

Seleção de reprodutores caprinos e ovinos para produção de sêmen *Selection of caprine and ovine sires for semen production*

Gustavo Ferrer Carneiro^{1,2}, Lúcia Cristina Pereira Arruda¹, Eveline de Fátima Lima Catão²,
Maria Madalena Pessoa Guerra^{1,2}

¹ANDROLAB - Universidade Federal Rural de Pernambuco (DMV/UFRPE), Recife, PE, Brasil.

²Pós-Graduação em Biociência Animal, UFRPE, Recife, PE, Brasil

Resumo

A presente revisão propôs analisar quais características são desejáveis para seleção de reprodutores caprinos e ovinos, visando à produção de sêmen. A escolha dos reprodutores deve ser feita de acordo com os padrões exigidos da raça, além da higidez reprodutiva dos animais. Biotecnologias reprodutivas oferecem oportunidades consideráveis para a produção animal, como a inseminação artificial, transferência de embriões e congelamento de sêmen. Análises da produção de espermatozoides são de grande importância, pois está diretamente relacionada com a atividade sexual. A genética do criatório é um fator crítico que influencia o resultado final e a saúde animal. A utilização de marcadores moleculares é uma ferramenta que temos para selecionar características desejáveis em uma prole, através da identificação de biomarcadores. Técnicas de genética molecular potencializam o efeito de técnicas reprodutivas e consequentemente a lucratividade da pecuária intensiva.

Palavras-chave: pequenos ruminantes, fertilidade, genética, prolificidade.

Abstract

The present review proposed to analyze which characteristics are desirable for the selection of goat and sheep breeders, aiming at the production of semen. The choice of breeders must be made in accordance with the standards required for the breed, in addition to the reproductive health of the animals. Reproductive biotechnologies offer considerable opportunities for animal production, such as artificial insemination, embryo transfer and semen freezing. Analyses of sperm production are of great importance, as it is directly related to sexual activity. Farm genetics is a critical factor that influences the end result and animal health. The use of molecular markers is a tool that we have to select desirable characteristics in an offspring, through the identification of biomarkers. Molecular genetic techniques enhance the effect of reproductive biotechniques and consequently the profitability of intensive livestock farming.

Keywords: *small ruminants, fertility, genetics, prolificity.*

Introdução

A demanda por produtos de origem animal, tem aumentado substancialmente. No Brasil, a carne bovina, suína e de aves já possui um mercado estável, porém, a produção de pequenos ruminantes não apresenta esta autossuficiência, embora venha conquistando espaço no mercado como mais uma opção aos consumidores. Entretanto, a baixa qualidade dos produtos disponíveis e a sazonalidade da oferta são os principais fatores que limitam o aumento do consumo. Para superar estes entraves, são necessárias pesquisas que avaliem grupos genéticos adequados às condições nacionais, visando atender a demanda de mercado e otimizar a eficiência de produção (Furusho-Garcia, 2006).

Segundo Silva Sobrinho (2001), para obter eficiência no melhoramento genético de pequenos ruminantes é necessária uma conscientização da importância da avaliação das características de produção e reprodução dos rebanhos, e não se detenham apenas em particularidades relacionadas aos padrões raciais ou fenotípicos.

A ovinocultura e a caprinocultura vêm se tornando uma atividade econômica cada vez mais importante no Brasil, visando a produção de carne, lã, leite e derivados. Estima-se que o rebanho ovino brasileiro possui aproximadamente 20,5 milhões de cabeças por todo o país, e o rebanho caprino, aproximadamente 12 milhões de cabeças (IBGE, 2021).

*Correspondência: gustavo.ferrer@ufrpe.br

Recebido: 27 de abril de 2023

Aceito: 19 de maio de 2023

Para tal, é necessário agregar características econômicas nos reprodutores avaliados. Populações caprinas e ovinas com alto desempenho reprodutivo mostram eficiência de produção duas a três vezes maior, levando-se em consideração a produção de carne ou leite. Para auxiliar a agregação de valor ao produto, faz-se necessário a adoção de manejo sanitário e reprodutivo e, sobretudo fazer uma boa escrituração zootécnica para auxiliar na escolha e seleção dos reprodutores para um programa de melhoramento genético. (SEBRAE, 2009).

Existem várias formas de utilização de um reprodutor no criatório, tais como: monta a campo, monta controlada, inseminação artificial com sêmen fresco, resfriado ou congelado, mas para que ele desempenhe seu papel adequadamente devem ser feitos estudos morfológicos no momento da escolha. Com todos os dados na seleção, será definido aquele que possa propagar de forma eficiente o seu material genético de interesse zootécnico e que tenha uma alta taxa de fertilidade com espermatozoides viáveis (Almeida, 1997).

A escolha de bons reprodutores e matrizes constitui um dos pilares fundamentais para a exploração da caprina e ovinocultura. O sucesso da atividade dependerá das respostas dadas pelos animais nas condições a eles oferecidas. (Granados, 2006). A genética molecular é uma importante ferramenta na produção animal, e sua aplicação pode incluir uma seleção baseada nas características genéticas de interesse de acordo com a aptidão do criatório (Camargo, 2018). Além disso, as técnicas de genética molecular potencializam o efeito de biotécnicas reprodutivas e consequentemente a lucratividade da pecuária intensiva (Zhu, 2022).

Diante do exposto, o objetivo da presente revisão foi avaliar os principais fatores para a seleção de reprodutores caprinos e ovinos associado com a produção de sêmen.

Escolha dos reprodutores

A escolha do reprodutor é de fundamental importância, pois deixa um número maior de descendentes em um único ano de serviço do que a quantidade de descendentes deixados por uma fêmea. A seleção de um animal que se destina à reprodução é fator determinante para o sucesso do desempenho produtivo e reprodutivo do rebanho. Portanto, devem ser observadas, no momento da escolha, as seguintes variáveis: raça escolhida de acordo com a aptidão; registro do animal; sanidade do animal; conformação corporal; aprumos; conformação dos órgãos sexuais (bolsa testicular, testículos, pênis); exame andrológico completo favorável; libido; ausência de defeitos congênitos e hereditários (Nogueira, et al., 2010).

Exame andrológico

A realização do exame clínico andrológico dos bodes e carneiros destinados à reprodução é muito importante, uma vez que os distúrbios funcionais em um ou mais órgãos genitais podem prejudicar a eficiência reprodutiva do macho e a fertilidade das fêmeas cobertas por estes animais ou inseminadas com sêmen proveniente dos mesmos (Granados, 2006).

A espermatogênese, ou seja, o ciclo completo de formação e maturação dos espermatozoides no carneiro e no bode dura cerca de 47-48 dias (Cardoso & Queiroz, 1988; França et al., 1999). Qualquer alteração no estado geral do animal que possa causar uma interrupção ou alteração na espermatogênese, pode ser vista no ejaculado após esse período e a fertilidade só será restaurada quando um novo ciclo espermatogênico completo tenha ocorrido, por isso a necessidade de se realizar o exame andrológico, pelo menos, dois meses antes do início da estação reprodutiva para que se possa fazer as correções necessárias (Maia, 2010).

Características seminais

O sêmen é constituído pelo plasma seminal e pelos espermatozoides, e sua composição varia entre as espécies. No ovino e caprino, o volume do ejaculado é relativamente baixo e a concentração espermática é alta. As características do sêmen de caprinos e ovinos estão apresentadas nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Genética

A maioria dos programas de avaliação genética são administrados por associações de raça e são usados para comparar animais registrados dentro da raça. Os criadores coletam medidas individuais de desempenho animal e as enviam à associação de criadores que gerencia o programa. Dessa forma, todas as informações enviadas de um determinado animal e seus relativos podem ser usadas para prever o

desempenho futuro da prole. A maioria das principais raças de ovinos, tem um programa de melhoramento da raça em vigor, e algumas associações de caprinos também realizam programas de avaliação genética (Barkley, 2020).

Tabela 1. Parâmetros espermáticos normais no sêmen fresco de carneirose bodes.

Característica seminal	Carneiro	Bode
Volume (mL)	0,5–3,0	0,5–1,5
Cor	Branco ou marfim	Marfim ou amarelada
Concentração	1-3 x 10 ⁹ /mL	2-5 10 ⁹ /mL
Total de espermatozoides / ejaculado	3 a 5 x 10 ⁹	3 a 5 x 10 ⁹
Motilidade (%)	≥80	80 (70-90)
Vigor (0 a 5)	≥3	≥3
Motilidade massal (0-5)	≥3	≥4
Espermatozoides normais (%)	≥80	≥80

Fonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal - CBRA (2013).

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos de caprinos e ovinos.

Característica Reprodutiva dos machos	Ovinos	Caprinos
Idade à puberdade	4 a 6 meses	3 a 4 meses
Idade p/ iniciar reprodução	8 a 10 meses	8 a 10 meses
	Sêmen	
Volume (mL)	0,8 a 1.2 mL	0,5 a 1,5 mL
Concentração (espermatozoides/mL)	1,5 a 4 bilhões	2 a 6 bilhões

Fonte: CBRA (2013)

Ainda segundo Barkley (2020), os programas de avaliação genética podem ajudar a produzir informações imparciais para a seleção de reprodutores, como as Diferenças Esperadas na Progênie (DEPs). A DEP é uma estimativa numérica do valor de um animal para uma característica específica demonstrando possíveis diferenças da prole de um animal em relação à média da raça. Dessa forma, os programas de avaliação genética podem ajudar a identificar e documentar o mérito genético para as principais características economicamente importantes. Prever o possível desempenho da próxima geração e fornecer aos criadores DEPs para serem usados como ferramenta na seleção de reprodutores.

Os DEPs mais comuns geralmente relatados incluem peso ao nascer; peso materno ao nascer; peso ao desmame aos 90 dias; peso 150 dias pós-desmame; leite materno; leite mais crescimento; número de nascidos ou porcentagem de quantidade de crias; carcaça; reprodução; vida útil da produção (Barkley, 2020).

Marcadores moleculares

Vários tipos de marcadores moleculares de DNA têm sido explorados e todos eles desempenham importante papel para avaliação da diversidade genética animal (Georges et al., 1987). O uso inicial da genética molecular para o melhoramento animal foi pouco eficaz, como demonstrado nos estudos de polimorfismos em genes selecionados que influenciam características economicamente importantes (Yang et al., 2013). A descoberta dessas variações genéticas causou pouca ou nenhuma alteração na própria avaliação genética.

No entanto, o atual estado de seleção genômica, baseado em técnicas de biologia molecular, mudou a forma de avaliação genética. A seleção genômica combina a seleção tradicional com o uso de marcadores de DNA do tipo SNP (polimorfismo de nucleotídeo único), o qual é baseado em variação em um único nucleotídeo em ponto específico do DNA. Esses marcadores aumentam a precisão da predição do valor genético e permitem a utilização em criatórios mais jovens, reduzindo o intervalo de geração e aumentando o ganho genético (Abell et al., 2014).

Com o desenvolvimento das tecnologias de reprodução assistida, houve melhoria expressiva na

produtividade dos animais, a partir da criação seletiva através das técnicas de inseminação artificial, superovulação e transferência de embriões (Kumar et al., 2009; Moore et al., 2017).

No entanto, as técnicas tradicionais de reprodução não levam em consideração todas as fontes de variabilidade genética. Da mesma forma, em características limitadas por sexo, de baixa hereditariedade ou expressas tardiamente, o impacto da criação tradicional é limitado. O uso de marcadores moleculares ajuda a resolver os problemas associados à seleção tradicional e, assim, ajuda a selecionar animais geneticamente superiores (Guo et al., 2023).

A tecnologia “ômica” nos fornece gráficos genômicos, bem como variações genéticas entre indivíduos e grupos que podem trazer processamento benéfico, bem como análise e integração de uma grande quantidade de dados, fornecendo dados fundamentais sobre a precisão da seleção de marcadores moleculares. O maior desafio para os geneticistas é identificar marcadores genéticos que controlem a variação fenotípica em características alvo (Fu et al., 2023).

A seleção em nível molecular ajuda na tomada de decisões no início da vida de um animal, o que reduz substancialmente o custo dos programas de seleção. Neste sentido, uma revisão realizada por pesquisadores da Índia mostrou vários marcadores genéticos moleculares e os papéis desempenhados por eles. Os autores enfatizam diversos marcadores seminais, confirmando os dados de que a fertilidade do macho é tão ou mais importante para obtenção de uma alta taxa de concepção, diminuição da perda embrionária precoce devido a falha na fertilização e na embriogênese (Singh et al., 2014).

Marcadores moleculares para crescimento

As características relacionadas ao crescimento têm importância econômica na produção de ovinos. Com a publicação do Projeto de Sequenciamento Genômico associado ao surgimento de chips SNP comerciais de alta densidade e técnicas de genotipagem, o estudo de associação em todo o genoma foi facilitado permitindo detectar os genes selecionados para características quantitativas em bovinos e aves (Johnston et al., 2011).

Tuersuntuoheti et al. (2023) avaliaram 100 ovelhas Qira Black e 84 ovelhas Merino Alemão por genotipagem sobre peso corporal, altura corporal, comprimento corporal e circunferência do tórax de ovinos. Foram obtidos 55 SNPs com correlação significativa, os quais foram anotados pelo genoma de referência do genoma de *Ovis aries* (Oar_v4.0), e um total de 84 genes selecionados foram associados a características de produção (BMPR1B, HSD17B3, TMEM63C, etc.). O estudo demonstrou que esses loci foram importantes marcadores que afetaram as características de crescimento e produção de carne de ovinos, além de ter se tornado referência para a busca de outros genes funcionais de características de crescimento de ovinos para alimentar o banco de dados.

Da mesma forma, estudos anteriores de Gholizadeh et al. (2015), realizaram análise de ovelhas Baluchi, encontrando 13 SNPs; e de ovelhas Merino Australiano, obtendo 39 SNPs, respectivamente, relacionados com altura corporal e circunferência do tórax. Embora alguns dos genes anotados já tenham sido relatados anteriormente, novos genes relacionados às características de crescimento e desenvolvimento foram incluídos, principalmente POMK, BMPR1B, FABP5, RPL17, EFNA5, NELL1 e PPARGC1A (Tuersuntuoheti et al., 2023).

Marcadores para criopreservação de sêmen

Outra aplicação reprodutiva dos marcadores moleculares é na criopreservação do sêmen animal. As amostras de sêmen descongelados devem atingir uma boa qualidade de crio sobrevivência. Isto é muito importante em espécies animais como os ovinos, cujos espermatozoides são altamente sensíveis a danos oxidativos (Hamilton et al., 2016) ou a qualquer tipo de choque frio (Mendoza et al., 2013).

Em estudo realizado por Vacisek et al., (2022), amostras de sêmen de duas raças de ovinos, Wallachian Nativa e Wallachian Melhorada, foram analisadas e divididas em dois grupos de acordo com a viabilidade como indicadores de qualidade do sêmen: Grupo 1 (viabilidade acima de 60%) e Grupo 2 (viabilidade abaixo de 60%). Várias sondas fluorescentes padrão e novas foram indicadas como adequadas para análise múltipla do sêmen ovino por citometria de fluxo, bem como vários anticorpos foram validados para a detecção específica de espermatozoides em ovinos (ubiquitina, PAWP e H3K4me2). Embora neste estudo não tenham sido encontradas diferenças na presença de ubiquitina na membrana plasmática do espermatozoide entre os grupos analisados de sêmen ovino com viabilidade diferente, não podemos deixar de ressaltar como um importante biomarcador, visto que Lançoni et al., 2022 relataram altos níveis de ubiquitina em espermatozoides com baixa capacidade de congelamento de sêmen em garanhões.

Um outro biomarcador potencial da qualidade do sêmen de carneiro testado foi o

H3K4me2. Neste, observou-se que níveis aumentados de H3K4me2 em amostras de sêmen humano de baixa qualidade foram significativamente relacionados à imaturidade da cromatina espermática e correlacionados negativamente com a motilidade, concentração e atividade das mitocôndrias espermáticas (Stiavnicka et al., 2020). O estudo reforça que a motilidade não deve ser o indicador decisivo da qualidade dos espermatozoides ovinos para criopreservação a longo prazo, sendo necessário uma análise completa das diferentes propriedades do espermatozoide, que afetam diretamente a qualidade geral do sêmen, através da citometria de fluxo.

Xu et al. (2023) realizaram a análise metabolômica do plasma seminal para identificar marcadores de congelabilidade do sêmen caprino. Os autores observaram que a congelabilidade do espermatozoide pode ser diretamente afetada por aminoácidos no plasma seminal caprino, como L-glutamina, L-aspartato e L-arginina. Além disso, metabólitos intermediários nos processos anabólicos de fenilalanina, leucina e fosfatidilcolina, incluindo fenilpiruvato, ácido benzóico, ácido cetoisocapróico e colina, podem regular indiretamente a criotolerância da célula espermática, e esses metabólitos podem servir como potenciais biomarcadores da congelabilidade do espermatozoide caprino.

Neste mesmo estudo, Xu et al., 2023 com base na motilidade total do espermatozoide descongelado, os bodes foram divididos em um grupo de alta congelabilidade (AC) com > 60% de motilidade total pós descongelamento e um grupo de baixa congelabilidade (BC) com < 45% de motilidade total pós descongelamento. O sêmen dos animais AC apresentou maiores parâmetros de motilidade espermática e integridade da membrana plasmática e acrossomal pós descongelamento. O plasma seminal dos grupos AC e BC foi avaliado por meio de análise metabolômica, e a análise estatística multivariada revelou diferentes padrões metabólicos no plasma seminal destes bodes com diferentes classificações de congelabilidade. Quarenta e um metabólitos diferenciais foram identificados. Esses metabólitos significativamente expressos podem ser potenciais biomarcadores para a congelabilidade do espermatozoide na espécie caprina.

Considerações finais

É nítida a importância de uma seleção acurada para a escolha dos reprodutores. Pois os mesmos afetam diretamente a qualidade do sêmen, independentemente do método de avaliação escolhido. Avanços nas técnicas de marcadores moleculares podem fornecer uma ótima opção para o avanço genético na seleção de melhores reprodutores. Estas técnicas foram desenvolvidas para esclarecer mecanismos envolvidos na expressão fenotípica a nível de DNA. O crescimento dessas ferramentas moleculares permitirá o escaneamento de todo o genoma, visando o melhoramento das diversas características economicamente favoráveis nesses futuros reprodutores. Entretanto, essas tecnologias são subutilizadas em caprinos e ovinos e maiores estudos multidisciplinares neste campo deverão ser realizados.

Referências

- Abell CE, Dekkers JCM, Rothschild MF, Mabry JW, Stalder KJ.** Total cost estimation for implementing genome-enabled selection in a multi-level swine production system. *Genetics Selection Evolution*, v.46, n.1, p.1-8, 2014.
- Almeida RSD.** Caprinocultura: Criação Racional de Caprinos. São Paulo: Nobel, 1Ed, 1997. 318p.
- Barkley M.** Selection Principles for Meat Goats. <https://extension.psu.edu/buck-selection-principles-for-meat-goats>. August 28, 2020.
- Camargo GMF.** The role of molecular genetics in livestock production. *Animal Production Science*. CSIRO PUBLISHING.
- Cardoso FM, Queiroz GF.** Duration of the cycle of the seminiferous epithelium and daily sperm production of Brazilian hairy rams, *Animal Repro Sci*, v.17, n.1-2, p.77-84, 1988.
- França LR, Becker-Silva SC, Chiarini-Garcia H.** The length of the cycle of seminiferous epithelium in goats (*Capra hircus*). *Tissue Cell*, v.31, n.3, p.274-80, 1999.
- Fu Y, Liu H, Dou J, Wang Y, Liao Y, Huang X, Tang Z, Xu J, Yin D, Zhu S, Liu Y, Shen X, Liu H, Liu J, Yang X, Zhang Y, Xiang Y, Li J, Zheng Z, Zhao Y, Ma Y, Wang H, Du X, Xie S, Xu X, Zhang H, Yin L, Zhu M, Yu M, Li X, Liu X, Zhao S. I.** Animal: a cross-species omics knowledgebase for animals. *Nucleic Acids Res*, v.6, p.51. 2023.
- Furucho Garcia IF, Perez JRO, Bonagurio S, Santos CL.** Estudo alométrico dos cortes de cordeiros Santa Inês puros e cruzas. *Rev Bras de Zootecnia*, v.35, p.1416-1422, 2006.
- Georges M, Lequarré AS, Hanset R, Vassart G.** Genetic variation of the bovine thyroglobulin gene studied at the DNA level. *Animal Genetics*, v.18, n.1, p.41-50, 1987.

- Gholizadeh M, Rahimimianji G, Nejatijavaremi A.** Genomewide association study of body weight traits in Baluchi sheep. *J Gene*, v.94, p.143–146, 2015
- Granados, L.B.C.** Aspectos gerais da reprodução de caprinos e ovinos. – 1. ed. Campos dos Goytacazes, 2006.
- Guo Y, Bai F, Wang J, Fu S, Zhang Y, Liu X, Zhang Z, Shao J, Li R, Wang F, Zhang L, Zheng H, Wang X, Liu Y, Jiang Y.** Design and characterization of a high-resolution multiple-SNP capture array by target sequencing for sheep. *J Anim Sci*. v.101, skac383, 2023. doi: 10.1093/jas/skac383. PMID: 36402741; PMCID: PMC9833038.
- IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da pecuária Municipal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-ovoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=downloads>>. 2023.
- Johnston SE, McEwan JC, Pickering NK, Kijas JW, Beraldi D, Pilkington JG, Pemberton JM, Slate J.** Genome-wide association mapping identifies the genetic basis of discrete and quantitative variation in sexual weaponry in a wild sheep population. *Mol Ecol.*, v.20, p.2555–2566, 2011.
- Kumar A, Singhi U, Khanna AS, Singh RP.** Genetic and non-genetic variability in selective value of Hariana cows. *Ind J Anim Sci*, v. 79, n. 388, p. e391, 2009.
- Lanconi R, Celeghini ECC, Gonella-Diaz AM, Giuli V, Carvalho CPT, Zoca GB, Garcia-Oliveros LN, Batissaco L, Oliveira LZ, Arruda RP.** Relationship between sperm ubiquitination and equine semen freezability. *Reprod. Domest. Anim.*, v.57, p.465–472, 2022.
- Moore SG, Hasler JF.** A 100-Year Review: Reproductive technologies in dairy science. *J Dairy Sci*, v.100, n.12, p.10314-10331, 2017.
- Maia M S.** Tecnologia do sêmen e inseminação artificial em caprinos e ovinos. Natal: EMPARN, 2010. 90 p. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, n. 13).
- Nogueira Filho A, Figueiredo Júnior CA, Yamamoto A.** Mercado de carne, leite e pele de caprinos e ovinos no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, n. 27, 128p. 2010.
- SEBRAE.** Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Manejo básico de ovinos e caprinos. Disponível em: <http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/ManejoBasicoOvinoCaprinoSebrae>. 2009.
- Silva Sobrinho AG.** Criação de ovinos. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP. 2001. 302 p.
- Singh U, Deb R, Alyethodi RR, Alex R, Kumar S, Chakraborty S, Dhama K, Sharma A.** Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*, v.6, p.49-58, 2014.
- Stiavnicka M, Garcia-Alvarez O, Ulcova-Galova Z, Sutovsky P, Abril-Parreno L, Dolejsova M, Rinnacova H, Moravec J, Hosek P, Losan P, Golda L, Fenclová T, Králíčková M, Nevorál J.** H3K4me2 accompanies chromatin immaturity in human spermatozoa: An epigenetic marker for sperm quality assessment. *Syst. Biol. Reprod. Med*, v.66, p.3–11. 2020.
- Tuersuntuoheti M, Zhang J, Zhou W, Zhang CL, Liu C, Chang Q, Liu S.** Exploring the growth trait molecular markers in two sheep breeds based on Genome-wide association analysis. *PLoS One*, v.18, n.3, e0283383, 2023.
- Vašicek J, Baláži A, Svoradová A, Vozaf J, Dujicková L, Makarevich AV, Bauer M, Chrenek P.** Comprehensive Flow-Cytometric Quality Assessment of Ram Sperm Intended for Gene Banking Using Standard and Novel Fertility Biomarkers. *Int. J Mol Sci*, v.23, artigo 5920, 2022.
- Xu B, Bai X, Zhang J, Li B, Zhang Y, Su R, Wang R, Wang Z, Lv Q, Zhang J, Li J.** Metabolomic analysis of seminal plasma to identify goat semen freezability markers. *Front Vet Sci*, v.10, artigo1132373, 2023.
- Yang L, Fu S, Khan MA, Zeng W, Fu J.** Molecular cloning and development of RAPD-SCAR markers for *Dimocarpus longan* variety authentication. *Springerplus*, v.2, artigo 501, 2013.
- Zhu M, Zhang H, Yang H, Zhao Z, Blair HT, Zhai M, Yu Q, Wu P, Fang C, Xie M.** Polymorphisms and association of GRM1, GNAQ and HCRTR1 genes with seasonal reproduction and litter size in three sheep breeds. *Reprod Domest Anim*, v.57, n.5, p.532-540, 2022.