



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL –  
PPGCAN**

**TÁSSIA CRISTINA DA CRUZ PORTILHO**

**DUODENOSTOMIA GUIADA POR LAPAROSCOPIA: ESTUDO EXPERIMENTAL  
EM CADÁVERES DE FETOS BOVINOS**

**CASTANHAL  
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL –  
PPGCAN**

**TÁSSIA CRISTINA DA CRUZ PORTILHO**

**DUODENOSTOMIA GUIADA POR LAPAROSCOPIA: ESTUDO EXPERIMENTAL  
EM CADÁVERES DE FETOS BOVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Pará - UFPA para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. PhD. Pedro Paulo Maia  
Teixeira

Linha de pesquisa: Desenvolvimento  
sustentável de sistemas de produção animal

**CASTANHAL  
2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

- P852d Portilho, Tassia Cristina da Cruz.  
Duodenostomia guiada por laparoscopia: estudo experimental em cadáveres de fetos bovinos / Tassia Cristina da Cruz Portilho, .  
— 2025.  
41 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Pedro Paulo Maia Teixeira  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Campus Universitário de Castanhal, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Castanhal, 2025.
1. Cirurgia minimamente invasiva. 2. Bos taurus. 3. Técnica experimental. 4. Trato digestório. 5. Ruminantes. I. Título.

CDD 636.2089819

---

**TÁSSIA CRISTINA DA CRUZ PORTILHO**

**DUODENOSTOMIA GUIADA POR LAPAROSCOPIA: ESTUDO EXPERIMENTAL  
EM CADÁVERES DE FETOS BOVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós- Graduação em Ciência Animal, da  
Universidade Federal do Pará - UFPA  
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. PhD. Pedro Paulo  
Maia Teixeira

Data de aprovação: 27/08/2025  
Conceito: Aprovada

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **PEDRO PAULO MAIA TEIXEIRA**  
Data: 31/10/2025 11:29:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Pedro Paulo Maia Teixeira**  
(Presidente)

Documento assinado digitalmente  
 **LUIZA PUCCI BUENO BORGES**  
Data: 24/10/2025 18:21:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Luisa Pucci Bueno Borges**  
(Titular)

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRE GUIMARAES MACIEL E SILVA**  
Data: 24/10/2025 14:16:15-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva**  
(Titular)

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo descrever e padronizar uma técnica minimamente invasiva de duodenostomia guiada por laparoscopia, utilizando cadáveres de fetos bovinos provenientes de abates acidentais. A videocirurgia tem se consolidado na medicina veterinária de animais de produção, por oferecer diversas vantagens favorecendo o bem-estar animal. O duodeno, por sua relevância na digestão e regulação do trânsito alimentar, constitui uma estrutura estratégica para intervenções laparoscópicas, embora haja escassez de descrições técnicas específicas na literatura. O procedimento foi realizado em oito cadáveres de fetos bovinos com idade estimada entre sete e nove meses, respeitando os princípios éticos dos 3Rs. Foram utilizados três portais de acesso para o laparoscópio e pinças. A técnica constituiu na identificação e tração do duodeno, abertura da parede duodenal, inserção de uma sonda foley e fixação à parede abdominal por duodenopexia com suturas específicas. Os resultados indicaram que o desenvolvimento anatômico do duodeno era compatível com o de neonatos, possibilitando a execução técnica. O tempo cirúrgico médio foi de 55 minutos, com redução progressiva ao longo das tentativas, indicando curva de aprendizado característica. A técnica mostrou-se viável e segura no modelo experimental, reforçando o potencial da laparoscopia em procedimentos minimamente invasivos no trato digestório de ruminantes. Entretanto, o uso de cadáveres não permitiu avaliar aspectos funcionais, inflamatórios ou de cicatrização, assim, estudos futuros em animais vivos são essenciais para validar a aplicabilidade clínica, avaliar complicações, tempo de recuperação e impacto na produtividade e bem-estar animal.

**Palavras-chave:** Bem-estar animal, *Bos taurus*, Produção animal, Trato digestório, Videocirurgia veterinária.

## ABSTRACT

This study aimed to describe and standardize a minimally invasive laparoscopy-guided duodenostomy technique using bovine fetal cadavers obtained from accidental slaughter. Video-assisted surgery has become established in veterinary medicine for production animals, offering several advantages that promote animal welfare. The duodenum, due to its importance in digestion and regulation of food transit, constitutes a strategic structure for laparoscopic interventions, although specific technical descriptions are scarce in the literature. The procedure was performed on eight bovine fetal cadavers estimated to be between seven and nine months old, respecting the ethical principles of the 3Rs. Three access ports for the laparoscope and forceps were used. The technique consisted of identifying and retracting the duodenum, opening the duodenal wall, inserting a Foley catheter, and securing it to the abdominal wall by duodenopexy with specific sutures. The results indicated that the anatomical development of the duodenum was compatible with that of neonates, enabling the technique to be performed. The mean surgical time was 55 minutes, with a progressive reduction across the trials, indicating a characteristic learning curve. The technique proved feasible and safe in the experimental model, reinforcing the potential of laparoscopy in minimally invasive procedures in the digestive tract of ruminants. However, the use of cadavers did not allow assessment of functional, inflammatory, or healing aspects. Therefore, future studies in live animals are essential to validate clinical applicability and to assess possible complications, recovery time, and the impact on animal productivity and welfare.

**Keywords:** Animal production, Animal welfare, *Bos taurus*, Digestive tract, Veterinary videosurgery.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Duodenostomia guiada por laparoscopia em cadáver fetal bovino.....                                             | 30 |
| <b>Figura 2</b> Visão laparoscópica interna do procedimento.....                                                               | 31 |
| <b>Figura 3</b> Visão intra-abdominal do duodeno após duodenostomia, com fixação da<br>porção duodenal à parede abdominal..... | 32 |
| <b>Figura 4</b> Posição final da sonda Foley ao final do procedimento.....                                                     | 32 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO .....</b>                                                                                            | <b>5</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                      | <b>10</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                                                       | <b>11</b> |
| <b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>                                                                                | <b>11</b> |
| <b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                                                                         | <b>11</b> |
| <b>HIPÓTESE DA PESQUISA .....</b>                                                                              | <b>12</b> |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                                           | <b>12</b> |
| <b>3.1 Desenvolvimento do trato digestório de bezerros.....</b>                                                | <b>12</b> |
| <b>3.2 Saúde, imunidade e desempenho intestinal.....</b>                                                       | <b>13</b> |
| <b>3.3 Desenvolvimento da microbiota e influência na saúde .....</b>                                           | <b>14</b> |
| <b>3.4 Panorama atual da videocirurgia em ruminantes.....</b>                                                  | <b>16</b> |
| <b>3.5 Aplicações e desafios anatômicos da videocirurgia no TGI de ruminantes.....</b>                         | <b>17</b> |
| <b>3.6 Perspectivas da videocirurgia no estudo do trato digestório .....</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                       | <b>20</b> |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>                                                                                        | <b>25</b> |
| <b>VIABILIDADE DA DUODENOSTOMIA GUIADA POR LAPAROSCOPIA EM<br/>BOVINOS: ESTUDO EXPERIMENTAL EM FETOS .....</b> | <b>25</b> |
| <b>RESUMO .....</b>                                                                                            | <b>25</b> |
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                        | <b>27</b> |
| <b>MÉTODOS .....</b>                                                                                           | <b>28</b> |
| <b>Instrumentos e equipamentos utilizados.....</b>                                                             | <b>28</b> |
| <b>Estudo piloto da técnica cirúrgica .....</b>                                                                | <b>29</b> |
| <b>Duodenostomia guiada por laparoscopia com 3 portais de acesso .....</b>                                     | <b>29</b> |

**RESULTADOS.....33**

**DISCUSSÃO ..... 34**

**CONCLUSÃO .....38**

**REFERÊNCIAS ..... 38**

## 1 INTRODUÇÃO

A criação de bezerros de corte e leiteiros representa uma etapa fundamental para o sucesso da produção de ruminantes, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento fisiológico do trato digestório. Esse processo inicial tem impacto direto sobre a saúde, desempenho zootécnico e a eficiência produtiva dos animais ao longo da vida (Heinrichs; Heinrichs, 2011; Azevedo *et al.*, 2013).

Apesar dos avanços na nutrição e manejo de bezerros, ainda persistem lacunas relevantes no entendimento sobre o desenvolvimento do trato gastrointestinal (TGI), sua função na digestão e os desafios metabólicos e imunológicos enfrentados durante o período de aleitamento, que compreende de 3 a 8 semanas de idade (Chang *et al.*, 2020). Essa fase é particularmente crítica para a maturação ruminal e intestinal, sendo determinante para a transição eficiente do animal para uma dieta sólida (Baldwin *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2016). Compreender de forma aprofundada esses processos é importante para otimizar estratégias nutricionais, práticas de manejo e a aplicação de tecnologias como suplementos, aditivos e possíveis intervenções cirúrgicas minimamente invasivas.

A videocirurgia (*endosurgery*) é uma abordagem cirúrgica que tem ganhado destaque na medicina veterinária de ruminantes por sua capacidade de reduzir o trauma cirúrgico, a dor e o tempo de recuperação, promovendo o bem-estar animal e minimizando o impacto sobre a produção (Borges *et al.*, 2021). Ela proporciona uma visualização clara dos órgãos abdominais, facilitando diagnósticos e tratamentos com menor manipulação tecidual e menor risco de complicações pós-operatórias (Franz *et al.*, 2024). No entanto, muitas técnicas específicas ainda são pouco exploradas, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento de procedimentos mais eficazes e seguros.

Dentre as intervenções cirúrgicas utilizadas em ruminantes, as canulações de pré-estômago são amplamente aplicadas em pesquisas nutricionais e tratamentos clínicos (Santos *et al.*, 2022). A integração da videocirurgia a essas práticas tem permitido a criação de modelos menos invasivos, mais seguros e com maior potencial de reversibilidade (Teixeira *et al.*, 2014). Exemplos recentes incluem a canulação do abomaso por laparoscopia (Gurgel *et al.*, 2022) e a ruminostomia percutânea guiada por ruminoscopia (Santos *et al.*, 2022), que demonstram a viabilidade e os benefícios dessa abordagem para coleta de amostras, infusão de nutrientes e intervenções terapêuticas.

A laparoscopia, em especial, tem se consolidado como uma técnica cirúrgica promissora na medicina veterinária de animais de produção, oferecendo visualização detalhada

dos órgãos internos por meio de pequenas incisões (Borges *et al.*, 2021). Essa técnica favorece a precisão diagnóstica e a segurança cirúrgica, sendo uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento de procedimentos como a duodenostomia laparoscópica.

A cânulação do duodeno para estudos digestivos e acesso intestinal já foi explorada há várias décadas, com alguns modelos desenvolvidos, como as cânulas em T (Komarek, 1981), as de reentrada em peça única ou dupla (Robinson *et al.*, 1985) e as em duplo L (Streeter *et al.*, 1991). Embora essas técnicas tenham possibilitado avanços importantes, elas são altamente invasivas, geralmente requerendo laparotomia extensa, anestesia geral e períodos prolongados de antibioticoterapia. Além disso, podem causar complicações como erosão tecidual, deformação óssea e proliferação fibrosa decorrentes da manipulação e exteriorização do intestino.

Em contraste, a duodenostomia guiada por laparoscopia surge como uma alternativa menos invasiva, que aproveita as vantagens da videocirurgia (Borges *et al.*, 2021). Apesar dos avanços da laparoscopia em procedimentos veterinários, a cânulação do duodeno ainda não foi explorada por meio dessa abordagem minimamente invasiva. Dessa forma, a técnica laparoscópica apresenta grande potencial para substituir métodos tradicionais, promovendo maior segurança e bem-estar animal na realização de procedimentos no trato digestório dos ruminantes.

Nesse contexto, o uso de fetos bovinos como modelo experimental mostra-se como uma estratégia relevante para validar e refinar essas novas técnicas, considerando as características anatômicas do trato gastrointestinal em desenvolvimento (Leal *et al.*, 2021). A implementação da duodenostomia laparoscópica poderá ampliar significativamente as possibilidades de pesquisa e intervenção clínica em ruminantes, abrangendo desde a administração de nutrientes e medicamentos até a coleta de amostras diagnósticas de forma segura, eficiente e com foco no bem-estar animal.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo desse trabalho é descrever e padronizar uma técnica experimental de duodenostomia guiada por laparoscopia utilizando cadáveres de fetos bovinos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a viabilidade da técnica, verificando a acessibilidade anatômica, desafios cirúrgicos e sua eficácia;

- Investigar a anatomia duodenal em bezerros, identificando pontos de referência para a realização da técnica;
- Apurar possíveis complicações associadas à duodenostomia, como danos a órgãos adjacentes, vazamentos ou obstruções para compreender os riscos envolvidos;
- Propor e avaliar o uso de cadáveres de fetos bovinos como modelo experimental para o treinamento da técnica, estabelecendo critérios adequados pelo cirurgião;
- Validar o protocolo cirúrgico padronizado, estabelecendo diretrizes técnicas relacionadas ao posicionamento dos portais, sequência operatória, tempo de execução, curva de aprendizado e critérios de avaliação da execução, de modo a garantir consistência e segurança do procedimento

## **HIPÓTESE DA PESQUISA**

A hipótese deste trabalho é que a duodenostomia guiada por laparoscopia é uma técnica viável e eficaz para o acesso ao duodeno proximal em neonatos bovinos, apresentando vantagens em termos de precisão, menor invasividade e potencial para aplicação em futuros procedimentos experimentais e clínicos na medicina veterinária.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Desenvolvimento do trato digestório de bezerros**

A criação de bezerros tem como objetivo fazer com que os animais que fisiologicamente não são ruminantes (pré-ruminantes), tornem-se ruminantes funcionais. Os sistemas de produção trabalham com o propósito de que isso aconteça com o menor custo possível e sem prejuízos para o desempenho animal no futuro (Caixeta, 2021). O sistema digestório dos bovinos é composto por boca, faringe, esôfago, estômago (rúmen, retículo, omaso e abomaso), intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso (ceco, cólon e reto) e glândulas anexas (fígado e pâncreas) (Church, 1993). Cada estrutura desempenha funções específicas na digestão e absorção de nutrientes.

Ao nascer, os bezerros têm o abomaso como compartimento estomacal mais desenvolvido, responsável pela digestão enzimática do leite. O sulco esofágico forma um canal que direciona o leite diretamente ao abomaso, passando diretamente pelo rúmen ainda não funcional (Baldwin *et al.*, 2004). O desenvolvimento dos pré-estômagos ocorre gradualmente

com a introdução de alimentos sólidos, estimulando a fermentação microbiana e crescimento ruminal (Van Soest, 1994).

O duodeno é a primeira porção do intestino delgado e exerce papel fundamental nos processos digestivos e de absorção no sistema gastrointestinal dos ruminantes. Anatômica e funcionalmente o duodeno tem origem abaixo da porção final do abomaso e está conectado ao jejuno na extremidade distal (Dyce *et al.*, 2009; Getty *et al.*, 1975). Essa região está próxima a órgãos importantes, como o fígado e pâncreas, que liberam secreções essenciais para a digestão. Em bezerros recém-nascidos, o duodeno apresenta características estruturais e funcionais distintas em relação aos animais adultos, devido ao estágio inicial do desenvolvimento da mucosa e enzimas digestivas (Da Silva Oliveira *et al.*, 2019).

Durante as primeiras semanas de vida, entre 3 a 8 semanas, o duodeno passa pelo processo de maturação, que é crucial para a transição do estado de pré-ruminantes para ruminante funcional. Esse desenvolvimento envolve o aumento das vilosidades e microvilosidades que revestem a mucosa, aumentando a superfície de absorção (Buhler *et al.*, 1998). O crescimento dessas estruturas é importante para garantir que o órgão seja capaz de absorver os nutrientes, à medida que a ingestão de leite dá lugar ao consumo dos alimentos sólidos (Owens *et al.*, 1986; Huntington, 1997).

O duodeno é responsável pela digestão enzimática do amido que escapa da fermentação ruminal. As enzimas pancreáticas, principalmente a  $\alpha$ -amilase, que quebram o amido em maltose e dextrinas, enquanto as enzimas isomaltase e maltase que estão na mucosa intestinal, convertem essas moléculas em glicose, que depois é absorvida pelas células intestinais (Kozloski *et al.*, 2001; Cañizares *et al.*, 2009). Esse processo é importante para fornecer glicose para o metabolismo e crescimento do bezerro.

Além disso, nesse compartimento a bile emulsifica as gorduras, facilitando a ação das lipases pancreáticas, que quebram triglicerídeos em ácidos graxos livres e monoglicerídeos. Essas moléculas formam micelas que permitem a absorção pelos enterócitos, sendo importante para o fornecimento de energia e componentes estruturais para o animal (Brzozowska *et al.*, 2016). Com o tempo, o duodeno se torna altamente funcional, capaz de atender às crescentes demandas metabólicas durante a transição do leite para dietas sólidas. Essa maturação é essencial para o desempenho produtivo futuro e manutenção da saúde intestinal.

### **3.2 Saúde, imunidade e desempenho intestinal**

A saúde intestinal dos bezerros está diretamente associada ao desenvolvimento e composição da microbiota, à integridade da barreira epitelial e regulação do sistema

imunológico local (Górka *et al.*, 2011; Vírginio Júnior; Bittar, 2021; Du *et al.*, 2023). Nas primeiras semanas, a mucosa intestinal atua como uma barreira entre os patógenos ambientais e o sistema imune do animal, desempenhando papel importante na absorção de imunoglobulinas, estímulo ao sistema imune intestinal e manutenção da barreira intestinal (Quigley *et al.*, 2002; Malmuthuge *et al.*, 2019).

A maturação da mucosa intestinal e o desenvolvimento do sistema imunológico associado ao trato gastrointestinal (GALT) são processos interdependentes que contribuem para a formação de uma barreira imunológica eficaz, reduzindo a incidência de infecções e melhorando o desempenho produtivo dos bezerros (Górka *et al.*, 2011). Portanto, a absorção eficiente da imunoglobulinas e ativação imunológica intestinal são pilares para o sucesso na criação de bezerros e na prevenção de enfermidades neonatais, reforçando a importância de manejos nutricionais adequados logo após o nascimento.

Alguns fatores podem comprometer a saúde intestinal dos bezerros e afetar seu desenvolvimento e desempenho. O desmame precoce reduz a ingestão de componentes bioativos do leite que são essenciais para imunidade e proteção da mucosa intestinal (Fischer *et al.*, 2018). Dietas desbalanceadas, com excesso de carboidratos fermentáveis, aumentam a permeabilidade intestinal e processos inflamatórios, prejudicando a absorção de nutrientes (Kvidera *et al.*, 2017).

Estresse térmico, sanitário ou de manejo podem provocar disbiose e suprimir o sistema imunológico, tornando os bezerros mais suscetíveis a infecções e doenças entéricas, sobretudo no período neonatal (Dahl *et al.*, 2020). Esses fatores favorecem o surgimento de enfermidades como diarreias neonatais, uma das principais causas de morbidade em bezerros, destacando a necessidade de cuidados que envolvam a nutrição adequada, além de bom manejo ambiental e prevenção sanitária (Foster *et al.*, 2009).

### **3.3 Desenvolvimento da microbiota e influência na saúde**

A microbiota intestinal exerce papel fundamental na saúde, bem-estar e desempenho dos bezerros, especialmente em fases críticas como o desmame. Bactérias comensais estabelecem uma barreira natural contra patógenos, competindo por espaço e nutrientes, e produzindo metabólitos benéficos como os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), essenciais para a maturação do sistema digestório e imunológico (Torrezan *et al.*, 2016).

Entre os microrganismos mais relevantes estão os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, que atuam na exclusão competitiva de patógenos e na produção de compostos antimicrobianos, como bacteriocinas. Além disso, essas bactérias promovem a integridade das

junções epiteliais, reduzindo a permeabilidade intestinal e prevenindo processos inflamatórios (Du *et al.*, 2023; Malmuthuge *et al.*, 2015).

Alterações na composição da microbiota podem comprometer diretamente a saúde intestinal e sistêmica dos bezerros. O desequilíbrio microbiano leva à redução de bactérias benéficas, diminuição da atividade da enzima lactase e enfraquecimento das junções intercelulares. Isso aumenta a permeabilidade intestinal, favorecendo a passagem de toxinas, antígenos e microrganismos como *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Cryptosporidium parvum* e *Escherichia coli* para a circulação sistêmica (Foster *et al.*, 2009; Jessop *et al.*,

2024). Essas condições resultam em quadros clínicos como diarreia, má absorção e inflamações intestinais, afetando negativamente o crescimento e a eficiência alimentar dos animais.

O período neonatal é uma janela crítica para o estabelecimento e manipulação da microbiota gastrointestinal, sendo a dieta o principal fator modulador (Malmuthuge; Guan, 2015). A oferta de colostro natural nas primeiras horas de vida é importante não apenas pelo valor imunológico, mas também por favorecer o crescimento de microrganismos benéficos.

Estudos demonstram que o leite integral apresenta vantagens em relação aos substitutos lácteos, especialmente na redução de patógenos entéricos (Fischer *et al.*, 2018). À medida que o bezerro se desenvolve, a introdução estratégica de alimentos sólidos estimula a fermentação ruminal e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, como o butirato, principal agente responsável pela maturação das papilas ruminais.

A suplementação com probióticos, como *Lactobacillus* e *Saccharomyces cerevisiae* e aditivos funcionais, como butirato de sódio, nas dietas líquidas também tem mostrado eficácia na modulação da microbiota, melhorando a saúde intestinal, reduzindo a incidência de diarreia e fortalecendo a resposta imune (O'Hara *et al.*, 2018; Reis *et al.*, 2021).

Apesar dos avanços, estudos recentes destacam a grande variabilidade individual na resposta às intervenções nutricionais e probióticas, assim como a influência do ambiente pós-desmame, que pode atenuar os efeitos obtidos durante o aleitamento (Virgínio Júnior *et al.*, 2021). Além disso, embora modificações precoces na dieta sólida, como a relação forragem/concentrado, possam alterar a microbiota ruminal com efeitos duradouros (Dias *et al.*, 2017), evidências apontam que esses efeitos nem sempre se traduzem em impacto produtivo a longo prazo, como na produção de leite (Dill-McFarland *et al.*, 2019).

Manter uma microbiota intestinal equilibrada é fundamental para garantir o desenvolvimento saudável dos bezerros e seu futuro desempenho produtivo. Estratégias alimentares bem planejadas, o uso criterioso de suplementos e a consideração dos fatores

ambientais são essenciais para a criação de animais mais saudáveis e eficientes.

Apesar dos avanços no conhecimento da fisiologia digestiva dos bezerros, persistem lacunas quanto à compreensão detalhada da maturação intestinal e sua interação com a microbiota, especialmente durante intervenções nutricionais precoces e manejo de enfermidades digestivas (Du *et al.*, 2023).

### **3.4 Panorama atual da videocirurgia em ruminantes**

A videocirurgia é uma especialidade em crescimento na medicina veterinária, consolidando-se na rotina de pequenos animais, e ganhando espaço na prática clínica e experimental de ruminantes. Caracteriza-se por ser uma técnica minimamente invasiva, que reduz o trauma cirúrgico, promove recuperação mais rápida e menor estresse pós-operatório. Também oferece melhor campo de visão em cavidade e órgãos de difícil acesso, o que viabiliza procedimentos diagnósticos e terapêuticos que seriam mais dificultosos por meio da cirurgia convencional (Borges *et al.*, 2021)

A endoscopia e videocirurgia são modalidades complementares, na qual a primeira utiliza orifícios naturais, enquanto a segunda requer acessos cirúrgicos para introdução de endoscópios rígidos ou flexíveis (Borges *et al.*, 2021). Ambas têm sido aplicadas em ruminantes inicialmente em procedimentos reprodutivos, como os descritos por Vrisman *et al.* (2014) em pequenos ruminantes e por Seeger *et al.* (2006) em bovinos com deslocamento de abomaso.

O avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, com o desenvolvimento de endoscópios mais compactos, lentes de alta definição, fontes de luz potentes e sistemas de captura e armazenamento de imagem, impulsionou o uso da videocirurgia também em animais de grande porte, especialmente em condições de campo (Colomé, 2015; Babkine; Desroches, 2005). Esse progresso viabilizou o uso rotineiro da videolaparoscopia exploratória, permitindo a visualização de estruturas abdominais com melhores resultados e menor dor no pós-operatório (Witteck *et al.*, 2012; Silva, 2015).

A laparotomia exploratória, normalmente usada para confirmar diagnósticos e atuar como procedimento terapêutico, passou a ser aprimorada por meio da videolaparoscopia, aplicada em distúrbios como deslocamento de abomaso e retículo-peritonite, com eficácia comprovada na condução clínica dos casos (Wilson; Ferguson, 1984). Essa técnica também foi empregada em estudos sobre a formação de aderências abdominais e na avaliação de substâncias profiláticas, destacando-se como ferramenta segura e eficaz (Ewoldt *et al.*, 2004; Yildiz *et al.*, 2011; Borges *et al.*, 2018).

A videocirurgia vem sendo utilizada ainda para o diagnóstico e tratamento de afecções

umbilicais em bezerros, oferecendo uma alternativa à laparotomia com todas as suas vantagens (Monteiro *et al.*, 2022; Robert *et al.*, 2016). Outras aplicações descritas incluem biópsias renais (Chiesa *et al.*, 2009), hepáticas (Duarte *et al.*, 2009), procedimentos em órgãos do trato geniturinário (Barros *et al.*, 2015; Bleul *et al.*, 2005) e a canulação de órgãos do sistema digestório.

O desenvolvimento de técnicas específicas como a canulação de abomaso, descrita por Gurgel *et al.* (2022), permite a coleta de conteúdo e infusão de nutrientes, ampliando o potencial da videocirurgia para estudos nutricionais e fisiológicos. Já a ruminostomia percutânea guiada por ruminoscopia, descrita por Santos *et al.* (2022), proporciona acesso eficiente ao rúmen com mínima invasividade, viabilizando investigações terapêuticas e experimentais. Esses avanços são impulsionados por melhorias nos equipamentos adaptados a grandes animais, que tornaram-se mais leves, compactos e portáteis (Bouré, 2005; Colomé, 2015; Borges *et al.*, 2021).

A técnica de duodenostomia tradicionalmente se associa à pesquisa experimental, principalmente na criação de fístulas para coleta de conteúdo duodenal, avaliação de digestibilidade, estudos fisiológicos e testes de absorção de nutrientes (Freitas *et al.*, 2002). Raiser *et al.* (1997) exemplifica essa vertente ao padronizar a fistulação do duodeno proximal em bezerros, abrindo portas para avanços importantes na nutrição comparada e fisiologia digestiva bovina. Procedimentos clínicos de duodenostomia, como descritos por Hackett *et al.* (2018), são menos frequentes, mas podem ser realizados em situações de obstrução intestinal grave, estenoses ou atresias, visando restabelecer o trânsito entérico de bovinos doentes.

### **3.5 Aplicações e desafios anatômicos da videocirurgia no TGI de ruminantes**

Dado o avanço da videocirurgia na medicina veterinária de ruminantes, que permite intervenções diagnósticas e terapêuticas cada vez mais seguras, eficazes e minimamente invasivas. Esta abordagem é importante para estudos no trato digestório desses animais, devido à complexidade anatômica e funcional dos seus pré-estômagos. A canulação de porções do trato digestório, nesse contexto, é uma ferramenta essencial para pesquisas sobre digestibilidade, metabolismo e fisiologia ruminal (Castillo; Hernández, 2021), viabilizando análises precisas e controle das condições experimentais.

Dentre as estratégias para o desenvolvimento e padronização de novas técnicas, destaca-se o uso de cadáveres fetais bovinos como modelo experimental. Essa prática é eficiente para o treinamento técnico, sem comprometer o bem-estar animal, e permite adaptar abordagens cirúrgicas às particularidades morfológicas e funcionais do sistema digestório em desenvolvimento.

A topografia da cavidade abdominal dos ruminantes impõe desafios às práticas cirúrgicas. Em bovinos adultos, o estômago ocupa cerca de metade da cavidade adominal, com capacidade de aproximadamente 60 litros distribuídos entre o rúmen (80%), retículo (5%), omaso (8%) e abomaso (7%) (Konig; Liebich, 2021). Os intestinos localizam-se na região dorsal do abdome e são parcialmente protegidos pelas costelas, o que dificulta o acesso cirúrgico. Embora se afirme que podem atingir até 40 metros de comprimento em bovinos adultos (Paiva *et al.*, 1977), sua capacidade é relativamente pequena, refletindo a eficiência da digestão em ruminantes.

Durante o período fetal, a adesão dos mesentérios do intestino delgado e do cólon ascendente resulta em um suporte comum para essas partes do intestino, onde são flexionadas e espiraladas em um arranjo complexo, o que dificulta a sua visualização *in situ*. O duodeno tem sua origem abaixo das costelas. Sua primeira parte ascende quase verticalmente em direção à superfície visceral do fígado e, em seguida, segue em direção à pelve como duodeno descendente, mas faz uma curva quando está quase no nível do túber coxal. Apenas o duodeno descendente é visível de imediato quando se realiza o acesso pelo flanco direito (König; Liebich, 2021).

Borges *et al.* (2021b), ao descreverem a laparoscopia topográfica em búfalos adultos em posição quadrupedal, identificaram os melhores pontos de acesso endocirúrgico e suas limitações. A introdução pelo flanco direito, embora comum, é dificultada pela presença do omento maior, que restringe a movimentação do endoscópio. Essa abordagem mostrou-se mais viável em animais de menor porte, nos quais é possível visualizar o duodeno descendente. Já o acesso pelo espaço intercostal proporcionou melhor visibilidade de estruturas internas, mas com mobilidade reduzida devido à presença das costelas.

Considerando esses fatores, a abordagem lateral pelo flanco direito com o estabelecimento de portais bem planejados pode ser a mais eficaz, especialmente quando se pretende explorar órgãos como o duodeno. Gurgel *et al.* (2022), ao descreverem a técnica de canulação do abomaso assistida por laparoscopia, reforçam que um bom planejamento cirúrgico é fundamental para alcançar boa visualização e manipulação das estruturas, mesmo diante de limitações anatômicas e técnicas.

Assim, a videolaparoscopia em ruminantes, quando bem executada, oferece não apenas vantagens pós-operatórias, mas também um acesso estratégico e menos traumático ao trato gastrointestinal. A adoção de modelos anatômicos específicos e o desenvolvimento contínuo de técnicas adaptadas às particularidades de bezerros e adultos consolidam essa prática como essencial para a evolução da clínica e da pesquisa em ruminantes.

### 3.6 Perspectivas da videocirurgia no estudo do trato digestório

A videocirurgia tem se consolidado como uma alternativa eficaz à laparotomia convencional, oferecendo técnicas menos invasivas para intervenções abdominais (Babkine; Desrochers, 2005; Borges *et al.*, 2021). Por outro lado, a cirurgia convencional apresenta limitações importantes, como maior trauma cirúrgico, risco aumentado de infecções, formação de aderências e longo tempo de recuperação (Wilson; Ferguson, 1984; Ewoldt *et al.*, 2004).

Na nutrição e fisiologia, técnicas como fístulas duodenais e ileais vêm sendo utilizadas para a coleta de conteúdo intestinal e análise da digestibilidade, absorção de nutrientes e metabolismo pós-ruminal, contribuindo para o avanço do conhecimento nessas áreas (Raiser *et al.*, 1997; Komarek, 1981; Robinson *et al.*, 1985).

No âmbito clínico, a videocirurgia tem sido empregada no tratamento de condições como deslocamento de abomaso, retículo-peritonite e obstruções intestinais (Seeger *et al.*, 2006; Hackett *et al.*, 2018). Além disso, em pesquisa experimental, procedimentos laparoscópicos permitem a realização de biópsias de órgãos como fígado, rins e trato geniturinário, bem como a investigação de substâncias profiláticas contra aderências (Chiesa *et al.*, 2009; Duarte *et al.*, 2009; Yildiz *et al.*, 2011).

Em suínos, técnicas têm sido aplicadas em procedimentos como anastomose íleo-retal e canulação ileal, servindo como modelos para o estudo da digestibilidade e do metabolismo (Mariscal-Landín *et al.*, 1995; Morales *et al.*, 2002). Já nos pequenos animais, a videocirurgia está consolidada e serve como referência para a adaptação de técnicas em grandes animais (Colomé, 2015).

Enquanto a maior parte das descrições dessas cânulas em modelos animais de produção se dá em suínos (Komarek, 1981; Robinson *et al.*, 1985), modelos adaptados em ruminantes, especialmente bezerros e vacas jovens, também demonstram eficácia e relevância (Streeter *et al.*, 1991). A experiência com cânulas intestinais tradicionais em diferentes espécies, como as cânulas em "T", em carneiros, reentrada e em duplo L, demonstra que essas técnicas permitem o estudo direto do trato gastrointestinal, coleta de fluídos e amostras para avaliação da digestibilidade, metabolismo e motilidade intestinal, embora estejam associadas à invasividade da cirurgia convencional e a complicações como proliferação fibrosa e erosão tecidual.

Dessa forma, a duodenostomia laparoscópica aplicada em ruminantes tem o potencial de ampliar significativamente essas aplicações experimentais e clínicas, oferecendo uma alternativa menos agressiva, com menor risco de complicações e capaz de viabilizar coletas

seriadas e monitoramento longitudinal mais eficaz. Isso facilitará estudos de expressão gênica, avaliação da resposta a tratamentos nutricionais e farmacológicos, e análise da fisiologia digestiva em ruminantes, sempre alinhados aos princípios éticos de bem-estar animal e à redução do uso de animais em experimentos (Leal *et al.*, 2021).

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, R. A. *et al.* Desenvolvimento do trato digestivo de bezerros leiteiros criados em sistema de aleitamento fracionado. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 33, n. 7, p. 931–936, 2013.
- BABKINE, M.; DESROCHES, A. Laparoscopic surgery in adult cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 21, n. 1, p. 251-279, 2005.
- BALDWIN, R. L. *et al.* Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. E55-E65, 2004.
- BARROS, F. F. *et al.* Single-port laparoscopic ovariectomy using a pre-tied loop ligature in Santa Ines ewes. *Ciência Rural*, v. 45, n. 11, p. 2033–2038, 2015.
- BORGES, L. P. B. *et al.* Videocirurgia e endoscopia: uma realidade para os ruminantes. *Revista Brasileira de Buiatria - Clínica Cirúrgica*, v. 3, n. 6, 2021.
- BORGES, L. P. B. *et al.* Effect of vitamin E on the prevention of peritoneal adhesions in sheep. *World's Veterinary Science*, v. 8, p. 90-94, 2018.
- BORGES, L. P. B. *et al.* Topographic laparoscopy for buffaloes in the quadruped position. *Journal of Veterinary Medical Science*, v. 83, n. 8, p. 1315-1, 2021b.
- BRZOZOWSKA, A. M.; OPRZĄDEK, J. Metabolism of fatty acids in tissues and organs of the ruminants—a review. *Animal Science Papers & Reports*, v. 34, n. 3, 2016.
- BÜHLER, C. *et al.* Small intestinal morphology in eight-day-old calves fed colostrum for different durations or only milk replacer and treated with long-R3-insulin-like 20 growth factor I and growth hormone. *Journal of Animal Science*, v. 76, p. 758–765, 1998.
- CAIXETA, L. F. Avaliação do uso de aditivos aliados ao manejo alimentar no desenvolvimento do trato digestivo de bezerros. 2021. Tese (Doutorado em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2021.
- CAÑIZARES, G. I. L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M. C. Metabolismo de carboidratos não-estruturais em ruminantes. *Archives of Veterinary Science*, p. 63-73, 2009.
- CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J. Ruminal fistulation and cannulation: a necessary procedure for the advancement of biotechnological research in ruminants. *Animals*, v. 11, p. 1870, 2021.
- CHANG, M. N. *et al.* Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *Journal of Dairy*

*Science*, v. 103, p. 6100–6113, 2020.

CHIESA, O. A. *et al.* One-port video assisted laparoscopic kidney biopsy in standing steers. *Research in Veterinary Science*, v. 87, p. 133–134, 2009.

CHURCH, D. C. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Long Grove: Waveland Press, 1993.

COLOMÉ, L. M. História da videocirurgia. In: BRUN, M. V. Videocirurgia em Pequenos Animais. Rio de Janeiro: Roca, 2015. p. 333.

DAHL, G. E.; TAO, S.; LAPORTA, J. Heat stress impacts immune status in cows across the life cycle. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 7, 116, 2020.

DA SILVA OLIVEIRA, V.; DOS SANTOS, A. C. P.; DE LIMA VALENÇA, R. Desenvolvimento e fisiologia do trato digestivo de ruminantes. *Ciência Animal*, v. 29, n. 3, p. 114-132, 2019.

DIAS, J. *et al.* Bacterial community dynamics across the gastrointestinal tracts of dairy calves during preweaning development. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, artigo 67, 2018.

DILL-MCFARLAND, K. A. *et al.* Diet influences early microbiota development in dairy calves without long-term impacts on milk production. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 85, p. 1–12, 2019.

DUARTE, A. L. *et al.* Biópsia hepática laparoscópica com agulha tru-cut em caprinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, n. 1, p. 12–19, 2009.

DU, Y. *et al.* Colonization and development of the gut microbiome in calves. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 14, n. 1, p. 46, 2023.

EWOLDT, J. *et al.* Evaluation of a sheep laparoscopic uterine trauma model and repeat laparoscopy for evaluation of adhesion formation and prevention with sodium carboxymethylcellulose. *Veterinary Surgery*, v. 33, n. 6, p. 668-672, 2004.

FISCHER, A. J. *et al.* Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 4, p. 3099-3109, 2018.

FRANZ, S.; HOFER, L.; DADAK, A. M. The role of endoscopy in bovine internal medicine—a review of current indication fields. *The Veterinary Journal*, v. 304, 106093, 2024.

FREITAS, D. *et al.* Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados por meio de indicadores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 3, p. 1521–1530, maio/jun. 2002.

FOSTER, D. M.; SMITH, G. W. Pathophysiology of diarrhea in calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 25, n. 1, p. 13-36, 2009.

GETTY, R. *et al.* Sisson and Grossman's the Anatomy of the Domestic Animals. Philadelphia:

WB Saunders Company, 1975.

GÓRKA, P. *et al.* Effect of method of delivery of sodium butyrate on rumen development in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 10884-10892, 2011.

GURGEL, H. J. *et al.* Laparoscopy assisted abomasal cannulation in cadavers of bovine fetuses. *BMC Veterinary Research*, v. 18, p. 1-6, 2022.

HACKETT, E. S. *et al.* Duodenoduodenostomy for obstruction of the sigmoid flexure of the duodenum in cattle. *Veterinary Surgery*, v. 47, n. 5, p. 623-628, 2018.

HEINRICHS, A. J.; HEINRICHS, B. S. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 1, p. 336-341, 2011.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.

JESSOP, E. *et al.* Neonatal calf diarrhea and gastrointestinal microbiota: etiologic agents and microbiota manipulation for treatment and prevention of diarrhea. *Veterinary Sciences*, v. 11, n. 3, p. 108, 2024.

KHAN, M. A. *et al.* Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 2, p. 885-902, 2016.

KOMAREK, Ri. Intestinal cannulation of cattie and sheep with a T-shaped cannula designed for total digesta coliection without externalizing digesta flow. *Journal of Animal Science*, Champaign, IL., v.53, n.3, p.796-802,1981.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido. Porto Alegre: Artmed, 2021.

KOZLOSKI, G. V.; ROCHA, J. B. T. da; CIOCCA, M. de L. S. Visceral metabolism and efficiency of energy use by ruminants. *Ciência Rural*, v. 31, n. 5, p. 909–915, 2001.

KVIDERA, S. K. *et al.* Intentionally induced intestinal barrier dysfunction causes inflammation, affects metabolism, and reduces productivity in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 5, p. 4113-4127, 2017.

LEAL, L. N. *et al.* Preweaning nutrient supply alters serum metabolomics profiles related to protein and energy metabolism and hepatic function in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 7, p. 7711-7724, 2021.

MALMUTHUGE, N.; GRIEBEL, P. J.; GUAN, L. L. The gut microbiome and its potential role in the development and function of newborn calf gastrointestinal tract. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 2, 36, 2015.

MALMUTHUGE, N.; *et al.* Taxonomic and functional compositions of the small intestinal microbiome in neonatal calves provide a framework for understanding early life gut health. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 85, e02534-18, 2019.

MARISCAL-LANDÍN, B. S. *et al.* Endogenous Amino Nitrogen Collected from Pigs with End-to-End Ileorectal Anastomosis is Affected by the Method of Estimation and Altered by Dietary Fiber. *The Journal of Nutrition*, V. 125, n. 1, p. 136-146, 1995.

MONTEIRO, F. D. *et al.* Laparoscopic approaches in bovine fetuses umbilical structures: lateral or ventral approach? *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 74, n.4, p. 741-744, 2022.

MORALES, A. *et al.* Morphometry of the small intestine in pigs with ileorectal anastomosis. *Journal of Animal Science*, v. 80, n. 2, p. 502–509, 2002.

O'HARA, E. *et al.* Effect of a butyrate-fortified milk replacer on gastrointestinal microbiota and products of fermentation in artificially reared dairy calves at weaning. *Scientific Reports*, v. 8, 14901, 2018.

PAIVA, O. M.; BORELLI, V.; PEDUTI NETO, J. Comprimento total do intestino em bovinos de origem européia. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Universidade de São Paulo, v. 14, p. 189-197, 1977

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, v. 63, n. 5, p. 1634-1648, 1986.

QUIGLEY, J. *et al.* Passive immunity in newborn calves. *Advances in Dairy Technology*, v. 14, p. 273-292, 2002.

REIS, M. E. *et al.* Supplementation of lysolecithin in milk replacer for Holstein dairy calves: effects on growth performance, health, and metabolites. *Journal of Dairy Science*, v. 104, p. 5457–5466, 2021.

ROBERT, M. *et al.* Laparoscopic evaluation of umbilical disorders in calves. *Veterinary Surgery*, v. 45, n. 8, p. 1041-1048, 2016.

ROBINSON, Vil.; SMITI-I, D.F.; SNIFFEN, C.J. Development of a one-piece reentrant cannula for the proximal duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, IL., v.68, p.986-995, 1985.

SANTOS, G. M. *et al.* Percutaneous ruminostomy guided by rumenoscopia: study in an experimental model in bovine fetus. *BMC Veterinary Research*, v. 18, p. 41-47, 2022.

SANTOS, M. L. *et al.* Processo digestivo em ruminantes e tecnologias de monitoramento utilizadas em rebanhos leiteiros: revisão. *Pubvet*, v. 18, n. 10, e1670, 2024.

SEEGER, T. *et al.* Comparison of laparoscopic-guided abomasopexy versus omentopexy via right flank laparotomy for the treatment of left abomasal displacement in dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, v. 67, n. 3, p. 472-478, 2006.

SILVA, M. A. Formação de aderências intraperitoneais após procedimentos cirúrgicos convencionais e laparoscópicos. In: BRUN, M. V. Videocirurgia em Pequenos Animais. Rio de Janeiro: Roca, 2015. p. 21-37.

STREETER, M.N. *et al.* Technical note: a double L intestinal cannula for caule. *Journal of Animal Science*, Champaign, IL., v.69, p.2601-2607, 1991.

TEIXEIRA, P. P. *et al.* Two-stage rumenostomy in buffaloes. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 42, n. 1, p. 1-5, 2014.

TORREZAN, T. M. *et al.* Desempenho de bezerros leiteiros recebendo probiótico contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 17, n. 3, p. 508–519, 2016.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VIRGÍNIO JÚNIOR, G. F.; BITTAR, C. M. M. Microbial colonization of the gastrointestinal tract of dairy calves – a review of its importance and relationship to health and performance. *Animal Health Research Reviews*, p. 1–12, 2021.

VRISMAN, D. P. *et al.* Laparoscopy of the genitourinary tract of small ruminants. *Animal Reproduction*, v. 11, n. 4, p. 511-516, 2014.

WITTEK, T. *et al.* Peritoneal inflammatory response to surgical correction of left displaced abomasum using different techniques. *Veterinary Record*, v. 171, n. 23, p. 594-600, 2012.

YILDIZ, H. *et al.* Comparison of methylene blue and vitamin E in prevention of abdominal postoperative adhesion formation in rat uterine horn models: biochemical and histopathologic evaluation. *Acta Cirurgica Brasileira*, v. 26, n. 1, p. 51-57, 2011.

## **CAPÍTULO I**

### **VIABILIDADE DA DUODENOSTOMIA GUIADA POR LAPAROSCOPIA EM BOVINOS: ESTUDO EXPERIMENTAL EM FETOS**

#### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo descrever e padronizar uma técnica minimamente invasiva de duodenostomia guiada por laparoscopia, utilizando cadáveres de fetos bovinos provenientes de abates acidentais. A videocirurgia tem se consolidado na medicina veterinária de animais de produção, por oferecer vantagens como menor agressão tecidual, melhor visualização dos órgãos abdominais, redução do trauma cirúrgico e aceleração da recuperação pós-operatória, favorecendo o bem-estar animal. O duodeno, por sua relevância na digestão e regulação do trânsito alimentar, constitui uma estrutura estratégica para intervenções laparoscópicas, embora haja escassez de descrições técnicas específicas na literatura. O procedimento foi realizado em oito cadáveres de fetos bovinos com idade estimada entre sete e nove meses, respeitando os princípios éticos dos 3Rs. Foram utilizados três portais de acesso para o laparoscópio e pinças. A técnica constituiu na identificação e tração do duodeno, abertura da parede duodenal, inserção de uma sonda foley e fixação à parede abdominal por duodenopexia com suturas específicas. Os resultados indicaram que o desenvolvimento anatômico do duodeno era compatível com o de neonatos, possibilitando a execução técnica. O tempo cirúrgico médio foi de 55 minutos, com redução progressiva ao longo das tentativas, indicando curva de aprendizado característica. A técnica mostrou-se viável e segura no modelo experimental, reforçando o potencial da laparoscopia em procedimentos minimamente invasivos no trato digestório de ruminantes. Entretanto, o uso de cadáveres não permitiu avaliar aspectos funcionais, inflamatórios ou de cicatrização, assim, estudos futuros em animais vivos são essenciais para validar a aplicabilidade clínica, avaliar complicações, tempo de recuperação e impacto na produtividade e bem-estar animal.

**Palavras-chave:** Bem-estar animal, *Bos taurus*, Produção animal, Trato digestório, Videocirurgia veterinária.

## ABSTRACT

This study aimed to describe and standardize a minimally invasive laparoscopy-guided duodenostomy technique using bovine fetal cadavers obtained from accidental slaughter. Video-assisted surgery has become established in veterinary medicine for production animals, offering several advantages that promote animal welfare. The duodenum, due to its importance in digestion and regulation of food transit, constitutes a strategic structure for laparoscopic interventions, although specific technical descriptions are scarce in the literature. The procedure was performed on eight bovine fetal cadavers estimated to be between seven and nine months old, respecting the ethical principles of the 3Rs. Three access ports for the laparoscope and forceps were used. The technique consisted of identifying and retracting the duodenum, opening the duodenal wall, inserting a Foley catheter, and securing it to the abdominal wall by duodenopexy with specific sutures. The results indicated that the anatomical development of the duodenum was compatible with that of neonates, enabling the technique to be performed. The mean surgical time was 55 minutes, with a progressive reduction across the trials, indicating a characteristic learning curve. The technique proved feasible and safe in the experimental model, reinforcing the potential of laparoscopy in minimally invasive procedures in the digestive tract of ruminants. However, the use of cadavers did not allow assessment of functional, inflammatory, or healing aspects. Therefore, future studies in live animals are essential to validate clinical applicability and to assess possible complications, recovery time, and the impact on animal productivity and welfare.

**Keywords:** Animal production, Animal welfare, *Bos taurus*, Digestive tract, Veterinary videosurgery.

## INTRODUÇÃO

A videocirurgia tem se consolidado como uma especialidade cirúrgica amplamente empregada na medicina veterinária de animais de produção, com resultados clínicos cada vez mais satisfatórios (Santos *et al.*, 2018; Monteiro *et al.*, 2021; Klein *et al.*, 2002). Por ser uma abordagem minimamente invasiva, permite boa visualização dos órgãos abdominais e permite o diagnóstico e tratamento de diversas afecções com menor agressão tecidual (Bouré, 2005). Isso favorece o bem-estar animal e reduz os impactos negativos na produtividade agropecuária (Teixeira *et al.*, 2011), além de favorecer vantagens como menor trauma cirúrgico e recuperação pós-operatória mais rápida, fatores que impulsionam sua adoção crescente (Borges *et al.*, 2021).

A complexidade do processo digestivo dos ruminantes motivou o desenvolvimento e a implantação de técnicas de canulação de órgãos do trato gastrointestinal como ferramenta para o avanço da pesquisa em fisiologia digestiva, avaliação da degradabilidade de nutrientes, estudo de enfermidades gastrointestinais e inovações em biotecnologia animal (Raiser *et al.*, 1997; Freitas *et al.*, 2002; Castillo; Hernández, 2021). No entanto, apesar da relevância científica desses procedimentos, a canulação do duodeno, primeira porção do intestino delgado e segmento importante na digestão enzimática e absorção de nutrientes, ainda permanece inexplorada no contexto da videocirurgia.

A canulação do duodeno em ruminantes tem sido utilizada há décadas em pesquisas digestivas e experimentais, com diferentes modelos desenvolvidos, como as cânulas em T (Komarek, 1981), as de reentrada simples ou dupla (Robinson *et al.*, 1985) e as em duplo L (Streeter *et al.*, 1991). Embora esses métodos tenham contribuído para importantes avanços na fisiologia digestiva, continuam sendo altamente invasivos, exigindo laparotomia, anestesia geral e prolongada antibioticoterapia, além de estarem associados a complicações como erosão e proliferação tecidual decorrentes da manipulação intestinal. Apesar do progresso nas técnicas laparoscópicas em ruminantes, ainda não há registros de duodenostomia laparoscópica em bovinos, o que evidencia uma lacuna importante no desenvolvimento de métodos minimamente invasivos para o trato gastrointestinal.

A ausência de técnicas minimamente invasivas para acesso ao duodeno em ruminantes representa uma importante lacuna na medicina veterinária experimental e clínica. A duodenostomia, procedimento que permite o acesso direto a essa porção do intestino, é raramente descrita na literatura, sobretudo via laparoscopia, onde não há relatos (Hackett *et al.*, 2018; Vogel *et al.*, 2012). Essa abordagem, contudo, pode indicar avanços nas investigações sobre microbiota, metabolismo entérico, absorção de nutrientes e resposta a intervenções

terapêuticas, especialmente em fases críticas do desenvolvimento, como nos bezerros leiteiros (Virgínio Júnior; Bittar, 2021).

Além disso, doenças duodenais, como obstruções e lesões ulcerativas, têm impacto relevante na saúde e produtividade dos rebanhos (Andrade Neto *et al.*, 2023; Marques *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021). A escassa literatura sobre métodos cirúrgicos menos invasivos voltados para o diagnóstico e tratamento dessas condições limita tanto a prática clínica quanto a exploração científica.

Considerando o avanço da laparoscopia em outras intervenções, como ruminostomias (Santos *et al.*, 2022), abomasopexias (Babkine *et al.*, 2006) e biópsias (Chiesa *et al.*, 2009; Duarte *et al.*, 2009), e o seu comprovado valor em reduzir a dor e acelerar a recuperação (Babkine *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2021), é interessante desenvolver e validar uma técnica segura, eficaz e reprodutível de duodenostomia laparoscópica. Neste contexto, o uso de cadáveres de fetos bovinos provenientes de abates acidentais surge como uma alternativa ética, em consonância com os princípios dos 3Rs (Russel; Burch, 1959), permitindo o desenvolvimento técnico sem causar sofrimento animal.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é descrever e padronizar uma técnica minimamente invasiva de duodenostomia guiada por laparoscopia, utilizando como modelo experimental cadáveres de fetos bovinos provenientes de abates acidentais e descartados.

## **MÉTODOS**

Como o estudo corresponde a uma nova técnica experimental, os procedimentos foram realizados em cadáveres de fetos bovinos provenientes de um abatedouro legalizado com controle sanitário estadual, dessa forma, não se causou dor ou sofrimento a nenhum animal e envolveu a canulação videoassistida do duodeno de cadáveres com idade fetal estimada entre sete e nove meses. Os animais foram selecionados principalmente por estarem próximos à idade de nascimento, assegurando que seus órgãos estivessem desenvolvidos o suficiente para simular condições reais, além disso, foram coletados e acondicionados em uma câmara fria para no dia posterior serem utilizados, sendo a única alteração observada o *livor mortis*, o que não impactou a integridade do tecido. Todas as etapas foram padronizadas avaliando-se a viabilidade da técnica e o tempo necessário para a realização do procedimento cirúrgico.

### **Instrumentos e equipamentos utilizados**

O procedimento foi realizado seguindo os princípios da laparoscopia, utilizando

equipamentos e instrumentos específicos para sua execução. Foi utilizado um endoscópio rígido com diâmetro de 10 mm, comprimento de 30 cm e angulação 0°. Para a manipulação dos tecidos, utilizou-se pinças laparoscópicas do tipo Maryland e Kocher, ambas com 5 mm de calibre. A cavidade abdominal foi insuflada com dióxido de carbono, mantendo a pressão, para assegurar distensão suficiente para otimizar a visualização e facilitar a realização da duodenostomia, assim como fonte de luz, monitor e instrumentos cirúrgicos básicos para cirurgia convencional.

### **Estudo piloto da técnica cirúrgica**

Previamente à execução do procedimento, foi realizado um estudo piloto utilizando dois modelos fetais, com o objetivo de avaliar o decúbito mais adequado, a anatomia topográfica, a quantidade de insuflação necessária para uma distensão adequada da cavidade e os pontos de acesso mais apropriados. Foram utilizados instrumentos cirúrgicos básicos e um endoscópio rígido de 0°, 30cm de comprimento. Este estudo piloto permitiu aperfeiçoar o posicionamento dos trocartes, os ângulos de trabalho e a visualização da região duodenal, fornecendo informações essenciais para a padronização da técnica laparoscópica subsequente.

### **Duodenostomia guiada por laparoscopia com 3 portais de acesso**

Os modelos foram posicionados em decúbito dorsal para a realização da laparoscopia, utilizando três portais de acesso localizados na região ventral do abdome. O 1º portal, 10mm de diâmetro, foi inserido na região abdominal lateral direita, na linha da cicatriz umbilical, lateral à linha média, realizou-se uma pequena incisão na pele antes da inserção do trocar. Os outros 2 portais foram inseridos na fossa ilíaca esquerda, também lateral à linha média, um mais cranial e outro mais caudal que o portal óptico, ambos de 5 mm de diâmetro (Figura 1). A insuflação abdominal foi conduzida com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mantendo a pressão entre 6 e 10 mmHg.

Com a adequada visualização da cavidade abdominal, o segundo trocar foi inserido de forma videoassistida. Após a localização do abomaso, uma pinça Maryland foi utilizada para tracioná-lo e facilitar a identificação do duodeno (Figura 2). O terceiro portal foi usado para manipular e tracionar a porção duodenal, utilizando uma pinça Kocher, que auxiliou sua exposição. Com a região devidamente visualizada, a terceira incisão foi ampliada para permitir melhor visualização e exposição do duodeno. Em seguida, com o órgão exposto, realizou-se uma abertura na parede duodenal, utilizando um bisturi, por onde foi inserida uma sonda Foley

n° 18 (15 mL, 2 vias, 18 Fr/Ch,  $6.0 \pm 0.33$  mm diâmetro de orifício).



**Figura 1** Duodenostomia guiada por laparoscopia em cadáver fetal bovino. Disposição dos portais na região abdominal em um modelo posicionado em decúbito dorsal, primeiro trocarce através do qual o laparoscópio foi inserido e a mangueira de CO2 conectada (1°), segundo portal para o trocarce de inserção da pinça Maryland (2°), com dermorrafia e o terceiro para a pinça Kocher e posicionamento final da sonda Foley ao final do procedimento (3°). Cranial (Cr) e caudal (Cl).

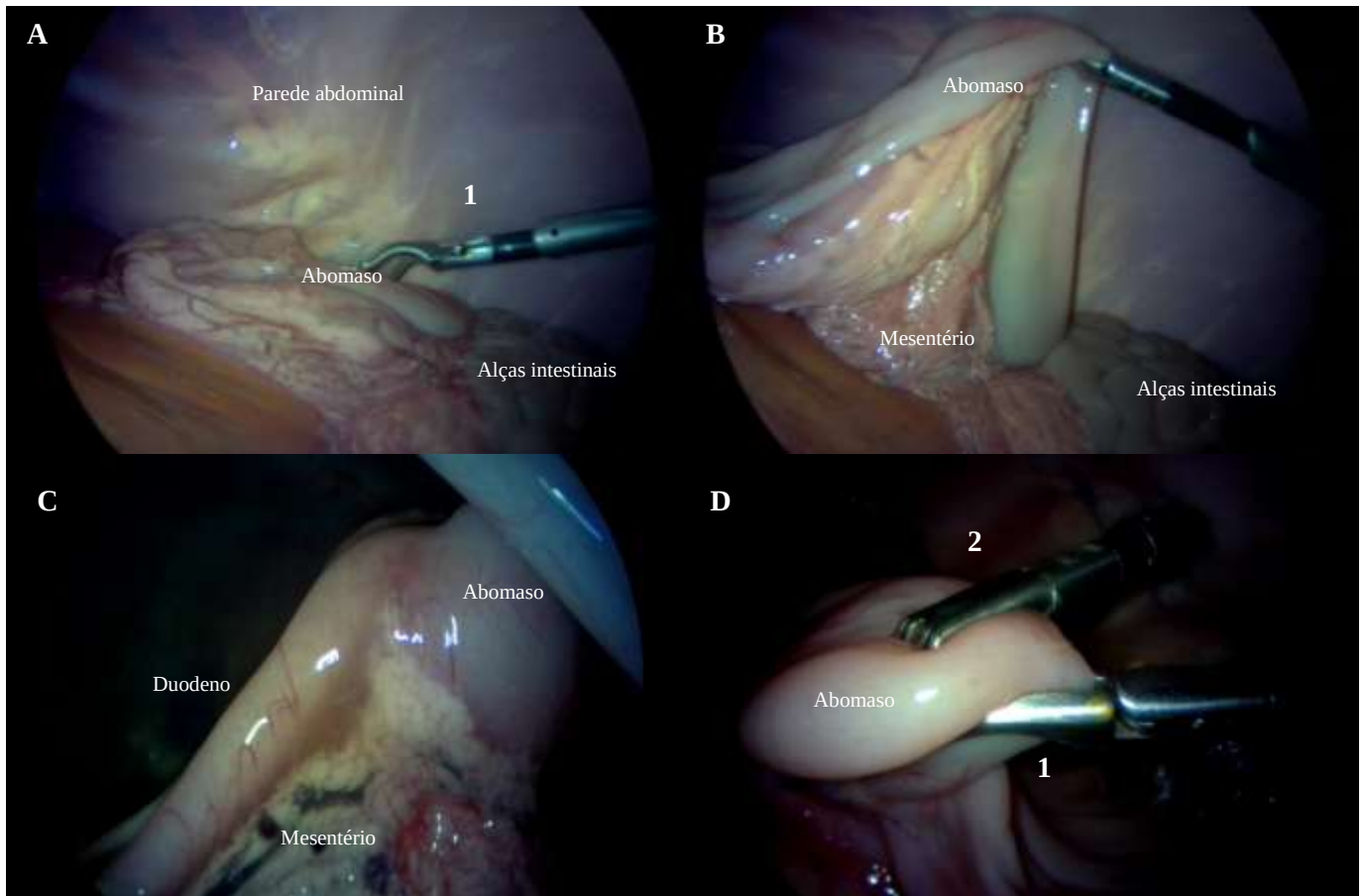


**Figura 2** Visão laparoscópica interna do procedimento. **A.** Pinça Maryland (1) realizando a apreensão do abomaso, após sua identificação assistida por vídeo. **B.** Tracionamento do abomaso para facilitar a localização do duodeno. **C.** Identificação do duodeno. **D.** Após identificação da porção duodenal a pinça Kocher (2) é utilizada para tracionar e expor o duodeno pelo 3º portal, permitindo melhor visualização e manipulação durante o procedimento.

A fixação da sonda ao duodeno foi realizada com uma sutura do tipo “bailarina”. Após a inserção da sonda Foley no duodeno, realizou-se a duodenopexia para fixação da porção duodenal à parede abdominal. Para isso, foram aplicados pontos tipo U cranial e caudal à abertura cirúrgica, envolvendo todas as camadas do duodeno, bem como a camada muscular e da pele da parede abdominal, assegurando a ancoragem do órgão à parede abdominal (Figura 3). A camada muscular foi fechada com ponto X interrompido, próximo à sonda e a pele com sutura intradérmica (Figura 4). Para o fechamento das outras duas incisões cirúrgicas foram feitas sutura em X interrompido para a camada muscular e U interrompido para a pele. Todas as suturas foram realizadas com nylon 2.0.

Após a fixação da sonda realizou-se o teste de estanqueidade, com a finalidade de verificar a integridade da sutura e a ausência de extravasamento pelo ponto de inserção. Para

isso, utilizou-se uma seringa de 20 mL acoplada à extremidade externa da sonda, por onde foi injetada lentamente solução fisiológica (NaCl 0,9%) até o preenchimento do segmento duodenal. Sob visualização laparoscópica direta, observou-se a área de sutura durante aproximadamente 20 segundos, mantendo-se insuflação estável da cavidade abdominal. A ausência de extravasamento de líquido ou formação de bolhas na região de fixação foi considerada indicativa de vedação adequada e sucesso da ancoragem.



**Figura 3** Visão intra-abdominal do duodeno após duodenostomia, com fixação da porção duodenal à parede abdominal

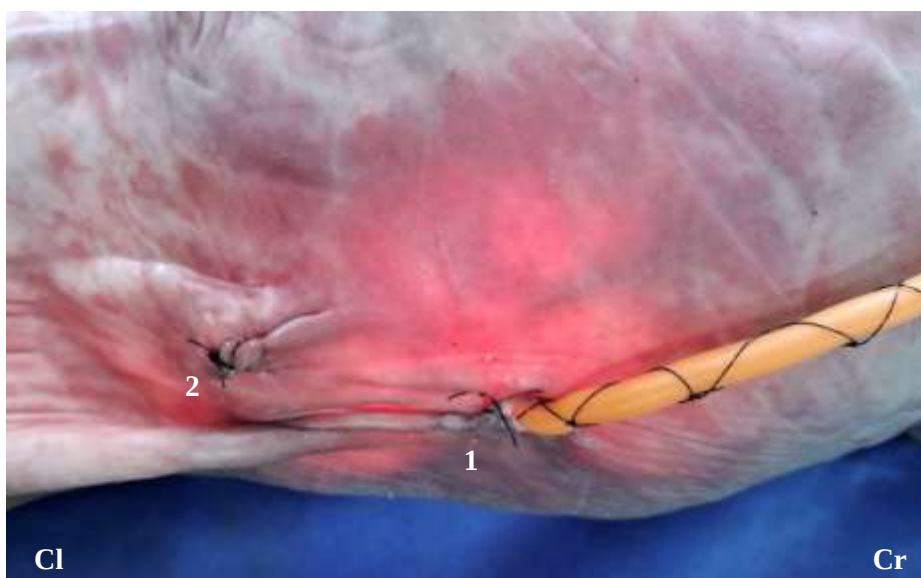


**Figura 4** Posição final da sonda Foley ao final do procedimento, demonstrando a fixação da sonda com

ponto em bailarina, associada à sutura intradérmica (1), para promover estabilidade e vedação ao redor do dispositivo, e, sutura em U para fechamento de um dos portais laparoscópicos (2). Cranial (Cr) e caudal (Cl).

Os tempos cirúrgicos (desde a inserção dos trocartes até a fixação final do duodeno) foram analisados quanto à normalidade da distribuição por meio do teste de Shapiro-Wilk. As análises estatísticas descritivas foram realizadas no software RStudio (versão 4.4.1), adotando-se nível de confiança de 95%. Diferenças foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

O estudo-piloto foi conduzido em dois modelos fetais, visando identificar referências anatômicas e ajustar posicionamentos dos portais. Durante esta fase, notou-se dificuldade inicial na exposição do duodeno, solucionada com reposicionamento do portal caudal. A avaliação do acesso ao órgão guiou a escolha definitiva dos portais utilizados na etapa principal. Não foram observadas complicações importantes, sendo o manuseio dos instrumentos e a triangulação revistas antes da padronização final.

Os modelos utilizados neste estudo apresentaram o duodeno com desenvolvimento anatômico compatível com bezerros próximos ao nascimento, o que permitiu a exploração detalhada da estrutura duodenal por meio da abordagem laparoscópica. O procedimento foi realizado com os animais posicionados em decúbito dorsal, com três portais de acesso que foram eficazes para garantir boa mobilidade dos instrumentos e visualização adequada.

A manipulação do duodeno foi feita com pinças laparoscópicas do tipo Maryland e Kocher, possibilitando tração precisa e sem trauma ao órgão. Essa abordagem facilitou sua exposição, canulação com a sonda Foley e posterior fixação à parede abdominal.

A instalação dos três portais laparoscópicos proporcionou um campo operatório amplo, permitindo a triangulação adequada dos instrumentos e realização eficiente da duodenostomia. A fixação do duodeno à parede abdominal ocorreu sem intercorrências, demonstrando boa estabilidade para execução do procedimento. A realização do teste de estanquidade confirmou a integridade da sutura e a ausência de extravasamento do conteúdo luminal (solução fisiológica), atestando a eficácia da vedação obtida. O tempo cirúrgico, avaliado desde a inserção dos trocartes até a finalização da fixação do duodeno à parede abdominal, variou entre 45,43 e 72,03 minutos, com média de  $54,83 \pm 8,41$  minutos (Gráfico 1). Observou-se uma tendência de redução progressiva do tempo cirúrgico ao longo das sucessivas duodenostomias realizadas. O teste de Shapiro-Wilk indicou que os dados de tempo cirúrgico seguem uma distribuição normal, com estatística  $W = 0,90416$  e valor- $p = 0,3148$  ( $p$

> 0,05).



**Gráfico 1** Redução progressiva do tempo cirúrgico ao longo das repetições, onde observa-se uma diminuição consistente do tempo necessário para a realização do procedimento, indicando melhoria da eficiência e consolidação da técnica com a prática.

## DISCUSSÃO

A técnica de duodenostomia guiada por laparoscopia demonstrou-se viável e segura nos modelos experimentais de fetos bovinos, contribuindo para o avanço da cirurgia minimamente invasiva aplicada ao trato digestório de ruminantes. O procedimento permitiu a visualização detalhada da anatomia abdominal e a manipulação precisa do duodeno, com inserção bem-sucedida da sonda Foley em todos os modelos. Esses achados reforçam a aplicabilidade da videolaparoscopia como ferramenta técnica eficiente e pouco invasiva na medicina veterinária de grandes animais (Borges *et al.*, 2021), alinhando-se às vantagens já reconhecidas dessa abordagem, como menor trauma cirúrgico, menor resposta inflamatória e recuperação mais rápida (Gurgel *et al.*, 2022; Bouré, 2005; Bleul *et al.*, 2005).

O tempo cirúrgico médio observado ( $54,83 \pm 8,41$  minutos) foi considerado satisfatório para uma técnica nova em desenvolvimento. Observou-se uma redução progressiva do tempo operatório ao longo das repetições, evidenciando uma curva de aprendizado típica de procedimentos laparoscópicos. Estudos anteriores mostram que as técnicas minimamente invasivas demandam mais tempo nas primeiras execuções, mas tornam-se progressivamente mais eficientes com o aumento da familiaridade do cirurgião com os instrumentos, ângulos de visão e coordenação visuomotora (Oviedo-Peñata *et al.*, 2020; Runge *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2019). Resultados semelhantes foram relatados por Franz; Hofer; Dadak (2024), que

associaram a redução de 25 a 70 % do tempo cirúrgico à melhora da destreza manual e da triangulação instrumental. Assim, a estabilização do tempo médio abaixo de 60 minutos neste estudo demonstra a viabilidade da técnica e reforça seu potencial para aplicação clínica rotineira, especialmente em ambientes já familiarizados com abordagens laparoscópicas (Hunt; Simons; Anderson, 2022).

A realização do estudo preliminar foi de grande importância para o desenvolvimento e consolidação da técnica. A análise anatômica permitiu não apenas a identificação de estruturas críticas e a definição de pontos de referência seguros, mas também a antecipação de possíveis dificuldades técnicas inerentes ao procedimento. Foi possível identificar os principais órgãos envolvidos, a importância do duodeno como primeira porção do intestino delgado e a relação com órgãos adjacentes, como o pâncreas, fígado e estômago. Assim, o conhecimento adquirido nesta fase possibilitou a elaboração de um plano cirúrgico, baseado em evidências anatômicas e princípios de segurança

A organização dos portais laparoscópicos e a posição em decúbito dorsal foram importantes para a implementação da técnica, pois proporcionaram triangulação adequada dos instrumentos, campo operatório amplo e boa visualização das estruturas. A disposição anatômica do duodeno, que emerge do piloro e contorna o pâncreas, foi respeitada e explorada de forma segura (Dyce; Sack; Wensing, 2009), utilizando o abomaso como referência anatômica, estratégia já validada por Zhang *et al.* (2016) em ovinos durante canulações laparoscópicas. Em bezerras, adaptações topográficas são necessárias, uma vez que a anatomia abdominal ainda está em desenvolvimento e apresenta maior mobilidade e menor volume visceral em comparação aos adultos (Smith, 2014).

Em comparação com abordagens abertas convencionais de duodenostomia, que requerem incisões amplas e têm maior risco de contaminação, a técnica laparoscópica proposta reduz significativamente o trauma cirúrgico e oferece melhor controle intra-abdominal. Ainda que técnicas endoscópicas tenham sido exploradas em pequenos ruminantes, nenhuma alternativa minimamente invasiva para acesso duodenal foi descrita para bovinos (Bouré, 2005; Vogel *et al.*, 2012, Hackett *et al.*, 2018, Monteiro *et al.*, 2021).

A anatomia do duodeno foi investigada nos modelos experimentais e permitiu a identificação dos pontos de referência que foram importantes para a técnica. O duodeno foi visualizado na laparoscopia, possibilitando o posicionamento dos portais na linha da cicatriz umbilical (lateral à linha média) e na fossa ilíaca esquerda para formar a triangulação. A localização do abomaso foi um ponto de referência anatômico importante para a identificação do duodeno. Apesar das diferenças anatômicas entre animais jovens e adultos, o diâmetro e

mobilidade do duodeno foram adequados para a incisão e inserção da sonda Foley, com pouco risco às estruturas adjacentes.

O estudo também demonstrou que a realização da duodenostomia é tecnicamente possível na primeira porção do duodeno, região que apresentou boa acessibilidade e espessura de parede compatível com a confecção do orifício e a fixação da sonda. Essa constatação reforça o potencial dessa área como ponto anatômico preferencial para o desenvolvimento e aprimoramento de futuras abordagens laparoscópicas voltadas ao trato digestório proximal de ruminantes.

A utilização da sonda Foley, a qual apresenta um diâmetro aproximado de  $6,0 \pm 0,33$  mm considerou os valores descritos na literatura, onde o diâmetro normal do duodeno em bovinos adultos varia entre 1,0 e 5,5 cm, enquanto em bezerros jovens os valores oscilam entre 1,8 e 2,4 cm, dependendo da porção avaliada (Yoshimura *et al.*, 2022; Padel-Gschwind *et al.*, 2004). Estes dados indicam que o calibre da sonda utilizada se encontra abaixo do limite máximo do diâmetro duodenal, minimizando, assim, o risco de lesão ou distensão excessiva da alça intestinal durante a inserção. No entanto, em situações específicas, como em animais de menor porte, é recomendável a utilização de sondas de menor calibre.

O uso de fetos bovinos oriundos de abates acidentais respeita os princípios dos 3Rs (redução, refinamento e substituição), propostos por Russel e Burch (1959), além de representar uma alternativa ética e viável para treinamento cirúrgico e validação de novas técnicas. No entanto, existem limitações inerentes ao uso desse modelo experimental, como impossibilidade de avaliar a funcionalidade duodenal após a intervenção, resposta inflamatória, cicatrização tecidual e eventuais complicações pós-operatórias, como estenoses ou aderências (Silva *et al.*, 2005). Essas variáveis são essenciais para definir a aplicabilidade clínica da técnica, o que reforça a necessidade de estudos controlados com animais vivos.

Estudos conduzidos por Raiser *et al.* (1997) demonstram importantes avanços na tecnologia de fistulação intestinal para o acompanhamento da digestão nos ruminantes. Diferentes modelos de cânulas, como as em T (Komarek, 1981), as de reentrada (Robinson *et al.*, 1985) e as em duplo L (Streeter *et al.*, 1991), apresentam vantagens e limitações específicas relacionadas à invasividade cirúrgica, manutenção da integridade intestinal e reação tecidual. Dentre esses modelos, a cânula em duplo L elaborada por Streeter *et al.* (1991) mostrou menor desgaste e irritação local, reduzindo a proliferação fibrosa e, consequentemente, o comprometimento da musculatura intestinal. Entretanto, procedimentos clássicos ainda envolvem anestesia geral, laparotomias extensas, riscos de erosão tecidual e necessidade prolongada de antibioticoterapia, o que eleva os custos e os riscos para os animais.

Neste contexto, o uso da laparoscopia surge como uma alternativa para a fistulação do duodeno, possibilitando incisões menores, minimizando o trauma e a manipulação dos tecidos, além de reduzir o tempo cirúrgico e os riscos associados à anestesia geral prolongada. Procedimentos laparoscópicos podem proporcionar maior precisão na fixação das cânulas e menor proliferação fibrosa local, devido à menor agressividade da técnica, conforme experiências prévias em cirurgias veterinárias minimamente invasivas (Borges *et al.*, 2021). Assim, a técnica laparoscópica não só melhora o bem-estar animal como também reduz custos e complicações pós-operatórias, tornando-se uma ferramenta eficiente para estudos nutricionais detalhados e experimentais no trato gastrointestinal dos ruminantes.

A duodenostomia laparoscópica pode representar uma abordagem inovadora e eficaz para múltiplas aplicações clínicas e experimentais. Em bovinos com obstruções duodenais causadas por corpos estranhos, estenoses ou atresias, a técnica pode permitir uma intervenção menos traumática, com menor tempo de recuperação e menor risco de contaminação, quando comparada às abordagens convencionais (Hackett *et al.*, 2018; Wilson; Ferguson, 1984). Além disso, a técnica tem potencial para viabilizar a coleta de amostras de conteúdo duodenal em estudos fisiológicos, microbiológicos ou farmacocinéticos, com menor impacto para o animal, facilitando o monitoramento e o uso de desenhos experimentais com maior controle (Beauchemin *et al.*, 2022; Virgínio Júnior; Bittar, 2021).

A duodenostomia pode também ser explorada como via alternativa para administração direta de nutrientes, soluções eletrolíticas ou medicamentos em animais com disfunções de motilidade gástrica, evitando os riscos associados à sonda orogástrica ou alimentação oral em casos de íleo, deslocamentos ou refluxo (Da Silva Oliveira *et al.*, 2019; Navarre; Roussel, 1996). Técnicas similares de canulação do trato gastrointestinal proximal já demonstraram segurança e eficácia em ruminantes (Raiser *et al.*, 1997; Gurgel *et al.*, 2022), e a aplicação laparoscópica poderia agregar maior precisão e menor risco de contaminação abdominal.

Embora muitas técnicas desenvolvidas possam ser adaptadas para bovinos adultos, este estudo concentrou-se em bezerros. A escolha foi motivada por demandas específicas de pesquisas experimentais voltadas à nutrição, digestibilidade e colonização microbiana. Bezerros apresentam maior adaptabilidade intestinal e microbiana, favorecendo intervenções como o uso de probióticos e transplante microbiano, além de facilitar a amostragem duodenal com menor risco e maior precisão (Saro *et al.*, 2018; Shen *et al.*, 2024). Eles são modelos ideais para pesquisas, permitindo técnicas como transplante microbiano e amostragem duodenal com menor risco e maior precisão. A extrapolação da técnica para bovinos adultos exigiria adaptações cirúrgicas e instrumentais, além de envolver riscos e desafios anestésicos, que

extrapolam os objetivos desse estudo.

Por fim, destaca-se que a literatura ainda carece de estudos clínicos em ruminantes vivos voltados ao trato intestinal, especialmente envolvendo o duodeno. A maioria dos relatos envolvendo videolaparoscopia refere-se ao rúmen e abomaso. A escassez de protocolos padronizados para laparoscopia entérica dificulta a consolidação de técnicas seguras e reprodutíveis. Este trabalho contribui significativamente ao propor uma técnica detalhada, com descrição minuciosa de etapas, instrumentais e posicionamentos, oferecendo subsídios importantes para o avanço da cirurgia minimamente invasiva em ruminantes.

## CONCLUSÃO

A duodenostomia laparoscópica em fetos bovinos mostrou-se viável e passível de padronização. O desenvolvimento da técnica confirmou a possibilidade de acesso minimamente invasivo ao duodeno, com curva de aprendizado estável e aplicabilidade potencial em ruminantes jovens. Apesar das limitações inerentes ao uso de cadáveres, o modelo foi essencial para validação anatômica e treinamento técnico, oferecendo base concreta para experimentos com animais vivos e aplicação didática em ensino de videocirurgia veterinária

## Agradecimentos

À FAPESPA, pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudo. Ao VOR/UFGA, ao Instituto de Medicina Veterinária e a todos que contribuíram com esta instituição durante o período de pesquisa. Aos colegas, técnicos e docentes pelo apoio essencial à execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, A. Q.; *et al.* Epidemiological and anatomopathological findings of type 1 and 2 abomasum ulcers in cattle with different comorbidities. *Ciência Animal Brasileira*, v. 24, e74772, 2023.
- BABKINE, M.; *et al.* Ventral laparoscopic abomasopexy on adult cows. *Canadian Veterinary Journal*, v. 47, n. 4, p. 343–348, 2006.
- BARROS, F. F. P. C.; *et al.* Single-port laparoscopic ovariectomy using a pre-tied loop ligature in Santa Ines ewes. *Ciência Rural*, v. 45, n. 11, p. 2033–2038, 2015.
- BEAUCHEMIN, K. A.; *et al.* Invited review: current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, v. 105, n. 12, p. 9297–9326, 2022.
- BLEUL, U.; HOLLENSTEIN, K.; KÄHN, W. Laparoscopic ovariectomy in standing cows. *Animal Reproduction Science*, v. 90, p. 193–200, 2005.

- BORGES, L. P. B. *et al.* Videocirurgia e endoscopia: uma realidade para os ruminantes. *Revista Brasileira de Buiatria - Clínica Cirúrgica*, v. 3, n. 6, 2021.
- BOURÉ, L. General principles of laparoscopy. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 21, p. 227–249, 2005.
- CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J. Ruminal fistulation and cannulation: a necessary procedure for the advancement of biotchenological research in ruminants. *Animals*, v. 11, p. 1870, 2021.
- CHEN, C.; *et al.* Development and evaluation of a high-fidelity canine laparoscopic ovariectomy model for surgical simulation training and testing. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 254, n. 1, p. 113–123, 2019.
- CHIESA, O. A.; *et al.* One-port video-assisted laparoscopic kidney biopsy in standing steers. *Research in Veterinary Science*, v. 87, p. 133–134, 2009.
- DA SILVA OLIVEIRA, V.; *et al.* Desenvolvimento e fisiologia do trato digestivo de ruminantes. *Ciência Animal*, v. 29, n. 3, p. 114–132, 2019.
- DUARTE, A. L. L.; *et al.* Laparoscopic-assisted hepatic biopsy with tru-cut needle in caprines. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, n. 1, p. 12–19, 2009.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. Textbook of veterinary anatomy. 4. ed. Saunders, 2009.
- FRANZ, S.; HOFER, L.; DADAK, A. M. The role of endoscopy in bovine internal medicine: a review of current indication fields. *The Veterinary Journal*, v. 304, 106093, 2024.
- HACKETT, E. S.; *et al.* Duodenoduodenostomy for obstruction of the sigmoid flexure of the duodenum in cattle. *Veterinary Surgery*, v. 47, n. 5, p. 623–628, 2018.
- HUNT, J. A.; SIMONS, M. C.; ANDERSON, S. L. If you build it, they will learn: a review of models in veterinary surgical education. *Veterinary Surgery*, v. 51, n. 1, p. 52–61, 2022.
- KLEIN, C.; *et al.* A new technique of laparoscopic biopsy sampling of the small intestine in calves and sheep. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, v. 89, n. 10, p. 291–301, 2002.
- KOMAREK, Ri. Intestinal cannulation of cattie and sheep with a T-shaped cannula designed for total digesta coliection without externalizing digesta flow. *Journal of Animal Science*, Champaign, IL., **v.53**, n.3, p.796-802,1981.
- MARQUES, A. L. A. *et al.* Enfermidades do sistema digestório de bovinos da região semiárida do Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 38, n. 3, p. 407–416, 2018.
- MONTEIRO, F. D. O.; *et al.* Intra abdominal resection of the umbilical vein and urachus of bovine fetuses using laparoscopy and celiotomy: surgical time and feasibility (cadaveric study). *Scientific Reports*, v. 11, 5328, 2021.
- NAVARRE, C. B.; ROUSSEL, A. J. Gastrointestinal motility and disease in large animals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v. 10, n. 2, p. 51–59, 1996.

OLIVEIRA, V. D. S.; SANTOS, A. C. P.; VALENÇA, R. L. Desenvolvimento e fisiologia do trato digestivo de ruminantes. *Ciência Animal*, v. 29, n. 3, p. 114–132, 2023.

OVIEDO-PENATA, C. A.; *et al.* Validation of training and acquisition of surgical skills in veterinary laparoscopic surgery: a review. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 7, 306, 2020.

PADEL-GSCHWIND, D.; STOCKER, H. Sonographic examinations of the intestines in calves. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, v. 146, p. 173–181, 2004.

RUNGE, J. J.; *et al.* Evaluation of the learning curve for a board-certified veterinary surgeon performing laparoendoscopic single-site ovariectomy in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 245, n. 7, p. 828–835, 2014.

RAISER, A. G.; *et al.* Técnica operatória de fistulação do duodeno proximal em terneiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n. 8, p. 747-751, 1997.

SANTOS, G. M. A.; *et al.* Minimally invasive video-assisted rumenostomy in sheep. *Small Ruminant Research*, v. 167, p. 78–81, 2018.

SANTOS, M. L. *et al.* Processo digestivo em ruminantes e tecnologias de monitoramento utilizadas em rebanhos leiteiros: revisão. *Pubvet*, v. 18, n. 10, e1670, 2024.

SANTOS, G. M. *et al.* Percutaneous ruminostomy guided by rumenoscapy: study in an experimental model in bovine fetus. *BMC Veterinary Research*, v. 18, p. 41–47, 2022.

SARO, C.; *et al.* Effectiveness of interventions to modulate the rumen microbiota composition and function in pre-ruminant and ruminant lambs. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, art. 1273, p. 1-16, 2018.

SHEN, Y.; *et al.* Early microbial intervention reshapes phenotypes of newborn *Bos taurus* through metabolic regulations. *GigaScience*, v. 13, art. giad118, p. 1-14, 2024.

SILVA, J. R. B.; *et al.* Ultrasound with laparoscopy for the diagnosis of abdominal disorders in cattle. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 41, e06845, 2021.

SILVA, L. A. F.; *et al.* Rumenotomia em bovinos: uso da paramentação e de oxitetraciclina parenteral na profilaxia de complicações pós-operatórias. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 611–617, 2005.

SMITH, B. P. Large animal internal medicine. 5. ed. Elsevier Saunders, 2014.

STREETER, M.N. *et al.* Technical note: a double L intestinal cannula for caule. *Journal of Animal Science*, Champaign, IL., v.69, p.260I-2€07, 1991.

ROBINSON, Vil.; SMITI-I, D.F.; SNIFFEN, C.J. Development of a one-piece reentrant cannula for the proximal duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, IL., v.68, p.986-995, 1985

TEIXEIRA, P. P. M.; *et al.* Ovariectomy by laparotomy, a video-assisted approach or a

complete laparoscopic technique in Santa Ines sheep. *Small Ruminant Research*, v. 99, p. 199–202, 2011.

TEIXEIRA, P. P. M.; *et al.* Two-stage rumenostomy in buffaloes. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 42, n. 1, p. 1–5, 2014.

VOGEL, S. R.; *et al.* Duodenal obstruction caused by duodenal sigmoid flexure volvulus in dairy cattle: 29 cases (2006–2010). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 241, n. 5, p. 621–625, 2012.

VIRGÍNIO JÚNIOR, G. F.; BITTAR, C. M. M. Microbial colonization of the gastrointestinal tract of dairy calves: a review of its importance and relationship to health and performance. *Animal Health Research Reviews*, p. 1–12, 2021.

WILSON, A. D.; FERGUSON, J. G. Use of flexible fiberoptic laparoscope as a diagnostic aid in cattle. *Canadian Veterinary Journal*, v. 25, n. 6, p. 229–234, 1984.

YOSHIMURA, N.; *et al.* Efficacy of abdominal ultrasonography for differentiation of gastrointestinal diseases in calves. *Animals*, v. 12, n. 19, p. 2489, 20 set. 2022. DOI: 10.3390/ani12192489.

ZHANG, S.; HAO, M.; MA, Y. Comparison of laparoscopic and traditional abomasal cannulation in sheep. *Journal of Veterinary Research*, v. 60, n. 1, p. 113–117, 2016.