

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ULTRASSONOGRAFIA MODO B E DOPPLER NA
AVALIAÇÃO GESTACIONAL DE CABRAS

Priscila Del Aguila da Silva
Médica Veterinária

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ULTRASSONOGRAFIA MODO B E DOPPLER NA
AVALIAÇÃO GESTACIONAL DE CABRAS

Priscila Del Aguila da Silva

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutora em Medicina
Veterinária (Reprodução Animal)**

2020

S586u	Silva, Priscila Del'Aguila da Ultrassonografia modo b e doppler na avaliação gestacional de cabras / Priscila Del'Aguila da Silva. -- Jaboticabal, 2020 88 p. : tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Marcus Antônio Rossi Feliciano 1. Obstetrícia. 2. Ultrassonografia. 3. Reprodução. 4. Ultrassonografia doppler. 5. Goat breeding. I.
-------	---

Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ULTRASSONOGRAFIA MODO B E DOPPLER NA AVALIAÇÃO GESTACIONAL DE CABRAS

AUTORA: PRISCILA DEL'AGUILA DA SILVA

ORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO

COORIENTADORA: VIVIAN TAVARES DE ALMEIDA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em MEDICINA VETERINÁRIA, área: Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO (Participação Virtual)
Setor de Diagnóstico por Imagem-UFSM / Santa Maria/RS

Prof. Dr. FELIPE FARIAS PEREIRA DA CÂMARA BARROS (Participação Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária e Cirurgia Veterinária-UFRRJ / Seropédica/RJ

Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO (Participação Virtual)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. LEANDRO NASSAR GOUTINHO (Participação Virtual)
UFPA / Belém/PA

Profa. Dra. MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA (Participação Virtual)
Depto. de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PRISCILA DEL AGUILA DA SILVA – filha de Marcos Rocha da Silva e Marizalda de Lima Del Aguila, nasceu em Rio Branco – Acre, no dia 1 de setembro de 1992. Em janeiro de 2015, formou-se como Médica Veterinária na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará (2010-2014). Mestre em Medicina Veterinária, área de Reprodução Animal, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP, Campus de Jaboticabal (2015 - 2017), sob orientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano e coorientação do Prof. Dr. Wilter Ricardo Russiano Vicente e Prof. Dr. Ricardo Andres Ramirez Uscategui. Durante o mestrado foi bolsista CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Atualmente é Doutoranda do programa de Medicina Veterinária, área de Reprodução Animal, pela mesma instituição, sob orientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano e bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Possui experiência na área de teriogenologia, neonatologia, obstetrícia e ultrassonografia, com linha de pesquisa em ultrassonografia gestacional em pequenos ruminantes.

“A lei da mente é implacável.
O que você pensa, você cria;
O que você sente, você atrai;
O que você acredita
Torna-se realidade”.
(Siddhartha Gautama)

Dedico essa pesquisa à memória da minha querida avó Sônia, pois sei que lá dos céus ela me acompanha e se orgulhará.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, que guiou meus passos até aqui, que me concedeu inúmeras bênçãos, sempre iluminando meu caminho e concedendo forças para que todos os desafios fossem superados.

À minha mãe Marizalda Del Aguila, por ser a minha maior motivação em alçar voos e investir na minha carreira e profissionalização, e ser razão pela qual me mantive firme ao longo dessa caminhada. Por todo o seu amor e dedicação incondicionais, pelo companheirismo, por me apoiar nos momentos mais difíceis e por me proporcionar tantas alegrias, colocando minha felicidade muitas vezes em primeiro lugar, muito obrigada. Essa conquista não seria possível sem a senhora.

Ao meu pai Marcos Rocha, que mesmo com a distância se fez presente. Por pavimentar meu caminho até a universidade, por ser um pai amoroso e incentivador da minha carreira, muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, por me conduzir na pós-graduação desde e ter me acolhido em seu grupo. Por toda a paciência, pelos inúmeros ensinamentos e oportunidades estendendo a mão sempre que precisei. Por ser um orientador que ajudou em todos os aspectos do meu trabalho e por ter sempre à disposição uma piada para descontrair qualquer situação.

Ao Dr. Ricardo Uscategui, por contribuir efetivamente para este trabalho fornecendo orientações valiosas e auxiliando no desenho e execução desta pesquisa, além da contribuição essencial com a estatística; por ter se tornado um verdadeiro mentor ao longo da minha caminhada na pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Wilter Ricardo Russiano Vicente, por ter me dado a oportunidade de ingressar no grupo desde o mestrado ao ter me aceitado e seguir no doutorado, por ser um grande mestre e fonte de inspiração, sempre sendo capaz de passar serenidade e palavras de sabedoria.

À professora Lizandra Amoroso pela parceria estabelecida nesse estudo sendo imprescindível na execução deste, disposição em contribuir com conhecimento sempre que necessário e por ter me dado oportunidades extremamente enriquecedoras ao longo dessa caminhada.

Ao Dr. Bruno Biagioli, responsável pelo setor de caprinocultura da Unesp, por abrir as portas do setor e confiar a vida e cuidado de tantos animais a mim, além das contribuições valiosas e essenciais à execução ao trabalho.

Ao funcionário do setor de caprinocultura Oswaldo Ferrari, por toda ajuda e contribuições diárias ao longo de todo o período experimental, sempre disposto a

ajudar e/ou dar uma bronca, mas sempre preocupado com o bem estar e cuidado dos animais.

À amiga e parceira de experimento Fabiana Cirino dos Santos, essencial para a execução da pesquisa, sempre disposta a ajudar em tudo que precisei. Foi cansativo, foram dois anos de dedicação, mas sem dúvidas nossa parceria tornou tudo mais fácil, esse trabalho é nosso!

À equipe de obstetrícia veterinária e reprodução (SORA), amigos que dispuseram de seu tempo, muitas vezes escasso, para que eu pudesse conduzir meu trabalho, ajudando sempre que necessário, especialmente Ana Paula Simões, Victor Santos, Mariana Kako e Renata Sitta.

Aos amigos da república, Duda, Pê, Marcela e Lais, que representam uma segunda família para mim, por toda a parceria, companheirismo e bons momentos que tivemos ao longo de todos esses anos de convívio.

Aos amigos do laboratório de ultrassonografia Luiz, Marcus, Beatriz e Priscila, pelos bons momentos compartilhados no experimento e na salinha, sempre garantindo um sorriso ainda que nos dias mais cansativos.

Aos ilustríssimos membros das bancas do exame geral de qualificação e defesa Dra. Luciana Padilha Nakaghi, Prof. Dr. Leandro Nassar Coutinho, Prof. Dr. Felipe Barros, Profa. Dra. Maria Emília Franco de Oliveira e Profa. Dra. Lizandra Amoroso pela disponibilidade, importantes correções, direcionamentos e sugestões.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Pag.
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1 Fisiologia da gestação em cabras	2
2.2 Ultrassonografia gestacional em caprinos	5
2.3 Ultrassonografia doppler em pequenos ruminantes	7
2.4 Estimativa de idade gestacional e predição de parto.....	9
REFERÊNCIAS	11
CAPITULO 2 - Ultrassonografia modo-B e parâmetros ecobiométricos para avaliação do desenvolvimento embrionário, fetal e estimativa de idade gestacional em caprinos	15
Resumo	15
1 Introdução	16
2 Materiais e Métodos.....	18
2.1 Animais	18
2.2 Sincronização de estro e monta	18
2.3 Avaliação ultrassonográfica.....	19
2.4 Parto e avaliação neonatal	21
2.5 Análise Estatística	21
3 Resultados	22
3.1 Diagnóstico gestacional.....	22
3.2 Desenvolvimento das estruturas maternas, embrionárias e fetais	23
3.3 Estudo ecobiométrico e estimativas de idade gestacional.....	25
4 Discussão.....	27
5 Conclusões	35
Agradecimentos	35
Declaração de contribuição do autor	35
Declaração de conflito de interesses	36
Referências	36
CAPITULO 3 - Dopplerfluxometria das artérias umbilical e uterina de cabras Saanen gestantes.....	48
Resumo	48

1 Introdução	49
2 Materiais e Métodos	50
2.1 Avaliação ultrassonográfica.....	51
2.4 Ultrassonografia Doppler.....	52
2.5 Análise Estatística	53
3 Resultados	53
3.1 Artéria umbilical	54
3.2 Artéria uterina	56
4 Discussão.....	57
5 Conclusões	60
Agradecimentos	61
Declaração de conflito de interesses	61
Referências	61
CAPITULO 4 - Ecobiometria materno-fetal, temperatura vulvar e impedância do muco vaginal na predição de parto eutócico em caprinos	66
RESUMO	66
AGRADECIMENTOS	71
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE BIOÉTICA E BIOSSEGURANÇA	71
DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES	71
CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES	71
REFERÊNCIAS.....	72

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **"Ultrassonografia modo B e Doppler na avaliação gestacional de cabras"**, protocolo nº 010229/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcus Antonio Rossi Feliciano, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de Julho de 2017.

Vigência do Projeto	01/11/2017 a 31/12/2018
Espécie / Linhagem	Caprina / Saanen e Anglo-nubiana
Nº de animais	30
Peso / Idade	30-60 Kg / 2-5 anos
Sexo	Fêmeas
Origem	Setor de caprinocultura leiteira da FCAV/Unesp - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de julho de 2017.


Profª Drª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

ULTRASSONOGRAFIA MODO B E DOPPLER NA AVALIAÇÃO GESTACIONAL DE CABRAS

RESUMO – Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da ultrassonografia modo B e Doppler na avaliação gestacional em cabras, descrevendo as características de tecidos materno-fetais e determinando equações preditivas de idade gestacional, além de avaliar as características dopplerfluxométricas das artérias umbilical e uterina. De forma adicional, foram correlacionadas as alterações na impedância do muco vaginal, temperatura vulvar e medidas ecobiométricas com o momento do parto. Foram utilizadas 25 cabras das raças Saanen multíparas, com peso entre 30 e 60 kg e idades entre dois e cinco anos, híginas e sem histórico de doenças reprodutivas. Os animais foram submetidos a protocolo de sincronização de estro e monta natural. As avaliações foram realizadas semanalmente do dia 21 de gestação até a parturição. O teste de Shapiro foi utilizado para determinar a normalidade dos dados e o teste de Spearman para determinar correlações de medidas reais ou transformadas à medida que a gestação avançou. Se houve uma diferença significativa detectada, ajustes variáveis e semanas gestacionais foram testados usando modelos de regressão. Também foram realizados teste de correlação entre o número de fetos e as variáveis estudadas e de comparação pela análise de variância e pós-teste de Tukey. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Os diâmetros abdominal, torácico, biparietal; os comprimentos cefalococcígeo, nuca ao focinho, úmero, rádio-ulna, metacarpo, fêmur, tíbia, metatarso, placentomas, órbita ocular, rins; e área do coração foram mensurados; além do índice de resistividade (IR) e pulsatilidade (IP) das artérias uterina e umbilical. A frequência cardíaca foi obtida utilizando o modo Doppler pulsado. Os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram obtidos para o comprimento do úmero (UMC; 96,2%), área do coração (ACOR; 95,6%) e distância da nuca ao focinho (DNF; 95,3%). Apenas placentomas e frequência cardíaca fetal apresentaram baixos coeficientes de determinação ($R^2=54,3$ e $R^2=45,0$). O fluxo da artéria uterina não variou ao longo das avaliações enquanto a umbilical apresentou baixa correlação com a idade gestacional (R^2 33,7%). A frequência cardíaca se correlaciona negativamente com as horas antes do parto ($p<0,001$; r -Pearson= -0,451), assim como a temperatura vaginal ($p= 0,001$; r -Pearson= -0,275), enquanto a espessura da cérvix se correlacionou positivamente ($p<0,001$; r -Pearson= 0,490); a impedância do muco vaginal, não variou ao longo das avaliações e não se correlacionou com o momento do parto. As avaliações biométricas indicaram correlações significativas entre as medidas das estruturas materno-fetais e a idade gestacional, que podem ser usadas como valores de referência e detecção de anormalidades no desenvolvimento e o monitoramento da frequência cardíaca, temperatura vaginal e mensuração da espessura cervical na última semana gestacional fornecem informações adequadas acerca da proximidade do momento do parto.

Palavras-chave: Desenvolvimento fetal, ecobiometria, idade gestacional, predição de parto, Saanen

B-MODE AND DOPPLER ULTRASONOGRAPHY IN GESTATIONAL EVALUATION OF GOATS

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the efficacy of B- mode and Doppler ultrasonography in gestational evaluation in goats, describing the characteristics of maternal-fetal tissues and determining predictive equations for gestational age, besides evaluating dopplerfluxometric characteristics of the umbilical and uterine arteries. In addition, changes in vaginal mucus impedance, vulvar temperature and ecobiometric measurements were correlated with the time of delivery. 25 multiparous Saanen goats were used, weighing between 30 and 60 kg and aged between two and five years, healthy and with no history of reproductive diseases. The animals were submitted to a protocol of estrus synchronization and natural breeding. The evaluations were carried out weekly from the 21st day of gestation until parturition. The Shapiro test was used to determine the normality of the data and the Spearman test to determine correlations of real or transformed measurements as the pregnancy progressed. If there was a significant difference detected, variable adjustments and gestational weeks were tested using regression models. Correlation tests were also carried out between the number of fetuses and the variables studied and for comparison by analysis of variance and Tukey's post-test. The level of significance was set at 5%. The abdominal, thoracic, biparietal diameters; cephalococcygeal lengths, neck to snout, humerus, radius-ulna, metacarpal, femur, tibia, metatarsus, placentomas, eye socket, kidneys; and heart area were measured; in addition to the resistivity (IR) and pulsatility (IP) index of the uterine and umbilical arteries. Heart rate was obtained using the pulsed Doppler mode. The highest coefficients of determination (R^2) were obtained for the length of the humerus (UMC; 96.2%), heart area (ACOR; 95.6%) and distance from the neck to the muzzle (DNF; 95.3%). Only placentomas and fetal heart rate showed low determination coefficients ($R^2 = 54.3$ and $R^2 = 45.0$). The flow of the uterine artery did not vary during the evaluations while the umbilical presented a low correlation with gestational age (R^2 33.7%). Heart rate is negatively correlated with the hours before parturition ($p < 0.001$; r-Pearson = -0.451), as well as vaginal temperature ($p = 0.001$; r-Pearson = -0.275), while the thickness of the cervix was correlated positively ($p < 0.001$; r-Pearson = 0.490); the impedance of the vaginal mucus, did not vary during the evaluations and did not correlate with the moment of delivery. Biometric evaluations indicated significant correlations between the measures of the maternal-fetal structures and the gestational age, which be used as reference values and detecting abnormalities in development and monitoring heart rate, vaginal temperature and measuring cervical thickness in the last gestational week provide adequate information about the moment of delivery.

Keywords: Fetal development, ecobiometry, gestational age, parturition prediction, Saanen

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. Introdução

O uso do exame ultrassonográfico em tempo real na reprodução animal representou um grande avanço no conhecimento científico dessa área. Este exame tem demonstrado excelente aplicabilidade no acompanhamento gestacional das mais diversas espécies, sendo este o meio de diagnóstico mais preciso para avaliação da gestação, além de ser totalmente inócuo para as fêmeas e conceptos. Por meio dessa técnica de imagem é possível realizar diagnóstico gestacional preciso e monitorar a prenhez, avaliando a viabilidade fetal, detectar possíveis anormalidades na gestação e nos fetos (FELICIANO et al., 2008).

Especificamente em pequenos ruminantes, a difusão do exame ultrassonográfico torna-se mais relevante que de outras espécies domésticas (como bovinos e equinos), em virtude da impossibilidade de palpação retal (OLIVEIRA et al., 2014). A espécie caprina vem ganhando destaque na produção nacional devido à sua facilidade de manejo e criação, alta adaptabilidade a ambientes diversos e capacidade para diminuir o impacto das condições climáticas devido à sua capacidade biológica (DARCANA & SILANIKOVB, 2017).

De forma geral, o acompanhamento gestacional em pequenos ruminantes visa garantir o correto desenvolvimento da gestação e nascimento de animais saudáveis, com condições ótimas de desenvolvimento e peso (FTHENAKIS et al., 2012). O diagnóstico gestacional ultrassonográfico contribui para aumentar a eficiência reprodutiva dos animais, de modo a adequar precocemente o manejo às novas necessidades da fêmea gestante. Com o uso da ultrassonografia, é possível estimar a maturação fetal (nas diferentes fases do desenvolvimento do conceito) por meio da detecção do aparecimento de membros, encéfalo, calcificação e vísceras como o fígado, coração, rins, intestinos, estômago e vesícula urinária (AISSI et al., 2008; DAVIDSON & BAKER, 2009). Para cabras prenhes, não foram encontrados na literatura estudos específicos sobre o acompanhamento ultrassonográfico do desenvolvimento e maturidade de

tecidos específicos dos fetos, como fígado, pulmões e rins dos conceptos, avaliados durante todo processo gestacional.

Por meio da avaliação de parâmetros dopplervelocimétricos da artéria umbilical na prenhez de cadelas, Giannico et al. (2015) concluíram que este é um exame que ajuda na predição do momento do parto e no diagnóstico de possíveis distocias. No estudo, os autores utilizaram 17 cadelas prenhes e verificaram uma queda do IR nas 72h pré-parto dos animais que apresentaram parturição sem intercorrências, enquanto animais que precisaram de intervenção cirúrgica apresentaram aumento IR a partir das 24h que antecederiam o parto até o momento da cesariana. Não há descrição literária sobre o uso desta avaliação em pequenos ruminantes.

O acompanhamento da gestação de cabras por meio da ultrassonografia se faz necessária para que se determinem valores inéditos de ecobiometria gestacional e sua relação com a idade gestacional, além de avaliar o desenvolvimento do conceito, permitindo o diagnóstico de alterações morfológicas com maior precocidade, auxiliando o médico veterinário e produtor na tomada de decisões importantes, no que diz respeito à saúde e produtividade do rebanho.

Combinando a ultrassonografia modo-B e Doppler, objetivou-se desenvolver uma metodologia eficaz para avaliação da idade gestacional em fêmeas caprinas que permita a caracterização do desenvolvimento embrionário e fetal, com a visualização precoce e detalhada das estruturas materno-fetais, além do estudo da vascularização dos tecidos avaliados. E, por fim, determinar valores de referência destes métodos (valores ecobiométricos dos fetos e índices dopplervelocimétricos) por meio da ultrassonografia convencional e Doppler das estruturas materno-fetais de cabras gestantes.

2. Revisão de Literatura

2.1 Fisiologia da gestação em cabras

Os ruminantes, assim como os demais animais domésticos, são vivíparos e completam seu desenvolvimento embrionário no interior do útero. O período de desenvolvimento intrauterino relacionado, principalmente, com a nutrição do

feto em desenvolvimento e com as adaptações maternas dirigidas a essa finalidade é chamado prenhez ou gestação. Portanto, a gestação consiste no processo fisiológico que se inicia no acasalamento fértil e se conduz até o momento do parto. Em cabras, o período médio de gestação é de 144 a 156 dias. A duração da prenhez é influenciada por fatores nutricionais, manejo, sanitário, idade da mãe, número de fetos, raça, dentre outros (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Em pequenos ruminantes, o estabelecimento da prenhez se inicia com o estágio de blastocisto e inclui a sinalização do reconhecimento da gestação, implantação do concepto e placentação. O reconhecimento materno da prenhez é mediado pelo interferon T, secretado pelo concepto entre os dias 12 e 13 da gestação (TAVERNE; NOAKES, 2009). Para que se estabeleça e desenvolva uma gestação deve ocorrer uma série de mudanças endócrinas desencadeadas por interações ocorridas entre o concepto e útero materno (AISEN, 2008; FTHENAKIS et al., 2012).

O corpo lúteo é mantido durante toda a gestação em cabras e ovelhas, entretanto, em cabras este é responsável pela manutenção da gestação, enquanto em ovelhas a gestação é placenta-dependente, sendo esta a fonte de progesterona responsável pela manutenção do processo gestacional a partir da segunda metade da prenhez. Durante o primeiro trimestre, ambas as espécies dependem do CL. Mais tarde, a placenta torna-se a fonte primária de progesterona na ovelha, enquanto o CL continua como maior fonte na cabra. Por esse motivo, a ovariectomia na cabra, em qualquer estágio da gestação, provoca abortamento.

O mecanismo antiluteolítico do interferon T baseia-se na estabilização e aumento gradativo dos receptores de progesterona, inibição da síntese endometrial de receptores de estrógeno e ocitocina, o que leva a uma interrupção da liberação pulsátil de $\text{PGF}_{2\alpha}$. A implantação do embrião se dá pela adesão das células trofoblásticas mononucleares ao epitélio endometrial do lúmen e fusão de células gigantes binucleadas com o epitélio luminal (SPENCER et al., 2004).

A vida pré-natal pode ser dividida em três períodos principais: período de fertilização, que acaba com o acoplamento inicial do embrião; embrionário: do 12º ao 34º dia, aproximadamente, quando ocorre o rápido crescimento e

diferenciação com formação inicial da maioria dos órgãos e características do corpo; e período fetal, caracterizado pelo crescimento e maturação do feto (JAINUDEEN; HAFEZ, 2000).

Desde a fertilização até o feto a termo, o embrião não apenas cresce em tamanho e peso, como também passa por diversas modificações morfológicas. A porcentagem do aumento de peso e tamanho/unidade de tempo (crescimento relativo), é mais rápida nos estágios iniciais e diminui com o decorrer da gestação, ao contrário do crescimento absoluto por unidade de tempo que aumenta exponencialmente chegando ao máximo no final da gestação. O crescimento fetal está associado, sobretudo, ao adequado manejo nutricional, entretanto, as diferenças do tamanho fetal entre raças e linhagens ocorrem devido à fatores genéticos. Assim, existe uma íntima integração entre suprimento alimentar para o feto (fator ambiental), taxa de divisão celular (fator genético) e, consequentemente, taxa de crescimento (JAINUDEEN; HAFEZ, 2000).

A placenta é a justaposição ou fusão das membranas fetais com o endométrio, que permite o intercâmbio fisiológico entre o feto e a mãe. Para o feto, a placenta concentra em um único órgão muitas atividades funcionais que ocorrem isoladamente no animal adulto (HAFEZ; HAFEZ, 2004). Em cabras é do tipo cotiledonária e a junção dos cotilédones distribuídos no cório com as projeções do endométrio denominadas carúnculas, formando os placentomas. (AISEN, 2008; HYTTEL et al., 2012). Os cotilédones variam em número nas diversas espécies de ruminantes, entre 160 e 180 nas cabras e a forma dos cotilédones é muito variada, sendo a ovóide a mais freqüente e estas são côncavas em ovelhas e cabras. Durante a gestação, os placentomas crescem e aumentam de tamanho, a membrana corioalantóide normalmente se estende até o corno uterino não-prenhe, mas o crescimento das carúnculas, nessa região, é menor do que o que ocorre no corno prenhe. (HAFEZ; HAFEZ, 2004; NEVES et al., 1999).

O parto espontâneo em caprinos ocorre em torno de 152 dias (variação de 144-156), depois de um abrupto declínio na concentração de progesterona circulante. Anteriormente ao parto, ocorrem mudanças morfofisiológicas e de comportamento das fêmeas gestantes como relaxamento da parede abdominal e dilatação da vulva, além de serem percebidos inquietude e isolamento do animal. Durante a gestação, o feto é mantido dentro do útero pela forte constrição

da abertura externa da cérvix. O canal cervical é selado com muco de alta viscosidade chamado tampão mucoso da prenhez, que se dissolve e é eliminado em filamentos imediatamente antes do parto (HAFEZ; HAFEZ, 2004). Estudos prévios demonstram que a progesterona é quase que na totalidade de origem luteal e que a ativação do eixo pituitário-adrenal do feto causa luteólise e inicia-se o trabalho de parto (CURRIE, 1934; FTHENAKIS et al., 2012). É demonstrado que nos animais domésticos há um brusco aumento do nível de cortisol e ACTH fetais coincidindo com o fim da gestação, sobretudo nas 48 horas que antecedem o parto (AISEN, 2008).

2.2 Ultrassonografia gestacional em caprinos

Nos últimos 30 anos, a ultrassonografia se tornou uma importante ferramenta de diagnóstico no manejo reprodutivo e pesquisa em pequenos ruminantes. O diagnóstico de gestação em cabras é essencial para fornecer informações sobre taxas de concepção após inseminação artificial, curso de gestação, tempo de secagem e data de parto (DOIZE et al., 1997; GONZALEZ et al., 2004). A separação de animais prenhes e vazios em grupos distintos reduz as perdas por abortos, natimortos ou partos de descendentes não viáveis e otimiza os custos de trabalho, alimentação e medicamentos (WANI et al., 1998). A utilização de um método preciso e facilmente aplicável para o diagnóstico de gravidez permite a inseminação repetida oportuna, reprodução ou abate de animais não grávidas (AMER, 2010).

Em ovelhas gestantes, a ultrassonografia vem sendo utilizada para diagnóstico da gestação desde os anos 80 (WHITE et al., 1984). Sua aplicabilidade foi reiterada por Scott & Sargison (2010) que citam informações relevantes sobre a técnica como: precisão maior que 99% para diagnóstico de prenhez, mais de 98% de precisão na diferenciação entre fêmeas não prenhes, com gestação simples ou gemelar, e determinação da quantidade de fetos de 97% foram alcançadas utilizando a ultrassonografia no acompanhamento gestacional.

Existem alguns fatores limitantes da ultrassonografia: sua eficiência é diretamente dependente da experiência do operador e o tempo para

aprendizagem da técnica é relativamente alto. Contudo, a ultrassonografia ainda é a ferramenta diagnóstica de escolha por se tratar de um método de fácil execução, confiável e não invasivo (GONZALEZ et al., 2004).

A seleção da técnica e equipamentos adequados para a realização do exame é parte essencial no sucesso da avaliação ultrassonográfica gestacional. Devem-se levar em consideração fatores como tipo de uso (prática de campo ou pesquisa), necessidade de transporte do aparelho, recurso financeiro disponível, período da gestação em que rotineiramente serão feitas as avaliações, dentre outros (DESCÔTEAUX et al., 2010; KÄHN, 1994).

Aparelhos de maior tamanho e não transportáveis produzem imagens de maior qualidade, porém de forma geral são mais caros e dificultam o manejo para a realização do exame. Estes são mais indicados para centros de pesquisas, onde há maior necessidade de obter imagens de alta qualidade. Em contrapartida, aparelhos menores facilitam o deslocamento para outras localidades e podem ser utilizados tanto na rotina de manejo em propriedades quanto em pesquisas realizadas à campo (KÄHN, 1994).

Para a detecção de prenhez em pequenos ruminantes, a ultrassonografia modo B é considerada um método seguro e de fácil aplicação, podendo ser utilizada via transretal a partir do 15º dia pós-cobertura, com a visualização de líquido no útero; e confirmação diagnóstica da gestação a partir do dia 21 pós-cobertura, quando é possível verificar a presença do embrião, caracterizado como uma estrutura hiperecoica localizada no interior da vesícula embrionária. Neste período inicial, já se pode ser verificada a presença dos batimentos cardíacos e placentônios (pequenas áreas ecogênicas na superfície do endométrio) (DESCÔTEAUX et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014).

A avaliação ultrassonográfica gestacional via transretal é realizada com a utilização de transdutor linear com frequência de 7,5 MHz. Para tanto, o animal deve ser mantido em posição quadrupedal, podendo ter a parede abdominal comprimida para facilitar a visualização das estruturas uterinas. Após a aplicação de gel e introdução do transdutor no canal retal, este deve ser lentamente rotacionado em 'movimento de leque', para esquerda e direita (KÄHN, 1994).

A abordagem transabdominal é recomendada a partir dos 50 dias de gestação. Neste momento, a ultrassonografia transretal é prejudicada pelo tamanho demasiado do feto, o que dificulta a avaliação e distinção de boa parte

das estruturas materno fetais. O método transabdominal permite a identificação de uma maior porção do útero gravídico, podendo ser utilizada para monitoração da viabilidade gestacional ou ainda detecção de prenhez (KÄHN, 1994; DESCÔTEAUX et al., 2010).

Para o exame transabdominal, transdutores convexos e de frequências menores são preferidos (3,5 a 4,5 MHz). A tricotomia ampla de toda a região inguinal e abdominal deve ser realizada previamente. O exame pode ser realizado com o animal em estação, sentado ou ainda em decúbito, entretanto, observa-se que a posição em estação é eficiente e mais confortável para o animal. O transdutor deve ser posicionado na região inguinal direita, angulando-se em direção ao útero e promovendo a varredura completa em direção cranial. Para facilitar o posicionamento do examinador o animal pode ser colocado sobre uma superfície elevada (Figura 1) (FTHENAKIS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

2.3 Ultrassonografia doppler em pequenos ruminantes

A técnica Doppler, associada à ultrassonografia modo B, fornece informações em tempo real sobre a arquitetura vascular e os aspectos hemodinâmicos dos vasos em diversos órgãos. Durante os exames podem ser determinadas a presença e a direção do fluxo sanguíneo de um vaso (CARVALHO et al., 2008). Na avaliação obstétrica, esta ferramenta tem sido útil para acessar o estado de saúde da mãe e relacionar este com o prognóstico, grau e duração em casos de torções uterinas, metrites, retenção de placenta mastite e em casos de partos distócicos (HEPPELMANN et al., 2013; SANTOS et al., 2015).

A perfusão vascular mensurada pela ultrassonografia Doppler se dá pela avaliação dos índices de resistência, pulsatividade e velocidade, além do volume de fluxo sanguíneo. Durante a prenhez, a ocorrência de perfusão vascular inadequada é caracterizada como causa importante na restrição de crescimento pré-natal (BELTRAME et al., 2017).

Várias alterações vasculares podem ocorrer durante a gestação de animais, de cunho fisiológico ou patológico, podendo promover modificações hemodinâmicas importantes que resultam em gestação patológica, nascimento

de conceitos subdesenvolvidos ou natimortos. Segundo Bollwein et al. (2004), as alterações de fluxo da artéria uterina podem ser devido às mudanças no sistema circulatório durante a placentação. Outros fatores que levam às alterações no fluxo sanguíneo uterino incluem necessidades nutricionais, troca de gases respiratórios e eliminação desperdício metabólico para o desenvolvimento e crescimento fetal. O suporte de nutrientes para o feto é um fator importante na regulação do crescimento fetal e depende do tamanho da placenta, morfologia, fluxo sanguíneo e disponibilidade de nutrientes, o que explicaria o aumento nas variáveis relevantes durante a prenhez (FOWDEN et al., 2006; MOLINA-FONT, 1998).

A vascularização do útero na prenhez é transformada de alta resistência com baixo fluxo para vasos de baixa resistência, aumentando assim o fluxo sanguíneo nos vasos; Essa transição está intimamente relacionada ao início da angiogênese placentária. Os vasos sanguíneos podem ser detectados nas membranas fetais no dia 18 da gravidez em ovelhas (GRAZUL-BILSKA et al., 2011; OUSEY et al., 2012). Apesar de a arquitetura caruncular estar completa no dia 50, a vascularização e a profundidade das criptas continuam a aumentar, juntamente com a ramificação dos vasos fetais possivelmente levando a um incremento no suprimento sanguíneo e aumento do fluxo na artéria uterina (HAFEZ et al., 2010; BELTRAME et al., 2017).

Segundo Jurkovic et al. (1991) a rápida queda na resistência do sangue arterial durante a prenhez ocorre devido à invasão trofoblástica das artérias espirais, o que ajuda a formar e estabelecer a circulação uteroplacentária, ocorrendo em duas ondas distintas. A primeira onda afeta o final das artérias espirais na união da decidual basal e do miométrio, enquanto a segunda onda atinge os segmentos miometriais das artérias espirais, incluindo as porções mais distais das artérias radiais (PIJNENBORG et al., 1980).

Em humanos, o Doppler permite a avaliação da circulação materna (artérias uterinas), uteroplacentária (artérias umbilicais) e fetal (artéria cerebral média) entre outras. Essa técnica permite, de forma não invasiva, que se obtenha o diagnóstico de casos de insuficiência placentária e avaliação das alterações hemodinâmicas fetais (FRANCISCO & ZUGAIB, 2008), acompanhamento em gravidez de risco e na reprodução assistida (FENNING, 2008).

Em vacas, a hemodinâmica uterina foi descrita na involução uterina, no início e ao longo da gestação (BOLLWEIN et al., 2002; PANARACE et al., 2006; HEPPELMANN et al., 2013). Em estudo com cadelas realizado por Blanco et al. (2011) verificaram que o índice de resistência das artérias uterina, umbilical e fetal renal é diferente em gestações normais e anormais, concluindo que este pode ser um recurso útil na predição de adversidades obstétricas. Em gatas prenhes, Brito et al., (2010) utilizaram o Doppler triplex para avaliação da viabilidade fetal e caracterização do fluxo sanguíneo das artérias uterina e umbilical, determinando seus índices de pulsatividade e resistência. Os autores verificaram redução desses índices durante o avanço da gestação, bem como o aumento da perfusão sanguínea dos vasos durante o desenvolvimento fetal e concluíram que as artérias avaliadas forneceram informações importantes no estudo da viabilidade fetal.

2.4 Estimativa de idade gestacional e predição de parto

A estimativa precisa da idade fetal é importante para manejo pré-natal adequado. Estimativa da idade dos fetos é útil para monitorar o status do feto e mãe, problemas clínicos como restrição de desenvolvimento fetal, ou observação perdida de reprodução tempo (Lee et al. 2005). Quando a data do acasalamento é desconhecido, a estimativa de idade gestacional em pequenos animais é desejável para o manejo reprodutivo, ou seja, para secar as fêmeas lactantes no momento apropriado, observar fêmeas próximas ao parto (Doize et al. 1997) e induzir a parturição (Karen et al. 2009).

A ecobiometria do conceito pode auxiliar no diagnóstico precoce de alterações do desenvolvimento. Em 1990, Sergeev et al. avaliaram a correlação entre diâmetro biparietal e profundidade de tórax com a idade fetal em ovelhas com gestações simples, gemelares e triplas, concluindo que existe correlação positiva entre as medidas e a idade gestacional. Bulnes et al. (1998) utilizando ultrassonografia modo B, mensuraram diferentes estruturas de fetos ovinos com o objetivo de prever a idade dos conceitos, concluindo que os parâmetros que apresentaram maior correlação com o período gestacional foram os

comprimentos craniocaudal, da nuca ao focinho e os diâmetros torácico, biparietal e das órbitas oculares.

Em caprinos e ovinos a ultrassonografia tem sido empregada para mensurar parâmetros embrionário/fetais e placentários, visando à determinação da idade gestacional em diversas raças, através da elaboração de modelos matemáticos (TEIXEIRA et al., 2009). Abdelghafar et al. (2007), desenvolvendo experimentos com cabras Saanen, realizaram mensurações do comprimento craniocaudal de fetos dos 46 aos 67 dias de gestação, observando uma alta correlação entre este parâmetro e a idade gestacional. Em ovinos, o diâmetro da vesícula embrionária tem sido mais empregado, Ramos et al. (2007), realizando algumas medidas da vesícula embrionária, tais como área, comprimento, eixo transversal e vertical maior alcançaram correlações significativas entre estes parâmetros e a idade gestacional.

Em caprinos, a partir dos 40 dias de gestação, é possível a diferenciação do embrião em cabeça, corpo e membros. Desta forma, a ossificação e as mudanças nos padrões de ecogenicidade das estruturas fetais e líquido amniótico podem auxiliar na estimativa da idade fetal (LÉGA et al., 2007). Segundo Haibel (1988), o tamanho da cabeça fetal pode ser uma boa referência para o conhecimento da idade gestacional, apresentando um crescimento linear durante o segundo trimestre da gestação em cabras leiteiras.

Estudos demonstram correlação entre a resistência elétrica da mucosa vaginal, concentração sérica de estradiol e de progesterona durante o ciclo estral de ovelhas (BARTLEWSKI et al., 1999; THEODOSIADOU & TSILIGIANNI, 2015), demonstrando uma relação íntima da impedância do muco vaginal com as taxas destes hormônios. Não há em literatura estudos que descrevam a relação da impedância do muco vaginal de cabras gestantes com momento do parto.

Outro sinal que pode indicar proximidade o início do processo de partição é a diminuição da temperatura. Winfield e Makin (1975) observaram uma queda na temperatura retal de ovelhas gestantes 48 horas antes do parto. Especificamente sobre a utilização da mensuração de temperatura da mucosa vulvar, não há descrição em literatura informações sobre as variações de temperatura em fase preparatório do parto em cabras.

REFERÊNCIAS

AISSI, A.; SLIMANI, S. Ultrasonographic appearance of gestational structures throughout pregnancy in bitches. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 3, n.1, p.32-35, 2008.

AMER, H. A. Ultrasonographic assessment of early pregnancy diagnosis, fetometry and sex determination in goats. **Animal Reproduction Science**, 117, 226–231, 2010.

BARTLEWSKI, P.M; BEARD, A.P; RAWLINGS, N.C. The relationship between vaginal mucous impedance and serum concentrations of estradiol and progesterone throughout the sheep estrous cycle. **Theriogenology**, vol. 51, p. 813-827, 1999.

BELTRAME, R.T.; COVRE, C.; LITTIG, L.B.; MARTINS, A.B.; QUIRINO, C.R.; BARTHOLAZZI JUNIOR, A. COSTA, R.L.D. Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow in ewes during pregnancy. **Theriogenology**, v. 91, p. 55-61, 2017.

BLANCO, P.G.; RODRÍGUEZ, R.; RUBE, A.; ARIAS, D.O.; TÓRTORA, M.; DÍAZ, J.D.; et al. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal blood flow in abnormal canine pregnancy. **Animal Reproduction Science**, v.126, p.130-135, 2011.

BOLLWEIN, H.; BAUMGARTNER, U.; STOLLA, R. Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow in cows during pregnancy. **Theriogenology**, v. 57, n. 8, p. 2053-2061, 2002.

BOLLWEIN, H.; WEBER, F.; WOSCHE, I.; STOLLA, R. Transrectal Doppler sonography of uterine and umbilical blood flow during pregnancy in mares. **Theriogenology**, v, 61, p. 499-509, 2004.

BRITO, A.B., MIRANDA, S.A., RUAS, M.R., SANTOS, R.R., DOMINGUES, S.F.S. Assessment of feline fetal viability by conceptus echobiometry and triplex Doppler ultrasonography of uterine and umbilical arteries. **Animal Reproduction Science**, v. 122, p. 276-281, 2010.

BULNES, A. G., MORENO, J.S., SEBASTIÁN, A.L. Estimation of fetal development in Manchega dairy ewes by transrectal ultrasonographic measurements. **Small Ruminant Research**, v. 27, p. 243-250, 1998.

CARVALHO, C.F., CHAMMAS, M.C., STERMANN, F.A., BARROS, N., CERRI, G.G. Ultra-sonografia duplex-Doppler na avaliação morfológica e hemodinâmica das artérias aorta e mesentérica cranial em cães. In: **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.45, n.1, p.24-31, 2008.

DAVIDSON, A.P.; BAKER, T.W. Reproductive ultrasound of the bitch and queen. **Topics in Companion Animal Medicine**, v.4, n.2, p.55- 63, 2009.

DESCÔTEAUX, L.; GNEMMI, G.; COLLOTON, J. **Practical Atlas of Ruminant and Camelid Reproductive Ultrasonography**. USA: Blackwell Publishing. 2010. p. 181-194.

FELICIANO, M.A.R., VICENTE, W.R.R., LEITE, C.A.L., MUZZI, L.A.L. Novas perspectivas no diagnóstico ultra-sonográfico gestacional em cadelas – revisão de literatura. In: **Clínica Veterinária**, n.73, p.56-60, 2008.

FELICIANO, M.A.R., VICENTE, W.R.R., SILVA, M.A.M. Conventional and Doppler ultrasound for the differentiation of benign and malignant canine mammary tumours. **Journal of Small Animal Practice**, n. 53, p. 332–337, 2012.

FENNING, N.R. Doppler assessment of uterine artery blood flow for the prediction of pregnancy after assisted reproduction treatment. **Ultrasound in Obstetrics & Gynecology**, v.31, p.371-375, 2008.

FOWDEN, A.L.; WARD, J.W.; WOODING, F.P.B.; FORHEAD, A.J.; CONSTANCIA M. Programming placental nutrient transport capacity. **Journal of Physiology** v.572, n.1, p. 5-15, 2006.

FRANCISCO, R.P.V; ZUGAIB, M. Análise crítica da dopplervelocimetria para avaliação da vitalidade fetal In: **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v.30, n.4, p.163-166, 2008.

FTHENAKISA, G.C.; ARSENOSB, G.; BROZOSB, C.; FRAGKOUA, I.A.; GIADINISB, N.D.; GIANNENASA, I.; MAVROGIANNIA, V.S.; PAPADOPOULOSB, E.; VALASIA, I. Health management of ewes during pregnancy. **Animal Reproduction Science**, v.130, p.198–212, 2012.

GIANNICO, A.T.; GIL, E.M.U.; GARCIA, D.A.G.; FROES, T.R. The use of Doppler evaluation of the canine umbilical artery in prediction of delivery time and fetal distress. **Animal Reproduction Science**, v.154, p.105–112, 2015.

GIL, E.M.U.; GARCIA, D.A.A.; GIANNICO, A.T.; FROES, T.R. Canine fetal heart rate: Do accelerations or decelerations predict the parturition day in bitches? **Theriogenology**, v.82, p.933-991, 2014.

GONZALEZ, F., CABRERA, F., BATISTA, M., RODRIGUEZ, N., ALAMO, D., SULON, J., Beckers, J.F. A comparison of diagnosis of pregnancy in the goat via transrectal ultrasound scanning, progesterone and pregnancy associated glycoprotein assays. **Theriogenology**, 62, 1108–1115. 2004.

GRAZUL-BILSKA, A.T.; JOHNSON, M.L.; BOROWICZ, P.P.; MINTEN, M.; BILSKI, J.J.; WROBLEWSKI, R.; et al. Placental development during early pregnancy in sheep: cell proliferation, global methylation, and angiogenesis in the fetal placenta. **Reproduction**, v.141, n.4, p.529-540, 2011.

HAFEZ, E.S.E; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004. 513p

HAFEZ, S.A.; BOROWICZ, P.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.A. Maternal and fetal microvasculature in sheep placenta at several stages of gestation. **Journal of Anatomy**, v. 216, n.3, p.292-300, 2010.

HEPPELMANN, M.; WEINERT, M.; BRAMMLING, A.; PIECHOTTA, M.; HOEDEMAKER, M.; BOLLWEIN, H. The effect of puerperal uterine disease on uterine involution in cows assessed by Doppler sonography of the uterine arteries. **Animal Reproduction Science**, v. 143, p.1-7, 2013.

JAINUDEEN, M.R.; HAFEZ, E.S.E.; Gestation, prenatal physiology and parturition. In: HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. (Eds.), **Reproduction in Farm Animals**. 7^a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 140–155.

JURKOVIC, D.M.; JAUNIAUX, E.M.; KURJAK, A.M.; HUSTIN, J.M.; CAMPBELL, S.M.; NICOLAIDES, K.H.M. Transvaginal color Doppler assessment of the uteroplacental circulation in early pregnancy. **Obstetrics & Gynecology**, v.77, n.3, p.365-369.

KÄHN, W. **Veterinary Reproductive Ultrasonography**. London: Mosby-Wolf, 1994. p.187-205.

MOLINA-FONT, J.A. Nutrition and fetal growth. **Early Human Development**, v.53, p.51-60, 1998.

OLIVEIRA, M.E.F.; FELICIANO, M.A.R.; VICENTE, W.R.R. Ultrassonografia do Sistema Reprodutor Feminino de Pequenos Ruminantes. In: FELICIANO, M.A.R.; OLIVEIRA, M.E.F.; VICENTE, W.R.R. **Ultrassonografia na Reprodução**. São Paulo: Med Vet. 2014. p.121-140.

OUSEY, J.C.; KÖLLING, M.; NEWTON, R.; WRIGHT, M.; ALLEN, W.R. Uterine haemodynamics in young and aged pregnant mares measured using Doppler ultrasonography. **Equine Veterinary Journal**, v.44, n.41, p.15-21, 2012.

PANARACE, M.; GARNIL, C.; MARFIL, M.; JAUREGUI, G.; LAGIOIA, J.; LUTHER, E.; et al. Transrectal Doppler sonography for evaluation of uterine blood flow throughout pregnancy in 13 cows. **Theriogenology**, v.66, n.9, 2113-2119, 2006.

PIJNENBORG, R.; DIXON, G.; ROBERTSON, W.B.; BROSENS, I. Trophoblastic invasion of human decidua from 8 to 18 weeks of pregnancy. **Placenta**, v.1, p. 3-19, 1980.

SANTOS, V.J.C.; SIMPLICIO, K.; SANCHEZ, D.; COUTINHO, L.; TEIXEIRA, P.; BARROS, F. et al. Bmode and Doppler sonography of the mammary glands in dairy goats for mastitis diagnosis. **Reproduction Domestic Animals**, v.50, p.251-255, 2015.

SERGEEV, L., KLEEMANN, D.O., WALKER, S.K., SMITH, D.H., GROSSER, T.I., MANN, T., SEAMARK, R.F. Real-time ultrasound imaging for predicting ovine fetal age. **Theriogenology**, v. 34, n. 3, p. 593-601, 1990.

THEODOSIADOU, E; TSILIGIANNI, T. Determination of the proper time for mating after oestrous synchronisation during anoestrous or oestrous by measuring electrical resistance of cervical mucus in ewes. **Veterinari Medicina**, vol. 60, p. 87-93, 2015.

WINFIELD, C.G; MAKIN, A.W. Prediction of the onset of parturition in sheep from observations of rectal temperature changes. **Livestock production science**, v. 2, p. 393-399, 1975.

CAPITULO 2* - Ultrassonografia modo-B e parâmetros ecobiométricos para avaliação do desenvolvimento embrionário, fetal e estimativa de idade gestacional em caprinos

Priscila Del Aguila da Silva^{a*}, Fabiana Cirino dos Santos^a, Victor José Correia Santos^a, Ana Paula Rodrigues Simões^a, Ricardo Andres Ramirez Uscategui^b, Luciana Cristina Padilha-Nakaghi^a, Lizandra Amoroso^a, Wilter Ricardo Russiano Vicente^a, Marcus Antônio Rossi Feliciano^c.

^aUniversidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, Brasil;

^bUniversidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Unaí, MG, Brasil;

^cUniversidade de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo

O objetivo deste estudo foi descrever os parâmetros ecobiométricos materno-fetais durante a gestação fisiológica em caprinos por meio de ultrassonografia modo-B e prever a idade gestacional estabelecendo fórmulas matemáticas. As avaliações foram realizadas em 25 cabras Saanen, semanalmente, do dia 21 de gestação até a parturição. Os diâmetros abdominal, torácico, biparietal; os comprimentos cefalococcígeo, nuca ao focinho, úmero, rádio-ulna, metacarpo, fêmur, tíbia, metatarso, placentomas, órbita ocular, rins; e área do coração foram mensurados. A frequência cardíaca foi obtida utilizando o modo Doppler pulsado. As variáveis estudadas foram correlacionadas com a idade gestacional mediante o teste de Spearman e foi avaliado o ajuste destas variáveis a modelos de regressão simples e múltiplos com o objetivo de determinar fórmulas

*Este capítulo foi redigido de acordo com as normas da revista Animal Reproduction Science.

matemáticas que permitam o cálculo da idade gestacional. Os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram obtidos para o comprimento do úmero (96,2%), área do coração (95,6%) e distância da nuca ao focinho (95,3%). Apenas placentomas e frequência cardíaca fetal apresentaram baixos coeficientes de determinação ($R^2=54,3$ e $R^2=45,0$, respectivamente). As avaliações indicaram correlações significativas entre as medidas das estruturas materno-fetais e a idade gestacional, que podem ser usadas como valores de referência e detecção de anormalidades no desenvolvimento.

Palavras-chave: Ultrassonografia, Saanen, Desenvolvimento fetal, Gestação.

1 Introdução

Na maioria dos rebanhos caprinos, as datas de monta natural não são observadas ou registradas (Doizé et al., 1997) e quando é desconhecida, o acompanhamento gestacional ultrassonográfico torna-se ainda mais essencial na caracterização do desenvolvimento embrionário e fetal, assim como identificação de problemas relacionados a este processo, estimativa de idade gestacional, além de contagem e sexagem fetais. Desta maneira, é possível melhorar a eficiência produtiva do rebanho pelo descarte precoce de fêmeas com problemas reprodutivos, interrupção de gestação, suplementação alimentar adequada sobretudo em caso de gestações múltiplas e no terço final da gestação (Al-Merestani et. al., 2003; Kandiel et al., 2015). As informações precisas sobre o estágio da gestação também são úteis para secar as fêmeas em lactação no período adequado e monitorar as fêmeas próximas ao parto (Doizé et al., 1997; Gonzalez De Bulnes et al., 1998).

A ultrassonografia modo-B tem elevada acurácia diagnóstica gestacional, não apresenta efeitos deletérios para o binômio mãe-feto, nem para o operador e,

especificamente em pequenos ruminantes, torna-se mais relevante em virtude de a palpação retal não ser uma possibilidade diagnóstica rotineira. É um método prático que permite avaliações biométricas e da morfologia fetal, na qual vários parâmetros se correlacionam com a idade gestacional e permitem uma estimativa acurada desta (Erdogan, 2012; Fthenakis et al., 2012).

O acompanhamento da organogênese fetal é um modelo interessante para determinação da idade gestacional, podendo ser utilizada em conjunto com a biometria; esta avaliação é muito utilizada para determinação de idade fetal em pequenos animais. Além disso, este acompanhamento é importante para detecção de anormalidades no desenvolvimento fetal (Kim and Son, 2007; Gil et al., 2015). Não foram encontrados estudos anteriores que descrevam a avaliação ultrassonográfica seriada para acompanhamento do desenvolvimento de órgãos em fetos caprinos.

Apesar de existirem estudos prévios de ecobiometria fetal para a estimativa de idade gestacional em caprinos (Gosselin et al., 2018; Karadaev et al., 2018; Kuru et al., 2018; Ejaz-ul-Haq et al., 2020), existem ainda fatores a serem explorados na tentativa de melhorar a acurácia destas análises, dentre estes: o estudo detalhado que permita determinar variáveis acuradas e de fácil execução, amostras maiores e mais representativas e análises dinâmicas que incluam todo o período gestacional. Existem diferenças marcantes entre as raças de caprinos (Gosselin et al., 2018), reiterando a necessidade de informações específica para raças de importância na caprinocultura mundial, como é o caso da raça Saanen de aptidão leiteira.

A problemática elencada permite hipotética que há uma correlação significativa entre as variáveis ecobiométricas maternas, embrionárias e fetais com a idade gestacional em caprinos da raça Saanen, e que esta relação permite o cálculo de fórmulas matemáticas

acuradas para a predição da idade gestacional nestes animais. Portanto, os objetivos deste estudo foram monitorar e descrever o desenvolvimento de estruturas maternas, embrionárias e fetais, estabelecendo o momento da detecção inicial dessas estruturas; e obter variáveis ecobiométricas e criar fórmulas matemáticas preditoras da idade gestacional durante a prenhez fisiológica em cabras Saanen por meio da ultrassonografia modo-B.

2 Materiais e Métodos

2.1 Animais

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Estadual Paulista protocolo nº 010229/17. Foram utilizadas 30 cabras Saanen, pluríparas, adultas (2-5 anos) com peso corporal de 55 ± 10 kg, consideradas saudáveis mediante o exame físico, obstétrico e a confirmação de um histórico livre de doenças reprodutivas.

A dieta dos animais consistiu-se de silagem de milho (70% de inclusão) ofertada à vontade e ajustado para manter as sobras em torno de 15% a 20% do consumido e concentrado à base de farelo de milho, farelo de soja, soja grão moída e farelo de trigo (30% de inclusão). Esta foi fornecida em duas refeições diárias (8h e 16h), assim como sal mineral comercial (Caprinofós®, DSM Nutritional Products, Campinas, SP, Brasil) fornecido separadamente em cocho (cálculo de 30 g/animal/dia).

2.2 Sincronização de estro e monta

Após seleção das fêmeas, estas foram submetidas a um protocolo curto de sincronização de estro em diferentes períodos. O protocolo consistiu na colocação de dispositivo intravaginal contendo 0,33 g de progesterona (Eazi breed CIDR®, Pfizer, Nova Zelândia) no dia 0 (dia aleatório do ciclo); aplicação intramuscular de 37,5 µg de cloprostenol (Sincrocio®, Ourofino, Cravinhos, SP, Brasil) e 300 UI de Gonadotrofina

coriônica equina (Novormon® Coopers MSD, Brasil) no 5º dia e retirada do implante no 6º dia. Após 24 horas (7º dia), as fêmeas foram alocadas com um reprodutor por apenas 24 horas, para que se pudesse assegurar o dia exato da gestação.

2.3 Avaliação ultrassonográfica

Para as avaliações ultrassonográficas, os animais foram mantidos em posição quadrupedal e os exames realizados com o aparelho MyLab-30-VET (Esaote, Genova, Italy). Para as transretais foi utilizado transdutor específico de 7,5 MHz, retiradas as fezes do reto previamente ao exame e utilizado gel de ultrassom. Para as avaliações transabdominais foi utilizado transdutor linear de 7,5 MHz, realizada tricotomia ampla das regiões inguinal e abdominal e gel de ultrassom foi usado para otimizar a aquisição de imagens.

Aos 21 dias após a cópula, foi realizado exame ultrassonográfico para diagnóstico gestacional, utilizando a via transretal, pois o útero nesta fase apresenta menor tamanho e está localizado ainda no assoalho pélvico. Os critérios adotados para o diagnóstico positivo de gestação foram a visualização de cortes anecoicos da luz uterina (vesícula embrionária), embrião ou placentomas no líquido amniótico (Karadaev, 2018). Após confirmada a gestação, foram realizadas avaliações semanais até os 56 dias de gestação, utilizando a mesma abordagem transretal.

A partir do 63º dia gestacional até o final da gestação, as avaliações semanais foram realizadas por via transabdominal, pois nesta fase da gestação o útero já se encontrava deslocado em direção à parede abdominal devido ao aumento do tamanho e peso das estruturas materno-fetais. Nestas avaliações, o transdutor foi posicionado inicialmente na região inguinal direita do animal ou imediatamente à frente do úbere. À medida que avançava a gestação o transdutor era localizado cada vez mais cranial no abdômen, já próximo ao processo xifoide, para se obterem imagens do conceito.

Independentemente da técnica, a bexiga urinária foi a principal estrutura de referência para identificação do trato reprodutor. A bexiga urinária é facilmente visualizada como uma estrutura não ecogênica depende do volume de urina que ela contém.

Ao exame ultrassonográfico no modo B foram realizadas imagens com cortes longitudinais e transversais para identificar o útero, placentomas e estruturas embrionárias ou fetais (embrião, abdômen, tórax, crânio, órbita ocular, úmero, rádio, metacarpo, fêmur, tíbia, metatarso, rins, coração, pulmões, fígado, intestinos e câmaras gástricas). O período embrionário foi considerado até o 34º dia de gestação e o período fetal do 35º dia de gestação até o parto (Jainudeen e Hafez, 2000).

Para obter os valores de ecobiometria, foram mensurados (em mm, com exceção da área do coração que foi em cm²): comprimento cefalococcígeo (CCC), distância da nuca ao focinho (DNF), diâmetro biparietal (DBP), diâmetro torácico (DTO), diâmetro abdominal (DAB), órbita ocular (OOC), comprimento do rim (CRI), altura do rim (ARI) (corte longitudinal/dorsal), área do coração (ACO) (corte transversal), comprimento do úmero (UME), comprimento do rádio/ulna (RDU), comprimento do metacarpo (MTC), comprimento do fêmur (FMU), comprimento da tíbia (TIB), comprimento metatarso (MTS) e comprimento do placentoma (PLA) e os batimentos cardíacos (BAT), sendo esta última variável estimada utilizando o doppler pulsado.

Em todos os exames apenas um conceito de cada fêmea era avaliado, independente da gestação ser simples ou múltipla, porém o número de conceitos visualizados era anotado, isto porque, à medida que a gestação avançava não era possível avaliar vários conceitos simultaneamente e não há garantia de que o mesmo conceito não fosse avaliado mais de uma vez.

Qualitativamente, foi observado e registrado o momento em que tornava-se possível visibilizar as diversas estruturas embrionárias e fetais pela primeira vez, a fim de se estabelecer um paralelo com a organogênese fisiológica da espécie; além de descrever de forma subjetiva as modificações de desenvolvimento do conceito visibilizadas, caracterizando os atributos ultrassonográficos e ecogenicidade das estruturas avaliadas nos diferentes dias gestacionais.

2.4 Parto e avaliação neonatal

Considerando a informação da monta e da idade gestacional, na última semana deste processo os animais eram avaliados por meio de inspeção diariamente para monitoração do momento do parto.

Após o nascimento os neonatos eram avaliados quanto à sua viabilidade neonatal, com ajuda do escore Apgar descrito por Vannucchi et al. (2012), imediatamente, 15 minutos e 60 minutos após o parto. Atribuiu-se uma nota de 0 a 2 para cada um dos cinco aspectos avaliados: frequências cardíaca e respiratória por meio da auscultação durante 1 minuto, coloração de mucosas e o tônus muscular por meio de inspeção e a irritabilidade reflexa ao pinçamento no espaço interdigital. De forma adicional, foi aferida a temperatura corporal e peso ao nascimento de todos os animais. Além disso, os animais nascidos foram acompanhados quanto ao seu desenvolvimento corporal por meio de pesagens a cada 15 dias até os 120 dias de idade.

2.5 Análise Estatística

Foi realizada com auxílio do software R-project (R® foundation for statistical computing, Austria). Inicialmente foi testada a distribuição de todas as variáveis estudadas (teste de Shapiro). Posteriormente as medidas foram correlacionadas com os dias gestacionais pelo teste de Spearman. Quando significativo, foram então testados os ajustes das variáveis e dias gestacionais à modelos de regressão (linear, quadrático e

cúbico). Posteriormente foi realizada uma regressão de melhores subconjuntos para determinar associações que permitissem estimar a idade gestacional com maior acurácia. Adicionalmente foram comparadas as variáveis ao longo do tempo entre o número de fetos por gestação pela análise de variância com medidas repetidas no tempo e pós-teste de Tukey. O nível de significância foi definido em 5% ($p < 0,05$) para todos os testes e os resultados apresentados como a média $\pm$ DP (desvio padrão).

3 Resultados

Foi possível realizar o acompanhamento gestacional ultrassonográfico das cabras Saanen, de forma prática e aplicável, sem efeitos deletérios evidentes para a mãe ou conceitos. Dos 30 animais selecionados 25 apresentaram gestação fisiológica a termo (83%) após protocolo de sincronização e monta. Destes 25 animais, cinco desenvolveram gestação simples, 15 gestação dupla, quatro gestação tripla e uma gestação quádrupla, resultando no nascimento de 52 cabritos. Destes, 48 (92%) foram considerados saudáveis pela avaliação do escore Apgar (Vannucchi et al., 2012), dois natimortos e dois animais vieram a óbito nas primeiras 24h de vida sem a causa ser determinada.

Os cabritos apresentaram peso corporal de $3,21 \pm 0,80$ kg ao nascimento e escore Apgar entre 7 e 10, durante os primeiros 60 minutos. Estes animais também apresentaram desenvolvimento ponderal satisfatório até os 120 dias de idade, período em que foram acompanhados.

3.1 Diagnóstico gestacional

Aos 21 dias pós-monta natural foi possível realizar a confirmação da prenhez, baseando-se na visibilização de conteúdo anecogênico no interior do lúmen uterino, indicando a presença de líquido e caracterizando a vesícula embrionária, bem como a presença do embrião propriamente dito se caracterizando como estrutura hiperecogênica alongada no lúmen uterino circundada por uma estrutura fina e hiperecogênica condizente

com a membrana amniótica (Figura 1-A/B). Também nesse período (21 dias) foi possível aferir a frequência cardíaca embrionária, verificando a viabilidade do conceito. Foi possível detectar e mensurar o embrião em 18 dos 25 animais avaliados (72%) e em todos estes foi detectada e aferida a frequência cardíaca ($148,31 \pm 13,72$ bat/min).

3.2 Desenvolvimento das estruturas maternas, embrionárias e fetais

O estudo periódico e sistemático das estruturas materno-fetais possibilitou o acompanhamento do desenvolvimento dos mais diversos sistemas e órgãos foco deste estudo (Tabelas 1 e 2). Também foi possível mensurar as estruturas propostas na metodologia, durante diferentes períodos, que estão descritas na Tabela 3.

No período embrionário (até 34 dias de gestação) foram observadas a presença de líquido intrauterino e o embrião, percebido como estrutura alongada e hiperecoica, como as características mais notáveis deste período. Nesse momento as estruturas anatômicas reconhecidas encontram-se na Tabela 1, sendo possível visibilizar o cordão umbilical (Figura 1C) e os botões de membros (Figura 1D). Aos 28 dias o embrião adquiriu formato bipolar, permitindo a diferenciação da cabeça e do tronco e foi possível identificar a presença do plexo coroide na região do crânio (Figura 1B).

Nesta fase, os placentomas foram discernidos como pequenas áreas ecogênicas na superfície endometrial (Figura 1B). O período embrionário também foi considerado ideal para o diagnóstico de gestações múltiplas, pela facilidade de posicionar mais de um conceito na mesma imagem otimizando a acurácia da contagem.

Tabela 1. Período da primeira visibilização, por meio da ultrassonografia modo B, dos principais achados embrionários em cabras Saanen, expresso em dias.

Estrutura	Dia Gestacional
Vesícula embrionária	21-28
Embrião	21-28
Batimentos cardíacos	21-28
Membrana amniótica	28-35

Cordão umbilical	28-35
Placentomas	28-35
Embrião em forma bipolar	28
Plexo coroide/líquido cefalorraquídeo	28
Botão dos membros	34

Posterior à fase embrionária, iniciou-se o período de avaliação fetal, no qual foi observado aumento considerável da quantidade de fluído anecogênico intrauterino, movimentação fetal e múltiplas características anatômicas. Conforme desenvolvimento e maturação fetal, um maior número de estruturas e órgãos fetais foram identificados (Figura 2), como descrito e resumido cronologicamente na Tabela 2.

Tabela 2. Período da primeira visibilização, por meio da ultrassonografia modo B, dos principais achados fetais em cabras Saanen, expresso em dias.

Estrutura	Dia gestacional
Câmaras cardíacas	42-49
Rins	42-49
Ossos longos (inicial), crânio e ossos da pelve	42
Ventrículos laterais encefálicos	42
Coluna vertebral	49
Globo ocular	42-49
Distinção pulmão e fígado	49-56
Diafragma	49-56
Estômago e bexiga	49
Ossos longos (possível mensurar) e costelas	49
Massa amorfa intestinal	49-56
Câmaras gástricas	63
Dilatação da pelve renal	63
Região cortical e medular dos rins	84
Estratificação intestinal	84
Peristaltismo intestinal inicial	133-140
Peristaltismo intestinal generalizado	143-148

Os rins foram identificáveis inicialmente no período fetal (42d) em 36% dos conceitos (9/25) e nos demais aos 49d, como estruturas alongadas hiperecoicas na região abdominal, sendo impossível distinguir suas regiões. Com o avanço da gestação foi possível distinguir: córtex (84d), medula (84d) e pelve renais (63d). O estômago foi

percebido primeiramente como estrutura única (49d) e posteriormente foi possível diferenciar os compartimentos (63d), com caracterização da mucosa (Figura 2D).

A distinção entre os tecidos pulmonar e hepático foi detectada a partir dos 49d; neste momento, os dois tecidos apresentavam alta ecogenicidade semelhante (Figura 3B). Estes órgãos apresentaram alterações marcantes de ecogenicidade ao longo da gestação. Durante o período embrionário os dois tecidos se apresentavam isoecogênicos e indistintos (Figura 3A). A partir do dia 56 o pulmão se apresentou hiperecogênico em relação ao fígado (Figura 3C), entretanto, uma redução desta ecogenicidade foi percebida a partir do dia 91 da avaliação (Figura 3D). No fígado também foi observada uma redução de ecogenicidade quando comparado o momento da distinção do tecido pulmonar com as últimas semanas de gestação.

No período fetal, os placentomas foram percebidos como superfícies côncavas direcionadas para o lúmen uterino e, à medida que a prenhez progrediu, a forma côncava do placentoma resultava em imagens isoecogênicas em relação à parede uterina em formato de C ou O, dependendo do corte realizado. Geralmente, vários placentomas eram vistos na mesma imagem. Também foi observada redução subjetiva na ecogenicidade dessas estruturas ao longo das semanas gestacionais (Figura 4A-D).

3.3 Estudo ecobiométrico e estimativas de idade gestacional

Todas as variáveis ecobiométricas materno-fetais avaliadas foram significativamente correlacionadas com as semanas gestacionais e permitiram estimar a idade gestacional com precisão variável durante os diferentes períodos gestacionais. Foram calculadas fórmulas de predição da idade gestacional, resultando em coeficientes de determinação (R^2) acima de 90% com 11 das 17 variáveis avaliadas, como descrito na Tabela 3 e representado para as variáveis mais significativas nas Figuras 6 e 7.

Tabela 3. Biometria fetal e equações para a determinação da idade gestacional em cabras Saanen.

Variável	IV	Equação preditiva	R ² %	r-Pearson
UMC	42-119	DG = 46,30 + 1,688 x UMC	96,2	0,980
ACO	42-148	DG = 46,49 + 18,57 x ACO - 0,9318 x ACO ²	95,6	0,935
DNF	42-112	DG = 29,67 + 0,8276 x DNF	95,3	0,978
TBI	49-119	DG = 47,13 + 1,221 x TBI	94,9	0,975
RDU	42-119	DG = 44,96 + 1,429 x RDU	94,6	0,974
DBP	28-148	DG = 17,93 + 2,051 x DBP	94,4	0,972
DAB	21-148	DG = 23,53 + 1,431 x DAB	93,4	0,967
DTO	42-148	DG = 27,90 + 1,623 x DT	92,0	0,959
FMU	49-119	DG = 50,14 + 1,353 x FM	91,7	0,961
CCC	21-70	DG = 26,72 + 0,3484 x CCC	91,3	0,954
MTC	49-119	DG = 49,80 + 1,920 x MTC	90,2	0,954
MTS	49-112	DG = 48,65 + 1,974 x MTS	89,9	0,949
CRI	42-148	DG = 31,40 + 2,729 x CR	88,9	0,943
ARI	42-148	DG = 28,14 + 4,685 x AR	86,6	0,931
OOC	42-148	DG = 18,03 + 5,151 x OOC	78,9	0,889
PLA	28-148	DG = -9,089 + 4,625 x PLAC - 0,04310 x PLAC ²	54,3	0,697
BAT*	21-148	DG = -118,7 + 5,917 x BAT - 0,04105 x BAT ² + 0,000081 x BAT ³	45,0	-0,668

IV= Intervalo de visibilização, DG= Dias gestacionais, R²: coeficiente de determinação, r-Pearson: coeficiente de correlação, UMC: comprimento do úmero, ACO: área do coração, DNF: distância da nuca ao focinho, TBI: comprimento tibia, RDU: comprimento rádio-ulna, DBP: diâmetro biparietal, DAB: diâmetro abdominal, DTO: diâmetro torácico, FMU: comprimento do fêmur, CCC: comprimento crânio caudal, MTC: comprimento metacarpo, MTS: comprimento metatarso, CRI: comprimento rim, ARI: altura rim, OOC: Diâmetro da órbita ocular, PLA: comprimento do placentoma, BAT: batimentos cardíacos fetais. *O comportamento dessa variável foi expresso por um modelo cúbico de regressão e não linear como as diferindo das demais. Todas as variáveis foram mensuradas em mm, exceto área do coração (cm²) e batimentos cardíacos (bat/min).

Com o intuito de aumentar a acurácia das fórmulas diagnósticas, foram calculadas regressões múltiplas, conjugando as variáveis mais representativas da avaliação inicial (Tabela 4). Assim verificou-se que usando conjuntamente as medidas DBP, DTO, DAB, UMC, ACO e DNF, obtiveram-se coeficientes de determinação > 95% (Tabela 4). Embora pouco, houve incremento na acurácia destas fórmulas comparado a quando

usadas as variáveis isoladamente, permitindo uma abordagem confirmativa com maior poder preditivo quando há possibilidade de se obter mais de uma variável no mesmo exame.

Tabela 4. Equações conjugadas para a determinação da idade gestacional em cabras Saanen.

Equações preditivas conjugadas	R ² %
DG = 22,2183 + 0,859849 x DBP + 0,85605 x DTO + 0,0904821 x DAB	95,07
DG = 22,2152 + 0,892503 x DBP + 0,936015 x DTO	95,05
DG = 37,7176 + 0,802162 x UMC + 1,91188 x ACO + 0,386065 x DNF	97,29

DG= Dias gestacionais, R²: coeficiente de determinação, UMC: comprimento do úmero, ACO: área do coração, DNF: distância da nuca ao focinho, DBP: diâmetro biparietal, DAB: diâmetro abdominal, DTO: diâmetro torácico.

Por último, as variáveis ecobiométricas estudadas não sofreram alterações relacionadas ao número de fetos por gestação ($p>0,05$), entretanto, cabe salientar que PLA e CRI apresentaram correlações positiva ($p=0,025$ e $r=0,115$) e negativa ($p=0,041$ e $r=-0,118$), respectivamente, mas consideradas fracas ou pouco representativas, em outras palavras quanto maior o número de fetos por gestação, há uma tendência a ter maior comprimento dos placentomas e menor comprimento dos rins fetais.

4 Discussão

Os parâmetros: UMC, ACO, DNF, TBI, RDU, DBP, DAB, DTO, FMU, CCC e MTC permitiram estimar a idade gestacional por meio de um modelo de regressão linear (Tabela 3) com coeficiente de determinação $R^2>90\%$. Consequentemente, estas variáveis permitiram estimar a idade gestacional dentro de uma margem de erro menor que 10% (± 2 dias). Dentre esses parâmetros, DBO, DAB e DTO foram mensuráveis desde o período embrionário até o fim da gestação. MTS, CRI, ARI, OOC apresentaram coeficientes de determinação considerados intermediários, abaixo de 90%, enquanto PLA

e BAT exibiram baixos coeficientes de determinação ($R^2=54,3$ e $R^2=45,0$; respectivamente).

Tendo em vista o contínuo aprimoramento técnico dos equipamentos de ultrassom, é fundamental confirmar e atualizar os dados já publicados na literatura veterinária, como realizado em nosso estudo. Os resultados indicam a semana gestacional em que muitas estruturas anatômicas maternas, embrionárias e fetais são detectáveis pela avaliação ultrassonográfica. Estes achados fornecem importantes dados sobre os estágios de desenvolvimento fetal, sendo possível estabelecer uma relação direta entre as variáveis ultrassonográficas e os eventos fisiológicos do desenvolvimento normal do concepto, podendo ser útil na detecção de anomalias e malformações fetais. Ademais, de acordo com o conhecimento dos autores, este é o primeiro estudo de descrição dos eventos ultrassonográficos embrionários e fetais relativos ao desenvolvimento do concepto; e que avaliou a relação entre idade gestacional e 17 parâmetros biométricos ao longo do período gestacional em caprinos.

No presente estudo, as alterações qualitativas e subjetivas na ecogenicidade e morfologia observadas em órgãos fetais como pulmão e fígado ao longo da gestação são condizentes com os estágios de maturação e desenvolvimento destas estruturas, como discutido em nosso estudo prévio com ovelhas (Silva et. al. 2018). Neste estudo, houve correlação da ecogenicidade pulmonar com o estágio de desenvolvimento deste órgão nas fases embrionária (0 - 40 dias), pseudo-glandular (40 - 80 dias), canalicular (80 - 120 dias), alveolar (120 dias a termo 148 dias), enquanto o tecido hepático fetal não apresentou variações na ecogenicidade e ecotextura durante as semanas avaliadas. Não foram encontrados estudos semelhantes a esse na espécie caprina.

Especificamente relativo às estruturas renais, a primeira detecção foi possível no dia 42, semelhante ao observado em nosso estudo prévio (Silva et. al., 2018) no qual os rins fetais de ovinos foram detectados a partir da 10ª semana gestacional, isoecogênicos em relação ao tecido hepático sem diferenciação corticomedular neste momento. No presente estudo, a partir do dia 84 das avaliações, a diferenciação corticomedular se tornou evidente (proporção 1:1), hipoecoicas (córtex), anecoicas (medulares) e dilatação da pelve renal. Estes achados se relacionam com o desenvolvimento renal em sucessão, desde o estágio das células mesenquimais, desenvolvendo glomérulos e finalmente ao glomérulo totalmente desenvolvido, com o avanço da idade gestacional (Bello et al. 2016).

De acordo com a literatura, a visualização do intestino e a identificação do peristaltismo pela ultrassonografia determinam o fim da organogênese fetal em pequenos animais, indicando indiretamente que o feto está a termo (Gil et al., 2015; Kim and Son, 2007). No presente estudo o peristaltismo de forma discreta foi percebido primeiramente entre os dias 133-140 da gestação e de forma generalizada já próximo a parturição 143-148d, sendo estes momentos antecipados quando se traça um comparativo com estas avaliações em pequenos animais (Gil et al., 2015). Entretanto, como as avaliações em nosso estudo foram apenas observacionais e sem levar em conta o desenvolvimento e distinção das paredes/porções intestinais, além das fases distintas do peristaltismo, não nos garante respaldo suficiente para utilizar esse achado como fiel preditor da proximidade do parto.

As variáveis biométricas avaliadas neste estudo não foram afetadas pelo número de fetos por gestação. Segundo Haibel e Perkins (1989) e González de Bulnes et al. (1998), o número de fetos não influencia a eficiência na ecobiometria nem a estimativa

da idade gestacional em pequenos ruminantes, sendo o padrão de crescimento fetal independente de gestações múltiplas, uma vez que o desenvolvimento dos fetos é uniforme e está bem correlacionado com a idade gestacional.

O desenvolvimento morfológico natural dos ossos e articulações é importante para o diagnóstico de doenças esqueléticas, sendo possível avaliar a maturação óssea fetal e detecção de anormalidades (Oishi et al., 1996; Ahmed, 2008), além de apresentar um crescimento linear que acompanha a idade gestacional (Rihab et al., 2011). Em nosso estudo a mensuração do úmero foi possível de ser realizada a partir do dia 42, próximo do que foi observado por Ahmed (2008) em avaliações radiográficas de fetos ovinos, onde os ossos do membro pélvico foram detectados entre os dias 43 a 56 da gestação; e de forma ligeiramente antecipada à mensuração do fêmur e úmero relatado por Rihab et al. (2011) a partir da 8ª semana gestacional (56-62d) por meio da ultrassonografia.

Das variáveis avaliadas, o úmero foi a que apresentou coeficientes de determinação e correlação mais altos ($R^2 = 96,2$; $r = 0,98$), semelhante ao descrito por Rihab et al., (2011), também em cabras Saanen, que encontrou alta correlação desta variável com a idade gestacional ($R^2 = 0,95$) e concluiu que este é um preditor acurado para o 2º e 3º terços da gestação. Porém, este parâmetro não pôde ser acessado ao longo de toda a gestação, apenas do 42º ao 119º dia, assim como os demais ossos longos avaliados. Além disto, este é um parâmetro fortemente influenciado pelo posicionamento e movimentação fetal, sobretudo a partir do terço final da gestação onde apenas porções dos fetos são avaliadas por vez.

No presente estudo, TBI, RDU, FMU e MTC apresentaram alto coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$) para as cabras Saanen. Este achado está de acordo com os relatos anteriores que atribuem um maior coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$) para estes

parâmetros em cabras (Martinez et al., 1998; Karen et al., 2009; Rihab et al., 2011; Ejaz-ul-Haq et al., 2020). Apesar de uma forte correlação com o estágio gestacional, a mensuração dos ossos longos de forma geral é limitada pela idade gestacional e influenciada pelo posicionamento do feto.

A área do coração (ACO-cm²) é mais facilmente obtida na maior parte da gestação (42 – 148 dias) e obteve índices confiáveis como estimador de idade gestacional ($R^2=95,3\%$ e $r=0,93$). Este achado se justifica no fato de que durante o desenvolvimento fetal, o coração cresce por um aumento no número (hiperplasia) e no tamanho (hipertrofia) dos miócitos cardíacos, apresentando crescimento exponencial ao longo da gestação (Burrell et al., 2003). Resultados semelhantes foram relatados por Kuru et al. (2018) que determinaram que o diâmetro cardíaco e o diâmetro torácico foram os melhores preditores de idade gestacional para cabras da raça Abaza ($R^2=95,2\%$ e $R^2=94,9\%$; respectivamente), enquanto o diâmetro cardíaco e o comprimento cefalococcígeo foram os melhores preditores de idade gestacional para cabras da raça Gurcu ($R^2=93,3\%$ e $R^2=94,2\%$; respectivamente).

DAB e DTO apresentaram alto poder preditivo para a idade gestacional ($R^2=93,4$ e $R^2=92,0$; respectivamente) e são detectáveis por um maior intervalo ao longo da gestação; portanto, ambos os parâmetros podem ser usados como estimadores confiáveis do estágio gestacional em cabras Saanen. Durante os períodos embrionário e fetal ocorre rápido crescimento e maturação de tecidos e órgãos como pulmão, coração, fígado, câmaras gástricas, intestinos e rins localizados nas cavidades abdominal e torácica, o que justifica o aumento linear dos dois parâmetros (DAB e DTO) ao longo dos dias gestacionais. Carr et al. (2011) verificaram que a circunferência abdominal foi o parâmetro que mais se correlacionou com avaliações post-mortem em fetos ovinos

($r=0,833$). Ejaz-ul-Haq et al. (2020) também relataram que o diâmetro do tronco do concepto aumentou linearmente e apresentou correlação significativa ($R^2 = 95,0\%$) com o estágio gestacional.

Em ovelhas, Greenwood et al. (2002) e Santos et al. (2018) relataram que a DBP é a variável mais confiável para estimar a idade gestacional ($R^2=95,0\%$ e $R^2=96,5\%$; respectivamente), diferente do observado em cabras por Ejaz-ul-Haq et al. (2020) em que o DBP foi mensurável dos 34 aos 125 dias com $R^2=83,0\%$. Em nosso estudo foi obtido coeficiente de determinação satisfatório dessa variável ($R^2=94,4\%$), entretanto não foi a de maior valor. Além disso, encontrou-se dificuldade de se obter esta mensuração por via transabdominal no final da gestação, quando a cabeça do feto já se encontrava voltada para o canal de parto, resultando em variabilidade nas medidas.

Uma boa correlação ($R^2= 0,90$) foi observada entre o tamanho do embrião e a idade gestacional por Rihab, et al. (2011) em cabras Saanen. No presente estudo, o CCC foi a variável que apresentou menor intervalo de visibilização (21 - 70 dias), mas apresentou valores confiáveis de determinação e correlação ($R^2=91,3\%$ e $r=0,954$), assim como Ejaz-ul-Haq et al. (2020) que obtiveram $R^2= 0,93$ no uso dessa variável como estimador de idade gestacional. Apesar de o DNF apresentar bons valores preditivos ($R^2=95,3$ e $r=0,978$) a acurácia deste estimador de idade gestacional também é limitada pelo intervalo de visibilização relativamente curto que apresentou. Apesar de ser visibilizado entre o 42º e o 112º dia, as mensurações a partir dos 90 dias foram menos frequentes e ocasionais devido à grande divergência nos posicionamentos apresentados pelos fetos. Portanto, tanto o CCC quanto a DNF são indicados como bons estimadores de idade gestacional apenas em períodos iniciais da gestação.

Em nosso estudo, MTS, CRI, ARI e OOC apresentaram coeficiente de determinação moderado ($R^2 < 0,90$), resultado semelhante ao obtido por Souza et al. (2018) em fetos ovinos na mensuração dos rins ($R^2 = 88\%$) e órbita ocular ($R^2 = 81,8\%$). Bello et al. (2016) também observaram que, com o avanço da gestação, os dados morfométricos renais aumentavam progressivamente nos vários estágios de desenvolvimento de ovinos. Carr et al. (2011) relataram que o volume renal, também em ovinos, tem potencial para estimativa do crescimento fetal pois este se correlacionou positivamente com o peso post-mortem avaliado ($r = 0,80$). Meyer-Gesch et al. (2013) relataram a combinação de transporte ineficiente de nutrientes da placenta e função excretora fetal, função renal endócrina imatura e programação alterada do desenvolvimento renal em gestações múltiplas em ovinos. Este dado pode estar associado à fraca correlação negativa, observada em nosso estudo do CRI com o número de fetos por gestação ($p = 0,041$ e $r = -0,118$).

O PLA apresentou baixos valores de determinação e correlação com a idade gestacional ($R^2 = 54,3\%$ e $r = 0,697$) assim como observado em cabras por Karen et al., (2009), em parte devido à variação de seus tamanhos em diferentes porções do útero (Kandiel et al., 2015). Adicionalmente, apresenta uma fraca correlação positiva com o número de fetos por gestação ($p < 0,05$; $r = 0,115$), sendo possível inferir que é maior a média de tamanho dessas estruturas em gestações múltiplas. Ejaz-ul-Haq et al. (2020) perceberam o tamanho do placentoma constante desde a gravidez inicial (60 dias) até o nascimento, sugerindo uma maturação placentária inicial que se manteve inalterada durante a gravidez, enquanto, Lekatz et al. (2013) mostraram aumento progressivo do diâmetro do placentoma do dia 40 ao dia 80 de gestação e depois permaneceram inalterados ou até diminuídos no dia 108. Apesar da divergência dos resultados, esta

variável pode ser utilizada para diferenciar os estágios gestacionais, ainda que de forma menos precisa, principalmente quando é totalmente desconhecida a data da monta, pois essa estrutura pode ser facilmente acessada tanto por via transretal quanto transabdominal durante toda a gestação.

A detecção do embrião com batimento cardíaco é considerada um sinal positivo de prenhez inicial em cabras. No presente estudo, o batimento cardíaco embrionário foi detectado aos 21 dias de gestação em 100% dos animais onde houve visibilização do embrião neste momento (72%), um achado relativamente precoce quando comparado a outros estudos como o de Ejaz-ul-Haq et al. (2020) que o detectaram no 27º dia de gestação.

A frequência cardíaca (BAT) foi a variável que apresentou o menor coeficiente de determinação em cabras Saanen, assim como em cabras Beetal ($R^2=76,0\%$; Ejaz-ul-Haq et al., 2020), ovelhas ($R^2=46,3\%$ Santos et al., 2018) e em vacas ($R^2=49,0\%$; Kähn, 1989). Houve uma tendência decrescente nos valores de BAT explicada pelo modelo de regressão cúbica estimado, ao longo da gestação, semelhante ao relatado por Martinez et al. (1998), Santos et al. (2018) e Ejaz-ul-Haq et al. (2020). Em ovelhas, é sabido que durante o último terço da gestação a pressão arterial aumenta constantemente como resultado de um aumento no débito cardíaco e um aumento na resistência vascular periférica, enquanto a frequência cardíaca fetal diminui constantemente, devido a uma resposta barorreflexa à pressão arterial aumentada (Kitanaka et al., 1989; Unno et al., 1999). Neste último estudo, o cortisol fetal durante o período gestacional final (dia 120 até o parto) foi considerado parcialmente responsável pelo aumento da pressão arterial e redução reflexa da frequência cardíaca (178 ± 2 batimentos/min no dia 120 e 143 ± 2 batimentos/min no dia 140). Todavia nossos resultados apresentaram uma variação ampla

desta variável após o 120º dia, o que não nos permite indicá-la como um preditor de parturição.

5 Conclusões

Todas as variáveis ecobiométricas materno-fetais avaliadas foram correlacionadas com a idade gestacional. Comprimento do úmero e área do coração foram as variáveis mais precisas para estimativa da idade gestacional. De forma contrária, a frequência cardíaca e o comprimento dos placentomas se apresentaram como os indicadores menos precisos. Também foi possível identificar estruturas além de acompanhar o desenvolvimento de órgãos e parâmetros ecobiométricos como placentomas, rins, pulmões, batimentos cardíacos e diferenciação entre cabeça, tórax e abdômen. Os resultados do presente estudo têm potencial para serem utilizados na rotina clínica como estimadores da idade gestacional, avaliação de embriões e do desenvolvimento fetal, assim como em futuras pesquisas que tenham por objetivo a identificação de alterações no processo gestacional na espécie caprina.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com auxílio da Capes [fornecimento de bolsa de doutorado] e financiado por FAPESP [2017/14957-6].

Declaração de contribuição do autor

O estudo foi delineado por Priscila Del Aguila da Silva, Ricardo Andrés Ramirez Uscategui e Marcus Antonio Rossi Feliciano. A aquisição de financiamento para o estudo foi feita por Marcus Antonio Rossi Feliciano, Wilter Ricardo Russiano Vicente e Lizandra Amoroso. No período experimental, as amostras foram coletadas por Priscila Del Aguila da Silva, Fabiana Cirino dos Santos, Victor José Correia Santos, Ana Paula Rodrigues Simões e Luciana Cristina Padilha-Nakaghi. A supervisão do período experimental foi feita por Marcus Antonio Rossi Feliciano, Lizandra Amoroso e Luciana

Cristina Padilha-Nakaghi. Os resultados obtidos foram analisados por Priscila Del Aguila da Silva, Ricardo Andrés Ramirez Uscategui e Marcus Antonio Rossi Feliciano. A preparação do manuscrito e sua correção foram realizadas por Priscila Del Aguila da Silva, Ricardo Andrés Ramírez Uscategui, Wilter Ricardo Russiano Vicente e Marcus Antonio Rossi Feliciano.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Ahmed, N.S., 2008. Development of forelimb bones in indigenous sheep fetuses. *Iraqi J. Vet. Sci.* 22(2), 87-94. <http://doi.org/10.33899/ijvs.2008.5719>.
- Al-Merestani, M.R., Zarkawi, M., Wardeh, M.F., 2003. Improving the reproductive efficiency, pregnancy diagnosis and monitoring the resumption of luteal activity in indigenous Damascus goats. *Reprod. Domest. Anim.* 38, 36-40. <http://doi.org/10.1046/j.1439-0531.2003.00394.x>.
- Bello, A., Dabai, D.I., Umaru, M.A., Shehu, S.A., Jimoh, M.I., 2016. Prenatal Development of Yankasa Sheep (*Ovis aries*) Kidney: A Histomorphometric Study. *J. Kidney.* 2(2), 1000126. <http://doi.org/10.4172/2472-1220.1000126>.
- Burrell, J.H., Boyn, A.M., Kumarasamy, V., Hsieh, A., Head, S.I., Lumbers, E.R., 2003. Growth and maturation of cardiac myocytes in fetal sheep in the second half of gestation. *Anat Rec.* 274A, 952–961. <http://doi.org/10.1002/ar.a.10110>.
- Carr, D.J., Aitken, R.P., Milne, J.S., David, A.L., Wallace, L.M., 2011. Ultrasonographic assessment of growth and estimation of birthweight in late gestation fetal sheep. *Ultrasound Med. Biol.* 37, 1588–1595. <http://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2011.06.016>.

- Doizé, F., Vaillancourt, D., Carabin, H., Belanger, D., 1997. Determination of gestational age in sheep and goats using transrectal ultrasonographic measurement of placentomes. *Theriogenology*. 48, 449–460. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00254-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00254-9).
- Ejaz-ul-Haq, M., Hameed, N., Khan, M.I.R., Abbas, Q., Sohail, T., Rehman, A. Mohsin, I., 2020. Temporal changes in physical signs of estrus and validation of fetal parameters for estimation of gestational stage through b-mode ultrasonography in beetal goats. *Pak. Vet. J.* (in press). <http://dx.doi.org/10.29261/pakvetj/2020.037>
- Erdogan, G., 2012. Ultrasonic assessment during pregnancy in goats - a review. *Reprod. Domest. Anim.* 47, 157-163. <http://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01873.x>
- Fthenakis, G.C., Arsenos, G., Brozos, C., Fragkou, I.A., Giadinis, N.D., Giannenas, I., Mavrogianni, V.S., Papadopoulos E., Valasi, I., 2012. Health management of ewes during pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 130, 198–212. <http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.016>.
- Gil, E.M.U., Garcia, D.A.A., Froes, T.R., 2015. In utero development of the fetal intestine: Sonographic evaluation and correlation with gestational age and fetal maturity in dogs. *Theriogenology*, 84(5), 681–686. <http://doi:10.1016/j.theriogenology.2015.04.030>.
- González De Bulnes, A., Moreno, J.S., Sebastian, A.L., 1998. Estimation of fetal development in Manchega dairy ewes by transretal ultrasonographic measurements. *Small. Rum. Res.* 27, 243-250. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00062-X).
- Gosselin, V.B., Volkmann, D.H., Dufour, S., Middleton, J.R., 2018. Use of ultrasonographic fetometry for the estimation of days to kidding in dairy does. *Theriogenology*. 118, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.041>

- Greenwood, P.L., Slepetis, R.M., McPhee, M.J., Bell, A.W., 2002. Prediction of stage of pregnancy in prolific sheep using ultrasound measurement of fetal bones. *Rep. Fert. and Develop.* 14, 7–13. <https://doi.org/10.1071/RD01047>
- Haibel, G.K., Perkins, N.R., 1989. Real-time ultrasonic biparietal diameter of second trimester Suffolk and Finn sheep fetuses and prediction of gestational age. *Theriogenology*. 32(5), 863-9. [http://dx.doi.org/10.1016/0093-691X\(89\)90474-3](http://dx.doi.org/10.1016/0093-691X(89)90474-3).
- Jainudeen, M.R., Hafez, E.S.E., 2000. Gestation, prenatal physiology, and parturition. In: Hafez, E.S.E., Hafez, B. (Eds.), *Reproduction in Farm Animals*, 7 ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. 140–155.
- Jones, A.K., Reed, S.A., 2017. Benefits of ultrasound scanning during gestation in the small ruminant. *Small Rumin Res.* 149, 163-71. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.008>.
- Kandiel, M.M., Watanabe, G., Taya, K., 2015. Ultrasonographic assessment of fetal growth in miniature “Shiba” goats (*Capra hircus*). *Anim Reprod Sci.* 162: 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.08.007>.
- Karadaev, M., Fasulkov, I., Yotov, S., Atanasova, S., Vasilev, N., 2018. Determination of the gestational age through ultrasound measurements of some uterine and foetal parameters in Bulgarian local goats. *Reprod. Domest. Anim.* 53, 1456-65. <https://doi.org/10.15547/bjvm.909>.
- Karen, A.M., Fattouh, E-S.M., Abu-Zeid, S.S., 2009. Estimation of gestational age in Egyptian native goats by ultrasonographic fetometry. *Anim. Reprod. Sci.* 114, 167-74. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.016>.

- Kim, B.S., Son, C.H., 2007. Time of initial detection of fetal and extra-fetal structures by ultrasonographic examination in Miniature Schnauzer bitches. *J. Vet. Sci.* 8(3), 289-93. <https://doi.org/10.4142/jvs.2007.8.3.289>.
- Kitanaka, T., Alonso, J.G., Gilbert, R.D., Siu, B.L., Clemons, G.K., Longo, L.D., 1989. Fetal responses to long-term hypoxemia in sheep. *Am. J. Physiol.* 256, R1348–R1354. <https://doi.org/doi:10.1152/ajpregu.1989.256.6.R1348>.
- Kuru, M., Oral, H., Kulaksiz, R., 2018. Determination of gestational age by measuring defined embryonic and foetal indices with ultrasonography in Abaza and Gurcu goats. *Acta Vet. Brno.* 87, 357–362. <https://doi.org/10.2754/avb201887040357>.
- Lekatz, L.A., Luther, J.S., Caton, J.S., Vonnahme, K.A., 2013. Impacts of maternal nutritional plane on umbilical artery hemodynamics, fetal and placentome growth in sheep. *Anim. Reprod.* 10, 99-105.
- Martinez, M.F., Bosch, P., Bosch, R.A., 1998. Determination of early pregnancy and embryonic growth in goats by transrectal ultrasound scanning. *Theriogenology* 49, 1555-65. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(98\)00101-0](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(98)00101-0).
- Meyer-Gesch, K., Sun, M., Koch, J., Ramadoss, J., Blohowiak, S., Magness, R., Kling, P., 2013. Ovine fetal renal development impacted by multiple fetuses and uterine space restriction. *J. Dev. Orig. Hlth. Dis.* 4(5), 411-420. <https://doi.org/10.1017/S2040174413000329>.
- Oishi, A., Yamada, S., Sakamota, H., Kamlya, S., Yanagida, K., Kubota, C., Watanabe Y., Shimizu, R., 1996. Radiographical evaluation of bone maturation in Japanese black beef cattle. *J. Vet. Med. Sci.* 58, 529 -535. doi: <https://doi.org/10.1292/jvms.58.529>.

Rihab, M.A., Ahmed, B.H., Ibrahim, M.T., Mantis, P., 2011. Prediction of gestational age by transabdominal real-time ultrasonographic measurements in Saanen goats (*Capra hircus*). *Glob. Vet.* 6, 346-51. <https://doi.org/10.2754/avb201281030295>.

Santos, V.J.C., Rodriguez, M.G.K., Silva, P.D.A., Mariano, R.S.G., Taira, A.R., Almeida, V.T., Uscategui, R.A.R., Nociti, R.P., Teixeira, P.P.M., Feliciano, M.A.R., Vicente, W.R.R., 2018. B-mode ultrasonography and ecobiometric parameters for assessment of embryonic and fetal development in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 197, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.028>

Silva, P.D.A., Uscategui, R.A.R., Santos, V.J.C., Taira, A.R., Mariano, R.S.G., Rodrigues, M.G.K., Simões, A.P.R., Maronezi, M.C., Avante, M.L., Vicente, W.R.R., Feliciano, M.A.R., 2018. Qualitative and quantitative ultrasound attributes of maternal-foetal structures in pregnant ewes. *Reprod Domest Anim.* 53(3), 725-32. <https://doi.org/10.1111/rda.13163>.

Unno, N., Wong, C.H., Jenkins, S.L., Wentworth, R.A., Ding, X.Y., Li, C., Robertson, S.S., Smotherman, W.P., Nathaniel, P.W., 1999. Blood pressure and heart rate in the ovine fetus: ontogenic changes and effects of fetal adrenalectomy. *Am. J. Physiol.* 276, 248–256. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1999.276.1.H248>.

Vannucchi, C.I., Rodrigues, J.A., Silva, L.C.G., Lúcio, C.F., Veiga, G.A.L., 2012. A clinical and hemogasometric survey of neonatal lambs. *Small Rumin Res.* 108(1-3), 107-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.05.013>.

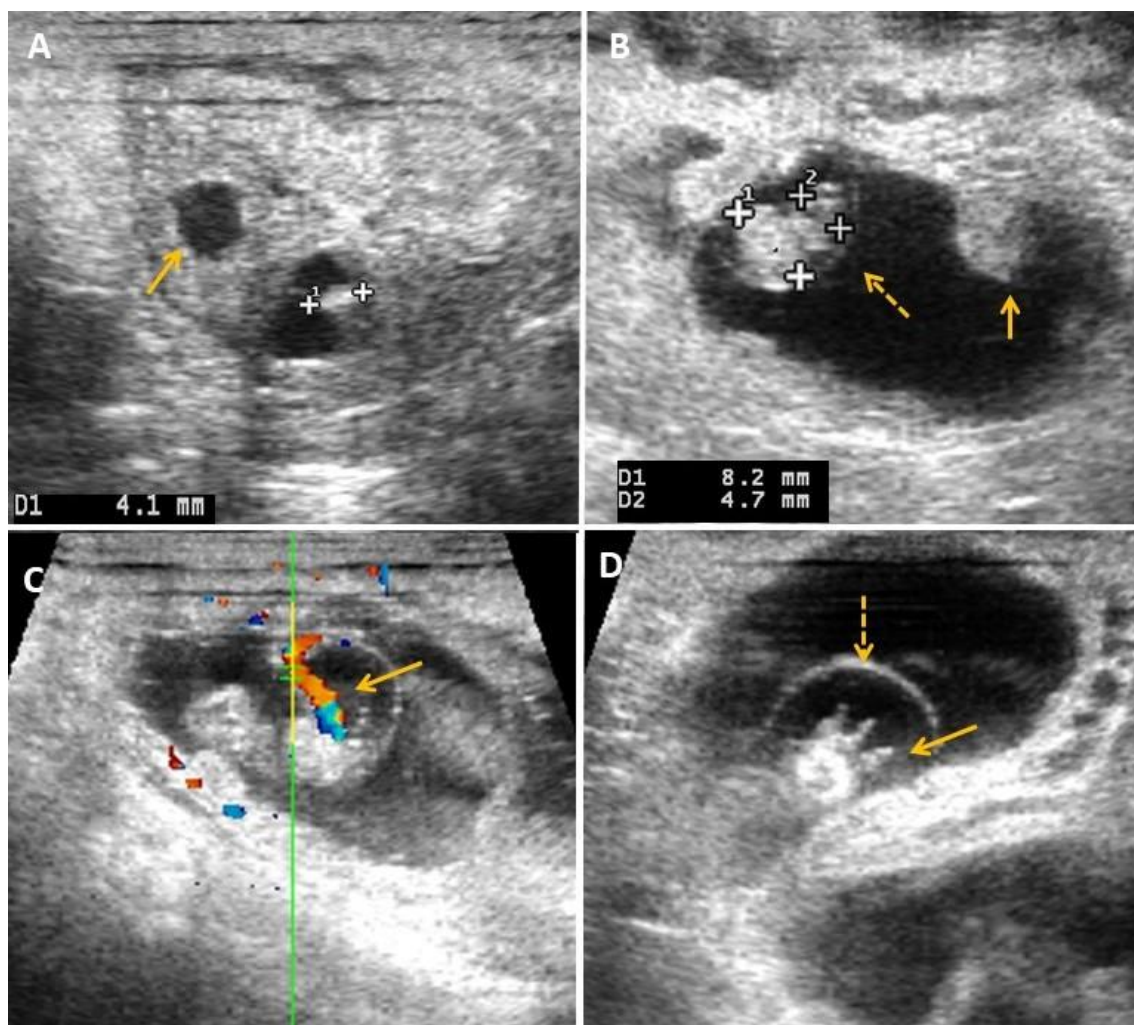


Fig. 1. Imagens ultrassonográficas em modo B e doppler colorido da gestação de cabras em fase embrionária. A: Diagnóstico gestacional aos 21 dias gestação, presença de líquido intrauterino (seta contínua) e o embrião (entre cursores). B: Embrião em plano dorsal aos 28 dias de gestação (seta pontilhada) já em formato bipolar, caracterizando a diferenciação da cabeça (entre cursores 1) e tronco (entre cursores 2); e placentoma (seta contínua). C: Embrião plano sagital aos 34 dias, com visibilização do cordão umbilical (seta). D: Embrião em plano transversal aos 34 dias, sendo possível visibilizar a membrana amniótica (seta pontilhada) e origem dos membros (seta contínua).

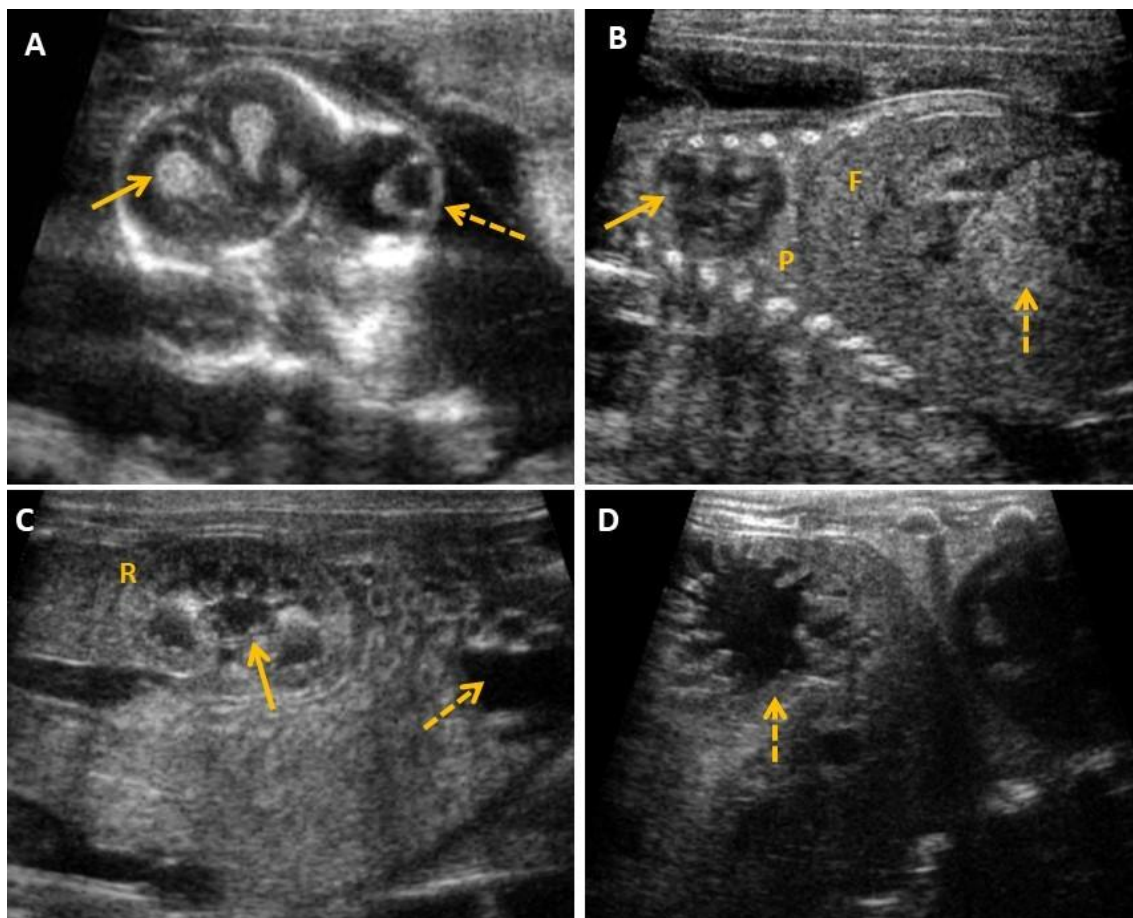


Fig. 2. Imagens ultrassonográficas em modo B da gestação de cabras em fase fetal. A: Crânio do feto aos 63d de gestação, onde é possível visibilizar os ventrículos cerebrais (seta contínua) e o olho (seta pontilhada). B: Tórax e abdômen de feto com 70d, onde é possível distinguir com facilidade pulmão (P) e fígado (F), sendo o fígado menos ecogênico que o pulmão. O coração (seta contínua) é percebido como uma estrutura circular, hipoecóica a anaecóica, circundada pelo pulmão (P) ecogênico; focos ecogênicos com sombras acústicas representam as costelas e massa intestinal (seta pontilhada) é percebida como hiperecogênica em relação fígado C: Rim fetal em corte longitudinal (R) aos 91d de gestação, com definição das regiões cortical e medular, e sendo percebida a dilatação da pelve (seta contínua); a bexiga (seta pontilhada) também foi identificada. D: Imagem do feto aos 119d de gestação, sendo possível distinguir as câmeras gástricas, omaso em evidência (seta pontilhada).

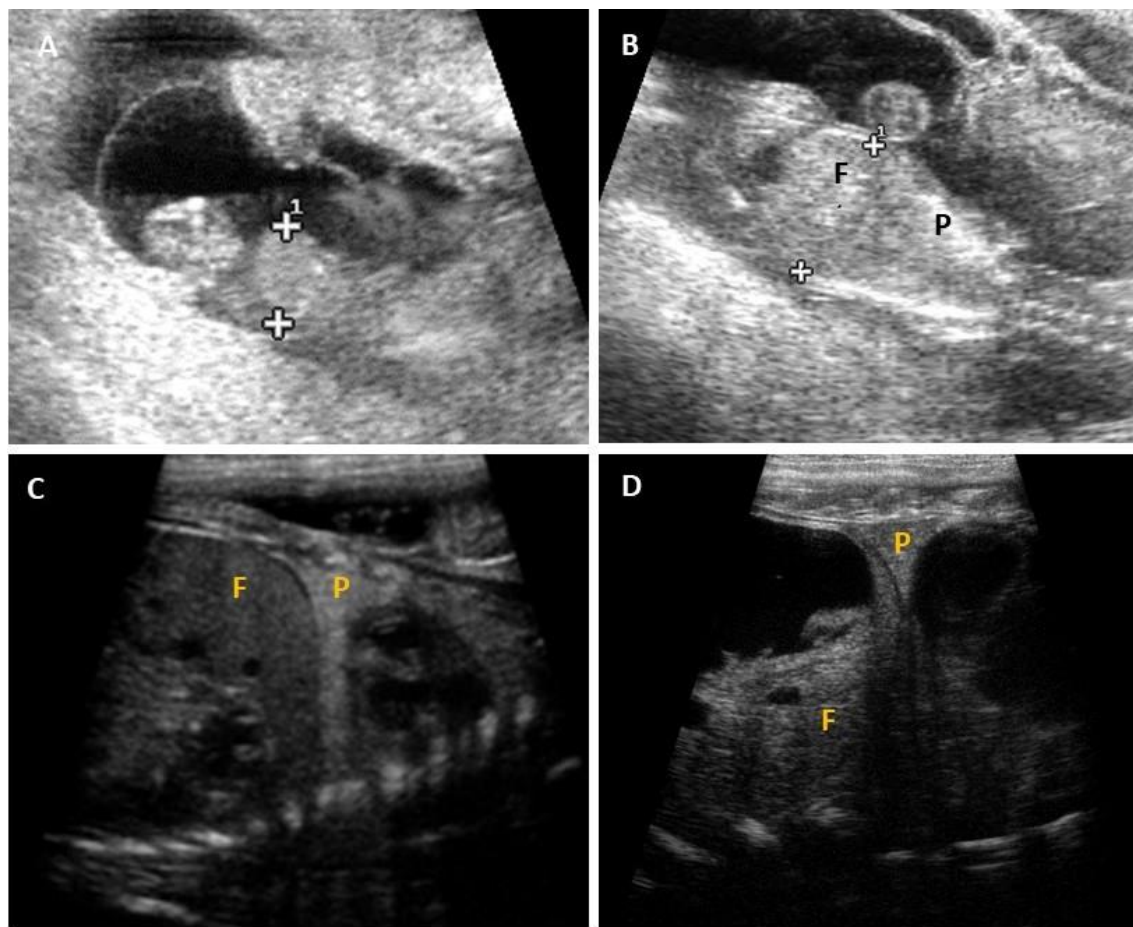


Fig. 3. Imagens ultrassonográficas em modo B do desenvolvimento pulmonar e hepático na gestação de cabras em fases embrionária e fetal. A: Embrião aos 34d de gestação, onde é possível identificar a divisão entre cabeça e tronco (entre cursores) porém os tecidos pulmonar e hepático ainda não são distinguíveis. B: Tórax e abdômen de feto com 56d, onde é possível identificar pulmão (P) e fígado (F), porém ambos apresentam ecogenicidades similares. C: Feto aos 98d de gestação, onde é possível distinguir com facilidade pulmão (P) e fígado (F), sendo o pulmão mais ecogênico que o fígado. D: Feto a termo aos 148d de gestação, sendo possível distinguir os tecidos pulmonar (P) e hepático (F), porém com ecogenicidades similares.

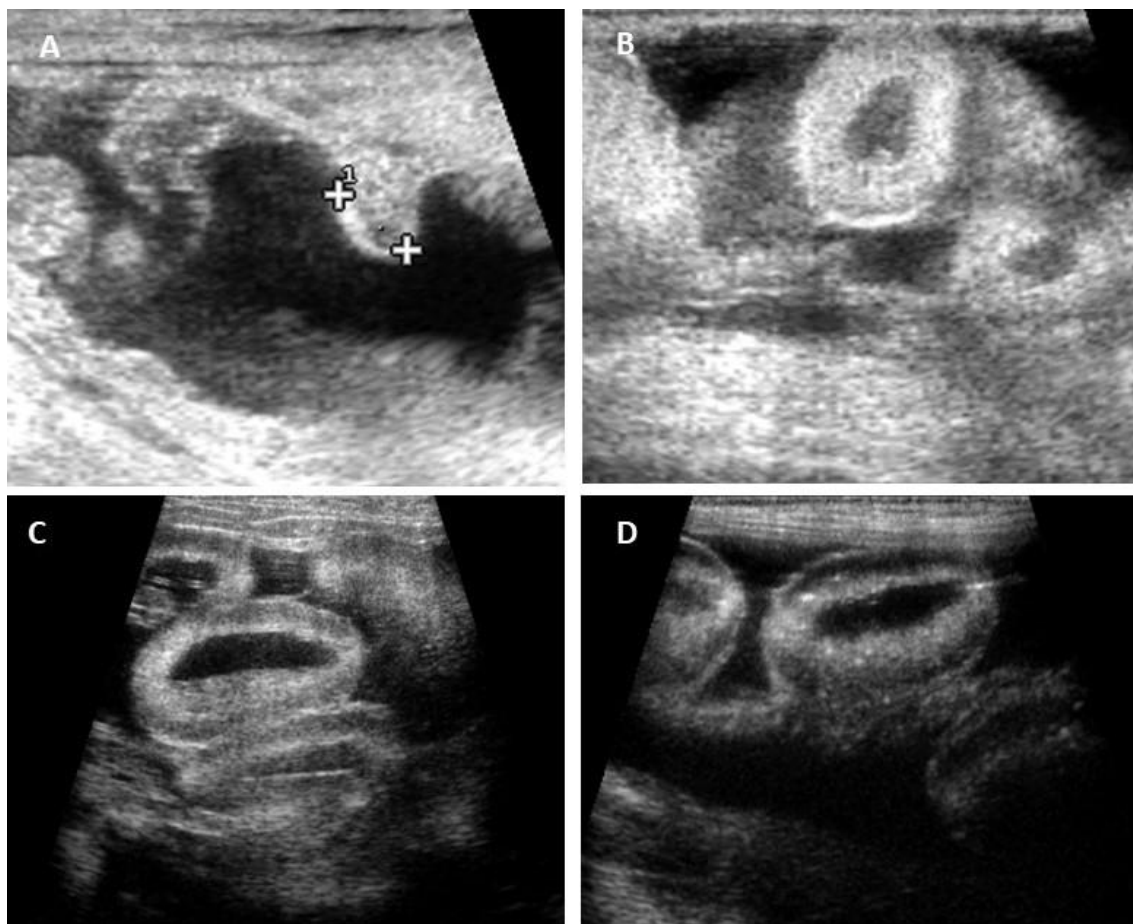


Fig. 4. Imagens ultrassonográficas em modo B dos placentomas na gestação de cabras em fases embrionária e fetal. A: Placentoma detectado aos 28 dias da gestação, sendo visibilizado como estrutura arredondada, ecogênica e voltada para o lúmen uterino. B: Placentoma aos 56d da gestação em corte longitudinal com formato circular e ecogênico. C: Placentoma aos 77d da gestação em corte longitudinal com formato circular e discreta redução da ecogenicidade. D: Placentoma aos 149d da gestação em corte longitudinal com formato circular, presença de áreas hipoecogênicas e redução da ecogenicidade.

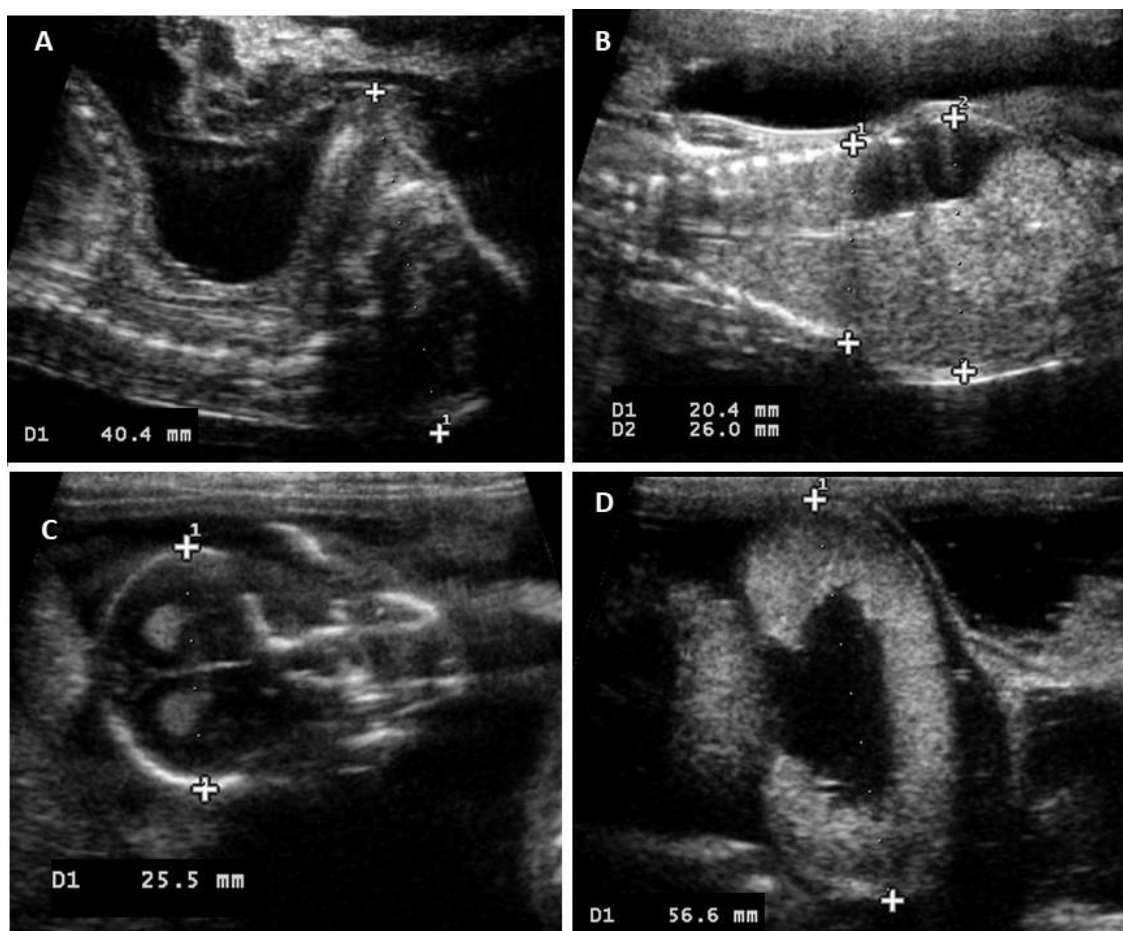


Fig. 5: Imagens ultrassonográficas representativas da mensuração de diferentes parâmetros de biometria fetal: A) Distância da nuca ao focinho (DNF – entre cursores), B) Diâmetros torácico (DTO – entre cursores 1) e abdominal (DAB – entre cursores 2), C) Diâmetros biparietal (DBP – entre cursores), D) Comprimento do placentoma (PLA – entre cursores).

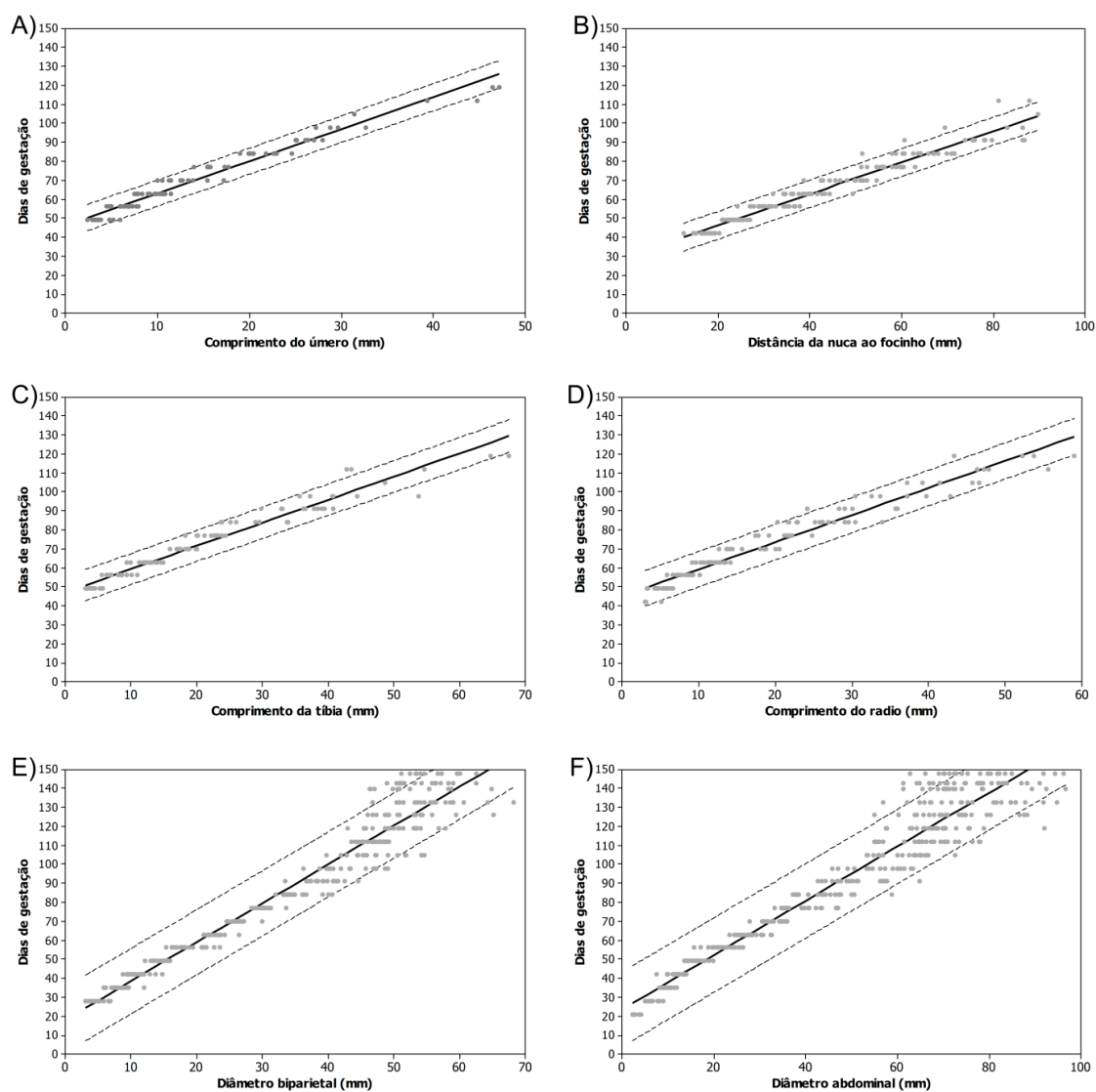


Fig. 6. Representação gráfica da trajetória dos valores de variáveis com coeficiente de determinações $>90\%$ ao longo dos dias gestacionais de fetos de cabras Saanen avaliados por ultrassonografia modo -B. As linhas contínuas representam o modelo de regressão adaptado para cada parâmetro. Linhas pontilhadas indicam a faixa de predição a 95% de confiança. A) Comprimento do úmero, B) Distância da nuca ao focinho, C) Comprimento da tibia, D) Comprimento do rádio-ulna, E) Diâmetro biparietal, F) Diâmetro abdominal.

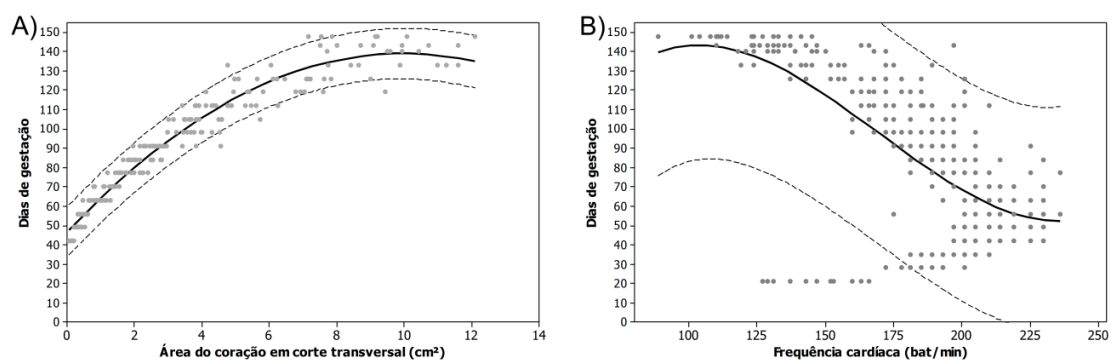


Fig. 7. Representação gráfica da trajetória dos valores de A) Área do coração (ACO) e B) Batimentos cardíacos de fetos de cabras Saanen avaliados por ultrassonografia modo B.

CAPITULO 3* - Dopplerfluxometria das artérias umbilical e uterina de cabras Saanen gestantes

Priscila Del Aguila da Silva^{a*}, Fabiana Cirino dos Santos^a, Victor José Correia dos Santos^a, Ricardo Andres Ramirez Uscategui^b, Luciana Cristina Padilha-Nakaghi^a, Renata Sitta Gomes Mariano^a, Mariana Garcia Kako Rodriguez^a, Lizandra Amoroso^a, Wilter Ricardo Russiano Vicente^a, Marcus Antônio Rossi Feliciano^c.

^aUniversidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, Brasil;

^bUniversidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Unaí, MG, Brasil;

^cUniversidade de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o fluxo sanguíneo da artéria uterina (UT) e artéria umbilical (UMB) na prenhez fisiológica de cabras por meio do Doppler ao longo do período gestacional. Vinte e cinco cabras Saanen com peso de 55 ± 10 kg e idade entre 2 e 5 anos foram avaliadas semanalmente, a partir dos 21 gestacionais até 143º dia, e diariamente a partir desse período até parturição. Foram determinados os valores para velocidades de pico sistólica (VPS), diastólica final (VDF) e índices de resistência (IR) e pulsatividade (IP) das artérias uterina e umbilical. Os valores obtidos foram correlacionados com a idade gestacional pelo teste de Spearman, testado o ajuste a modelos de regressão e comparados com o número de fetos pela ANOVA. O cordão umbilical foi primeiramente visibilizado os 28 dias. Das variáveis avaliadas, O IRUMB e o IPUMB se correlacionaram com a idade gestacional ($p < 0,001$; e $0,046$; respectivamente) e o IRUMB apresentou uma baixa correlação negativa com o número

*Este capítulo foi redigido de acordo com as normas da Revista *Reproduction in Domestic Animals*

de fetos por gestação ($p = 0,003$; r - Spearman = $-0,218$). Os valores de VPSUMB e VDFUMB não se correlacionaram com a idade gestacional ($p = 0,737$ e $0,768$; respectivamente), porém houve diminuição dos valores médios ao longo da gestação (VPSUMB= $0,07$; $0,31$ e VDFUMB= $0,01$; $0,06$) bem como a alteração no padrão de fluxo do traçado espectral. Os valores médios das variáveis dopplervelocimétricas da artéria uterina VPSUT, VDFUT, IPUT e IRUT não se correlacionaram com a idade gestacional ($p = 0,324$; $0,372$, $0,143$; $0,13$; respectivamente). Espera-se que os resultados obtidos contribuam para uma compreensão mais ampla das alterações hemodinâmicas decorrentes da prenhez de caprinos.

Palavras-chave: Ultrassonografia, Saanen, vascularização materno-fetal.

1 Introdução

A técnica Doppler, associada ao modo B, fornece informações em tempo real sobre a arquitetura vascular e os aspectos hemodinâmicos dos vasos em diversos órgãos (Carvalho et al., 2008). Na avaliação obstétrica, este método tem sido útil para acessar o estado de saúde da mãe e do feto, além de auxiliar no prognóstico, grau e duração em casos de torções uterinas, metrites, retenção de placenta, mastite e de partos distócicos (Heppelmann et al., 2013; Santos et al., 2015).

Na gestação, o exame Doppler fornece um padrão de fluxo sanguíneo em órgãos de interesse, como velocidade, circulação e tipo de sangue (arterial ou venoso), que tem implicações clínicas ginecológicas importantes para as espécies humana e animal (Kumar et al., 2015). A perfusão vascular mensurada se dá pela avaliação dos índices de resistência, pulsatividade e velocidades sistólica e diastólica, além do volume de fluxo sanguíneo.

Na avaliação das características hemodinâmicas dos vasos umbilicais em cabras Beetal gestantes, Kumar et al. (2015) observaram que a velocidade de pico sistólica (VPS) aumentou significativamente do dia 39 ao 67 e posteriormente entre 98 e 120 dias de gestação ($p < 0,05$), mas não houve aumento ou diminuição significativa na velocidade diastólica final (VDF), concluindo que os parâmetros normais de fluxo sanguíneo como IP, IR, VPS e VDF durante a gestação podem ser úteis na avaliação do desenvolvimento pré-natal do feto na cabra, porém que mais estudo eram necessários.

Em ovelhas, Beltrame et al. (2017), verificaram que os parâmetros dopplerfluxométricos e o diâmetro da artéria uterina variaram significativamente ao longo da gestação. O índice de resistividade (IR) e a relação sístole/diástole (S/D) decaíram após a fase inicial da gestação e se manteve do meio para o final da gestação sem grandes variações. O índice de pulsatividade (IP) se apresentou inversamente proporcional ao período gestacional.

Na espécie caprina, existem poucos estudos sobre a avaliação ao longo de todo o período gestacional do fluxo sanguíneo nos vasos envolvidos neste processo e sabe-se que a hemodinâmica na gestação está relacionada ao desenvolvimento embrionário/fetal, portanto, o objetivo deste estudo foi obter os índices dopplerfluxométricos da artéria uterina e umbilical em cabras Saanen gestantes, durante todo processo gestacional, com o intuito de contribuir para o aumento do conhecimento sobre a fisiologia vascular da gestação nesta espécie e sua correlação com a idade gestacional.

2 Materiais e Métodos

Foi realizado um estudo prospectivo longitudinal e utilizadas 25 cabras Saanen, pluríparas, adultas (2-5 anos) com peso corporal de 55 ± 10 kg, consideradas saudáveis mediante o exame físico, obstétrico e histórico sem comorbidades relatadas. Este estudo

foi aprovado pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Estadual Paulista protocolo nº 010229/17.

As fêmeas foram submetidas a um protocolo curto de sincronização de estro que consistiu em: colocação de dispositivo intravaginal contendo 0,33 g de progesterona (Eazi breed CIDR®, Pfizer, Nova Zelândia) no dia 0 (dia aleatório do ciclo); aplicação de 37,5 µg de cloprostenol (Sincrocio®, Ourofino, Cravinhos, SP, Brasil) e 300 UI de Gonadotrofina coriônica equina (Novormon® Coopers MSD, Brasil) no 5º dia; e retirada do implante no 6º dia. Após 24 horas (7º dia), as fêmeas foram alocadas com um reprodutor por 24 horas, para que se pudesse assegurar o dia exato da gestação.

2.1 Avaliação ultrassonográfica

Para as avaliações ultrassonográficas, os animais foram mantidos em posição quadrupedal e os exames realizados com o aparelho MyLab-30-VET (Esaote, Genova, Italy). Aos 21 dias após a cópula, foi realizado exame ultrassonográfico para diagnóstico gestacional, utilizando a via transretal. Confirmada a gestação, foram realizadas avaliações semanais até os 56 dias de gestação, utilizando a mesma abordagem transretal, utilizando-se transdutor específico de 7,5 MHz, com retirada das fezes do reto e utilizado gel de ultrassom para lubrificação e favorecimento do contato e qualidade de formação da imagem. A avaliação da artéria uterina foi realizada pela abordagem transretal durante todo o período gestacional.

A partir do 63º dia gestacional até o final da gestação, as avaliações do cordão umbilical foram realizadas por via transabdominal, sendo que nesta fase da gestação o útero já se encontrava deslocado em direção à parede abdominal, devido ao aumento do tamanho e peso das estruturas materno-fetais. Utilizou-se transdutor linear de 7,5 MHz, com prévia tricotomia ampla das regiões inguinal e abdominal e aplicado gel de ultrassom no abdômen para favorecimento do contato e qualidade de formação da imagem. O

transdutor era posicionado na região inguinal direita do animal, imediatamente cranial ao úbere e posteriormente realizada varredura abdominal em direção cranial e lateral esquerda até serem visibilizadas as estruturas do cordão umbilical.

A partir do dia 143 de gestação os animais passaram a ser avaliados diariamente até o momento da parturição. Nesta avaliação da última semana, as variáveis passaram a ser relacionadas com as horas antes do parto (HAP) e não mais com os dias gestacionais. Para isto, o horário de todas as avaliações foi registrado assim como o horário do parto e a relação entre estes de forma regressiva.

Em todos os exames apenas um conceito de cada fêmea era avaliado, independente da gestação ser simples ou múltipla, porém o número de conceitos visualizados era anotado, isto porque, à medida que a gestação avança a avaliação de dois ou mais fetos se torna complexa, sendo difícil garantir que as estruturas do mesmo conceito não fossem avaliadas mais de uma vez.

2.4 Ultrassonografia Doppler

As artérias umbilicais foram examinadas em local intermediário do cordão umbilical de flutuação livre. Para avaliação da artéria uterina, primeiramente foi localizada a vesícula urinária, sendo o fluxo adjacente imediatamente cranio-laterais aferidos como descrito por Elmetwally (2016). Após a identificação dos vasos de interesse utilizando o mapeamento colorido, um volume de amostra foi colocado na porção central das estruturas vasculares, e em seguida, acionado o Doppler pulsado (espectral).

Foram obtidos traçados da região de interesse do vaso com, no mínimo, três ondas subsequentes. Após a correção do ângulo de insonação (máximo de 60°) e com o traçado livre de artefatos, a imagem era congelada e realizada a análise da morfologia das ondas, sendo obtidos de forma automática a velocidade de pico sistólico (VPS), velocidade

diastólica final (VDF), Velocidade média (VM) índice de resistividade (IR [VPS-VDF/VPS]) e de pulsatividade (IP [VPS-VDF/VM]) (Feliciano et al., 2012). Foram atribuídos os sufixos UT e UMB para representar os valores referentes às artérias uterina e umbilical respectivamente.

2.5 Análise Estatística

Foi realizada com auxílio do software R-project (R® foundation for statistical computing, Austria). As variáveis estudadas foram correlacionadas com os dias gestacionais e número de fetos pelo teste de Spearman. Quando significativo, foram então testados os ajustes das variáveis e dias gestacionais à modelos de regressão (linear, quadrático e cúbico). Posteriormente foi realizada uma regressão de melhores subconjuntos para determinar associações que permitissem estimar a idade gestacional. Adicionalmente foram comparadas as variáveis ao longo do tempo entre o número de fetos por gestação pela análise de variância com medidas repetidas no tempo e pós-teste de Tukey. O nível de significância foi definido em 5% ($p < 0,05$) para todos os testes e os resultados apresentados como a média $\pm$ DP (desvio padrão).

3 Resultados

Aos 21 dias pós-monta natural foi possível realizar a confirmação da prenhez, pela visibilização de conteúdo anecogênico no interior do lúmen uterino, indicando a presença de líquido e caracterizando a vesícula embrionária e/ou a presença do embrião propriamente dito. Dos 25 animais avaliados, cinco desenvolveram gestação simples, 15 gestações duplas, quatro gestações triplas e uma gestação quádrupla, resultando no nascimento de 52 cabritos com média de peso de $3,21 \pm 0,80$ kg. Foi possível realizar as avaliações dopplervelocimétricas sem efeitos deletérios evidentes para a mãe ou conceptos.

3.1 Artéria umbilical

O cordão umbilical foi detectado aos 28 dias de gestação. A partir do dia 63 de gestação somente 15 animais puderam ser avaliados para esta variável e este número decaiu gradativamente a cada semana devido à dificuldade de visibilizar a estrutura umbilical, até o dia 133, último dia onde a vascularização da artéria umbilical pôde ser avaliada (Tabela 2).

Ao longo da gestação, o perfil ou traçado espectral do fluxo umbilical apresentou variação: no primeiro terço da prenhez: padrão monofásico de alta resistividade, com pico sistólico fino e acima da linha de base, com ausência de fluxo diastólico tardio, enquanto o padrão da veia umbilical apresentava fluxo plano, abaixo da linha de base (Figura 1A); a partir dos dias 77-84 gestacionais, o padrão da onda era de resistividade intermediária, com alargamento do traçado espectral, presença do componente diastólico e ausência do padrão da veia umbilical abaixo da linha base (Figura 1B).

O IRUMB e o IPUMB se correlacionaram com a idade gestacional ($p < 0,001$; e $P = 0,046$; respectivamente), entretanto apresentaram baixos coeficientes de determinação (R^2), ainda que combinados em uma mesma fórmula como apresentado na Tabela 1. Os valores dessas variáveis ao longo dos dias gestacionais estão descritos na Tabela 2.

Comparados os valores dos índices dopplervelocimétricos com o número de fetos por gestação, o IRUMB obtido foi maior ($p = 0,016$) em gestações de 1 e 2 fetos do que em gestações de 3 e 5 fetos. Quando estas variáveis foram correlacionadas com o número de fetos o IRUMB apresentou uma baixa correlação negativa ($p = 0,003$; r -Spearman = $-0,218$), indicando que quanto maior o número de fetos menor será o valor de IRUMB.

Os valores de VPSUMB e VDFUMB não se correlacionaram com a idade gestacional ($p = 0,737$ e $0,768$; respectivamente), entretanto, houve diminuição nos valores médios dessas variáveis quando comparadas a primeira e a última avaliação:

VPSUMB= 0,07; 0,31 e VDFUMB= 0,01; 0,06 realizadas aos 28 e 133 dias de gestação, respectivamente, bem como a alteração no padrão de fluxo do traçado espectral (Figura 1 A/B).

Tabela 1: Valores para os índices dopplerfluxométricos da artéria umbilical e equações para a determinação da idade gestacional em cabras Saanen.

Variável	IV	Equação preditiva	R ² %	r-Spearman
IRUMB	28-133	DG = 263,8 - 210,4 x IRUMB	33,7	-0,584
IPUMB	28-133	DG = 1283 - 2120 x IPUMB + 1189 IP ² - 214,6 x IPUMB ³	26,4	0,145
IRUMB + IPUMB	28-133	DG = 29,67 + 0,8276 x DNF	52,2	-

IV= Intervalo de visibilização, DG= Dias gestacionais, R²: coeficiente de determinação, r-Spearman: coeficiente de correlação, IRUMB: índice de resistividade da artéria umbilical, IPUMB: índice de pulsatividade da artéria umbilical.

Tabela 2: Parâmetros dopplerfluxométricos da artéria umbilical em cabras Saanen obtidos por ultrassonografia Doppler espectral não invasiva durante o período gestacional.

Variável	DG	N	Média	DP	IC 95% LI	IC 95% LS
IRUMB	28	13	0,96	0,07	0,92	1,00
	35	21	0,98	0,03	0,96	0,99
	42	23	0,99	0,03	0,97	1,00
	49	24	0,98	0,02	0,98	0,99
	56	22	0,97	0,03	0,96	0,98
	63	15	0,98	0,04	0,96	1,00
	70	11	0,96	0,05	0,94	0,99
	77	11	0,95	0,03	0,93	0,97
	84	10	0,95	0,04	0,92	0,97
	91	8	0,92	0,04	0,89	0,95
	98	7	0,92	0,09	0,86	0,99
	105	9	0,83	0,06	0,79	0,86
	112	4	0,88	0,09	0,79	0,96
	119	6	0,83	0,19	0,68	0,99
	126	4	0,77	0,13	0,64	0,90
	133	2	0,85	0,16	0,63	1,07
IPUMB	28	13	1,53	0,18	1,43	1,63
	35	21	1,59	0,13	1,54	1,65
	42	23	1,54	0,14	1,48	1,59
	49	24	1,56	0,14	1,50	1,61
	56	22	1,61	0,12	1,56	1,66
	63	15	1,79	0,23	1,67	1,90

70	11	1,92	0,29	1,75	2,09
77	11	1,81	0,19	1,69	1,92
84	10	1,93	0,17	1,82	2,04
91	8	1,81	0,21	1,66	1,96
98	7	1,75	0,32	1,51	1,98
105	9	1,61	0,26	1,44	1,78
112	4	1,69	0,32	1,37	2,01
119	6	1,54	0,54	1,11	1,97
126	4	1,23	0,24	0,99	1,46
133	2	1,61	0,31	1,18	2,04

DG: dias gestacionais, N: número de animais avaliados, DP: desvio padrão, IC: intervalo de confiança, LI: limite inferior, LS: limite superior, IRUT: índice de resistividade da artéria uterina, IPUT: índice de pulsatividade da artéria uterina.

3.2 Artéria uterina

A artéria uterina pôde ser acessada ao longo de toda a gestação por via transretal de forma prática e aplicável (Figura 2). As variáveis dopplervelocimétricas relacionadas à artéria uterina não apresentaram aumento ou diminuição significativas durante o período gestacional avaliado e nenhuma dessas variáveis se correlacionou com o momento do parto (Figura 3).

Os valores médios das variáveis dopplervelocimétricas da artéria uterina VPSUT, VDFUT, IPUT e IRUT não se correlacionaram com a idade gestacional ($p=0,324$; $0,372$, $0,143$; $0,13$; respectivamente). Quando comparadas a primeira e a última avaliação foram de VPSUMB= $-0,10$; $-0,35$ e VDFUMB= $-0,04$; $-0,015$ realizadas aos 21 e 150 dias de gestação, respectivamente, enquanto os valores médios de IP e IR estão descritos na Tabela 3. Quando correlacionadas estas variáveis com o número de fetos por gestação, VPSUT e VMUT se correlacionaram negativamente com o número de fetos ($p=0,026$ e $r\text{-Spearman} = -0,109$; $p=0,028$ e $r\text{-Spearman} = -0,107$; respectivamente), indicando que será menor o valor destas variáveis quando a gestação for múltipla.

Tabela 3: Parâmetros dopplerfluxométricos da artéria uterina em cabras Saanen obtidos por ultrassonografia Doppler espectral não invasiva durante o período gestacional.

Variável	DG	N	Média	DP	IC 95% LI	IC 95% LS
----------	----	---	-------	----	-----------	-----------

IRUT	28	23	0,52	0,07	0,48	0,55
	42	23	0,52	0,07	0,49	0,55
	56	22	0,59	0,07	0,56	0,62
	70	17	0,58	0,08	0,55	0,62
	84	19	0,58	0,05	0,56	0,60
	98	19	0,53	0,08	0,49	0,56
	112	21	0,53	0,09	0,49	0,57
	126	20	0,56	0,07	0,53	0,59
	143	25	0,58	0,09	0,54	0,61
	148	23	0,56	0,09	0,52	0,60
IPUT	28	23	0,80	0,18	0,72	0,87
	42	23	0,78	0,23	0,69	0,87
	56	22	0,98	0,19	0,89	1,10
	70	17	0,97	0,20	0,88	1,06
	84	19	0,95	0,16	0,88	1,02
	98	19	0,82	0,20	0,73	0,91
	112	21	0,81	0,22	0,72	0,91
	126	20	0,85	0,14	0,79	0,91
	143	25	0,91	0,24	0,82	1,01
	148	23	0,87	0,25	0,77	0,97

DG: dias gestacionais, N: número de animais avaliados, DP: desvio padrão, IC: intervalo de confiança, LI: limite inferior, LS: limite superior, IRUT: índice de resistividade da artéria uterina, IPUT: índice de pulsatividade da artéria uterina.

4 Discussão

O presente estudo apresenta dados importantes que contribuem para o entendimento da fisiologia vascular gestacional na espécie caprina com formulações inéditas de estimativa de idade gestacional e valores de referência dos índices dopplervelocimétricos das artérias uterinas e umbilicais ao longo de todo o período gestacional, podendo ser utilizadas na prática clínica e também servirem de comparação para estudos posteriores.

A artéria uterina pôde ser acessada sem dificuldades ao longo de toda a gestação, porém não apresentou alterações de fluxo detectáveis pela técnica aplicada, enquanto a artéria umbilical mostrou correlação com a idade gestacional, porém não foi avaliada durante todo o período inicialmente proposto.

O índice de resistência (IR) é um dos índices mais importantes de perfusão vascular do tecido devido à sua relação negativa com a perfusão vascular. Ou seja, diminuir a resistência aumenta a perfusão vascular e vice-versa assim como aumentos no IP indicam diminuições na perfusão do tecido (Elmetwally, 2016; Gupta et al., 2009). À medida que a gestação avança é esperado que IP e RI diminuam progressivamente, indicando maior aporte de fluxo sanguíneo fetal (Gupta et al., 2009). Entretanto, em nosso estudo não foram observadas variações significativas desses índices relativos à artéria uterina. Numericamente, houve um aumento dos valores médios de IR e IP entre as avaliações dos dias 42-84, indicando menor perfusão vascular nesse período, seguido de diminuição dos valores condizente com o aumento do fluxo sanguíneo fisiológico e esperado com o avançar da gestação.

A falta de variação dos índices do presente estudo vai contra o descrito por estudos anteriores em ovelhas e cabras (Beltrame et al., 2017; Elmetwally et al., 2016a). Quando comparados os valores de IR e IP do presente estudo com as pesquisas citadas, desde o início da gestação os valores já se apresentavam menores do que a literatura comparada. Estas divergências podem indicar que as cabras avaliadas neste estudo apresentavam média maior de suprimento sanguíneo, sobretudo pelo número elevado de gestações gemelares. Em humanos, foi descrito que as artérias uterinas exibiram diminuição constante no IP em gestações únicas enquanto em gestações gemelares, o IP exibiu uma diminuição constante até 27 semanas de gestação e permaneceu inalterado depois disso (Chen et al., 1998).

Ainda cabe ressaltar os valores médios de IR e IP relatados por Beltrame et al. (2017) se assemelham aos encontrados em nosso estudo quando comparados (IR= 0,62; 0,60; 0,58 / IP= 1,15; 1,05; 0,97; na prenhez inicial, média e tardia, respectivamente).

Outra hipótese é de que o local de obtenção do fluxo da artéria seja divergente entre os estudos, considerando que a vascularização materno-fetal é formada por sistemas vasculares intimamente associados, com várias ramificações e anastomoses (Schoenau et al., 2005), podendo dificultar a sua individualização e padronização.

A arquitetura caruncular é completa por volta do dia 50 em pequenos ruminantes, mas a vascularização e a profundidade das criptas continuam a aumentar, juntamente com a ramificação dos vasos fetais (Hafez et al., 2010; Beltrame et al., 2017). Tal fator, pode justificar em partes a não variação dos índices da artéria uterina ao longo da gestação, uma vez que o aumento de fluxo sanguíneo pode estar mais diretamente associado às estruturas dos placentomas.

Foi verificado que a ultrassonografia Doppler é um método útil para avaliar os efeitos da ansiedade materna no crescimento fetal intrauterino em ovelhas e cabras prenhes (Elmetwally et al., 2016b). De acordo com este estudo o IR da artéria uterina em cabras foi maior em animais mais ansiosos/arredios entre as semanas 8-20 de gestação. Em nossa pesquisa, por se tratarem de animais leiteiros, a maior parte das cabras era dócil e de fácil manejo, entretanto, alguns animais possuíam temperamento mais arredio como comportamento padrão. Portanto, este é também um fator que pode influenciar nos valores obtidos nos diferentes animais ao longo da gestação, podendo estes decorrerem do temperamento individual do animal.

O cordão umbilical com flutuação livre foi identificado no dia 28 da gestação em nosso estudo e no dia 39 de gestação por Kumar et al. (2015) e o padrão da onda umbilical semelhante ao descrito por estes autores em cabras Beetel. Em nosso estudo foi verificada uma queda gradual do IRUMB a partir do dia 105 de avaliação, enquanto o IPUMB aumentou entre os dias 63-84 e depois decaiu novamente. No estudo de Kumar et al.

(2015), os autores verificaram que o valor de IP aumentou significativamente durante 42-48 dias de gestação e diminuiu significativamente do dia 98 a 105 dias de gestação. Nos outros dias, não houve aumento ou diminuição significativa e que não houve aumento ou diminuição significativa no valor de RI, diferindo de nossos resultados.

Em nosso estudo o padrão de onda do fluxo sanguíneo da artéria umbilical foi caracterizado apenas pela forma de onda sistólica até os 84 dias de gestação. Mais tarde, uma forma de onda diastólica também foi detectada, semelhante ao observado por Serin et al. (2010), também em cabras Saanen onde a mesma alteração no padrão de fluxo foi percebida a partir do 85º dia de gestação. Estes achados resultam de alterações fisiológicas dos vasos sanguíneos relacionadas ao processo gestacional, conforme relatado por Reynolds et al. (2005) em ovelhas, há um aumento da vascularização placentária durante a gestação e estas são acompanhadas por um aumento exponencial do fluxo sanguíneo umbilical.

Como limitações desse estudo ressaltamos a não aquisição de valores da artéria umbilical nas últimas semanas de gestação e no parto, sendo esta falha atribuída ao uso do transdutor linear com a frequência de 7,5MHz, que limita a profundidade das avaliações, sendo crucial sobretudo no terço final da gestação.

5 Conclusões

As mudanças no fluxo sanguíneo da artéria umbilical em cabras Saanen prenhez foram avaliadas com sucesso, porém por um período menor, enquanto as avaliações da artéria uterina foram realizadas com facilidade mas sem mudanças de fluxo perceptíveis por meio da ultrassonografia não invasiva com Doppler colorido. O estudo do fluxo sanguíneo de vasos envolvidos na gestação de caprinos com frequência semanal é importante para adquirir um quadro mais completo das alterações hemodinâmicas decorrentes desse processo. Espera-se que os resultados obtidos

contribuam para uma compreensão mais ampla das alterações hemodinâmicas decorrentes da gestação em cabras.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com auxílio da Capes [fornecimento de bolsa de doutorado] e financiado por FAPESP [2017/14957-6].

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Beltrame, R.T., Covre, C., Littig, L.B., Martins, A.B., Quirino, C.R., Bartholazzi, Jr.A., & Costa, R.L.D. (2017). Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow in ewes during pregnancy. *Theriogenology*, 91, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.12.026>.

Carvalho, C.F., Chammas, M.C., Stermann, F.A., Barros, N., Cerri, G.G. (2008). Ultrasonografia duplex-Doppler na avaliação morfológica e hemodinâmica das artérias aorta e mesentérica cranial em cães. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, 45 (1), 24-31.

Chen, Q., Izumi, A., Minakami, H., Sato, I. (1998). Comparative changes in uterine artery blood flow waveforms in singleton and twin pregnancies. *Gynecol Obstet Invest.* 45(3), 165-9. <https://doi.org/10.1159/000009948>.

Elmetwally, M. , & Meinecke-Tillmann., S (2018). Simultaneous umbilical blood flow during normal pregnancy in sheep and goat fetuses using non-invasive colour Doppler ultrasound. *Animal Reproduction*, 15 (2), 148-155. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2017-976>

Elmetwally, M (2016). Uterine Blood Flow Indices in Sheep during Pregnancy. *Quality in Primary Care*, 24 (4): 197-202.

Elmetwally, M., Rohn, K., & Meinecke-Tillmann, S. (2016a). Noninvasive color Doppler sonography of uterine blood flow throughout pregnancy in sheep and goats. *Theriogenology*, 85, 1070-1079. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.11.018>

Elmetwally, M., Rohn, K., & Meinecke-Tillmann, S. (2016b). Doppler Sonography is a useful method to assess the effects of maternal anxiety on intrauterine fetal growth in pregnant sheep and goats. *Quality in Primary Care*, 24 (4): 137-145.

Giannico, A.T., Gil, E.M.U., Garcia, D.A.A., & Froes, T.R. (2015). The use of Doppler evaluation of the canine umbilical artery in prediction of delivery time and fetal distress. *Animal Reproduction Science*. 154, 105-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.12.018>

Gupta, U., Qureshi, A., Samal S. (2009). Doppler velocimetry in normal and hypertensive pregnancy. *The Internet Journal of Gynecology and Obstetrics*, 11 (2), 1-6.

Heppelmann, M.; Weinert, M.; Brammling, A.; Piechotta, M.; Hoedemaker, M.; Bollwein, H. (2013). The effect of puerperal uterine disease on uterine involution in cows assessed by Doppler sonography of the uterine arteries. *Animal Reproduction Science*, 143, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.003>

Kumar, K., Chandolia, R.K., Kumar, S., Jangir, T., Luthra, R.A., Kumari, S., Kumar, S. (2015). Doppler sonography for evaluation of hemodynamic characteristics of fetal umbilicus in Beetal goats. *Veterinary World* 8(3):412-416. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.412-416>

Reynolds, L.P., Ferrell, C.L., Robertson, D.A., & Ford, S.P. (1986). Metabolism of the gravid uterus, fetus and utero-placenta at several stages of gestation in cows. *Journal of Agricultural Science*. 106, 437–44. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063309>.

Reynolds, L.P., Borowicz, P.P., Vonnahme, K.A., Johnson, M.L., Grazul-Bilska, A.T., Wallace, J.M., Caton, J.S., & Redmer, D.A. (2005). Animal models of placental angiogenesis. *Placenta*. 26, 689–708. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2004.11.010>

Santos, V.J.C.; Simplicio, K.; Sanchez, D.; Coutinho, L.; Teixeira, P.; Barros, F. et al. (2015). B-mode and Doppler sonography of the mammary glands in dairy goats for

mastitis diagnosis. *Reproduction Domestic Animals*, 50, 251-255. <https://doi.org/10.1111/rda.12479>.

Serin, G., Gökdal, O., Tarımcılar, T., Atay, O. (2010). Umbilical artery doppler sonography in Saanen goat fetuses during singleton and multiple pregnancies. *Theriogenology*. 74, 1082–1087. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.05.005>

Schoenau, L.S.F., Pinto, L.M., Pereira, F.T.V., Schoenau, W., Miglino, M.A. (2005). Aspectos anatômicos da macro e microvascularização da placenta em ovinos (*Ovis aries*). *Braz J vet Res anim Sci*, 42(6), 405-413. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2005.26398>

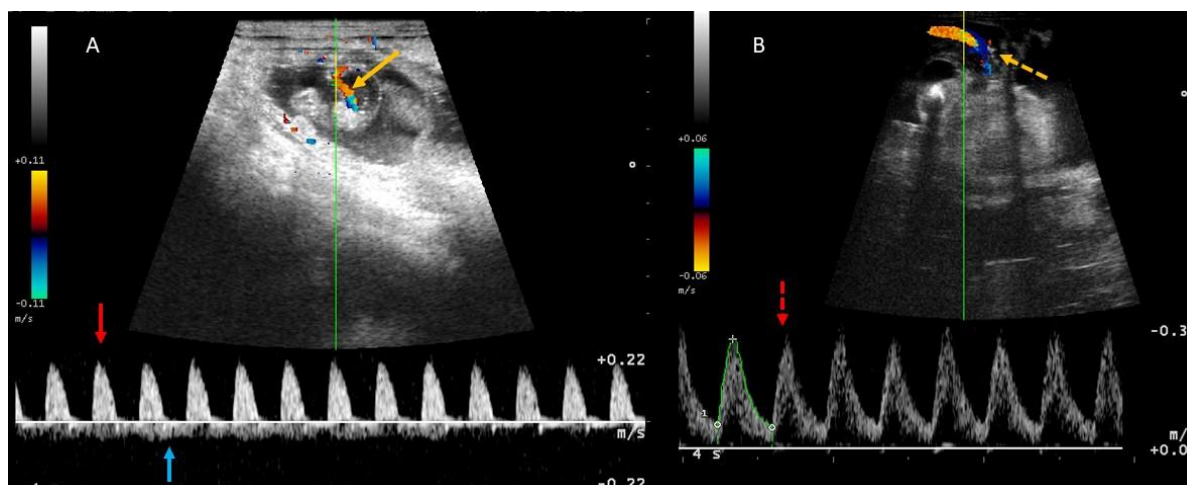


Fig. 1: Imagens ultrassonográficas modo doppler colorido e espectral da artéria umbilical na gestação de cabras em fases embrionária e fetal. A: Traçado doppler espectral de embrião caprino aos 35 dias de gestação, é possível visibilizar o cordão umbilical em corte longitudinal (seta amarela contínua) com o uso do color doppler e o padrão serrilhado da onda (seta vermelha contínua) com o fluxo da veia de forma conjunta abaixo da linha de base (seta azul contínua). B: Traçado doppler espectral (seta vermelha pontilhada) aos 105 dias de gestação, é possível visibilizar o cordão umbilical em corte longitudinal (seta amarela tracejada).

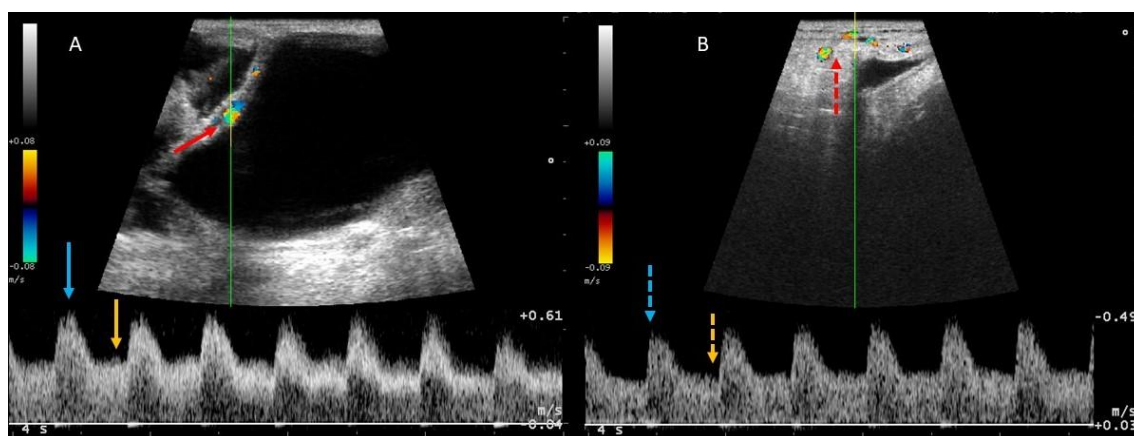


Fig. 2: Imagens ultrassonográficas modo doppler colorido e espectral da artéria uterina na gestação de cabras em fases embrionária e fetal. A: Fluxo da artéria uterina (seta vermelha contínua) aos 35 dias de gestação, a VPS (seta azul contínua) e VDF (seta amarela contínua). B: Fluxo da artéria uterina (seta vermelha tracejada) aos 105 dias de gestação, no traçado espectral estão indicadas a VPS (seta azul tracejada) e VDF (seta amarela tracejada).

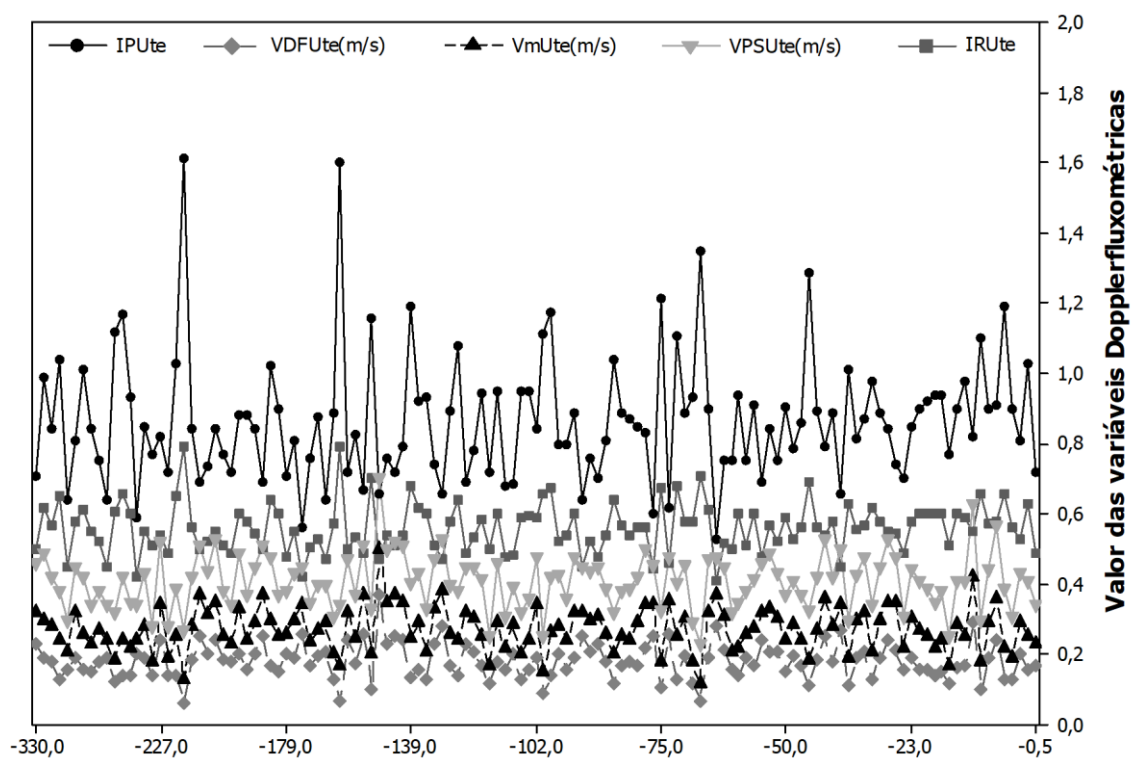


Figura 3: Gráfico da média $\pm$ erro padrão da velocidade de pico sistólica (m/s), velocidade diastólica final (m/s), índice de resistência e índice de pulsatividade da artéria uterina de cabras Saanen no periparto (horas antes do parto).

CAPITULO 4* - Ecobiometria materno-fetal, temperatura vulvar e impedância do muco vaginal na predição de parto eutócico em caprinos

Priscila Del Aguila da Silva^{1*}, Fabiana Cirino dos Santos¹, Victor José Correia Santos¹, Ana Paula Rodriguez Simões¹, Mariana Garcia Kako Rodriguez¹, Ricardo Andres Ramirez Uscategui², Luciana Cristina Padilha-Nakaghi¹, Lizandra Amoroso¹, Wilter Ricardo Russiano Vicente¹, Marcus Antônio Rossi Feliciano³.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar e correlacionar alterações na impedância do muco vaginal, temperatura vulvar e medidas ecobiométricas com o momento do parto em cabras Saanen gestantes. Foram avaliadas 24 cabras Saanen, diariamente a partir do dia 143 da gestação até a parturição. A frequência cardíaca se correlaciona negativamente com as horas antes do parto ($p < 0,001$; $r\text{-Pearson} = -0,451$), assim como a temperatura vaginal ($p = 0,001$; $r\text{-Pearson} = -0,275$), enquanto a espessura da cérvix se correlacionou positivamente ($p < 0,001$; $r\text{-Pearson} = 0,490$) com as horas antes do parto. As variáveis biométricas diâmetro biparietal, diâmetro torácico, diâmetro abdominal, órbita ocular, comprimento do rim, altura do rim, área do coração, comprimento do placentoma; assim como a impedância do muco vaginal, não variaram ao longo das avaliações e não se correlacionaram com o momento da parturição. Conclui-se que o monitoramento da frequência cardíaca, temperatura vaginal e mensuração da abertura cervical na última semana gestacional fornecem informações adequadas acerca da proximidade do momento do parto.

Palavras-chave: Ultrassonografia, Saanen, Gestação.

*Este capítulo foi redigido em formato de *short communication* de acordo com as normas da revista Ciência Rural

O parto é uma etapa crucial na produção de pequenos ruminantes, visto que a prevalência de distocia nessas espécies é relativamente alta e, a taxa mundial de mortalidade neonatal varia entre 10 e 30 %, (DWYER, 2007). As alterações que ocorrem diretamente na cérvix tem importância no controle do processo da parturição, há uma preparação cervical e o tecido se torna distensível e macio para a passagem do concepto (MESIANO et al., 2014). Outro sinal que pode indicar proximidade o início do processo de parição é a diminuição da temperatura (BURFEIND et al., 2011).

Estudos demonstram correlação entre a resistência elétrica da mucosa vaginal, concentração sérica de estradiol e de progesterona durante o ciclo estral de ovelhas (BARTLEWSKI et al., 1999; THEODOSIADOU & TSILIGIANNI, 2015). A ecobiometria de estruturas maternas e fetais auxilia no acompanhamento do desenvolvimento do concepto e estimativa de idade gestacional (SANTOS et al., 2018). A compreensão dos mecanismos que regulam o parto e o reconhecimento da proximidade desse momento pode ajudar na implementação de protocolos intervencionistas de modo a evitar ou reduzir a morbidade e mortalidade perinatal. Não foram encontrados estudos que descrevam a relação da impedância do muco vaginal de cabras gestantes com momento do parto, assim como descrições sobre as variações de temperatura em fase preparatória do parto em cabras. O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar as alterações na impedância do muco vaginal, temperatura vulvar e medidas ecobiométricas com o momento do parto em caprinos.

Foram avaliadas 24 cabras Saanen, diariamente a partir do dia 143 da gestação até a parturição, e os exames ultrassonográficos, realizados com o aparelho MyLab-30-VET (Esaote, Genova, Italy). A biometria fetal foi obtida por meio de avaliações transabdominais com transdutor linear de 7,5 MHz, realizada tricotomia ampla das

regiões inguinal e abdominal e gel de ultrassom foi usado para otimizar a aquisição de imagens. Especificamente para a avaliação da cérvix, o exame foi realizado por via transretal com transdutor específico de 7,5 MHz, acoplado a um extensor para permitir sua manipulação externamente.e utilizado gel de ultrassom.

Para obter os valores de ecobiometria, foram mensurados (em mm, com exceção da área do coração que foi em cm²): diâmetro biparietal (DBP), diâmetro torácico (DTO), diâmetro abdominal (DAB), órbita ocular (OOC), comprimento do rim (CRI), altura do rim (ARI) (corte longitudinal/dorsal), área do coração (ACO) (corte transversal), comprimento do placentoma (PLA), espessura da cérvix (CVX) e os batimentos cardíacos (BAT), sendo esta última variável estimada utilizando o doppler pulsado.

A impedância do muco vaginal foi aferida com o uso do impedômetro eletrônico de detecção de estro Draminsk® (Draminski S.A. Olsztyn, Polônia). A sonda foi introduzida na vagina dos animais até sentir resistência do colo do útero realizando giros a fim de obter maior contato da mucosa com os eletrodos que se encontram ao final da sonda; e finalmente, por meio de um termômetro clínico infravermelho sem contato (Incoterm®, Avita/Wujiang Co., Ltd – Wu Jiang/China) apontado em direção da vulva entreaberta a 4-6 cm de distância foi mensurada a temperatura vulvar.

A análise estatística foi realizada com auxílio do software R-project (R® foundation for statistical computing, Austria). Inicialmente foi testada a distribuição das variáveis (teste de Shapiro). Posteriormente as medidas reais ou transformadas foram correlacionadas com as horas antes do parto (retrospectivamente) pelo teste de Spearman. Quando significativo, foram então testados os ajustes das variáveis (separadamente e em grupos) como preditores às HAP como respostas mediante modelos de regressão (linear, quadrático e cúbico). Para estas mesmas variáveis que se correlacionaram

significativamente com as HAP foi realizada análise de curvas ROC (receiver-operating characteristic) utilizando as 24 horas que antecederam o parto como referência para o cálculo do ponto de corte, sensibilidade e especificidade para prever o parto. O nível de significância foi definido em 5% para todos os testes e os resultados apresentados como a média $\pm$ DP (desvio padrão).

O comportamento das variáveis avaliadas na última semana de gestação encontra-se resumido na Figura 1. A frequência cardíaca se correlaciona negativamente com as horas antes do parto ($p < 0,001$; $r\text{-Pearson} = -0,451$), ou seja, diminui quando próximo ao parto; assim como a temperatura vaginal ($p = 0,001$; $r\text{-Pearson} = -0,275$). Já a espessura da cérvis se correlacionou positivamente ($p < 0,001$; $r\text{-Pearson} = 0,490$) com as horas antes do parto, ou seja, quanto mais próximo ao parto, maior será o diâmetro cervical aferido. A capacidade preditiva destas variáveis está descrita na Tabela 1 e Figura 2.

Pela avaliação em modo-B é possível perceber a característica de relaxamento da cérvis com redução do pregueamento característico e, quando muito próximo do parto, a presença de muco e/ou líquido no canal cervical (Figura 3). As variáveis biométricas DBP, OOC, DT, DAB, PLAC, cRim, hRim, aCor; assim como a impedância do muco vaginal, não variaram ao longo das avaliações e não se correlacionaram com o momento da parturição.

Tabela 1. Capacidade preditiva da frequência cardíaca e espessura da cérvis nas 24h que antecedem o parto.

Variável	P-Valor	Valor de corte	Sensibilidade	Especificidade	AUC	Equação preditiva	R ²
FC	<0,001	<122	70,40%	74,60%	77,90%	HAP = - 123 + 1,82 x FC	20%
CVX	<0,001	>17,3	84,00%	72,80%	84,50%	HAP = 271 - 10,2 x CVX	24%

FC: frequência cardíaca fetal, CVX: cérvis, HAP: horas antes do parto, R²: coeficiente de determinação, AUC: grau de separabilidade.

As avaliações desse estudo foram realizadas de forma prática e aplicável sem efeitos deletérios para mãe ou feto. Os resultados encontrados fornecem informações

relevantes e inéditas acerca do comportamento das variáveis avaliadas nas horas que antecedem o parto em caprinos. Os valores de coorte determinados para a frequência cardíaca e abertura cervical podem servir de referência no indicativo de proximidade do parto e auxiliarem em tomada de decisões no caso de intercorrências.

A diminuição da FC percebida no presente estudo se justifica pelo aumento ontogênico da pressão arterial e redução da FC reflexa como relatado por Unno et al. (1999) em ovelhas, que obteve a variação de 178 ± 2 batimentos/min no dia 120 a 143 ± 2 batimentos/min no dia 140 durante o período gestacional final, podendo este ser considerado um indicativo de maturidade fetal e proximidade de parto.

A mensuração cervical seriada permitiu acompanhar o relaxamento dessa estrutura e abertura do canal quando muito próximo do parto, sendo um recurso útil para prever o momento da parturição. Além disso, esse monitoramento ultrassonográfico da cérvix durante a gestação demonstrou que a maleabilidade anormal pode gerar o encurtamento ou deformação excessiva do canal, causando rompimento precoce da barreira cervical e conseqüentemente o nascimento prematuro (PERALTA et al., 2015). Ou seja, a detecção desta maleabilidade anormal da cérvix através da ultrassonografia pode ser um parâmetro de parto prematuro em mulheres e animais.

Em vacas leiteiras gestantes a impedância do muco vaginal diminuiu de 150 Ohm no dia 27 para 120 Ohm no dia 10 antes do parto e se manteve até o momento do parto (SCHINDLER et al., 1990). Portanto, assim como no presente estudo não foi detectado mudanças na resistência biolétrica do muco vaginal na semana que antecede a parturição. Isso se deve possivelmente ao fato de as avaliações terem se iniciado posteriormente ao período de desencadeamento da alteração na esteroideogênese já que esta modificação é

desencadeada pela elevação da secreção de cortisol fetal que se inicia 20-25 dias antes do parto (BARTLEWSKI et al., 1999).

Com relação a diminuição da temperatura com a proximidade do parto percebida em nosso estudo, este achado se correlaciona com o observado em vacas (BURFEIND et al., 2011). Estudos prévios evidenciam que estas mudanças da temperatura corporal estão associadas às alterações da concentração de progesterona plasmática durante a gestação, que parece ter um papel termogênico e no pré-parto onde há o declínio desta, promove a diminuição da temperatura corporal (SUTHAR et al., 2012). Adicionalmente, a falta de variação das medidas ecobiométricas era esperada já que no período das avaliações o crescimento fetal já se deu por completo.

Conclui-se que o monitoramento da frequência cardíaca, temperatura vaginal e mensuração da abertura cervical na última semana gestacional fornecem informações adequadas acerca da proximidade do momento do parto, enquanto a biometria fetal e impedância do muco vaginal não são indicadas como preditores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com auxílio da Capes [fornecimento de bolsa de doutorado] e financiado por FAPESP [2017/14957-6].

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE BIOÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Estadual Paulista protocolo nº 010229/17.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

O estudo foi delineado por Priscila Del Aguila da Silva, Ricardo Andrés Ramirez Uscategui e Marcus Antonio Rossi Feliciano. A coleta de amostras no período

experimental, a preparação do manuscrito e sua correção foram realizadas por todos os autores.

REFERÊNCIAS

BARTLEWSKI, P.M; BEARD, A.P; RAWLINGS, N.C. The relationship between vaginal mucous impedance and serum concentrations of estradiol and progesterone throughout the sheep estrous cycle. **Theriogenology**, vol. 51, p. 813-827, 1999.

BURFEIND, O., SUTHAR, V., VOIGTSBERGER, R. BONK, S., HEUWIESER, W. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. **Journal of dairy science**. 94. 5053-61.

DWYER, C.M. Genetic and physiological determinants of maternal behavior and lamb 345 survival: Implications for low-input sheep management. **Journal of Animal Science**, v. 346 86, p. 246-258, 2007.

HAFEZ, E.S.E; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004. 513p
MCLAREN, W.J., YOUNG, I.R., RICE, G.E. Late Pregnancy and Parturition in the sheep. *Advances in Organ Biology*, v.1, p.1-29, 1996.

PERALTA, L., MOURIER, E., RICHARD, C., CHARPIGN, G., LARCHER, T., AÏT-BELKACEM, D., BALLA, N.K., BRASSELET, S., TANTER, M., MULLER, M., CHAVATTE-PALMER, P. In vivo evaluation of cervical stiffness evolution during induced ripening using shear wave elastography, histology and 2 photon excitation microscopy: insight from an animal mode. **PLoS ONE**, 10, 1-21, 2015.

SANTOS, V.J.C., RODRIGUEZ, M.G.K., DA SILVA, P.A., MARIANO, R.S.G, TAIRA, A.R., ALMEIDA, V.T., USCATEGUI, R.A.R., NOCITI, R.P., TEIXEIRA, P.P.M., FELICIANO, M.A.R., VICENTE, W.R.R. B-mode ultrasonography and ecobiometric parameters for assessment of embryonic and fetal development in sheep. **Animal Reproduction Science**, 197, 193-202, 2018.

SCHINDLER, D. et al. Vulvar electrical impedance in periparturient cows and its relation to plasma progesterone, oestradiol-17b and PGFM. **Animal Reproduction Science**, v. 23, p.283–292, 1990. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(90\)90042-E](https://doi.org/10.1016/0378-4320(90)90042-E).

SUTHAR, V.S. et al. Endogenous and exogenous progesterone influence body temperature in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 5, p. 2381–2389, 2012.

THEODOSIADOU, E; TSILIGIANNI, T. Determination of the proper time for mating after oestrous synchronisation during anoestrous or oestrous by measuring electrical resistance of cervical mucus in ewes. **Veterinari Medicina**, vol. 60, p. 87-93, 2015.

WINFIELD, C.G; MAKIN, A.W. Prediction of the onset of parturition in sheep from observations of rectal temperature changes. **Livestock production science**, v. 2, p. 393-399, 1975.

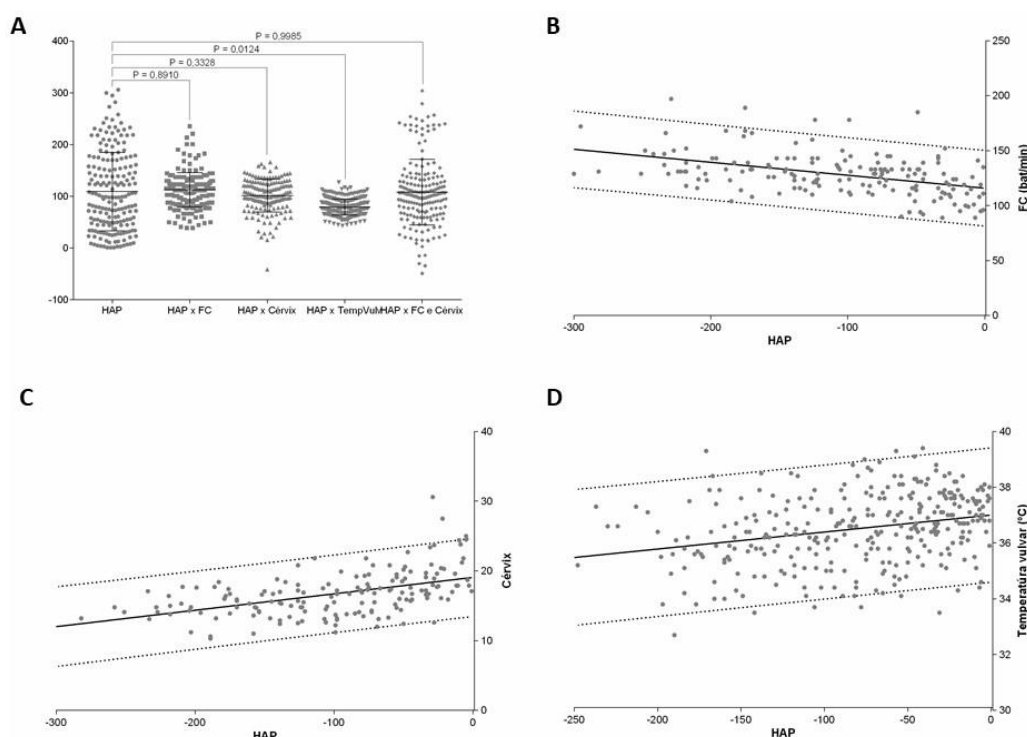


Fig. 1. Representação gráfica da trajetória dos valores das variáveis avaliadas nas horas que antecedem o parto em cabras Saanen avaliados por ultrassonografia modo-B. As

linhas contínuas representam o modelo de regressão adaptado para cada parâmetro. Linhas pontilhadas indicam a faixa de predição a 95% de confiança.

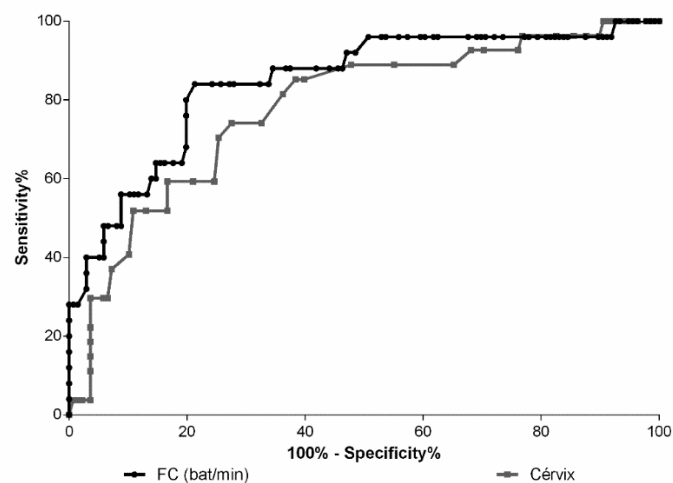


Fig. 2. Representação gráfica das curvas ROC de sensibilidade e especificidade da frequência cardíaca fetal (FC) e abertura da cérvix nas horas que antecedem o parto.

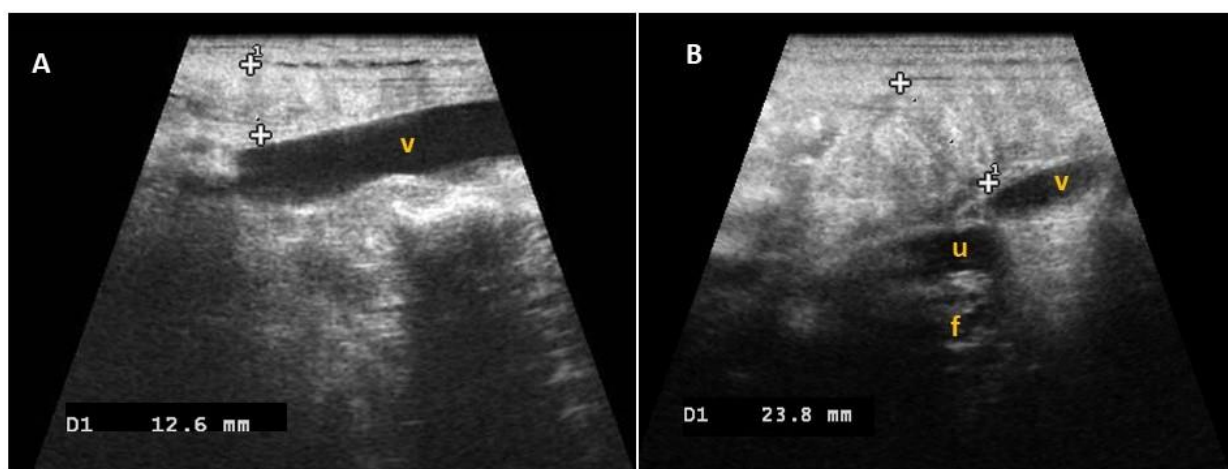


Fig. 3. Imagens ultrassonográficas em modo-B da cérvix de cabras gestantes avaliadas por via transretal no periparto. A: Espessura cervical (entre cursores) no dia 145 de gestação com visibilização da vesícula urinária (v). B: Espessura cervical (entre cursores) no dia 150 de gestação com visibilização da vesícula urinária (v), útero (u) e cabeça do feto (f).