na portaria do MAPA Nº 52 de 2021, é possível encontrar as exigências que uma propriedade produtora de leite deve seguir, para se enquadrar como leite orgânico. Entre essas exigências estão o período de conversão, quando o animal é adquirido de uma propriedade não orgânica, no caso do rebanho leiteiro é de 12 meses, da amamentação dos bezerros que nos primeiros 7 dias deve ser, obrigatoriamente, na mãe ou em uma fêmea substituta, a relação volumoso e concentrado, entre outros. Se a propriedade seguir as normas citadas na referida Portaria e estiver cadastrada no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, plataforma que foi criada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a fazenda tem o direito de certificação e o selo orgânico em seus

produtos, desde que comprove o cumprimento das ações previstas no Plano de Manejo Orgânico (FIGURA 1). Essa certificação é dada por um organismo de terceira parte reconhecido credenciado pelo MAPA. Todo leite orgânico é vendido com este selo, assim, o consumidor consegue distinguir qual produto vem de uma produção orgânica ou não (BRASIL, 2003, 2021).

Figura 1 - Selo Orgânico Brasileiro.



Fonte: O Globo, 2014.

Em 2017, no Brasil havia 76 produtores de orgânicos lácteos registrados no MAPA, tendo como principais regiões Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Já em 2021 eram 96 propriedades, demonstrando um aumento de 26% de produtores que utilizam da agricultura orgânica na produção de leite. Atualmente, existem no país em torno de 136 produtores. Esses números mostram que há uma crescente nesse tipo de produção, que apesar de ainda não representar uma grande porcentagem de produtos nas prateleiras, vem ganhando espaço no mercado (MACHADO et al., 2021).

Com o crescimento da procura por esses produtos, grandes empresas passaram a investir na pecuária leiteira orgânica. Um exemplo, é a Nestlé que em 2018 lançou um produto de aveia orgânica e em 2019 lançou uma linha de leite em pó orgânico, investindo, em 2018, mais de 23 milhões de reais. Outro exemplo, é a Danone que em 2019 o seu produto derivado do leite tipo Petit Suisse orgânico, além de trabalhar em conjunto com 8 fornecedores de orgânicos. No entanto, ambas as empresas diminuíram ou pararam suas produções, demonstrando como a falta de incentivo, principalmente de políticas governamentais relacionadas à propagação de informação sobre os produtos

orgânicos e de incentivo aos produtores, evita um maior crescimento do mercado de alimentos orgânicos (; SILVANO, 2018; MACHADO et al., 2021.).

No Brasil, a Korin Agricultura é uma das empresas que atua no mercado de orgânicos e oferece suporte técnico a produtores para a transição do modelo convencional de produção de leite, para a produção orgânica. Em 2020, os 31 produtores certificados que recebiam esse suporte, já haviam alcançado a produção diária de 35 mil litros de leite orgânico, com um total de 2700 vacas em lactação e ocupando uma área de 1.250 hectares de grãos e pastagens (LEITE..., 2020).

2.3 Consumo do Leite Orgânico nos Estados Unidos

O consumo de leite orgânico nos Estados Unidos passou a ser mais evidente nos anos 90. Em 1991 os alimentos orgânicos eram vendidos, em sua maioria, somente nas lojas em que vendiam produtos naturais. Com o alto crescimento do mercado consumidor, em 2005 esses produtos passaram a chegar nas prateleiras de redes de supermercados grandes, como Walmart e Costco. Nesse mesmo ano, as vendas de leite orgânico chegaram a 1 bilhão de dólares. Em 2007, ainda não havia pesquisas com o enfoque nos consumidores de leite orgânico, assim, tendo maior conhecimento dos consumidores de alimentos orgânicos em um geral. No Brasil, a maioria das pesquisas também não são voltadas para o produto, evidenciando ainda uma baixa procura pelo leite de produtores orgânicos (DIMITRI; VENEZIA, 2007).

As pesquisas realizadas nos Estados Unidos apresentaram divergências sobre quais grupos étnicos eram o maior consumidor, quanto a idade do público-alvo, estudos consideraram dois grupos médios, 18 a 29 anos e de 45 a 49 anos. Já na pesquisa feita pelo Hartman Group, foi feita uma comparação entre os anos de 2010, 2016 e 2020, do número de consumidores que compram alimentos orgânicos no dia a dia, entre 2010 e 2020 houve um aumento de 2%. A geração que mais busca por esses alimentos são os millennials, que envolve pessoas da faixa etária entre 25 até 40 anos. Obtendo resultados diferentes quando comparado aos

encontrados no Brasil, que seus consumidores eram acima de 50 anos (LOHR; SEMALI, 2000; THE CULTURE..., 2020; THOMPSON, 1998).

Em 2020 foi feita uma nova pesquisa sobre o consumo de alimentos orgânicos nos Estados Unidos, do total de 332 milhões dos entrevistados, apenas 94 milhões de pessoas afirmaram que consomem alimentos e bebidas orgânicas. O principal alimento que as pessoas consomem, segundo essa pesquisa, foi a carne, seguido do iogurte, leite não foi citado, porém há vários derivados lácteos além do iogurte (U.S..., 2020a; U.S..., 2020b).

Apesar do fácil acesso aos produtos orgânicos, ainda existem alguns obstáculos para os consumidores. Entre eles, está o alto preço, produtos orgânicos geralmente tem um custo maior quando comparado ao convencional, sendo possível analisar isso no relatório da AMS. Outro ponto é que nem sempre é possível encontrar uma grande variedade de produtos, fazendo com que o consumidor fique preso a poucas opções (AMS, 2022d; DIMITRI; VENEZIA, 2007).

Após uma queda nas vendas dos produtos orgânicos, em 2015 os Estados Unidos obtiveram um recorde nas vendas desses produtos, alcançando 43,3 bilhões de dólares, um aumento de mais de 4000% quando comparado ao ano de 2005. Leite e produtos originados do leite, ocupam a segunda posição de produtos mais vendidos, equivalente a 6 bilhões de dólares em vendas, sendo responsável por 15% do total de vendas de alimentos orgânicos no país (LI; PETERSON; XIA, 2018; MCNEIL, 2016).

Em 2020, segundo Tom Chapman, com a pandemia os consumidores passaram a buscar por alimentos mais naturais, além de que a produção de orgânicos foi mais flexível, não ocorrendo tanta escassez. Com isso, o consumo de orgânicos foi aumentando, pois essa atividade conseguiu se adaptar às respostas ao consumidor e ao do produtor, sendo isso um fato crucial para o crescimento e sucesso contínuo do orgânico (KOVALCIK, 2022).

2.3.1 Produção de Leite Orgânica nos Estados Unidos

Em 1990 foi criada a Lei de Produção de Alimentos Orgânicos, nela já era exigido dos produtores que seja enviado um plano de manejo, em que contenha os métodos, práticas e substâncias que serão utilizadas na produção, para que a mesma possa ser considerada orgânica. Em 2001, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) publicou o parecer final sobre as regras da produção de produtos orgânicos complementando a lei de 1990. Da mesma maneira que a Instrução Normativa Nº52, nesse documento da USDA, é possível encontrar todas as exigências que uma propriedade produtora orgânica, inclusive de leite, deve seguir (AMS, 2001; USA, 1990).

Desde então já foram criados mais de 90 documentos, com exigências cada vez mais atualizadas ou para alguma produção específica, entre eles, também há espaços abertos para os produtores opinarem e comentarem sobre possíveis melhorias e mudanças. Além disso, foi criado o NOP, National Organic Program, nele é possível encontrar os documentos com as exigências, o NOP também é responsável por credenciar organizações terceirizadas, que irão certificar as fazendas e empresas, que atenderem aos padrões orgânicos. É importante que haja essa certificação, para que sejam cumpridos os padrões, garantindo condições iguais para os produtores e protegendo a confiança do consumidor. Assim como no Brasil, os produtos orgânicos recebem um selo (FIGURA 2) em seus rótulos, no entanto o uso é facultativo, assim, nem sempre produtos orgânicos serão encontrados com ele. Esse selo, também é usado quando o produto possui pelo menos 95% dos ingredientes de origem orgânica (AMS, 2022b; DIMITRI; VENEZIA, 2007).

Figura 2: Selo Orgânico dos EUA.



Fonte: AMS, 2022.

As regras quanto a certificação nos Estados Unidos difere um pouco das do Brasil, por exemplo, produtores que possuem uma venda anual de 5 mil dólares estão isentos da certificação, assim podem vender em feiras ou outros locais o produto como orgânico, mesmo que não possua certificação. No Brasil, para ter um produto vendido como orgânico é necessário certificação, independente do quanto se vende ou se produz. Outro ponto, estabelecimentos que vendem, mas não produzem alimentos e bebidas orgânicas também estão isentos da certificação, já no Brasil não há nada que especifique sobre isso (BRASIL, 2021; MORGERA; CARO; DURAN, 2012; AMS, 2001).

Em 2007, havia dois grandes laticínios responsáveis por 75% dos produtos lácteos produzidos nos Estados Unidos, eram eles a Organic Valley, uma cooperativa independente em atividade desde 1988 e a outra é Horizon Organic, que produz leite orgânico desde 1992. Em 2008, havia 10.903 propriedades orgânicas, possuindo uma área de 4 milhões de acres, equivalente a mais de 1 milhão de hectares. Já em 2019, esse número subiu para 16.500 fazendas orgânicas, com uma área de 5,5 milhões de acres, sendo um crescimento de quase 60% e 500%, respectivamente. O estado da Califórnia, era o maior produtor de orgânicos, em 2019, arrecadando mais de 3,5 bilhões de dólares, até 2021, ano em que foi possível encontrar as atualizações o estado permanecia na frente, tendo uma área de produção que representa 25% do total dos Estados Unidos (DIMITRI; VENEZIA, 2007; THE US STATES..., 2022; WILSON, 2021).

Atualmente, nos relatórios da AMS, foi possível encontrar os números de lojas que vendem produtos de origem láctea orgânico, sendo um total de 6331,

além disso, também foi possível encontrar quais os principais produtos orgânicos fabricados a partir do leite, 68% são representados pelo leite fluido, 17% iogurte e 5% tanto para a manteiga, nata e sorvete (AMS, 2022c).

O Departamento de Agricultura dos EUA, em março de 2022, publicou o texto final sobre a origem da pecuária para laticínios orgânicos. Nesta regra, será garantido aos produtores de laticínios orgânicos, um mercado mais competitivo e justo, garantindo que os produtos sejam produzidos com o mesmo padrão. Além disso, fica proibido que os laticínios orgânicos adquirem animais que passaram por transição. A partir do momento em que a propriedade é certificada como orgânico, os animais devem ser manejados como orgânicos a partir do último terço da gestação. Podem ocorrer exceções, mas essas devem ser solicitadas. Com isso, o consumidor pode ter mais segurança na hora de adquirir um produto lácteo orgânico (USDA, 2022).

3. Considerações Finais

A partir da comparação entre o consumo de orgânicos entre o Brasil e os Estados Unidos, é possível concluir que os americanos são mais adeptos ao consumo de orgânicos. Algumas justificativas para isso, podem ser a maior produção, maior conhecimento e maior variedade de produtos, além de ser uma produção já consolidada com duas grandes empresas em destaque. Não desprezível, também são as questões relativas ao poder aquisitivo do consumidor americano, frente às condições socioeconômicas do consumidor brasileiro, visto que usualmente, o produto orgânico possui preços mais elevados em comparação ao convencional. Estes são aspectos que, embora não tenham sido escopo deste trabalho, podem ser explorados em trabalhos futuros.

Nos EUA, o consumo de derivados lácteos é grande, sendo um cenário de consumo que pode ser traçado para o Brasil, já que o foco do país, ainda, é a carne e o leite fluido. Os derivados, geralmente, já possuem um valor agregado mais alto, assim, após uma pesquisa de mercado, seria possível entender se os derivados orgânicos não teriam espaço entre esses consumidores. Outro ponto, tanto no Brasil quanto nos EUA, é a falta de pesquisa dos consumidores de leite

fluido e seus derivados, sendo difícil focar em um grupo de consumidores e atender suas exigências.

Quanto à produção, há grandes diferenças entre o Brasil e os EUA, como a forma de certificação, quem pode ser certificado e até da quantidade de portarias que respaldam os produtores, inclusive nos EUA, a última portaria é bem recente, sendo de 2022. Esse cenário faz com que os produtores tenham mais segurança em investir nessa produção.

Outro ponto, é que no site da AMS é possível encontrar relatórios atualizados, das vendas de orgânicos, algo que seria interessante para os produtores brasileiros, dessa forma, seria possível acompanhar o crescimento ou não do consumo, regiões que mais compram, para trazer mais segurança para os produtores e para os lugares que vendem esses produtos.

Apesar da produção de orgânicos no Brasil estar crescendo, ainda faltam incentivos e segurança para o produtor, sendo interessante para o país, não acompanhar só a produção dos EUA, como dos demais países que já apresentam produções consolidadas. Para entender onde e como investir, de forma que a produção possa se consolidar cada vez mais no mercado, atendendo as expectativas dos consumidores.

Referências

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE - AMS. **Proposed rules.** [Washington]. Disponível em: https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/proposed-rules?field_term_rules_regulations_target_id=111. Acesso em: 29 out. 2022a.

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE - AMS. **National organic program.** [Washington]. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/about-ams/programs-offices/national-organic-program>. Acesso em: 29 out. 2022b.

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE – AMS. Organic dairy fluid overview. **Organic Dairy Market News**, [Washington], v. 84, art. 44, 2022c. Disponível

em: <https://www.ams.usda.gov/mnreports/dybdairyorganic.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE - AMS. **AMS weekly retail organic price comparison**. 2022. [Washington]. Disponível em: https://www.ams.usda.gov/mnreports/wa_lo101.txt. Acesso em: 29 out. 2022d.

AGRICULTURAL MARKETING SERVICE – AMS. **Final rule with request for comments**. Federal Register, [Washington], v. 65, n. 246, p. 80548-80684, 2001. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2001NOPFRule%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

AVILA, P. R. **Análise do mercado de produtos orgânicos com ênfase na pecuária orgânica de 2012 a 2019**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositoria.ucs.br/xmlui/handle/11338/7371/>. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Justiça. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 8, 24 dez. 2003. Disponível em: https://planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831htm. Acesso em: 29 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Cadastro nacional de produtores orgânicos**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília,

DF, n. 55, p. 10, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>. Acesso em: 2 nov. 2022.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM ORGÂNICOS - CNI. **Perfil do consumidor: consumo consciente**. Rio de Janeiro: CNI, 2020.

DIMITRI, C.; VENEZIA, K. M. Retail and consumer aspects of the organic milk market. **Economic Research Service**, [Washington], May. 2007. Disponível: ers.usda.gov/webdocs/outlooks/37398/11609_ldpm15501_1_.pdf?v=1122.4. Acesso em: 29 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 01 out. 2022.

IFOAM - Organics International. Bonn, 2022. Disponível em: <https://www.ifoam.bio/>. Acesso em: 29 set. 2022.

KASEMODEL, M. G. C. ; MAKISHI, F. ; SOUZA, R. C. ; SILVA, V. L. S. . Following the trail of crumbs: A bibliometric study on consumer behavior in the Food Science and Technology field. **International Journal Of Food Studies** , v. 5, p. 73-83, 2016.

KOVALCIK, R. 2022 Organic industry survey shows steady growth, stabilizing purchasing patterns. **Organic Trade Association**, Washington, 2022. Disponível em: <https://ota.com/news/press-releases/22284>. Acesso em: 1 nov. 2022.

LAWSON, A. *et al.* **Australian organic market report 2018**. Nundah, Australia: Australian Organic Ltd, 2018.

LEITE orgânico: o segredo por trás do case de sucesso no interior de SP. **Milkpoint**, 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidades-parceiros/leite-organico-o-segredo-por-tras-do-case-de-sucesso-no-interior-de-sp-217827/>. Acesso em: 2 nov. 2022.

LI, X.; PETERSON, H. H.; XIA, T. **Demand for organic fluid milk across marketing channels**. 2018. Disponível em: <https://www-cambridge.ez67.periodicos.capes.gov.br/core/services/aop-cambridge-core/content/view/5803516D4297B0B736996D9D4E84FA2A/S1068280517000338a.pdf/demand-for-organic-fluid-milk-across-marketing-channels.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

LIMA-FILHO, D. O.; QUEVEDO-SILVA, F.; FOSCACHES, C. A. L. A profile of the Brazilian consumers of organic products. **African Journal of Business Management**, Lagos, v. 6, n. 23, p. 6939–6947, 2012.

LOHR, L.; SEMALI, A. Retailer decision making in organic produce marketing. *In*: FLORKOWSKI, W. J.; PRUSSIA, S.E.; SHEWFELT, R.L. (ed.). **Integrated view of fruit and vegetable quality**. Lancaster, PA: CRC Press, 2000. p. 201-208.

MACHADO, F. S. *et al.* (ed.). **Leite orgânico: cenário da pecuária leiteira orgânica no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. (Documentos 260).

MANÇO, C. **Pecuária orgânica leiteira**. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 2017. Disponível em: https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2017/10/Pecuarria-Organica-Leiteira_web.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

MCNEIL, M. U.S. organic sales post new record of \$43.3 billion in 2015. **Organic Trade Association**, Washington, 2016. Disponível em: <https://www.ota.com/news/press-releases/19031>. Acesso em: 29 out. 2022.

MORGERA, E.; CARO, B. C.; DURAN, G. M. **Organic agriculture and the law**. Roma: FAO, 2012.

O GLOBO. **Selo de produtos orgânicos ganha novo visual**. 2014. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/defesa-do-consumidor/selo-de-produtos-organicos-ganha-novo-visual-13014411>. Acesso em: 31 out. 2022.

SILVANO, J. O projeto da Nestlé para lançar seu leite orgânico no Brasil em 2019. **Centro de Inteligência em Orgânicos**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/noticia/o-projeto-da-nestle-para-lancar-seu-leite-organico-no-brasil-em-2019/>. Acesso em: 31 out. 2022.

SOARES, L. L. S.; DELIZA, R.; OLIVEIRA, S. P. The Brazilian consumer's understanding and perceptions of organic vegetables: a Focus Group approach. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 241–246, 2008.

TALLMANN, H.; ZASSO, J. Sustentabilidade de ponta a ponta. **Retratos**, Rio de Janeiro, n. 17, p. 6-9, jul./ago. 2019.

THE CULTURE of organic today: who buys organic and why. **The Hartman Group**, Washington, 2020. Disponível em: <https://www.hartman-group.com/newsletters/1291505642/the-culture-of-organic-today-who-buys-organic-and-why>. Acesso em: 29 out. 2022.

THE US STATES with the most organic farms. **Madison.com**. 2022. Disponível em: https://madison.com/lifestyles/food-and-cooking/the-us-states-with-the-most-organic-farms/collection_d5bd05ad-64ba-52b1-9a0d-a59283ad1a1c.html?utm_source=Organic+Insider+Newsletter&utm_campaign=7db3b0a376-. Acesso em: 1 nov. 2022.

THOMPSON, G. D. Consumer demand for organic foods: what we know and what we need to know. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 80, no. 5, p. 1113–18, 1998.

UNITED STATES OF AMERICA. Congress. **S.2108 - Organic Foods Production Act of 1990**. 1990. Disponível em:

[https://www.congress.gov/bill/101st-congress/senate-bill/2108#:~:text=Organic%20Foods%20Production%20Act%20of%201990%20%2D%20Title%20I%3A%20National%20Standards,agricultural%20products%3B%20\(3\)%20a](https://www.congress.gov/bill/101st-congress/senate-bill/2108#:~:text=Organic%20Foods%20Production%20Act%20of%201990%20%2D%20Title%20I%3A%20National%20Standards,agricultural%20products%3B%20(3)%20a). Acesso em: 29 de out. 2022

U.S.: consumption of organic foods 2020. **Statista**, New York, 2020a. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/281197/us-households-consumption-of-organic-foods>. Acesso em: 1 nov. 2022.

U.S.: types of organic foods consumed 2020. **Statista**, New York, 2020b. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/281201/us-households-types-of-organic-foods-consumed/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

USDA Press. U.S. Department of Agriculture. **USDA Publishes Origin of Livestock Final Rule for Organic Dairy**. Washington, 2022. Disponível em: <https://www.usda.gov/media/press-releases/2022/03/29/usda-publishes-origin-livestock-final-rule-organic-dairy>. Acesso em: 1 nov. 2022.

WILLER, H. *et al.* **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2020**. Bonn: FiBL, IFOAM, 2020.

WILSON, H. Positive outlook seen for organic agriculture in 2022. **The Organic and Non-GMO Report**, Fairfield, 2021. Disponível em: <https://non-gmoreport.com/articles/positive-outlook-seen-for-organic-agriculture-in-2022/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

Creep-feeding, estratégia nutricional para aumentar a produtividade dos bezerros de corte

Creep-feeding, nutritional strategy to increase the productivity of beef calves

Marlon Gabriel Moura de Souza, Germán Darío Ramírez Zamudio

1. Introdução

Publicações da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), mostrou que em 2018 foram produzidas mais de 342 milhões de toneladas de carne no mundo, com um crescimento de 47% quando comparada à produção do ano 2000. Isso mostra que a demanda por alimento está em constante crescimento e que a carne bovina contribui com aproximadamente 20% da oferta. O Brasil, com 9,7 milhões de toneladas equivalente em carcaça, responde por 23% do mercado internacional de carne bovina, o que cataloga o país como o maior exportador mundial, acima de Estados Unidos, Índia e Austrália (ABIEC, 2020). Devido às dimensões territoriais do país, solo produtivo e condições climáticas, favorecem à produção de alimento em larga escala, e em caso da carne bovina, 90% é produzida em sistemas a pasto (NETO, 2018). Mesmo com grande potencial para produzir carne a pasto, a sazonalidade climática faz com que a oferta de nutrientes pela pastagem não seja homogênea e suficiente para suprir as exigências nutricionais dos animais, sendo esse o fator limitante para a produção (FERRAZ; FELICIO, 2010).

Nessa constante evolução, o sistema de criação extensivo de bovinos de corte ainda é pouco produtivo quando comparado ao seu potencial. Pois uma grande proporção de empreendimentos abate animais com uma idade entre 30 e 42 meses e peso corporal de 450 a 500 kg (FERRAZ; FELICIO, 2010). Nesse contexto, bezerros mais pesados ao desmame permitem abater animais com idade abaixo de 16 meses (ALMEIDA et al., 2018). Por outro lado, na fase precoce de vida, por exemplo durante o aleitamento, os bezerros são muito mais eficientes para absorver nutrientes e convertê-los em maior ganho de peso (VALENTE et

al., 2012). No entanto, nessa fase de produção, há um declínio na curva de lactação das vacas, as pastagens apresentam uma diminuição em massa e valor nutritivo devido à sazonalidade, enquanto as exigências nutricionais do bezerro aumentam com a progressão do crescimento (FONSECA et al., 2012).

Inicialmente, o sistema creep-feeding foi concebido para aumentar o peso dos bezerros ao desmame (VALENTE et al., 2012) o que reflete em um menor tempo de abate e melhoria na qualidade da carcaça (CARVALHO et al., 2019). Mas, também a aplicação desta estratégia, reduz a pressão de pastejo, alivia a pressão sobre a vaca por uma redução no número de amamentações e, prepara ao bezerro para consumo de ração em fases de produção subsequentes (ALMEIDA et al., 2018). Geralmente, a inclusão de ingredientes com alto teor de proteína nos suplementos para bezerros em crescimento tem sido indicados para aumentar seu desempenho em sistemas de pastejo em gramíneas tropicais (DETMANN et al., 2014). No entanto, existem discrepâncias nos estudos sobre o teor de proteína e energia que devem conter os suplementos utilizados no sistema creep-feeding. Pois, um suplemento com alto teor de proteína pode reduzir o consumo de forragem com impacto negativo sobre o ganho de peso (LOPES et al., 2014). Por outro lado, quando o suplemento tem um baixo teor de proteína e mais energia, reduz a capacidade de digestão de fibras da forragem, o que afeta o desempenho do animal (VALENTE et al., 2014). Adicionalmente, o sistema creep-feeding costuma ser de livre fornecimento, portanto, ofertas elevadas de suplemento afetam a digestão da fibra do pasto, com consequências negativas no desempenho do bezerro (LOPES et al., 2017).

Portanto, a suplementação de bezerros em crescimento deve ser criteriosa e adequada às condições de produção de cada sistema, exigindo uma avaliação de cada dieta indicando se há equilíbrio entre os alimentos fornecidos e se as necessidades do animal são atendidas. Esta revisão tem como objetivo abordar os pontos importantes da suplementação de bezerros, enfatizando sobre os tipos de suplementos, formas de fornecimento, as vantagens e desvantagens, e a evolução desta tecnologia na pecuária de corte brasileira.

2. Desenvolvimento:

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Google Acadêmico, Elsevier, Springer, Oxford Academic, e Nature. Foram utilizadas as palavras-chave: Private trough; early weaning; Crude protein; Calf supplementation. Apenas artigos e livros publicados entre 1976 e novembro de 2022 foram utilizados.

2.1 Aspectos gerais do Creep-feeding

Embrapa (1995), descreve que o sistema creep-feeding é uma técnica para suplementar as exigências dos bezerros através da oferta de uma ração balanceada e de boa palatabilidade, em um local de acesso restrito para que as matrizes não tenham acesso ao cocho.

Para Gottschall (2002), suplementação em creep-feeding é a prática de fornecer ração associando fontes de proteína e energia para bezerros lactentes, com o intuito de aumentar a eficiência produtiva e ganho de até 18 kg a mais de peso vivo antes do desmame. Porém, existem diversos fatores que influenciam no sucesso desta estratégia nutricional como por exemplo, a qualidade e quantidade da forragem fornecida, produção de leite da matriz e viabilidade econômica.

De acordo com (SOUSA et al., 2018), a formulação de suplementos contendo 30% de proteína bruta promoveu melhor equilíbrio produtivo-econômico em termos biológicos. Lusby (1995), ao analisar os benefícios da suplementação em creep-feeding com ênfase nas exigências e ingestão de nutrientes dos bezerros, sugeriu que a suplementação não deve substituir os nutrientes fornecidos pelo leite materno e a forragem. Neste caso, o suplemento deve adicionar nutrientes para corrigir deficiências da dieta basal, por isso, deve-se limitar o consumo de concentrado.

2.2 Caracterização dos Suplementos

De acordo com a Instrução Normativa 12/2004 (BRASIL, 2004), são denominados quatro tipos de suplemento, o suplemento mineral com apenas macro ou microminerais, com potencial de obter no produto final um valor menor

que 42% de equivalente proteico; Já o suplemento mineral com ureia, além dos macro e/ou microminerais ele apresenta um equivalente proteico maior que 42%; Para o suplemento mineral proteico a quantidade mínima de proteína bruta (PB) deve ser de 20%, além de fornecer 30 g de PB para cada 100 kg de peso corporal e também conter os micros e macrominerais; O suplemento proteico-energético exige que sua composição tenha, micro/ macrominerais e 20% de PB e micro/ macrominerais , 30 g de PB e 100 g de nutrientes digeríveis totais para cada 100 kg de peso corporal.

Segundo Oliveira et al (2006), enquanto à composição nutricional, geralmente os suplementos de creep-feeding devem estar entre 75 a 80% de NDT e de 18 a 20% para PB, além da mistura de macro e microminerais e vitamina durante o período de aleitamento, o rúmen dos bezerros não está completamente desenvolvido (OLIVEIRA et al., 2006). Por conseguinte, quando são fornecidos grãos (ex. milho) como fonte energética, o processamento destes deve ser levado em consideração, pois, tem como objetivo disponibilizar a energia (amido) presente no endosperma dos grãos (OWENS et al., 1997). Outro aspecto importante para o sucesso desta prática nutricional sobre o desempenho dos animais está relacionado com o consumo de suplemento, o qual depende da sua palatabilidade. Animais jovens são muito sensíveis ao sabor do alimento, portanto, a seleção de ingredientes para a formulação do suplemento deve ser cuidadosa (CAMPOS, 1985). Nesse caso, devem ser usadas fontes de proteína verdadeira como a soja e pouca inclusão de ureia, pois esta última possui uma aceitabilidade menor devido a sua palatabilidade e toxidez (SIGNORETTI et al., 2011). Adicionalmente, o uso de ingredientes palatáveis como melão de cana, além de induzir o consumo, reduz a poeira da ração (HILL et al., 2008).

O Brasil é um grande produtor de grãos como, milho, soja e trigo (CONAB, 2022), que são comumente encontrados nas formulações de ração para creep-feeding. Mas, outros subprodutos da indústria como a polpa cítrica, estão sendo incluídos na formulação de suplementos (OLIVEIRA et al., 2006), e por ser uma fonte de pectina, pode diminuir a incidência de distúrbios digestivos comparado

com o amido do milho. Antes de realizar a formulação de um suplemento e que este tenha uma maior eficiência, devem ser definidas as taxas de ganho esperadas do animal, conhecer a disponibilidade e qualidade da forragem (OLIVEIRA et al., 2006). Por último e mais importante, a disponibilidade de insumos na região, pois, para que essa tecnologia seja aplicada nas propriedades ela deve ser economicamente viável para o produtor.

2.3 Níveis de suplementação em sistema creep-feeding e efeito sobre o consumo e desempenho dos bezerros

Oliveira et al. (2006) recomenda que a quantidade de suplemento fornecida por animal diariamente deve ser equivalente de 0,5 a 1% do peso corporal, consumindo mais ou menos por cabeça entre 0,6 a 1,2 kg. No entanto, um trabalho realizado com 495 bezerros Nelore, utilizando um suplemento com 80% de milho e 20% de farelo de algodão e oferta *ad libitum*, foi observado um consumo médio de 0,328 kg/cabeça/dia (PACOLA et al., 1989). Neste mesmo estudo, os animais que receberam suplemento foram superiores aos não suplementados em 5,6 kg aos 4 meses de idade e 13 kg aos 7 meses de idade.

Isto sugere, que o consumo de suplemento influencia no menor consumo de pasto pelo bezerro devido ao efeito substitutivo do concentrado, o que corrobora a afirmação “efeitos associativos múltiplos podem ser observados quando os animais de pasto são suplementados” (PAULINO et al. 2004). Os nutrientes presentes no suplemento, quando complementam os nutrientes em déficit na forragem, podem aumentar o consumo de matéria seca, sendo assim, é considerado um efeito associativo positivo, (DIXON; STOCKDALE, 1999).

Os resultados obtidos por Detmann et al. (2014), afirmaram que o excesso de proteína, bem como, de energia pode comprometer o consumo voluntário de forragem. Por outro lado, Valente et al. (2014), encontraram resultados que sugerem que suplementos com alto teor de proteína (cerca 50% de proteína bruta) aumenta o consumo de matéria seca, mas não afeta o desempenho à desmama comparado com os bezerros que receberam apenas sal mineral. Um estudo realizado por Silva (2015), indicou que associação de vários ingredientes

energéticos como, milho e sorgo em suplementos múltiplos, apresenta resultados positivos sobre o consumo de matéria seca comparado com rações que usam milho como fonte exclusiva de energia. Por outro lado, Costa et al. (2008), corroboraram que o amido como fonte carboidratos em suplementos com baixos níveis de proteína bruta (até 30%), podem prejudicar a degradação da fibra da forragem, afetando o consumo de matéria seca do pasto.

Enquanto ao sexo dos animais, existe uma influência no desenvolvimento dos tecidos e composição da carcaça, que pode afetar o desempenho em função do consumo de suplemento (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Carvalho et al. (2019), concluíram que bezerros machos atingem as respostas máximas de ganho de peso adicional quando consomem o suplemento numa proporção de 7,6 g/kg de peso vivo contendo 22,5% de PB e fêmeas quando consomem 5,5 g/kg de peso corporal contendo 22,4% PB.

Com relação à frequência, Huston et al. (1999) observaram que a oferta de 1 a 3 vezes na semana, mostraram um maior consumo quando comparado com a suplementação diária, o que atribuíram a uma menor competição entre os animais pelo suplemento. Da mesma forma, Wettemann e Lusby (1994), forneceu um suplemento com 40% de PB, nas frequências de 3 e 6 vezes por semana, sem observar diferenças com a suplementação diária.

2.4 Vantagens e desvantagens do Creep-feeding

O uso de estratégias de suplementação em cocho privativo (Creep-feeding) apresenta dentre as principais vantagens, preparar a microbiota ruminal do bezerro para aproveitar melhor as dietas sólidas após a desmama (PACOLA et al., 1989). Uma consequência da melhor adaptação da microbiota ruminal, está relacionada com redução do estresse após a desmama, redução no refugo de animais, bem como, uma menor taxa de mortalidade (TAYLOR; FIELD, 1999). Adicionalmente, a suplementação durante a fase de aleitamento reduz as exigências nutricionais para produção nas matrizes devido a uma menor dependência do bezerro ao consumo de leite (PORTO et al. 2009). Um menor gasto energético na lactação, foi observado em vacas primíparas uma melhoria no

escore de condição corporal e o ganho de peso a partir do dia 70 pós-parto até a desmama na matriz (SOUZA; LOBATO; NEUMANN, 2007), fato que pode melhorar a fertilidade no rebanho (FORDYCE et al., 1996).

O aspecto reprodutivo do rebanho é muito importante para melhorar a produtividade da fazenda. Nesse sentido, aprimorar o desempenho das fêmeas durante a fase pré-desmama através de estratégias nutricionais como o creep-feeding, reduz o tempo em que estes animais atingem a puberdade (ALMEIDA et al., 2018). Um trabalho com suplementação (25% de PB) em bezerras Nelore com diferentes fontes protéicas durante o aleitamento, apresentaram uma maior taxa de prenhez aos 14 meses de idade comparado com as fêmeas que receberam apenas sal mineral (MARQUEZ et al., 2014).

Outras vantagens da suplementação dos bezerros durante o período de aleitamento, está relacionado com maior padronização dos lotes, exploração ao máximo do potencial genético, o que leva a uma melhor comercialização dos animais (SAMPAIO et al., 2002). Também, a suplementação de bezerros na fase de aleitamento tem sido vantajosa em aspectos sanitários como no controle de parasitas (EVERSOLE, 2001). Em questões de comportamento do animal, a prática de suplementar os bezerros durante a fase cria (aleitamento) aumenta a docilidades destes. Adicional à docilidade, o costume de ingerir ração, permite que estes animais se adaptem melhor a dietas e manejo em semiconfinamento em fases posteriores do sistema produtivo (DANTAS et al., 2010). Uma medida econômica interessante com uso do creep-feeding, é que ao aumentar o peso à desmama dos bezerros elimina a fase de recria, o que reduz o tempo de permanência do animal na fazenda e pode aumentar o giro do capital (GOTTSCHALL, 2002).

O creep-feeding aplicado a fêmeas de reposição, pode afetar o desenvolvimento da glândula mamária e afetar a produção de leite (EVERSOLE, 2001). Em caso da seleção de vacas por produção de leite, a habilidade destas em produzir um bezerro mais pesado na lactação, pode ser mascarado pelo efeito do suplemento (EVERSOLE, 2001). Em relação a animais para produção de carne, um excesso de suplemento (acima de 1,5 kg por cabeça por dia) durante o período

de aleitamento pode mudar a composição de ganho de peso (SILVA, 2000). Ou seja, um aumento precoce na taxa de deposição de gordura pode reduzir a taxa de deposição de tecido magro (GERRITS et al., 1997). Portanto, o ganho de peso em fases subsequentes pode ser mais lento e oneroso (OLIVEIRA et al., 2014).

Da mesma forma que outras tecnologias para aumentar a produtividade na bovinocultura, o creep-feeding exige um investimento em instalações que pode ser em alguns casos onerosos. Adicionalmente, o investimento em ração muitas vezes não é compensado com o ganho de peso adicional do bezerro, causando prejuízos econômicos (CARVALHO et al., 2019). Outra desvantagem do uso de creep-feeding está relacionada com a localização dos piquetes, pois, em áreas remotas, há dificuldade na implementação desta tecnologia (EVERSOLE, 2001). Brito et al. (2002), também afirmaram que esse tipo de técnica pode não ser tão eficiente, pois depende de diversos fatores, tais como, idade para início do fornecimento, condição sexual, nível de consumo e a viabilidade econômica.

3 Considerações Finais

O Brasil tem grande importância na produção de carne commodity no mundo, devido a que uma grande proporção do rebanho de corte é alimentada em sistemas de pastejo, com custos de produção mais baixos. No entanto, a sazonalidade climática é um dos fatores limitantes para a produção de carne a pasto, e o sistema creep-feeding é apresentado como uma estratégia para aumentar o peso dos bezerros ao desmame, reduzir a pressão de pastejo e prepará-los para a próxima fase de produção. No entanto, é importante considerar fatores como a qualidade e quantidade da forragem, produção de leite da matriz e viabilidade econômica para o sucesso dessa estratégia. A seleção cuidadosa de ingredientes para a formulação do suplemento é essencial, assim como a avaliação da dieta para garantir o equilíbrio nutricional. A implementação adequada do sistema creep-feeding pode ser benéfica para a produção de carne bovina, mas requer planejamento cuidadoso e avaliação constante.

Referências

ALMEIDA, D. M. et al. Supplementation strategies for Nellore female calves in creep feeding to improve the performance: nutritional and metabolic responses. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 50, n. 8, p. 1779-1785, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC. **Beef Report 2020**. São Paulo: Apex Brasil, 2020.

AURÉLIO NETO, O. O Brasil no mercado mundial de carne bovina: análise da competitividade da produção e da logística de exportação brasileira. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 183–204, 2018. DOI: 10.5216/ag.v12i2.47471. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/47471>. Acesso em: 06 nov. 2022

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **Novos conceitos de crescimento de gado**. Sidney, Austrália: Macathur Press, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 12 de 30 de novembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 dez. 2004.

BRITO, R.M., et al. Comparação de sistemas de avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne. II-Creep feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31, 1002-10, 2002

CAMPOS, O. F. **Criação de bezerros até a desmama**. Coronel Pacheco, Embrapa, 1985. 77 p. (Documentos - Embrapa - CNPGL.14).

CARVALHO, V. V. et al. Características nutricionais de bezerros de corte em pastagens tropicais. **Pecuária Ciência**, [s.l.], v. 227, p. 175-182, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra brasileira de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 9 nov. 2022.

COSTA, V. A. C. et al. Degradação in vitro da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função de suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 494-503, 2008.

DANTAS, C. C. O. et al. O uso da técnica do Creep-feeding na suplementação de bezerros. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 28, art. 902, 2010.

DETMANN, E. et al. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 162, p. 141-153, 2014.

DIXON, R. M.; STOCKDALE, C. R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 50, n. 5, p. 757- 774, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Suplementação de bezerros de corte. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, 14 ago. 1995. Disponível em: <https://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD11.html>. Acesso em: 23 out. 2022.

EVERSOLE, D. E. **Creep feeding beef calves**. Virginia: Cooperative Extension Public, 2001.

FERRAZ, J. B. S.; DE FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Production trade and Prices of commodities. *In: FAO Statistical Yearbook 2020: World Food and Agriculture* Roma: FAO, 2020. 366 p. ISBN 978-92-5-133394-5. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1329en>. Acesso em: 06/11/2022

FONSECA, M. A. et al. Nutritional requirements of nursing Nellore calves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 1212-1221, 2012.

FORDYCE, G. et al. Creep feeding and prepartum supplementation effects on growth and fertility of Brahman-cross cattle in the dry tropics. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 36, n. 4, p. 389-395, 1996.

GERRITS, W. J. J. et al. Evaluation of a model integrating protein and energy metabolism in preruminant calves. **The Journal of Nutrition**, Oxford, v. 127, n. 6, p. 1243-1252, 1997.

GOTTSCHALL, C. S. **Desmame de bezerros de corte**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

HILL, T. M. et al. Effects of feeding different carbohydrates sources and amounts to young calves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, p. 3128-3137, 2008.

HUSTON, J. E. et al. Effects of supplemental feeding interval on adult cows in Western Texas. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 3057-3067, 1999.

LOPES, S. A. et al. Evaluation of supplementation plans for suckling beef calves managed on tropical pasture. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 1027-1039, 2017.

LOPES, S. A. et al. Supplementation of suckling beef calves with different levels of crude protein on tropical pasture. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v. 46, n. 2, p. 379-384, 2014.

LUSBY, K. S. **Creep-feeding beef calves**. Oklahoma: Oklahoma Cooperative Service, 1995. 9 p. (Circular, 848).

MARQUEZ, D. C. et al. Nutritional parameters and production of calves on pasture supplemented with different sources of protein foods. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2709-2722, 2014.

OLIVEIRA, R. L. et al. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-86, 2006.

OLIVEIRA, Z. F. et al. Suplementação de bovinos em pastejo de gramíneas tropicais: recentes estudos. **Nutritime**, [s.l.], v. 11, p. 3770-90, 2014.

OWENS, F.N., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R., 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **J. Anim. Sci.** 75, 868–879

PACOLA, L. J. et al. Suplementação de bezerros em cocho privativo. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 46, n. 2, 1989.

PORTO, M. O. et al. Fontes de energia em suplementos múltiplos para bezerros Nelore em creep-feeding: desempenho produtivo, consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1329–1339, jul. 2009.

SAMPAIO, A. A. M. et al. Utilização de NaCl no Suplemento como Alternativa para Viabilizar o Sistema de Alimentação de Bezerros em Creep-Feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 164–172, jan. 2002.

SIGNORETTI, R.; GARCIA, T.; DIB, V.; SOUZA, F. H.; OLIVEIRA, E. M.; PESSIM, B. Uréia em dietas para bovinos de origem leiteira em crescimento: Consumo de nutrientes e desenvolvimento corporal. **Boletim De Indústria Animal**, v.68, n.2, p.157-164, 2011.

SILVA, F. F. Bezerro de corte: crescimento até a desmama, creep feeding, creep grazing. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, n 33, p 47-67, 2000.

SILVA, R. C. et al. Desempenho de bezerros Nelore em creep feeding com diferentes suplementos múltiplos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 57-68, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/JnsdmT35h6bQCnPD89TgpLw/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SOUZA, A. N. M.; LOBATO, J. F. P.; NEUMANN, M. Efeitos do livre acesso de bezerros ao creep-feeding sobre os desempenhos produtivo e reprodutivo de vacas

primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1894-1901, 2007.

TAYLOR, R. E.; FIELD, T. G. **Beef production and management decisions**. 3th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 714 p.

VALENTE, E. E. L. et al. Nutritional assessment of young bulls in tropical pasture receiving supplements with different protein:carbohydrate ratios. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Korea, v. 27, n. 10, p. 1452-1460, 2014.

VALENTE, E. E. L. et al. Strategies of supplementation of female suckling calves and nutrition parameters of beef cows on tropical pasture. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v. 44, n. 7, p. 1803-1811, 2012.

WETTEMANN, R. P.; LUSBY, K. S. Influence of interval of feeding protein supplement to spring calving beef cows on body weight and body condition score during the winter. **Agris**, [s.l.], v. 939. p. 123-125, 1994.

Evolução da Clonagem Animal Através dos Séculos

Evolution of Animal Cloning Through the Centuries

Nicolle de Souza Bueno Santos, Flávio Vieira Meirelles

1. Introdução

Há alguns que acreditam que a técnica de clonagem surgiu simplesmente para a produção de cópias de seres existentes. Ou ainda, com a principal função de clonar animais geneticamente superiores para a produção pecuária. Além disso, muitos questionamentos surgiram com a possibilidade de a técnica ser utilizada em larga escala nos seres humanos (COSTA; DINIZ, 2000), algo extremamente questionável do ponto de vista de alguns pesquisadores, filósofos, órgãos internacionais e instituições religiosas, com a principal justificativa de que induziremos uma perda de sensibilidade moral de nossa sociedade (HABERMAS, 2004).

Mas, a clonagem é, o que muitos não sabem, uma forma de se exercer ciência. E, além disso, uma tecnologia extremamente inovadora que irá possibilitar que os animais sejam transformados geneticamente. (CAMPBELL; WILMUT, 2000).

Pode-se dizer que o pioneirismo experimental abrangendo a clonagem animal, de uma perspectiva mais ampla envolvendo bases históricas e metodológicas, ocorreu em 1892 nos experimentos com embriões de ouriços-do-mar do biólogo e filósofo alemão Hans Driesch (PAES; STESSUK, 2021).

A partir de então, diversos pesquisadores renomados, como Hans Spemann, Robert Briggs, Thomas King, John Gurdon, Keith Campbell, Ian Wilmut, dentre outros, se seguiram e contribuíram para elaborar o que conhecemos hoje como clonagem animal (BORDIGNON, 2008).

Em especial Keith Campbell e Ian Wilmut, que desenvolveram um grande feito com a clonagem da ovelha Dolly, utilizando-se da técnica de transferência nuclear de células somáticas (TNCS) (SMITH; WILMUT, 1989).

A técnica consiste na transferência de um núcleo de uma célula somática, de um indivíduo adulto doador, para o citoplasma de um óvulo enucleado (PAES; STESSUK, 2021). Atualmente, é uma técnica muito explorada e que proporciona promissoras oportunidades comerciais em variadas áreas, como no auxílio a preservação de diversas espécies que estão em vias de extinção, na produção de animais transgênicos, na propagação de animais com alto valor genético, e é utilizada na medicina, principalmente na criação de tecidos para fins terapêuticos (BORDIGNON, 2008).

Levando-se em consideração esses aspectos, o presente trabalho tem por objetivo revisar o histórico da clonagem animal, apresentando seus posteriores desdobramentos em mamíferos até o surgimento da ovelha Dolly. Além disso, discorreremos sobre as principais aplicações da clonagem por Transferência Nuclear de Células Somáticas (TNCS) na atualidade.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros. As bases de dados consultadas foram ELSEVIER, GOOGLE ACADÊMICO, PUBMED e SCIELO, utilizando as palavras-chave: clonagem, clonagem animal, Dolly, biotecnologias da reprodução e transferência nuclear de células somáticas. Apenas artigos e livros publicados entre 1908 e 2022 foram utilizados.

2.1 Definição

A origem etimológica do termo clone deriva da palavra grega “Klôn”, que possui o significado de broto, ou seja, algo que irá originar um novo ser (MICHAELIS, 2022).

Em 1903, o termo ‘clone’ foi citado pela primeira vez pelo botânico americano Herbert John Webber, enquanto realizava uma pesquisa no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, sobre a hibridização em plantas (BORDIGNON, 2008). Webber chegou à definição do termo como sendo “uma colônia de seres que serão derivados de um único progenitor, através de

reprodução assexuada, ou seja, quando não ocorre a junção dos gametas” (RUMJANEK, 2001).

Com o aprimoramento das técnicas envolvendo embriões, o termo clone passou a apresentar algumas modificações, sendo caracterizado como um aglomerado de moléculas, partículas celulares ou organismos que irão se originar de uma única célula, sendo estas idênticas à célula original (ZATZ, 2003).

Na produção animal, os clones geralmente são descritos como grupos de animais que serão geneticamente iguais (HEYMAN e RENARD, 1996). Nos seres humanos, os gêmeos idênticos são considerados clones naturais, que terão sua origem da divisão de um óvulo fertilizado (ZATZ, 2003).

2.2 Clonagem: Pioneiros Experimentais

Entre o final do século XIX e início do XX, diversas pesquisas se desenvolveram abordando o estudo dos estágios de desenvolvimento de embriões de diversas espécies (PAES; STESSUK, 2021). Algo que, aos poucos, foi aprimorando-se, e demonstrando ser uma importante contribuição para a formação dos conhecimentos atuais que temos sobre a clonagem animal (DI BERARDINO, 2001).

Podemos citar diversos pesquisadores que contribuíram de maneira significativa nessa época, mas em especial, Hans Driesch, Hans Spemann, Robert Briggs, Thomas J. King e John Gurdon (SIMMONS, 2004).

O desenrolar dessas pesquisas iniciais se deram em 1892, com estudos envolvendo embriões de ouriços-do-mar do pesquisador Hans Driesch (1867-1941) (CAMPBELL; WILMUT, 2000). Primeiramente em suas análises, Driesch selecionou um ovo de ouriço-do-mar e esperou que se desenvolvesse até chegar ao estágio de duas células, em seguida, depositou esse ovo em um béquer que continha água do mar sem cálcio, e agitando fortemente conseguiu que as duas células se separassem (RUMJANEK, 2001). A partir desse momento, as duas células começaram a se desenvolver individualmente e resultaram em dois embriões totalmente formados e normais, mas que possuíam metade do tamanho dos embriões característicos de ouriços-do-mar (BORDIGNON, 2008).

Assim, ele chegou à conclusão de que mesmo ocorrendo a separação das células, isso não impedia a formação do embrião (DI BERARDINO, 2001). Elas continham todas as informações necessárias, igual potencialidade e capacidade para o desenvolvimento completo, ou seja, possuíam a totipotência, que seria a aptidão que uma célula tem de se transformar em qualquer tipo celular de um organismo (RUMJANEK, 2001). Assim, essas células individuais, mesmo passando pela primeira, ou até mesmo a segunda clivagem, não deixavam de ser totipotentes (DRIESCH, 1908). A partir desses resultados, maiores esclarecimentos para essas questões foram surgindo a partir de estudos do pesquisador Hans Spemann (1869- 1941) (DI BERARDINO, 2001).

Em 1903, Spemann iniciou seus estudos explorando especificamente o fenômeno da diferenciação celular (CAMPBELL; WILMUT, 2000). Uma das formas que encontrou para explorar o processo, foi a partir do transplante de alguns pedaços de tecido de um local do embrião para outro, pois assim, conseguiria observar se o tecido escolhido conservaria aquilo que foi destinado originalmente a ele, ou se poderia assumir uma outra forma apropriada a esse novo local em que seria implantado (PAES; STESSUK, 2021).

O resultado que obteve foi que quando um tecido em estado jovem é transferido a outro ambiente, ele muda sua natureza original (DE ROBERTIS, 2006). Assim, isso indicava que, ao menos durante algum tempo, o tecido embrionário poderia ser flexível, se diferenciando em diversos tipos celulares, como Driesch havia concluído (BORDIGNON, 2008).

Outro importante estudo de Spemann que deu continuidade a seus questionamentos, e que lhe fez ser agraciado com o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1935, foi o procedimento conhecido como “constrição do ovo”, onde o objetivo de Spemann era de questionar a respeito do local específico em que estaria armazenada a informação genética para o fenômeno da totipotência, se seria o núcleo da célula (SPEMANN, 1938).

O estudo da “constrição do ovo” se utilizava de embriões de salamandras de duas células, que Spemann resolveu separar, com o auxílio de um fio de cabelo retirado de sua filha, em dois lobos a primeira célula embrionária da salamandra

ficando de um lado um lobo com a presença do núcleo da célula e outro sem a presença do núcleo (PAES; STESSUK, 2021). Em seguida, ele observou que o lobo que continha o núcleo conseguiu seguir normalmente com seu desenvolvimento, já o outro, permaneceu indiferenciado (BORDIGNON, 2008).

No entanto, Spemann resolveu posteriormente soltar um pouco o nó que tinha feito entre os dois lobos, permitindo assim que eles entrassem em contato; a partir de então, ele percebeu que o lobo que não continha núcleo também começou a se diferenciar (DI BERARDINO, 2001). Em seguida, com a constrição por completo dos lobos, obteve-se dois embriões de salamandra (SIMMONS, 2004).

Esses resultados descobertos por Driesch e Spemann foram extremamente importantes para o posterior desenvolvimento das técnicas de transferência nuclear, mediante os conhecimentos adquiridos sobre a totipotência das primeiras células embrionárias, demonstrando a incrível capacidade que elas possuem para se diferenciar em um organismo completo (BORDIGNON, 2008). Além disso, Hans Spemann chegou a inferir em seus estudos que as células embrionárias que tinham uma idade superior, também poderiam de alguma forma conter informações em seu núcleo que levassem a diferenciação (PAES; STESSUK, 2021).

A partir da Segunda Guerra Mundial, as pesquisas envolvendo temas relativos à clonagem passaram a ser explorados na América do Norte, e não mais na Alemanha, mais especificamente por dois cientistas oriundos da Filadélfia, Pensilvânia, chamados Robert Briggs (1911-1983) e Thomas J. King (1921-2000), que obtiveram grande destaque ao produzir um clone de anfíbio através de uma técnica muito utilizada atualmente, que é a de transferência nuclear (RUMJANEK, 2001).

As pesquisas de Briggs e King foram apresentadas em 1952, no artigo intitulado "Transplante de Núcleos Vivos de Células de Blástula para Óvulos Enucleados de Rã", onde os pesquisadores descreviam os importantes passos do experimento (PAES; STESSUK, 2021).

Primeiramente, os pesquisadores selecionaram os ovos de rã e retiraram cada um dos núcleos, que ficam posicionados em um lado específico do ovo, sendo

possível ser visualizado através de um microscópio e retirado por meio de uma agulha, ou ainda ser destruído através de luz ultravioleta, transformando-os assim, em ovos enucleados (BRIGGS; KING, 1952). Então, em seguida, selecionaram embriões de rã e retiraram o núcleo de algumas células dos embriões (DI BERARDINO, 2001). As células não estavam diferenciadas, mas já tinham passado pelas divisões iniciais (WALTERO et al., 2014).

Por fim, os núcleos obtidos das células dos embriões foram injetados nos ovos enucleados de rã, e finalmente, zigotos/clones foram formados (BRIGGS; KING, 1952). Ao todo, 197 embriões foram reconstruídos, mas 104 deram início ao desenvolvimento (PAES; STESSUK, 2021). Após isso, 35 se tornaram embriões e finalmente 27 deram continuidade ao desenvolvimento e tornaram-se girinos (BRIGGS; KING, 1952).

Dessa forma, Briggs e King haviam demonstrado, através de seus experimentos, que os núcleos de células de blástulas que já tinham passado pelas divisões iniciais, ou seja, pelos estágios de duas ou quatro células, ainda tinham o potencial de conservarem a totipotência, podendo ser confirmada se os núcleos fossem colocados em um ambiente citoplasmático adequado (SIMMONS, 2004).

Assim, pela primeira vez através dos experimentos de Briggs e King um marco histórico foi estabelecido no meio da clonagem animal, com a criação dos primeiros clones do mundo através do método de transferência nuclear (CAMPBELL; WILMUT, 2000).

Posteriormente, diversos outros pesquisadores seguiram as ideias dos estudos de Briggs e King, na realização de novos experimentos que envolvessem a utilização de núcleos de células adultas (ZATZ, 2003).

Assim, em 1950, um pesquisador chamado John Bertrand Gurdon (1933), iniciou sua linha de pesquisa e obteve grande destaque em seu trabalho ao longo de seus estudos com transferência nuclear (PAES; STESSUK, 2021). Um dos seus mais marcantes trabalhos foi intitulado "Sexually mature individuals of *Xenopus laevis* from the transplantation of single somatic nuclei" publicado pela revista Nature em 1958, onde ele desenvolve uma incrível extensão dos trabalhos de Briggs e King, discutindo e descrevendo seus resultados, em que executou a

transferência nuclear de sapos, utilizando, de forma geral, a técnica abordada por Briggs e King, mas sem realizar a remoção do núcleo do ovo (PEREIRA; FREITAS, 2009). Foi realizado transplante dos núcleos de células que estavam em estágio mais avançado de seu desenvolvimento do que as utilizadas pelos pesquisadores Briggs e King (BORDIGNON, 2008). O resultado de toda essa pesquisa foi a criação de sapos que estavam sexualmente maduros, a partir desses núcleos de células do embrião que estavam mais desenvolvidas (GURDON et al., 1962).

A partir desse resultado, Gurdon expôs uma discussão em seu artigo das possibilidades que poderiam levar a esse acontecimento, que foi a capacidade de um núcleo de uma célula embrionária mais desenvolvida originar um sapo adulto (PEREIRA; FREITAS, 2009). A primeira dizia que o núcleo dessa célula mais desenvolvida poderia ser ainda totipotente, não tendo se diferenciado. Já a segunda possibilidade, dizia que o núcleo dessa célula poderia já estar diferenciado, mas por algum motivo poderia retornar a ser totipotente ao entrar em contato com o citoplasma de um ovo da mesma espécie que não tivesse sofrido divisões (DEL PINO, 1989)

Em 1962, Gurdon realizou outro estudo com sapos com características parecidas com a de seu experimento anterior em 1958 (BORDIGNON, 2008). Mas, dessa vez, ele decidiu realizar a remoção do núcleo dos ovos que iriam receber o núcleo das células de blástula, sendo essa remoção realizada através de radiação ultravioleta (PAES; STESSUK, 2021). A partir disso, sapos de desenvolvimento normal foram obtidos, comprovando, assim, que a técnica de transferência nuclear, utilizada pela primeira vez com os pesquisadores Briggs e King era realmente efetiva (WALTERO et al., 2014).

No mesmo ano, outro trabalho foi publicado por Gurdon (DI BERARDINO, 2001). Neste estudo, as células que foram doadoras de núcleo eram do epitélio intestinal de girinos, ou seja, eram células já diferenciadas (PAES; STESSUK, 2021). De 726 tentativas no experimento, foram obtidos 10 organismos normais (RUMJANEK, 2001). Este foi o primeiro experimento, em que se obteve sucesso,

utilizando núcleos de células que já tinham sofrido diferenciação (BORDIGNON, 2008).

Assim, posteriormente, Gurdon concluiu em 1975, que as células que sofrem diferenciação não têm nenhuma perda, inativação impossível de se reverter ou alguma alteração que seja permanente em seus genes que serão utilizados durante o desenvolvimento (GURDON, 1988).

Em 1970, a pesquisadora Marie A. Di Berardino (1926-2013) iniciou seus estudos referentes ao comportamento dos núcleos durante a sua transferência na clonagem, e constatou que a técnica de Gurdon poderia apresentar dificuldades em outros modelos animais que não fossem sapos, como por exemplo, em mamíferos (PEREIRA; FREITAS, 2009).

Os entraves poderiam estar relacionados ao manejo dos óvulos, pois os mamíferos possuem óvulos bem menores que os de anfíbios, e com relação ao tipo de reprodução realizada pelos mamíferos (interna), podendo resultar assim em um experimento com baixa eficiência (DI BERARDINO, 2001).

Assim, eram necessários estudos adicionais para a aplicação da técnica em mamíferos, para que posteriormente houvesse a possibilidade de se obter clones desses animais superiores em laboratório (PAES; STESSUK, 2021). Algo que só foi apresentar algum avanço em 1981, com os pesquisadores Kael Illmensee (1939) e Peter Hoppe (1942-2006) (TRECENZI; ZAPPA, 2013).

2.3 Clonagem em Mamíferos: Avanços Iniciais até Dolly

Após os experimentos de Gurdon, diversos pesquisadores iniciaram seus estudos em clonagem com modelos animais superiores, os mamíferos (ZATZ, 2003). Mas, por muitos anos, as pesquisas não estavam se demonstrando animadoras, apresentando diversas dificuldades técnicas (GONZÁLEZ, 2009).

Somente em 1981, pesquisadores obtiveram sucesso com a transferência de núcleo em mamíferos, sendo Karl Illmensee (1939) e Peter Hoppe (1942-2006), os primeiros a anunciarem que tinham obtido três camundongos *Mus musculus* através de clonagem, sendo utilizadas células de embriões como doadoras de núcleos (DEL PINO, 1989).

A técnica aplicada pelos pesquisadores consistia na utilização de um vírus inativado conhecido como Sendai, que possuía a função de realização da fusão das células e, conseqüentemente, a introdução de núcleos obtidos da massa celular interna dos blastocistos com 363 óvulos que estavam enucleados (DI BERARDINO, 2001). Obtiveram assim, posteriormente, três clones viáveis de camundongos (ILLMENSEE; HOPPE, 1981).

Com o grande êxito que o experimento obteve, diversos pesquisadores tentaram reproduzir a técnica utilizada por Illmensee e Hoppe em diferentes espécies animais (PEREIRA; FREITAS, 2009). Mas, apesar das inúmeras tentativas, sempre chegavam a resultados insatisfatórios (PAES; STESSUK, 2021).

Somente em 1983, os pesquisadores James McGrath (1938) e Davor Solter (1941) do Wistar Institute of Anatomy and Biology, que possui sede na Filadélfia, conseguiram obter sucesso também clonando camundongos, mas utilizando uma metodologia ligeiramente diferente daquela adotada pelos pesquisadores Illmensee e Hoppe. A nova técnica apresentou maior eficiência, resultando na obtenção de camundongos a termo em mais de 90% das transferências de núcleo (DI BERARDINO, 2001).

O ponto crucial que levou a um resultado satisfatório para os pesquisadores McGrath e Solter, foi realizar a remoção dos pronúcleos anteriormente à inserção dos núcleos doadores obtidos da massa celular interna dos blastocistos (MCGRATH; SOLTER, 1983). Com isso, os pesquisadores acabaram criando uma vertente metodológica para os cientistas que realizavam estudos com transferência de núcleo (GONZÁLEZ, 2009).

Em 1986, algo extraordinário ocorreu, que foi o sucesso na obtenção de um clone de embrião de ovelha pelo pesquisador dinamarquês Steen Willadsen (1943) (PAES; STESSUK, 2021). Na condução do experimento, foram utilizadas células embrionárias no estágio de 8 a 16 células. Posteriormente, Willadsen realizou a eletrofusão de um blastômero (células embrionárias) com o citoplasma de um oócito, que foi anteriormente enucleado em um meio que continha citocalasina B. Essa substância é um tipo de micotoxina que causa a inibição da divisão do

citoplasma, quando é formada a placa metafásica, facilitando assim, a sua posterior remoção (WILLADSEN, 1986). Com isso, o resultado desse experimento demonstrou que era possível se obter clones de embriões de ovelhas totalmente viáveis (GONZÁLEZ, 2009).

Estudos posteriores, em 1987, foram obtidos os primeiros clones de bovinos (PRATHER et al., 1987), e em 1989, se utilizando da experiência adquirida com os procedimentos em bovinos, incorporaram a metodologia utilizada e foi obtido um embrião de suíno totalmente viável (PRATHER et al., 1989).

Ao longo dos diversos estudos apresentados com mamíferos, muitos pesquisadores começaram a se intrigar de que os procedimentos envolvendo clonagem poderiam ser influenciados diretamente pela idade embrionária dos blastômeros, pois como os diversos estudos testavam os diferentes estágios embrionários, os pesquisadores começaram a propor que a totipotência do núcleo poderia não estar presente depois de um determinado estágio de desenvolvimento (apresentando variações em torno de 8 a 16 células embrionárias) (POSFAI et al., 2021).

Com isso, muitos estudiosos acreditavam que seria impossível se utilizar de células em elevados estágios de desenvolvimento, com valores superiores a 16 células embrionárias, e da questão da ativação genômica para a diferenciação, no que se refere à transferência nuclear (PAES; STESSUK, 2021). Sendo assim, a partir da década de 1980, os pesquisadores se voltaram ao estudo das relações envolvendo o núcleo e o citoplasma durante o início do desenvolvimento embrionário (NAZARI; MULLER, 2011).

Assim, um importante pesquisador brasileiro chamado Lawrence Charles Smith ganhou destaque nesse período, ao propor que para que houvesse o sucesso dos transplantes nucleares, era imprescindível que ocorresse a sincronização dos estágios celulares, tanto dos oócitos enucleados como dos núcleos que seriam transferidos (FRESSOLI; THOMAS, 2008).

Em 1985, Lawrence Smith se vinculou ao Animal Breeding Research Organization, posteriormente conhecida como Roslim Institute, onde estabeleceu contato com o pesquisador Ian Wilmut, que foi seu orientador na instituição

(PAES; STESSUK, 2021). Juntos, desenvolveram importantes trabalhos na instituição, alcançando em 1989 um grande feito, que foi a obtenção de quatro clones de ovinos (NAZARI; MULLER, 2011).

Nesse experimento, os pesquisadores adicionaram citocalasina B ao meio de cultura durante 1 hora. Após a ocorrência de uma eletrofusão (corrente elétrica que induz o desenvolvimento embrionário), houve uma melhora significativa no desenvolvimento dos embriões para o estágio de mórula-blastocisto, sendo estes embriões derivados de blastômeros que estavam em um estágio de 16 células (POSFAI et al., 2021).

O emprego da citocalasina B é relacionado à inibição da formação do citoesqueleto de actina, uma estrutura filamentosa que desempenha um papel essencial na divisão celular. No contexto da clonagem, a citocalasina B pode ser usada para inibir a citocinese, que é a divisão do citoplasma durante a reprodução celular. Ao inibir a formação do citoesqueleto de actina, a citocalasina B impede a formação do anel contrátil de actina e miosina, que normalmente se forma durante a citocinese para dividir o citoplasma em duas células filhas. Portanto, a citocalasina B bloqueia essa etapa da divisão celular, permitindo que o núcleo transferido permaneça no óvulo não fertilizado e inicie o processo de clonagem (FERNÁNDEZ-CASO et al., 1987).

Um ponto importante que foi apresentado pelo experimento foi a presença de alguns mecanismos do citoesqueleto que atuam exatamente quando o oócito é ativado, podendo afetar a potencialidade de desenvolvimento dos núcleos exógenos (FRESSOLI; THOMAS, 2008). Além disso, pelos dados obtidos pelo estudo, foi indicado que alguns núcleos derivados dos embriões transcricionalmente ativos, eram totipotentes, podendo ser reprogramados, e posteriormente, auxiliando no desenvolvimento a longo prazo, quando fundido a um oócito enucleado (SMITH; WILMUT, 1989).

Com a realização desse estudo, Smith e Wilmut auxiliaram com importantes bases teóricas para o prosseguimento da técnica de clonagem em mamíferos, aprofundando temas como a totipotência nuclear, período da ativação

genômica do embrião e inovando ao incluírem em sua técnica experimental o emprego de citocalasina B (PAES; STESSUK, 2021).

Assim, ao final da década de 1980, grandes pesquisadores haviam contribuído intensamente para a construção das bases conceituais e metodológicas, com um importante embasamento prático e teórico, referentes a clonagem de mamíferos (POSFAI et al., 2021). Desse modo, foi-se tornando cada vez mais real e viável a utilização da técnica em laboratórios e empresas de todo o mundo, chegando a atrair o interesse de grandes setores da biotecnologia agropecuária, que passaram a investir grandes quantias, visando principalmente a utilização da técnica de clonagem como um incremento para a produção animal futura (TRECENZI; ZAPPA, 2013).

É nesse período, que despontam os resultados iniciais da clonagem de mamíferos (ZATZ, 2003), sendo um dos mais midiáticos, a clonagem da ovelha Dolly, resultado do trabalho realizado por Campbell e Wilmut (PAES; STESSUK, 2021).

Anteriormente à criação de Dolly, Ian Wilmut, Keith Campbell e toda sua equipe do instituto Roslin (Escócia), haviam trabalhado em um experimento onde foram obtidas as primeiras ovelhas clonadas se utilizando de células cultivadas em laboratório, sendo as ovelhas nomeadas como Megan e Morag (NAZARI; MULLER, 2011).

A técnica utilizada pela equipe foi a de transferência de núcleo, utilizando-se de células embrionárias (TRECENZI; ZAPPA, 2013). A clonagem das ovelhas se demonstrou um grande sucesso, permitindo decisivos avanços no que se diz respeito às técnicas de manipulação e posterior transferência do material genético contido no núcleo (CAMPBELL et al., 1996).

O ponto crucial que levou ao surgimento da ovelha Dolly foi a junção, por parte de Ian Wilmut, Keith Campbell e sua equipe, de um conjunto de técnicas que foi capaz de viabilizar aquilo que muitos estudiosos se perguntavam se era possível, que seria a obtenção de clones a partir da transferência de núcleos de células adultas que já estivessem diferenciadas (PAES; STESSUK, 2021).

Como o instituto Roslim possuía grande aporte financeiro de empresas do setor agropecuário, Wilmut, Campbell e toda a sua equipe, conseguiram obter todo o apoio necessário para que em fevereiro de 1997 houvesse um grande anúncio à comunidade científica e mídia internacional, com o nascimento de Dolly, o primeiro mamífero clonado a partir de uma célula somática adulta, ou seja, uma célula que já estava diferenciada (TRECENZI; ZAPPA, 2013).

O fenômeno da criação da ovelha Dolly foi algo extremamente fantástico, pois os pesquisadores haviam conseguido obter o domínio metodológico da técnica, dessa forma, gerando um indivíduo fértil a partir da utilização do núcleo de uma célula adulta que já havia sofrido diferenciação (FRESSOLI; THOMAS, 2008). Como a técnica envolve etapas importantes, é imprescindível que todas sejam realizadas de forma minuciosa, pois cada uma delas irá ter influência direta no resultado do processo (CAMPBELL; WILMUT, 2000).

A célula utilizada pelos pesquisadores para a criação da ovelha Dolly foi obtida da glândula mamária de uma outra ovelha da raça Finn Dorset e por meio de eletrofusão, conseguiram fundi-la com um oócito obtido de uma ovelha da raça Scottish Blackface, que se encontrava enucleado (WILMUT et al., 1997).

Conseguimos perceber assim, que os grandes pontos-chave do sucesso da criação de Dolly, foi identificar e sincronizar os melhores estágios celulares, para que fosse possível assim, unirmos o núcleo juntamente com o oócito, tornando o procedimento bem-sucedido (CAMPBELL; WILMUT, 2000).

A partir desse marco histórico na clonagem com Dolly, uma série de novos e fascinantes caminhos foram abertos para o desenvolvimento da técnica, que apresenta atualmente inúmeras aplicações científicas e comerciais (PAES; STESSUK, 2021).

2.4 Principais Aplicações Atuais da Clonagem por TNCS

Nos dias de hoje, com os grandes avanços em genética molecular e análise do genoma, a clonagem é considerada como uma das biotecnologias mais promissoras para os pesquisadores, pois apresenta diversos tipos de aplicações, como na produção animal, conservação / recuperação de espécies, produção de

clones transgênicos para a medicina humana, e apresenta aplicações em áreas comerciais, como na clonagem de animais de estimação (SARAIVA et al., 2010).

Atualmente, sua utilização na produção animal, na maioria dos casos, estará restrita à propagação de rebanhos superiores, que apresentam alguma característica fenotípica com alto valor comercial (MEIRELLES et al., 2007). Portanto, a utilização da clonagem, nesse caso, seria uma estratégia interessante a se realizar, perpetuando no rebanho características desejáveis na produção (VAN DER BERG et al., 2019).

A técnica também pode ser utilizada para contribuir com a conservação, clonando espécies que estão correndo risco de serem extintas, como foi o caso da clonagem, em 1988, de uma fêmea bovina da raça Enderby Island, na Nova Zelândia, já extinta (LANZA et al., 2000).

Outro caso em que a clonagem pode ser aplicada é na produção de clones transgênicos na área da medicina, que podem ser utilizados para produzirem proteínas humanas, funcionando como biorreatores, sendo utilizados para xenotransplantes na medicina regenerativa e para o estudo de doenças genéticas (NAGASHIMA et al., 2012).

Além disso, a técnica de clonagem por TNCS vem sendo empregada de forma comercial, e de um jeito extremamente inovador, na clonagem de pets (YIN et al., 2008). Com isso, cães que possuem habilidades especiais no tratamento de pessoas deficientes, que auxiliam na detecção de drogas e ajudam no salvamento de pessoas, estão sendo escolhidos para participarem das pesquisas envolvendo a clonagem de cães (LEE et al., 2018).

3. Considerações Finais

Dado o exposto, fica evidente que a clonagem animal ao longo dos tempos foi se aperfeiçoando, desenvolvendo técnicas e metodologias cada vez mais eficientes, destinadas à produção de embriões viáveis, melhorando assim a eficiência de todo o processo.

Atualmente, a TNCS é uma das descobertas mais fascinantes de toda a jornada da clonagem animal, podendo ser aplicada em diversos modelos animais

e utilizada em diversas áreas, como na produção agropecuária, conservação de espécies, produção de clones transgênicos, e clonagem de animais de estimação. Além disso, a clonagem animal também tem sido objeto de discussões éticas e morais. Enquanto alguns defendem seu uso como uma ferramenta valiosa para avanços científicos, outros levantam preocupações éticas que possam vir a se tornar tema de debate.

Em suma, a clonagem animal tem evoluído ao longo do tempo, com aprimoramento de técnicas e métodos, oferecendo uma gama de aplicações em diferentes campos. Embora haja potencial para avanços futuros, é fundamental abordar as questões éticas e científicas envolvidas, garantindo a proteção e o bem-estar dos animais envolvidos na clonagem.

Referências

- BORDIGNON, V. In: GONSALVES, P. B. D.; FIGUEIREDO, J. R.; FREITAS, V. J. F. **Biotecnologias aplicadas à reprodução**. São Paulo: Roca, 2008. Capítulo 2, p. 347-365.
- BRIGGS, R.; KING, T. J. Transplantation of living nuclei from blastula cells into enucleated frogs' egg. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington**, v. 38, n. 5, p. 455-463, 1952.
- CAMPBELL, K.; WILMUT, I. Embriões e clones: os primeiros tempos. In: CAMPBELL, K.; WILMUT, I. Dolly, **A Segunda Criação**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2000. Capítulo 4, p. 73-91.
- CAMPBELL, K. H. et al. Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. **Nature**, v. 380, p. 64-66, 1996.
- COSTA, S. I. E.; DINIZ, D. Mídia, clonagem e bioética. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 155-162, 2000.
- DEL PINO, E. M. Modifications of oogenesis and development in marsupial frogs. **Development**, v. 107, n. 2, p. 169-187, 1989.

DE ROBERTIS, E. M. Spemann's organizer and self-regulation in amphibian embryos. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 7, n. 4, p. 296-302, 2006.

DI BERARDINO, M.A. Animal cloning – the route to new genomics in agriculture and medicine. **Differentiation**, v. 68, n. 2, p. 67-83, 2001.

DRIESCH, H. The science and philosophy of the organism. **Essay on Sea Urchin Egg Experiments**. London, Section A, Part I-B, p. 59-65, 1908.

FERNÁNDEZ-CASO, M. et al. Observaciones en el punto de unión neuroectodermo-ectodermo no neural en embriones de pollo en neurulación tratados con citocalasina B "in ovo". **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 16, p. 53-58, 1987.

FRESSOLI, M.; THOMAS, H. Antes y después de Dolly: Trayectoria de la clonación de mamíferos en Argentina y Brasil (1985-2004). In: **ESOCITE JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E DAS TECNOLOGIAS**, 7., 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: [s.n.], 2008. p. 35-49.

GONZÁLEZ, F. et al. Generation of mouse-induced pluripotent stem cells by transient expression of a single nonviral polycistronic vector. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, p. 8918-8922, 2009.

GURDON, J. A community effect in animal development. **Nature**, v. 336, p. 772–774, 1988.

GURDON, J. B. Adults frogs derived from the nuclei of single somatic cells. **Developmental Biology**, San Diego, v. 4, p. 256-273, 1962.

HABERMAS, J. O futuro da natureza humana. 1. ed. Rio de Janeiro: **Editora Martins Fontes**, 2004.

HEYMAN, Y.; RENARD, J. P. Cloning of domestic species. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 42, p. 427-436, 1996.

ILLMENSEE, K.; HOPPE, P. C. Nuclear transplantation in *Mus musculus*: developmental potential of nuclei from preimplantation embryos. **Cell**, Cambridge, v. 23, n. 1, p. 9-18, 1981.

LANZA, R. P. et al. Cloning of an endangered species (*Bos gaurus*) using interspecies nuclear transfer. **Cloning**, v. 2, n. 2, p. 79-90, 2000.

LEE, S. H. et al. Dog cloning-no longer science fiction. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 53, p. 133-138, 2018.

MCGRATH, J.; SOLTER, D. Nuclear transplantation in the mouse embryo by microsurgery and cell fusion. **Science**, Nova York, v. 220, n. 4603, p. 1300-1302, 1983.

MEIRELLES, F. V. et al. Transferência de núcleo: potenciais aplicações no controle genético nuclear e citoplasmático. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 382-390, 2007.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, [s.d.]. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/broto/>. Acesso em: 04 out. 2022.

NAZARI, E.; MULLER, Y. Dos Gametas ao Zigoto. In: NAZARI, E.; MULLER, Y. **Embriologia Humana**. Florianópolis: Santa Catarina, 2011. cap. 2, p. 29-45.

NAGASHIMA, H. et al. Advancing pig cloning technologies towards application in regenerative medicine. **Reproduction in domestic animals**, v. 47, p. 92-97, 2012.

PAES, J.; STESSUK, T. Breve história da clonagem animal na idade contemporânea. In: PAES, J.; STESSUK, T. **Uma Breve História da Clonagem**. Viçosa, Minas Gerais: Editora Viçosa, 2021. Capítulo 2, p. 14-20.

PEREIRA, A. F.; FREITAS, V. J. F. Clonagem em ruminantes: progressos e perspectivas atuais. **Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 33, n. 3, p. 118-128, 2009.

POSFAI, Eszter et al. All models are wrong, but some are useful: Establishing standards for stem cell-based embryo models. **Stem Cell Reports**, v. 16, n. 5, p. 1117-1141, 2021.

PRATHER, R. S. et al. Nuclear transfer in mammalian embryos: assessment of donor nuclei and recipient oocyte. **Biology of Reproduction**, v. 37, n. 4, p. 859-866, 1987.

PRATHER, R. S. et al. Nuclear transplantation in early pig embryos. **Biology of Reproduction**, Nova York, v. 41, n. 3, p. 414-418, 1989.

RUMJANEK, F. D. A técnica de clonagem de mamíferos. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 176, p. 34-38, out. 2001.

SARAIVA, N. Z. et al. Métodos alternativos de enucleação oocitária utilizados na transferência nuclear em animais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte**, v. 34, n. 4, p. 197-205, 2010.

SPEMANN, H. Embryonic development and induction. **New Haven**: Yale University Press, 1938.

SIMMONS, J. G. A. Embriologia e o "Organizador". In: SIMMONS, J. G. **Médicos e descobridores**. Rio de Janeiro: Record, 2004. p. 281-284.

SMITH, L. C.; WILMUT, I. Influence of nuclear and cytoplasmic activity on the development in vivo of sheep embryos after nuclear transplantation. **Biology of Reproduction**, v. 40, p. 1027-1035, 1989.

TRECENTI, A. S.; ZAPPA, V. Clonagem animal. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, n. 20, 2013.

VAN DER BERG, J. P. et al. Regulation and safety considerations of somatic cell nuclear transfer-cloned farm animals and their offspring used for food production. **Theriogenology**, v. 135, p. 85-93, 2019.

WILLADSEN, S. M. Nuclear transplantation in sheep embryos. **Nature**, v. 320, n. 6057, p. 63-65, 1986.

WILMUT, I.; SCHNIEKE, A. E.; McWHIR, J.; KIND, A. J.; CAMPBELL, K. H. S. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. **Nature**, v. 385, n. 6619, p. 810-813, 1997.

YIN, X.J.; LEE, H.S.; YU, X.F.; KIM, L.H.; SHIN, H.D.; CHO, S.J.; CHOI, E.G.; KONG, I.K. Production of second-generation cloned cats by somatic cell nuclear transfer. **Theriogenology**, v. 69, n. 8, p. 1001-1006, 2008.

ZATZ, M. Clonagem humana, medicina regenerativa e ética. Natal: **Instituto de Biociências**, Universidade de São Paulo, 2003.

Desempenho e características de carcaça de suínos

Performance and carcass characteristics of swine

Vitor Souza Pais, Carlos Alexandre Granghelli

1. Introdução

A suinocultura brasileira é uma atividade pecuária de suma importância no âmbito social e econômico. Além de contribuir para a alimentação da população, através do fornecimento de uma das proteínas animais mais valiosas do mundo, a criação suinícola garante geração de emprego de forma direta e indireta no meio rural, levando à fixação do trabalhador neste ambiente (USDA, 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (2023), em 2022 houve o alojamento de 2.067.749 cabeças de matrizes no país, que promoveram uma produção cárnea de 4,983 milhões de toneladas, direcionadas 22,48 % ao mercado externo e 77,52 % ao mercado interno. Ainda neste ano, o Brasil exportou 1.120 mil toneladas do produto, especialmente para a China, gerando uma receita de 2.573 milhões de dólares. Tais valores colocam o país como o quarto maior produtor e exportador de carne suína, atualmente.

O destaque brasileiro na suinocultura pode ser explicado devido ao avanço tecnológico dedicado ao setor e, também, pelo trabalho dos técnicos, associações, entidades de pesquisa e dos criadores, nas áreas de genética, nutrição, manejo e instalações (ROPPA, 2014).

O porco (*Sus domesticus*), descendente do javali selvagem (*Sus scrofa*), originário da Eurásia, tem, no decorrer da história, uma grande importância ao ser humano na questão alimentar. Sua existência data de cerca de 40 milhões de anos e o seu consumo começou desde a Idade da Pedra Polida (18000 a 5000 a.C.), com o *homo sapiens*, que já havia iniciado a formação de aldeias e o cultivo de vegetais. A criação deste animal era de baixo custo e tinha-se muito interesse por

sua banha, que servia como um elemento de conservação e de preparação para inúmeras receitas, incorporando mais sabor à comida (HARARI, 2015).

Desse período até os primeiros 50 anos do século XX, o uso da gordura suína foi bastante difundido dentro da alimentação humana, tornando a banha tão importante quanto os cortes mais nobres do porco. Com o surgimento dos óleos vegetais, este ingrediente perdeu espaço e popularidade, fazendo com que os criadores de suínos fossem obrigados a elaborar um modelo de animal com melhor desempenho, menos gordura corporal, mais carne e melhor conversão alimentar (ROPPA, 2001).

A carne suína é uma das proteínas de origem animal mais consumidas do mundo, por mais que em alguns países esse índice seja baixo, devido a questões de crenças, costumes, valores e mitos (ANTUNES, 2018). Ela é rica em nutrientes, contendo sabor e maciez especiais.

Portanto, o objetivo desta revisão de literatura é o de relatar a história que envolve a criação dos suínos, com ênfase nas alterações de desempenho e das características de carcaça pelos quais passaram.

2. Desenvolvimento

Esta é uma revisão baseada em publicações de artigos e livros e as bases de dados utilizadas foram: Google Acadêmico, SciELO, PubVet e RevVet, através das palavras-chave: *suinocultura*, *história dos suínos*, *desempenho*, *características de carcaça e qualidade de carne suína*. Artigos e livros publicados entre 1907 e 2022 foram utilizados, sendo que os trabalhos mais antigos foram citados especialmente para se referir aos “primórdios”.

2.1 História da suinocultura

A introdução dos suínos na América se deu em 1494, com Cristóvão Colombo. Primeiramente se estabeleceram na América do Norte e, anos depois, chegaram também na América do Sul. No Brasil, eles foram trazidos pelo navegador Martin Afonso de Souza, no litoral de São Vicente, São Paulo, no ano

de 1532. Em 1580, a criação já era volumosa e aumentava consideravelmente (ABCS, 2019).

Iniciou-se, assim, os cruzamentos entre raças brasileiras e portuguesas, originando novos indivíduos (raças nacionais), como o Piau, Tatu, Canastra, Nilo, Caruncho, Pereira e Pirapitinga. Neste período, ainda não havia nenhum tipo de preocupação com o desempenho e com o melhoramento genético dos suínos, pois o interesse pela banha era maior do que pela própria carne. Apenas em 1955 que esse cenário se modificou, devido a criação da Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), com o intuito de promover um avanço tecnológico nas atividades suinícolas do país, buscando melhorar a genética do rebanho nacional e elevar a produtividade dos animais (FÁVERO; FIGUEIREDO, 2009).

As diferentes raças de porco englobavam características distintas que influenciavam diretamente no produto final, a carne. Durante o Renascimento (XIV – XVI), foram feitas algumas pinturas deste animal, onde ele era representado de forma muito semelhante ao javali. A evolução dos suínos se deu através do aperfeiçoamento e intensificação das criações, fazendo-os ficar com corpo, cérebro, focinho e dentes menores, algumas raças passaram a apresentar orelhas caídas e, dependendo da região e da genética, o tamanho do corpo, a densidade e a coloração dos pelos também sofreram alterações (SANSÓN, 1907).

A partir do surgimento da ABCS, teve início o controle genealógico de suínos e a importação de raças exóticas, para que se aumentasse a produção de carne, visto que a banha (principal produto das raças nativas) perdeu espaço para os óleos vegetais. Assim, os produtores passaram a ter no plantel animais de raças como Duroc Jersey, Wessex Saddleback, Hampshire, Berkshire, Poland China, Large Black, Montana e Tamworth. Em um segundo momento de importações, no início da década de 1960, chegaram exemplares de raças brancas, como Landrace e Large White, além do Pietrain. Todo esse trabalho de introdução de material genético era liderado pela Associação de Criadores, que possuíam granjas de reprodutores nas regiões Sul e Sudeste do país, especialmente (FÁVERO et al., 2011).

As antigas raças de porcos foram substituídas pelos porcos brancos, os “suínos”, com priorização da produção de carne. O porco comum, tipo banha, era criado solto, na mangueira, tratado com mandioca, milho e lavagem, feta à base de batata-doce, abóbora e restos de comida. O sistema evoluiu e passaram a ser criados em confinamento, à base de rações compradas. Antes, o porco era preso para engordar após o sexto mês, precisando de mais de seis meses para ficar pronto para o abate e, com toda a modernização recente, esses animais já são comercializados a partir de cinco meses de idade (MENASCHE, 2007).

2.2 Alterações nos padrões e evolução da carne suína

No Brasil, para que a produção suinícola se desenvolvesse, produtores e especialistas investiram intensamente em genética, reduzindo em 31 % a gordura da carne, 10 % do colesterol e 14 % das calorias, tornando a carne suína mais magra e nutritiva. A melhoria no manejo gerou um impacto positivo sobre o estresse e, conseqüentemente, sobre a qualidade da carne (LUDTKE et al., 2010).

Após o final dos anos 70, passou-se a pensar no aperfeiçoamento do rebanho de suínos e no oferecimento de uma carne de melhor qualidade à população, com menos banha, por questões de saúde. Foram construídas estações para avaliações dos animais, testando o desempenho dos cachacos, das matrizes e da sua progênie (COSTA; FÁVERO; LEITÃO, 1984). Em meio a essas mudanças, a conformação corporal do suíno se alterou, passando a ser tipificado como um animal “tipo carne”, com 30% dianteiro e 70% traseiro em sua constituição. Com isso, a carcaça passou a ter menor espessura de toucinho e houve o desenvolvimento mais acentuado da musculatura, em especial na região traseira, onde se concentram cortes nobres, como o lombo e o pernil (ROPPA, 2006).

Segundo Roppa (2014), por meio do trabalho genético e nutricional, os suínos puderam ser abatidos com maior peso e menor acúmulo de gordura, se tornando muito mais eficientes. Em meados de 1980, eram mandados ao abate com cerca de 180 dias de idade, com conversão alimentar de 1:3,6 kg (3,6 kg de ração consumida para 1 kg de ganho de peso), espessura de toucinho entre 4 e 5 centímetros e peso vivo de abate de 94 kg. Em 2012, tais animais já eram

abatidos entre 140 e 150 dias de idade, com conversão alimentar de 1:2,4 kg, espessura de toucinho de 1 centímetro e peso vivo de abate de 110 a 120 kg. Houve uma melhora na taxa desfrute (número de animais abatidos dividido pelo plantel total), que mudou de 54,4 % para 103 %, em 32 anos. O peso médio das carcaças também subiu consideravelmente, de 64 kg para 84 kg.

Com o início da implementação do controle zootécnico, foi possível ter um maior controle sobre a produção, pois passaram a fazer anotações sobre o rebanho, com fichas individuais por animal. Nessas fichas, constam dados como: datas de coberturas e de nascimentos, número de partos, ocorrência de enfermidades, mortes, descartes, pesos, alturas, comprimentos e escore de condição corporal, por exemplo (ABCS, 2019). Esse controle sobre o rebanho é indispensável nos dias de hoje, em qualquer tipo de granja.

Depois dessas mudanças nos métodos de manejo, alimentação, instalações e aprimoramento genético, o porco passou a ser chamado de suíno, um animal que contém até 62% de carne magra, sendo que antes possuía entre 40 e 45% desta em sua carcaça, mostrando uma grande evolução neste aspecto (ROPPA, 2001).

A qualidade da carne é uma grande preocupação por parte dos consumidores mais exigentes. De forma geral, essa qualidade depende de fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo que os intrínsecos estão relacionados ao manejo alimentar, à genética, ao sexo e à idade, enquanto os extrínsecos se vinculam ao método de abate, desde o carregamento dos animais na propriedade até a entrada da carne nas câmaras frias, a forma de cozimento e o tipo de conservação (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

O suíno “tipo músculo” se tornou a preferência do consumidor final, em relação ao “tipo banha”, muito por conta da maior preocupação com a saúde e com a ingestão de gordura. Com a considerável evolução tecnológica da indústria alimentícia, é possível produzir uma carne com teores reduzidos de colesterol, gorduras e calorias. Os grandes produtores têm buscado uma maior área de olho de lombo e uma menor espessura da camada de toucinho, graças aos programas de melhoramento genético e as pesquisas de âmbito nutricional, que priorizam

aumentar a deposição de músculos na carcaça e diminuir o teor de gordura (MAGNONI; PIMENTEL, 2007).

Cerca de 70% da carne suína se situa abaixo da pele (toucinho) e apenas 20 a 22% estão entre os músculos, dando sabor e maciez. Tal fator ajuda na redução da ingestão de gordura em uma dieta habitual, porque como a gordura se encontra em uma camada bem fina, é mais fácil removê-la antes do cozimento, diminuindo o valor calórico e lipídico do alimento (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Além da carne fornecida pelos suínos, eles têm também uma grande importância na medicina humana. A partir deles, muitas medicações são obtidas, e cirurgias experimentais e xenotransplantes podem ser realizados (VAENA et al., 2013).

Tais informações mostram tamanha importância que a suinocultura tem para a história do Brasil e como esse animal pode ser aproveitado de diferentes formas pela humanidade.

2.3 Características gerais da carne suína

Os principais componentes da carne suína são: água (65 a 80%), proteína (16 a 22%), gordura (3 a 13%) e cinzas, além de outras substâncias, em pequena quantidade, como as nitrogenadas não-protéicas, carboidratos, ácido lático, minerais e vitaminas. Quando comparada com outros alimentos, conclui-se que ela é rica em proteína e pobre em carboidrato (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Dentro da produção suína, nas últimas décadas, o principal objetivo passa pela obtenção de carne de qualidade, ou seja, um alimento com elevada porcentagem de carne magra e bons indicadores de qualidade de carne (DOKMANOVIC, 2015).

A qualidade da carne envolve propriedades cruciais, que garantem o sucesso dentro dos processos de industrialização e do mercado de carnes in natura. Os atributos de maior interesse são as características nutricionais (teores de proteína, lipídios, vitaminas e minerais), características tecnológicas (pH, capacidade de retenção de água, estabilidade oxidativa) e as características

sensoriais (cor ou aparência, textura, suculência e sabor) (ROSENVOLD et al., 2001). Segundo Rosa et al. (2008), tal qualidade irá variar entre diferentes grupos genéticos, entre sexos e entre os diferentes pesos ao abate utilizados.

A coloração é aferida pelos pigmentos de mioglobina presente nos músculos. A quantidade de mioglobina irá alterar-se conforme o sexo, idade, localização anatômica do músculo e atividade física realizada pelo animal. A carne suína possui cor uniforme, entre rosada e avermelhada, com uma pequena camada de gordura branca (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). Essa coloração é o fator de qualidade que mais afeta o poder de escolha dos consumidores no momento da compra. Esta, quando normal, se torna um indicador de carne fresca e saudável (MANCINI; HUNT, 2005).

Outro fator importante a ser analisado é a maciez, sendo este o atributo gustativo que mais influencia na aceitação por parte dos consumidores. Ela está associada à extensão e à natureza das ligações cruzadas presentes no interior do tecido conjuntivo do músculo e estes se alteram conforme o suíno amadurece (LAWRIE, 1998). Monsón, Sañudo e Sierra (2005) argumentaram que a maciez da carne se dá em função do conteúdo de colágeno, da estabilidade térmica e da estrutura miofibrilar do músculo.

A mensuração do pH, por sua vez, é a maneira mais comum e universalmente aceita como indicador da qualidade final da carne (AMIN et al., 2014). O valor de pH da carne normal após 6 a 8 horas do abate é próximo de 5,8 e, depois de 24 horas do abate, o pH final fica entre 5,5 e 5,8. Na carne PSE (pale, soft e exudative: pálida, mole e exudativa), após 1 hora do abate, o pH é menor ou igual a 5,8 e, depois de 24 horas, o pH final fica entre 5,4 e 5,8. Na carne DFD (dark, firm e dry: escura, dura e seca), por sua vez, o pH final é superior a 6,2 (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Uma das propriedades funcionais que as proteínas musculares apresentam é a capacidade de retenção de água (CRA), que se refere à capacidade da carne em reter sua água durante a aplicação de forças externas, como cortes, aquecimento, trituração e prensagem (JUDGE et al., 1989). Segundo os mesmos, quanto maior a CRA, maior será a suculência da carne, havendo melhor

percepção sensorial da maciez. Esta é vista como um dos maiores aspectos de qualidade da carne, pois afeta diretamente a aparência e o rendimento dos cortes e dos processados, podendo alterar, também, sua textura. A retenção de água no músculo depende de diversos mecanismos complexos de natureza química e estrutural (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2007).

Desde os primórdios até meados da década de 1970, a criação de suínos era uma atividade muito rústica. Os animais eram tratados com restos de comida e não havia preocupações com bem-estar e sanidade. Nos dias de hoje, a suinocultura vem sendo mais valorizada, algo que se percebe, por exemplo, com o surgimento de cortes nobres, como a picanha, o carré e o lombo, que estão conquistando a indústria alimentícia e, principalmente, o mercado consumidor, visto que é uma alternativa de proteína mais econômica do que a carne bovina. Para que esse sucesso fosse alcançado e para que se mantenha nos próximos anos, conhecer as características da carne suína e fazer análises voltadas a sua qualidade é algo indispensável e vantajoso para o setor.

2.4 Benefícios da carne suína

A carne suína pode ser vista como uma grande aliada no controle de hipertensão arterial, pelo fato de conter um elevado teor de potássio em sua composição, o que ajuda a regular os níveis de sódio no corpo, exigindo menor ingestão de sal (PARDI et al., 2006). Segundo os mesmos, ela é um alimento nobre aos humanos, pois promove alta produção de energia, tem função na formação de novos tecidos orgânicos e atua na regulação de processos fisiológicos do corpo. Se apresenta como uma excelente fonte de proteínas de alto valor biológico, contendo todos os aminoácidos essenciais e vitaminas do complexo B, além de apresentar uma boa digestibilidade.

O selênio se encontra em um teor expressivo na carne de suínos. A função deste micromineral é de combater a ação de radicais livres, atuando também como antioxidante enzimático em células e tecidos (BUGEL; SANDSTROM; SKIBSTED, 2004).

O ferro, por sua vez, é um mineral crucial no combate e prevenção da anemia ferropriva, comum em crianças e gestantes. Para que seja absorvido de forma mais efetiva, ele precisa estar em sua forma heme (hemoglobina e mioglobina). Na carne suína, 40% do ferro total está sob a forma heme, sendo que a porção não heme tem sua absorção facilitada, devido a atuação de alguns aminoácidos nessa carne (MAGNONI; PIMENTEL, 2007).

Fica nítido o quão importante é a realização de cada vez mais pesquisas acerca das melhorias e benefícios que a carne suína promove à saúde humana, para que, assim, alguns mitos construídos no passado sejam destruídos, como os de que “porco é sujo, come lavagem”, “a carne é gorda, aumenta o colesterol”, “tem cisticercos e causa teníase” e “o suíno de hoje tem muito hormônio”, e o consumo cresça, alavancando o aproveitamento deste rico alimento.

3. Considerações Finais

A suinocultura brasileira desempenha um papel fundamental no contexto social e econômico do país. Além de fornecer uma das proteínas animais mais valiosas nutricionalmente do mundo para a alimentação da população, a criação de suínos gera empregos diretos e indiretos nas áreas rurais, promovendo a fixação do trabalhador nesse ambiente. O Brasil tem se destacado como o quarto maior produtor e exportador de carne suína, graças ao avanço tecnológico, ao trabalho dos técnicos, das associações, das entidades de pesquisa e dos criadores.

A evolução nos métodos de criação, envolvendo genética, nutrição e manejo, os fez transformarem-se em suínos, animais com reduzidos teores de gordura, colesterol e calorias, e alta porcentagem de carne magra, além de características nutricionais notáveis. Muitos tabus e mitos precisam ser quebrados em relação à suinocultura, a partir de estudos que demonstrem os benefícios da carne suína à saúde, bem como a importância do animal dentro da medicina humana.

Referências

AMIN, M. *et al.* Níveis de energia líquida e ractopamina na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, p.

484-492, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/YJKL4ZTPLnf4nTN7GttGKxF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

ANTUNES, R.C. **O ensino da produção industrial de suínos**: uma visão crítica. Uberlândia, MG: Edibrás, 2018. cap. 1, p. 29-58.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **A história dos suínos**, 2019. Disponível em: <https://abcs.org.br/producao/genetica/175-historia-dos-suinos>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual**, 2023. p. 71-89. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BÜGEL, S.; SANDSTRÖM, B.; SKIBSTED, L. H. Pork meat: a good source of selenium? **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Amsterdam, v. 17, n. 4, p. 307-311, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X04800336#section-cited-by>. Acesso em: 5 out. 2022.

COSTA, C. N.; FÁVERO, J. A.; LEITÃO, G. R. **Evolução das características de desempenho e carcaça em suínos submetidos a teste de progênie em Santa Catarina**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1984.

DOKMANOVIC, M. et al. Correlations among stress parameters, meat and carcass quality parameters in pigs. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 28, n. 3, p. 435, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4341090/>. Acesso em: 7 abr. 2023.

FÁVERO, J. A. *et al.* Evolução da genética: do “porco tipo banha” ao suíno light. *In*: SOUZA, J. C. P. V. B. *et al.* (ed.). **Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. cap. 4, p. 105-136.

FÁVERO, J. A.; FIGUEIREDO, E. A. P. Evolução do melhoramento genético de suínos no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 420-427, 2009. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3447>. Acesso em: 10 out. 2022.

HARARI, Y. N. **Uma breve história da humanidade sapiens**. Porto Alegre, PA: Editora L&PM, 2015.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. New frontiers in understanding drip loss in pork: recent insights on the role of postmortem muscle biochemistry. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 124, p. 19-26, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2007.00683.x>. Acesso em: 13 maio 2023.

JUDGE, M. D. *et al.* **Principles of meat science**. 2nd ed. Dubuque, Iowa: Kendall / Hunt Publishing Co, 1989. p. 135-174.

LAWRIE, R. A. **Lawrie's meat science**. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1998. cap. 3, p. 41-74.

LUDTKE, C. B. *et al.* **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA Brasil, 2010. p. 89-116.

MAGNONI, D.; PIMENTEL, I. **A Importância da carne suína na nutrição humana**. 2007. Disponível em: http://www.abcs.org.br/attachments/099_4.pdf. Acesso em: 1 nov. 2022.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n. 1, pág. 100-121, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22064056/>. Acesso em: 12 maio 2020.

MENASCHE, R. **A agricultura familiar à mesa: sabores e práticas da alimentação no Vale do Taquari**. 1ª edição. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2007. p. 86-87.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef.

Meat science, v. 71, n. 3, p. 471-479, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/loren/Downloads/MeatScienceFranco2.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2023.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* **Tecnologia de alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005, v. 2, p. 279.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**: Tecnologia da sua obtenção e transformação. Goiânia: UFG, 2006. p.624.

ROPPA, L. Panorama da produção de suínos no Brasil e no mundo. In: FERREIRA, A. H. *et al.* **Produção de suínos**: teoria e prática. 1ª edição. Brasília: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. Cap. 1, p. 31.

ROPPA, L. **Carne suína**: mitos e verdades. 2006. Disponível em: <https://abcs.org.br/attachments/0995.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2022.

ROPPA, L. **Carne suína**: mitos e verdades. ABCS – anexos. p. 21, mai. 2001.

ROSA, A. F. *et al.* Qualidade da carne de suínos de três linhagens genéticas comerciais em diferentes pesos de abate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1394-1401, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/SC8bjxk4JpLD93wrPRFBJXH/?lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2022.

ROSENVOLD, K. *et al.* Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 382-391, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11219447/>. Acesso em: 20 set. 2022.

SANSÓN, A. **Traité de zootechnie**. Paris: Libraire Agricole de La Maison Rustique, 1907. cap. 3, p. 27-42.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características da carne suína. **Boletim Técnico**, Vitória, 2007. p.1-7.

UNITED STATES DEPARTMENT AGRICULTURE - USDA. **Livestock and poultry**: world markets and trade. Foreign Agricultural Service, April 2016.

Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>. Acesso em: 09 set. 2022.

VAENA, M. L. H. T. *et al.* Aspectos históricos da cirurgia experimental animal e sua importância no desenvolvimento da cirurgia. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Seropédica, v. 35, supl. 1, p. 101-106, 2013. Disponível em: <https://rbmv.org/BJVM/article/view/641>. Acesso em: 14 set. 2022.

