

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
CURSO DE BACHARELADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

Mariana Teran Silva

**ALTERNATIVA BIODEGRADÁVEL PARA MATERIAIS DE CONSUMO
UTILIZADOS NA REPRODUÇÃO ANIMAL**

BAMBUÍ-MG
2025

MARIANA TERAN SILVA

**ALTERNATIVA BIODEGRADÁVEL PARA MATERIAIS DE CONSUMO
UTILIZADOS NA REPRODUÇÃO ANIMAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Amanda Soriano Araújo Barezani

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Bambuí*

S586a Silva, Mariana Teran.

Alternativa biodegradável para materiais de consumo utilizados na reprodução animal [manuscrito] / Mariana Teran Silva. – 2025.
41 f. : il.

Orientadora: Amanda Soriano Araújo Barezani. Coorientadora:
Ariane Flávia do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. Sustentabilidade. 2. Biopolímero. 3. Reprodução. 4. Luvas de palpação. I. Barezani, Amanda Soriano Araújo. II. Nascimento, Ariane Flávia do. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. IV. Título.

CDD 591.192

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022

MARIANA TERAN SILVA

**ALTERNATIVA BIODEGRADÁVEL PARA MATERIAIS DE CONSUMO
UTILIZADOS NA REPRODUÇÃO ANIMAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Medicina Veterinária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do grau de bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Amanda Soriano Araújo Barezani

Aprovado em: 10/02/2025 pela banca examinadora:

Prof^a. Dra. Amanda Soriano Araújo Barezani (Orientadora)

Prof^a. Dra. Ariane Flávia do Nascimento (Coorientadora)

Candice Mara Bertonha

Gustavo Augusto Lacorte

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Gaby e Vladimir, e à minha irmã, Anna, pelo amor e apoio incondicional. Agradeço à Bruna pelo incentivo constante. Agradeço à orientadora, Amanda, e à coorientadora, Ariane pela excelente orientação e dedicação. Foram imprescindíveis para a realização deste estudo.

Agradeço ao professor Herman e à pós-doutora Nádia pelas valiosas contribuições e pela disposição em compartilhar seus conhecimentos. Sem vocês, não teria sido possível concluir esta etapa importante da minha vida.

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam na
necessidade e viabilidade de uma pecuária sustentável.

RESUMO

A biotecnologia tem contribuído imensamente para a melhoria dos índices reprodutivos na pecuária. Muitos são os materiais de consumo utilizados durante estes procedimentos como luvas de palpação, pipetas, camisas sanitárias e bainhas de inseminação, todos são eles descartados após único uso. O descarte desses materiais passa a constituir um problema ambiental não só pela possível veiculação de microrganismos patogênicos (classificados como grupo A de resíduos sólidos de saúde), mas, principalmente, pelo longo tempo de decomposição na natureza, já que todos os produtos nacionais disponíveis no mercado são confeccionados com polímeros plásticos não biodegradáveis. Os polímeros de polietileno utilizados na fabricação destes, quando degradados no meio ambiente, dão origem a micropartículas conhecidas como microplástico (MP). Os MPs são partículas sólidas que, se presentes nos ecossistemas naturais, podem incorporar aos tecidos animais por meio da ingestão ou da respiração, pois os impactos à saúde humana e biodiversidade ainda não podem ser mensurados. Torna-se então importante a proposta da produção destes materiais a partir de uma matéria prima sustentável, biodegradável. Assim, objetivou-se com este trabalho, a definição de um biopolímero que atendesse às características físicas e biológicas necessárias para a produção de materiais de consumo para uso na prática veterinária como luvas de palpação e camisa sanitárias biodegradáveis. A metodologia se constituiu em seleção e desenvolvimento do biopolímero a ser utilizada, que atenda às especificações físicas de resistência, flexibilidade, pois são realizados testes de fração gel e grau de intumescimento. O biopolímero selecionado foi submetido a teste de espermiotoxicidade *in vitro* para atender especificações biológicas de atoxicidade, foram realizados testes de motilidade espermática e integridade de membrana de espermatozoides. Posteriormente foi desenvolvido o protótipo de uma luva de palpação, passando pelo ensaio de tensão-deformação para avaliar sua resistência e capacidade tátil. O biopolímero selecionado foi eficiente, apresentando ótima aplicabilidade, e o protótipo foi desenvolvido com sucesso, os quais atendem às exigências necessárias.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Biopolímero. Reprodução. Luvas de palpação

ABSTRACT

Biotechnology has greatly contributed to improving reproductive rates in livestock farming. Many consumable materials are used during these procedures, such as palpation gloves, pipettes, sanitary sleeves, and insemination sheaths, all of which are discarded after a single use. The disposal of these materials has become an environmental problem not only due to the potential spread of pathogenic microorganisms (classified as group A health solid waste), but mainly because of their long decomposition time in nature, as all available domestic products on the market are made from non-biodegradable plastic polymers. The polyethylene polymers used in the manufacture of these materials, when degraded in the environment, give rise to microparticles known as microplastics (MP). MPs are solid particles that, if present in natural ecosystems, can be incorporated into animal tissues through ingestion or respiration, and the impacts on human health have yet to be measured. It then becomes important to propose the production of these materials from a sustainable, biodegradable raw material. Thus, the objective of this work was to define a biopolymer that meets the physical and biological characteristics necessary for the production of consumable materials for use in veterinary practice, such as biodegradable palpation gloves and sanitary sleeves. The methodology consisted of selecting and developing the biopolymer to be used, which meets the physical specifications of resistance and flexibility, with tests for gel fraction and swelling degree being conducted. The selected biopolymer was subjected to *in vitro* spermotoxicity testing to meet biological specifications for non-toxicity, with tests for sperm motility and sperm membrane integrity. Subsequently, a palpation glove prototype was developed, undergoing tension-deformation tests to evaluate its resistance and tactile capability. The selected biopolymer was efficient, presenting excellent applicability, and the prototype was successfully developed, meeting the necessary requirements.

Keywords: Sustainability. Biopolymer. Reproduction. Palpation gloves

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Componentes vagina artificial	16
Figura 2– Vagina artificial preparada	17
Figura 3 – Luva de palpação retal confeccionada a partir de EVA siliconado	18
Figura 4 – Luva comparativa_01.....	24
Figura 5 – Largura em cm do local de inserção do braço na Luva comparativa_01.....	25
Figura 6 – Largura em cm local “posição antebraço” Luva comparativa_01.....	25
Figura 7 – Largura em cm do local “posição punho” Luva comparativa_01.....	25
Figura 8 – Distância em cm da ponta do dedo mínimo a ponto do polegar Luva comparativa_01.....	25
Figura 9 – Paquímetro digital FORTGOPRO	26
Figura 10- Luva comparativa_02	26
Figura 11 – Largura em cm do local de inserção do braço na Luva comparativa_02.....	26
Figura 12 – Largura em cm local “posição antebraço” Luva comparativa_02	27
Figura 13 – Largura em cm do local “posição punho” Luva comparativa_02	27
Figura 14 – Distância em cm da ponta do dedo mínimo a ponto do polegar Luva comparativa_02.....	27
Figura 15 – Seladora a vácuo de bancada CCVS	28
Figura 16 – Manequim “Método Shiva treinamento para inseminadores”	29
Figura 17 – Protótipo luva de palpação.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Separação dos grupos <i>Pool A</i> e <i>Pool B</i> em subgrupos de filme comercial e filme teste (biopolímero).....	22
Tabela 2 – Taxa de motilidade espermática <i>Pool A</i>	30
Tabela 3 – Taxa de motilidade espermática <i>Pool B</i>	31
Tabela 4 – Resultados integridade de membrana dos espermatozoides - <i>Pool A</i>	32
Tabela 5 – Resultados integridade de membrana dos espermatozoides - <i>Pool B</i>	32
Tabela 6 – Resultados de média e desvio padrão dos testes de motilidade espermática e integridade de membrana dos espermatozoides, comparando mucosa teste e mucosa comercial.....	36

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	14
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Problemas relacionados ao uso de polímeros petroquímicos na reprodução animal.....	15
2.2 Uso de mucosa plástica descartável na inseminação artificial	16
2.3 Uso da luva de palpação retal na reprodução animal.....	17
2.4 Alternativas à utilização de polímeros petroquímicos para materiais descartáveis	18
3. METODOLOGIA	20
3.1 Seleção e desenvolvimento do biopolímero	20
3.1.1 Preparo dos filmes	20
3.1.2 Teste Grau de Intumescimento	21
3.1.3 Teste de Fração Gel.....	21
3.2 Análise de espermiotoxicidade in vitro.....	22
3.2.1 Motilidade espermática dos Pools.....	23
3.2.2 Análise de integridade de membrana	24
3.2.3 Análise estatística	24
3.3 Preparo do protótipo.....	25
3.4 Teste de resistência e análise tátil da luva em manequim.....	29
3.5 Teste de resistência e análise tátil da luva em fêmea bovina	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Seleção e desenvolvimento do biopolímero	30
4.2 Teste de espermiotoxicidade in vitro	31
4.2.1 <i>Motilidade espermática</i>	31
4.2.2 <i>Integridade de membrana espermática</i>	32
4.2.2 Análise estatística	Erro! Indicador não definido.
4.3 Protótipo da luva	34
4.4 Resistência e análise tátil da luva em manequim.....	35
4.5 Resistência e análise tátil da luva em fêmea bovina	35
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
7. ANEXOS	41

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o aumento da demanda por produtos de origem animal, sem o aumento dos recursos necessários à produção, torna o aumento da eficiência reprodutiva um dos caminhos para a sustentabilidade da pecuária. As técnicas para melhorar a reprodução são importantes quando se considera que os produtos alimentares de origem animal dependem da capacidade de reprodução das espécies. Para atender às demandas de redução do impacto ambiental gerado pela atividade pecuária e gerar produtos alimentícios de alta qualidade, as ferramentas de biotecnologia são vitais para sistemas sustentáveis de produção pecuária (HERNANDEZ e GIFFORD, 2013).

Para viabilizar as biotecnologias da reprodução são utilizados materiais de consumo de natureza descartável, como luvas de palpação, pipetas, bainhas de inseminação, camisas sanitárias, palhetas, dentre outros. Um dos materiais mais utilizados é a luva de palpação retal. A luva de palpação é utilizada para o exame ginecológico, diagnóstico de gestação, exame andrológico e durante a aspiração folicular para obtenção de oócitos (CHRISTIANSEN, 2021). As luvas de palpação disponíveis no mercado brasileiro são constituídas de polietileno ou etileno acetato de vinila (EVA) siliconado, ambos derivados do petróleo (ARANTES, 2020).

A inseminação artificial (IA) é a biotecnologia mais difundida mundialmente na produção animal (AURICH, 2012). Uma das etapas da inseminação artificial consiste na coleta do sêmen do reprodutor. Essa coleta é feita, majoritariamente, com uma vagina artificial (HURTGEN, 2009). Um dos materiais de consumo utilizado neste procedimento é uma mucosa plástica descartável, que permite maior segurança nesse processo, evitando possíveis contaminações e, conseqüentemente, complicações.

As mucosas plásticas disponíveis no mercado brasileiro são produzidas a partir do polietileno, um polímero petroquímico, estável e não biodegradável, que resiste à decomposição natural, gerando resíduos sólidos, ameaçando à sustentabilidade ambiental e a saúde humana e animal (YAO *et al.*, 2022). Após o uso, as mucosas plásticas descartáveis são classificadas como Resíduos Sólidos de Saúde (RSS) devido a possível presença de agentes biológicos nas amostras coletadas (ANVISA, 2004).

Atualmente existem alternativas biodegradáveis aos polímeros de petróleo disponíveis no mercado, no entanto não são utilizados para a confecção dos materiais de consumo de uso na reprodução animal. Muitos dos polímeros biodegradáveis têm boa propriedade de formação de filme, tornando-os adequados para aplicações em diversos

produtos (VELDE, 2002). Além disso, seu uso protege o meio ambiente para as futuras gerações, o qual obtém como base um desenvolvimento sustentável, preservação ambiental, conservação da biodiversidade, segurança aos seres humanos e ao abastecimento de alimentos (REDDY *et al.*, 2014; SANTOS 2021).

1.2 Justificativa

Na observância pode se notar que a crescente e ampla utilização das biotecnologias aplicadas à reprodução animal, somada ao grande volume de materiais descartáveis gerados no processo, como as luvas de palpação retal e as camisinhas sanitárias, torna-se imprescindível a busca por alternativas sustentáveis para a confecção destes materiais.

Considerando o cenário atual e os avanços nas áreas de sustentabilidade e inovação tecnológica, a utilização de materiais biodegradáveis representa uma solução eficiente para minimizar a geração de resíduos e reduzir o impacto ambiental das práticas de reprodução animal. A introdução dessas alternativas sustentáveis não apenas contribuirá para a preservação do meio ambiente, mas também beneficiará a saúde dos animais e seres humanos, ao eliminar riscos de contaminação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolvimento do biopolímero a ser utilizado como matéria-prima na fabricação de materiais de consumo utilizados na reprodução animal, principalmente em luvas de palpação retal e camisinhas sanitárias.

1.3.2 Objetivos específicos

- Assegurar que o biofilme desenvolvido seja seguro e não tóxico a espermatozoides.
- Verificar a resistência mecânica e a sensibilidade tátil do biofilme desenvolvido, garantindo sua funcionalidade no uso prático.
- Criar um protótipo de luva de palpação retal utilizando o biopolímero desenvolvido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Problemas relacionados ao uso de polímeros petroquímicos na reprodução animal

As biotecnologias têm desempenhado um papel fundamental na melhoria dos índices reprodutivos da pecuária, impulsionando avanços significativos na eficiência desses processos. No entanto, materiais consumíveis são amplamente utilizados durante esses procedimentos, como luvas de palpação, pipetas, camisas sanitárias e bainhas de inseminação.

Os produtos disponíveis no mercado nacional são confeccionados com polímeros plásticos constituindo um problema ambiental. Embora forneçam uma série de benefícios, estes polímeros se degradam em microplásticos (MPs) que podem se espalhar no solo e serem facilmente absorvidos por organismos devido ao seu pequeno tamanho, sendo posteriormente transportados pela cadeia alimentar.

Notavelmente, MPs já foram encontrados na placenta humana, fezes e sangue, demonstrando os perigos potenciais de MPs para a saúde humana. Foi evidenciado que MPs oriundos da degradação de polímeros petroquímicos têm toxicidade reprodutiva em vários ecossistemas em laboratório. No entanto, há uma ausência de investigação sobre a toxicidade reprodutiva causada por MPs nos ecossistemas atuais, o que poderia fornecer subsídios para o manejo da espécie (YUAN *et al.*, 2022).

Os resíduos plásticos, quando não destinados corretamente, podem atingir os cursos d'água, inclusive o mar (LI *et al.*, 2016). Pesquisas mostraram que invertebrados marinhos ingerem partículas plásticas microscópicas. Poliquetas, bivalves, todos os equinodermos e copépodes, em pelo menos um estágio da vida, absorvem microplásticos do ambiente (COLE *et al.*, 2011; GRAHAM e THOMPSON, 2009, WARD e SHUMWAY, 2004). No ambiente marinho, os MPs prejudicam os processos fotossintéticos, o crescimento de microalgas e se acumulam ao longo da cadeia alimentar (SJOLLEMA *et al.*, 2016; BITERCOURT BELO *et al.*, 2021).

Além de causarem impacto ambiental, as mucosas plásticas descartáveis são consideradas Resíduos Sólidos de Saúde (RSS), pois podem conter agentes biológicos presentes nas amostras coletadas (ANVISA, 2004). Os gêneros de bactérias mais presentes em amostras de sêmen são membros dos filos Actinobacteria (*Corynebacterium*), Bacteroidetes (*Prevotella*), Firmicutes (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Planococcaceae*, *Finexordia*) e Proteobacteria (*Haemophilus*, *Burkholderia*) (BAUD *et al.*, 2019).

Pseudomonas Aeruginosa, *Klebsiella Pneumoniae*, *Taylorella* são ocasionalmente encontradas (AL-KASS *et al.*, 2019).

Na produção animal e na pesquisa de reprodução animal, a possível toxicidade reprodutiva de produtos plásticos descartáveis precisa ser considerada (PELTONIEMI *et al.*, 2022). Produtos usados para inseminação, como pipetas, luvas ou consumíveis de laboratório frequentemente contêm toxinas (LIERMAN *et al.*, 2007; NIJS *et al.*, 2009).

2.2 Uso de mucosa plástica descartável na inseminação artificial

A inseminação artificial (IA) é a biotecnologia reprodutiva mais empregada em todo o mundo (MARTINS *et al.*, 2009; BARUSELLI *et al.*, 2019). A técnica permite a utilização do sêmen de animais geneticamente superiores, colaborando para melhorar a quantidade e a qualidade de carne e leite produzida (BARUSELLI *et al.*, 2019). Além disso, permite avaliar o sêmen colhido; transportar esse sêmen a longas distâncias, permitindo a expansão do uso de reprodutores de alto valor genético; preservar linhagens por meio da utilização do sêmen de animais que já morreram, a partir do uso de seu sêmen congelado; permite uma maior cobertura de número de éguas e vacas por um garanhão e reprodutor só; reduz o risco de transmissão de doenças sexuais (BASTOS, 2017).

A técnica compreende a coleta de sêmen de um macho e, posteriormente, a transferência desse sêmen para uma fêmea sexualmente receptiva no momento da ovulação (MOREL, 1999).

Essa coleta pode ser feita de diferentes formas, pois pode ser pela vagina artificial (Figuras 1 e 2), a forma mais comum (HURTGEN, 2009). Ela é composta por um tubo aberto nos extremos. Em seu interior se introduz uma manga de látex flexível, revertida sobre as extremidades do tubo, demarcando um espaço que será preenchido com água quente. Posteriormente, coloca-se uma camisinha plástica descartável no interior dessa mesma manga de látex, que entra em contato direto com o pênis. Acopla-se então a essa mucosa descartável um copo coletor, para receber o ejaculado (GAMBOA, 2011).

Figura 1- Componentes da V.A: (1) Tubo Rígido, (2) Mucosa de Látex, (3) Mucosa Plástica, (4) Anéis de Látex, (5) Camisa interna, (6) Copo coletor e (7) Tampa.



Fonte: Manual de Andrologia e Manipulação de Sêmen Equino (2014).

Figura 2- Vagina artificial preparada.



Fonte: Manual de Andrologia e Manipulação de Sêmen Equino (2014).

Na técnica, é de extrema importância a execução com contaminação mínima (KENNEY *et al.*, 1975). A camisinha plástica descartável que é introduzida no interior da manga de látex, entra em contato direto com o pênis. Essa camisinha plástica possibilita um processo com maior higienização e conseqüentemente, maior segurança (GAMBOA, 2011).

Além disso, essas camisinhas são produzidas em plástico. O plástico é feito em sua maioria de polietileno de baixa densidade, de demorada degradação e derivado do petróleo, fonte não renovável (AGÊNCIA BRASIL, 2016).

A poluição plástica afeta a terra, cursos de água e oceanos. O seu acúmulo pode envenenar os animais, causando conseqüências à vida selvagem, ao seu *habitat* e aos seres humanos, podendo afetar o abastecimento de alimentos (REDDY, *et al.*, 2014).

2.3 Uso da luva de palpação retal na reprodução animal

Amplamente empregada na reprodução animal, a luva de palpação retal (Figura 3) é um item essencial para diversos procedimentos, incluindo avaliação ginecológica, confirmação de gestação, exame andrológico e aspiração folicular para a coleta de oócitos (CHRISTIANSEN, 2021).

Figura 3 - Luva de palpação retal confeccionada a partir de Etileno Acetato de Vinila Siliconado.



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

As luvas de palpação retal para animais de produção são normalmente feitas de materiais de alta qualidade, projetados para serem fortes duráveis e resistentes a rasgos ou perfurações durante o uso. Alguns dos materiais mais comuns usados na produção de luvas de palpação retal para animais incluem: polietileno (PE) ou etileno acetato de vinila (EVA) siliconado (ARANTES, 2020).

2.4 Alternativas à utilização de polímeros petroquímicos para materiais descartáveis

Um dos principais desafios do Brasil é conciliar a expansão do setor agropecuário com a preservação dos recursos naturais, garantindo um desenvolvimento sustentável e equilibrado (SAMBUICHI *et al.*, 2012).

Uma alternativa para diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte desse material seria a substituição dos plásticos tradicionais por polímeros biodegradáveis e

compostáveis, de fontes renováveis, que sob condições favoráveis, se degradam em ambientes biologicamente ativos, não gerando resíduos tóxicos para o ambiente (FORTUNA, 2020).

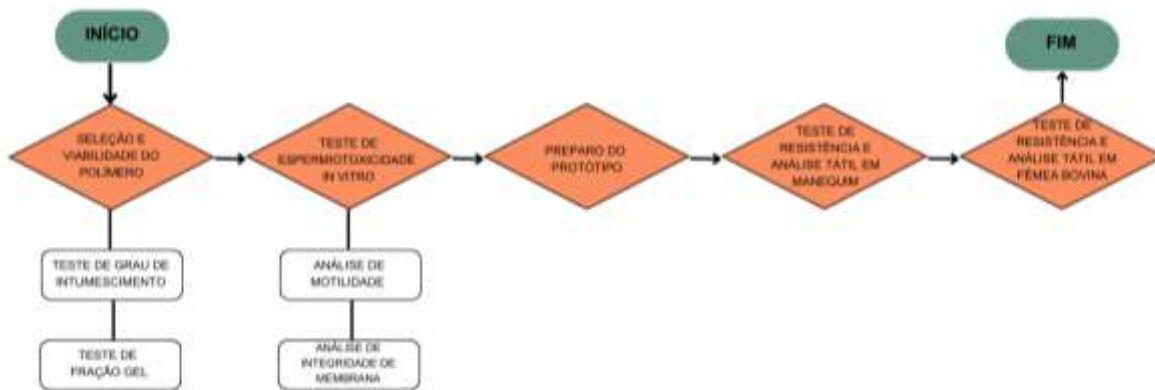
Uma grande matriz de polímeros advindos de recursos naturais como polissacarídeos, proteínas, lipídios, polifenóis e polímeros especiais produzidos por bactérias, fungos, plantas e animais são alternativas para aplicações de materiais (KAPLAN, 1998). Estes polímeros são potenciais substitutos para polímeros oriundos do petróleo, considerando sua capacidade de biodegradação e são utilizados em várias áreas para desenvolvimento de produtos comerciais, caracterizando-se como uma alternativa aos plásticos petroquímicos (BRITO *et al.*, 2011; RAO, 2014).

Polímeros com propriedades biodegradáveis podem ser denominados “materiais verdes”, possuindo uma vida útil mais curta em comparação com materiais poliméricos sintéticos.

Existem polímeros biodegradáveis, biodegradáveis naturais (polissacarídeos e proteínas) e sintéticos (ésteres, amidas, éteres, uretanos ou sistemas híbridos) biodegradáveis, com propriedades estruturais adequadas às aplicações biomédicas. Embora os biopolímeros naturalmente disponíveis sejam os mais abundantes, os polímeros biodegradáveis sintéticos foram projetados e sintetizados para obter as propriedades físicas e químicas necessárias para aplicações variadas (MUKHERJEE, 2023).

3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, a metodologia adotada seguiu cinco etapas, conforme detalhado no fluxograma a seguir:



3.1 Seleção e viabilidade do biopolímero

A formulação inovadora biodegradável para produção de materiais de consumo utilizados na reprodução animal teve como principal componente a carboximetilcelulose (CMC), seguido de polialcoolvinílico (PVA), polietilenoglicol (PEG).

A etapa de desenvolvimento ocorreu no Laboratório de Pesquisa Multiusuário (LAPEM) do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Bambuí. Nesta etapa de elaboração, foram produzidos filmes a partir da formulação proposta. E, a fim de avaliar seu desempenho, estes foram submetidos a testes de fração gel e grau de intumescimento.

O grau de intumescimento é uma medida quantitativa da capacidade de um polímero de absorver um solvente e aumentar seu volume; e a fração gel é uma medida quantitativa da porção de um polímero que se encontra em estado reticulado, crucial para determinar as propriedades físicas e mecânicas do material.

3.1.1 Preparo dos filmes

Por se tratar de um produto inovador com potencial aquisição de patente, o processo de preparo e as quantidades dos reagentes utilizados não foram explicitados nesse documento.

Após obtenção de uma solução contendo Carboximetilcelulose (CMC), Poliacoólvínico (PVA), Polietilenoglicol (PEG) e um agente reticulante, esta foi vertida em placas de Petri e formas de vidro com auxílio de uma seringa. As placas foram alocadas em estufa para reticulação e a formação do filme.

Após desenformar os filmes, o material foi cortado em quadrados de 1 cm². As amostras foram identificadas e armazenadas em recipientes plásticos individuais, cada código foi anotado em uma planilha, juntamente com a massa inicial da respectiva amostra. Amostras em triplicata (n=3) foram utilizadas para cada tipo de filme teste.

3.1.2 Teste Grau de Intumescimento

O teste de grau de intumescimento foi realizado segundo Fregolente *et al.* (2018). Neste método, uma amostra de hidrogel seco é pesada e, em seguida, imersa em água. A razão de inchaço é calculada medindo o ganho de massa da amostra.

Para execução, foram cuidadosamente adicionados 10mL de água deionizada aos recipientes contendo as amostras pré-cortadas. As amostras permaneceram imersas por 24 horas. Após o período de imersão, as amostras foram retiradas dos recipientes utilizando pinça e colocadas sobre papel filtro para remover o excesso de água superficial. Posteriormente as amostras foram pesadas em uma balança e os pesos intumescidos foram registrados em uma planilha.

O Grau de Intumescimento (GI) foi calculado para cada amostra, utilizando a Equação 1:

$$SD(\%) = \left(\frac{W_s - W_0}{W_0} \right) * 100 \quad \text{eq. 01}$$

Onde, W_s = massa intumescida; W₀ = massa inicial.

Os dados da planilha foram utilizados para gerar gráficos no software Origin®.

3.1.3 Teste de Fração Gel

O teste de grau de intumescimento foi realizado segundo ASTM D2765-16. É um método de quantificação da quantidade de reticulação de um composto de polímero.

Após a etapa de imersão e pesagem da amostra intumescida, a mesma foi transferida para uma estufa previamente aquecida a 40°C por 24 horas. A massa da amostra seca foi então medida em uma balança e anotada em uma planilha. A Fração Gel (FG) foi calculada para cada amostra, utilizando a seguinte fórmula:

$$GF(\%) = \left(\frac{Wf}{W0} \right) * 100 \quad \text{eq. 02}$$

Onde, Wf = massa seca; W0 = massa inicial.

Os dados da planilha foram utilizados para gerar gráficos no *software* Origin.

3.2 Análise de espermiotoxicidade in vitro

Para análise de espermiotoxicidade, foram avaliados parâmetros de motilidade espermática e de integridade da membrana do espermatozoide, segundo o Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal (CBRA, 2013) e o Atlas de Morfologia Espermática Bovina da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Para sua execução, foram descongeladas 48 palhetas de sêmen criopreservados em botijão de nitrogênio do laboratório de reprodução animal do IFMG – *Campus* Bambuí, totalizando 12 ml de sêmen utilizados para o estudo. Posteriormente, dividiu-se esses 12 ml em dois “*Pools*” de 6 ml cada: “*Pool A*” e “*Pool B*” (Tabela 01).

Tabela 01 – Separação dos grupos *Pool A* e *Pool B* em subgrupos de filme comercial e filme teste (biopolímero).

GRUPO	IDENTIFICAÇÃO
<i>Pool A</i> – Filme comercial poço 1	<i>Pool A</i> – C1
<i>Pool A</i> – Filme comercial poço 2	<i>Pool A</i> – C2
<i>Pool A</i> – Filme comercial poço 3	<i>Pool A</i> – C3
<i>Pool A</i> – Filme teste poço 1	<i>Pool A</i> – T1
<i>Pool A</i> – Filme teste poço 2	<i>Pool A</i> – T2
<i>Pool A</i> – Filme teste poço 3	<i>Pool A</i> – T3
<i>Pool B</i> – Filme comercial poço 1	<i>Pool B</i> – C1
<i>Pool B</i> – Filme comercial poço 2	<i>Pool B</i> – C2

<i>Pool B – Filme comercial poço 3</i>	<i>Pool B – C3</i>
<i>Pool B – Filme teste poço 1</i>	<i>Pool B – T1</i>
<i>Pool B – Filme teste poço 2</i>	<i>Pool B – T2</i>
<i>Pool B – Filme teste poço 3</i>	<i>Pool B – T3</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Para a seleção dos animais que iriam compor os “*Pools*”, foi realizada uma avaliação de motilidade do espermatozoide de cada touro incluído no *Pool*. Para avaliação da motilidade, seguiram-se as diretrizes do Atlas de Morfologia Espermática Bovina da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a partir da determinação subjetiva da porcentagem de espermatozoides móveis em movimento progressivo, em relação à porcentagem de espermatozoides imóveis.

Palhetas (0,25 mL) previamente armazenadas em nitrogênio líquido foram descongeladas em banho-maria a 37°C por 30 segundos. O conteúdo das palhetas foi depositado em um tubo graduado, uma gota de sêmen (10 µL) foi depositada sobre a lâmina de vidro, colocada uma lamínula sobre a gota de sêmen e avaliada a porcentagem de espermatozoides móveis sob o microscópio óptico em lente de 40x. Os touros que apresentavam motilidade maior ou igual a 60% foram selecionados.

Para o grupo controle, três poços de uma placa de Petri foram revestidos com um fragmento de luva comercial. Em cada um desses poços, foi depositado 1 ml do “*Pool A*”, foram identificados como “*Pool A - C1*”, “*Pool A - C2*” e “*Pool A - C3*”. Da mesma forma, para o grupo teste, outros três poços da placa de Petri foram revestidos com a mucosa teste e também receberam 1 ml do “*Pool A*”, aqui identificados como “*Pool A – T1*”, “*Pool A – T2*” e “*Pool A – T3*”. O mesmo procedimento foi repetido para o “*Pool B*”.

As placas de Petri foram então cobertas com papel alumínio e incubadas a 22-24°C em um agitador orbital. Amostras de cada poço foram retiradas para análise de motilidade e integridade de membrana após 60, 120 e 180 minutos.

3.2.1 Motilidade espermática dos Pools

Foi realizada uma análise inicial, intitulada tempo zero (tempo 0), de cada poço

das placas de Petri. Para isto, foi pipetado 10 μ l de sêmen de cada poço em uma lâmina e avaliou-se a motilidade seguindo as diretrizes do Atlas de Morfologia Espermática Bovina da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A porcentagem da motilidade foi dada pelo número de células móveis em relação ao número total de células vistas.

Em seguida, as Placas de Petri foram cobertas com papel alumínio e incubados a 22-24°C em um agitador orbital. A avaliação da motilidade foi repetida após 60 minutos, 120 minutos e 160 minutos. De cada poço, de cada placa.

3.2.2 Análise de integridade de membrana

Para avaliar a integridade de membrana, seguiu-se as diretrizes do Atlas de Morfologia Espermática Bovina da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em que Silva *et al.* (2016) descrevem técnicas de avaliação de sêmen bovino, principalmente, imagens estruturais de espermatozoides bovinos normais e anormais, obtidas por técnicas de microscopia.

Para análise de integridade de membrana, 20 μ L de sêmen foi depositado sobre lâmina para 20 μ L do corante de eosina-nigrosina (37°C). Após homogeneização, realizou-se o esfregaço após um minuto. As lâminas foram secas à temperatura ambiente e 200 espermatozoides por lâmina foram contados em microscópio de luz, em aumento de 1000x. Espermatozoide apresentando a coloração vermelha claro-rosa foram classificados como mortos e espermatozoides não corados foram considerados vivos. A quantidade de células com membranas íntegras e não íntegras foram anotadas em porcentagem, estabelecendo o grupo controle.

Em seguida, as Placas de Petri foram cobertas com papel alumínio e incubados a 22-24°C em um agitador orbital. A avaliação da integridade de membrana foi repetida após 60 minutos, 120 minutos e 160 minutos. De cada poço, de cada placa.

3.2.3 Análise estatística

Uma análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, foi realizada utilizando o software SISVAR versão 5.6 (Tabela 05) para avaliar o efeito de dois tipos de polímero (controle e biopolímero) em quatro tempos de análise (0, 60, 120 e 180 minutos) sobre a toxicidade espermática. A avaliação considerou os testes de motilidade espermática e integridade de membrana.

3.3 Preparo do protótipo

Para a prototipagem da luva, realizou-se um estudo comparativo de dois modelos de luvas de diferentes fabricantes, analisando suas dimensões, aqui são nomeadas como Luva comparativa_01 e Luva comparativa_02.

A Luva comparativa_01 (Figura 4) apresentou em suas propriedades de medidas 80 cm de comprimento do ponto de inserção do braço até a extremidade do dedo médio 19 cm de largura no local de inserção do braço na luva (Figura 5); largura de 14 cm posição antebraço (Figura 6); largura de 12 cm posição punho (Figura 7); e distância de 24 cm da ponta do dedo mínimo até a ponta do polegar da luva (Figura 8). A espessura da luva, medida com paquímetro digital marca FORTGPRO (Figura 9), foi de 0,19mm.

Figura 4 – Luva comparativa_01



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 5 - Largura em cm do local de inserção do braço na luva Luva comparativa_01



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 6 - Largura em cm do local “posição antebraço” Luva comparativa_01



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 7 - Largura em cm do local “posição punho” Luva comparativa_01



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 8 - Distância em cm da ponta do dedo mínimo a ponta do dedo polegar
Luva comparativa_01



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 9 - Paquímetro digital FORTGPRO



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

A Luva comparativa_02 (Figura 10) apresentou medidas 80 cm de comprimento do ponto de inserção do braço até a extremidade do dedo do médio 21 cm de largura no local de inserção (Figura 11); largura de 18 cm posição antebraço (Figura 12); largura de 15 cm posição punho (Figura 13); e distância de 27 cm da ponta do dedo mínimo tem a ponta do polegar da luva (Figura 14). A espessura da luva, medida com paquímetro digital marca FORTGPRO (Figura 9), foi de 0,30mm.

Figura 10 – Luva comparativa_02



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 11 - Largura em cm do local de inserção do braço na luva Luva comparativa_02



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 12 - Largura em cm do local “posição antebraço” Luva comparativa_02



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 13 - Largura em cm do local “posição punho” Luva comparativa_02



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

Figura 14 - Distância em cm da ponta do dedo mínimo a ponta do dedo polegar
Luva comparativa_02



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

A partir dos dados coletados, foi desenvolvido um molde tridimensional em papelão, que serviu como base para o corte das peças de biofilme. O molde apresentou medidas considerando o próximo passo, que seria de selagem. 23 cm de largura no local de inserção do braço na luva; 18cm de largura posição antebraço; 16cm de largura posição punho; e distância de 24 cm da ponta do dedo mínimo até a ponta do polegar. Foram cortados dois filmes em tamanhos correspondentes e posicionando um sobre o outro. As peças foram posicionadas na seladora a vácuo de bancada CCVS – 420t Cetro (Figura 15) com as bordas alinhadas e submetidas a uma temperatura de 180°C por 15 segundos.

Figura 15 - Seladora a vácuo de bancada CCVS – 420t Cetro



Fonte: Foto elaborada pelo autor, 2025.

3.4 Teste de resistência e análise tátil da luva em manequim

Para o teste de resistência mecânica em manequim, foi utilizado o manequim “Método Shiva Treinamento para Inseminadores” (Figura 16), e analisaram-se as propriedades mecânicas do material por meio da deformação macroscópica, com base na análise de tensão-deformação adaptada da ASTM D638. Sendo o critério de avaliação, a relação entre a força aplicada à luva, ao ser introduzida no manequim, e a deformação sofrida pela luva em resposta a essa força foi avaliada.

O manequim foi posicionado em posição acessível para palpação, simulando a posição mais comum para o exame em animais vivos. Após a higienização das mãos, o protótipo da luva de palpação foi cuidadosamente colocado, avaliando-se o ajuste e o conforto. O manequim foi palpado meticulosamente, simulando a identificação cervical de uma vaca. A sensibilidade da luva foi analisada em comparação com Luva comparativa_01 e Luva comparativa_02, da capacidade de transmitir as informações táteis de forma precisa ao examinador. A resistência foi avaliada por meio da introdução e remoção da mão enluvada no manequim, repetida 15 vezes. O critério de análise foi a integridade da luva após a aplicação da força durante o procedimento.

Figura 16 - Manequim treinamento para inseminadores”.



“Método Shiva

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.5 Teste de resistência e análise tátil da luva em fêmea bovina

Para avaliar a eficácia da luva em relação à resistência e sensibilidade tátil durante procedimentos veterinários, realizou-se um teste prático em uma vaca. Com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (ANEXO A), foi conduzida uma palpação retal e a sensibilidade necessária para a execução do exame. Esse procedimento permitiu avaliar a capacidade da luva em proporcionar sensibilidade, através da identificação do útero e dos ovários do animal; e a capacidade da luva em proporcionar resistência, sendo o critério de avaliação, a relação entre a força aplicada à luva, ao ser introduzida no animal, e a deformação sofrida pela luva em resposta a essa força.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção e viabilidade do biopolímero

O resultado obtido pelo do teste de grau de intumescimento de 76%, revela a capacidade do polímero em absorver água. Um grau de intumescimento de 76% indica uma absorção moderada, relevante para aplicações como embalagens biodegradáveis. Conforme Moura (2005), os hidrogéis são ideais para aplicações médicas devido à sua baixa toxicidade e capacidade de absorver água e fluidos biológicos. Essa propriedade é desejável em diversas aplicações, mas pode levar à perda de resistência mecânica do material.

Conforme destacado por Camilo e Soldi (2005), a obtenção de hidrogéis com um bom equilíbrio entre capacidade de absorção e resistência mecânica exige um ajuste preciso da quantidade de agente reticulante utilizado na sua produção. Foi realizado no estudo esse equilíbrio a partir do reticulante ácido cítrico. Obtiveram-se resultados positivos como mostrado nos testes de resistência mecânica.

A fração gel representa a parte insolúvel do polímero e está diretamente associada à estabilidade mecânica do material, o que se torna responsável por manter a estrutura do material quando ele entra em contato com líquidos. Os resultados obtidos de 86% demonstram uma maior reticulação, evidenciando um aprimoramento na resistência mecânica. Como afirmado por Munhoz *et al.* (2015), quanto maior a densidade de reticulação do

material, menor será a porosidade do hidrogel, resultando em um espaço reduzido para o armazenamento do solvente.

4.2 Teste de espermiotoxicidade in vitro

4.2.1 Motilidade espermática

Após o descongelamento, os espermatozoides do "Pool A" apresentaram uma motilidade total inicial de 70%, enquanto os espermatozoides do "Pool B" demonstraram uma motilidade total inicial de 80%.

No *Pool A*, a motilidade do grupo controle reduziu entre 5% e 15% do tempo inicial até o tempo 3 (180 min), enquanto no grupo teste a redução variou entre 5% e 20% (Tabela 1). No *Pool B*, a motilidade do grupo controle diminuiu entre 10% e 40% ao longo do mesmo período, enquanto no grupo teste a queda foi de 5% a 35% (Tabela 2).

Tabela 2- Taxa de motilidade espermática *Pool A*.

Identificação	Tempo inicial	Tempo 1 (60 minutos) (%)	Tempo 2 (120 minutos) (%)	Tempo 3 (180 minutos) (%)
<i>Pool A – C1</i>	70%	60%	55%	50%
<i>Pool A – C2</i>	70%	60%	55%	45%
<i>Pool A – C3</i>	70%	55%	45%	40%
<i>Pool A – T1</i>	70%	65%	55%	50%
<i>Pool A – T2</i>	70%	60%	45%	40%
<i>Pool A – T3</i>	70%	65%	55%	50%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 3 - Taxa de motilidade espermática *Pool B*.

Identificação	Tempo inicial	Tempo 1 (60 minutos) (%)	Tempo 2 (120 minutos) (%)	Tempo 3 (180 minutos) (%)
---------------	---------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------

<i>Pool B – C1</i>	80%	70%	50%	40%
<i>Pool B – C2</i>	80%	70%	50%	40%
<i>Pool B – C3</i>	80%	65%	60%	50%
<i>Pool A – T1</i>	80%	70%	60%	50%
<i>Pool B – T2</i>	80%	65%	55%	45%
<i>Pool B – T3</i>	80%	70%	60%	50%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Silveira *et al.* (2002) avaliaram 5.903 touros da raça Nelore, criados extensivamente, com média de 21 meses de idade, encontrando uma motilidade espermática média de 69,5%. Domingues *et al.* (2018) determinaram a motilidade espermática média de 50 touros da raça Nelore, com idades entre 25 e 35 meses e criados extensivamente, obtendo um valor médio de $78 \pm 7,55\%$. Segui *et al.* (2011) estudaram a motilidade espermática em 20 touros da raça Nelore, com idades entre 10 e 24 meses, e encontraram valores variando de $65 \pm 10\%$ a $71 \pm 4\%$. Lopes *et al.* (2009) realizaram uma avaliação andrológica em 14 touros da raça Nelore e encontraram uma motilidade espermática média de $74,28 \pm 12,38\%$.

Além dos valores encontrados serem semelhantes aos do presente estudo, mesmo após o contato com o filme teste, a motilidade espermática total permaneceu significativamente acima do mínimo exigido para um reprodutor, que é de 30% segundo o CBRA (1998).

4.2.2 Integridade de membrana espermática

Após o descongelamento, os espermatozoides do "*Pool A*" apresentaram integridade de membrana total inicial de 66%, enquanto os espermatozoides do "*Pool B*" demonstraram integridade de membrana total inicial de 74%.

Quanto ao *Pool A*, a integridade de membrana espermática do controle reduziu entre 5% e 25% do tempo inicial até o tempo 3, enquanto no grupo teste a redução variou entre 4% e 22% (Tabela 3). Em relação ao *Pool B*, a motilidade do controle diminuiu entre 7% e 41% do tempo inicial até o tempo 3, e no grupo teste a queda foi entre 9% e 38% (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados integridade de membrana dos espermatozoides - *Pool A*.

Identificação	Tempo inicial	Tempo 1 (60 minutos) (%)	Tempo 2 (120 minutos) (%)	Tempo 3 (180 minutos) (%)
<i>Pool A – C1</i>	66%	61%	56%	41%
<i>Pool A – C2</i>	66%	59%	51%	49%
<i>Pool A – C3</i>	66%	56%	50%	46%
<i>Pool A – T1</i>	66%	62%	46%	44%
<i>Pool A – T2</i>	66%	55%	51%	50%
<i>Pool A – T3</i>	80%	61%	55%	48%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 05 - Resultados integridade de membrana dos espermatozoides - *Pool B*.

Identificação	Tempo inicial	Tempo 1 (60 minutos) (%)	Tempo 2 (120 minutos) (%)	Tempo 3 (180 minutos) (%)
<i>Pool B – C1</i>	74%	67%	59%	47%
<i>Pool B – C2</i>	74%	53%	35%	33%
<i>Pool B – C3</i>	74%	49%	42%	39%
<i>Pool B – T1</i>	74%	56%	44%	36%
<i>Pool B – T2</i>	74%	62%	54%	39%
<i>Pool B – T3</i>	74%	65%	59%	44%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Zúccari *et al.* (2009) conduziram um estudo sobre a correlação entre diferentes métodos de avaliação da integridade da membrana plasmática de espermatozoides bovinos criopreservados. O estudo foi realizado utilizando sêmen congelado comercial de cinco touros da raça Nelore, com três repetições para cada animal. Os percentuais médios de espermatozoides com membrana plasmática íntegra foram de $51,6 \pm 15,9$, conforme o teste de eosina/nigrosina, a metodologia utilizada neste estudo.

Marinho *et al.* (2016) investigaram as características seminais e a integridade da membrana espermática em touros suplementados com tocoferol. Para isso, utilizaram 16 touros com idade média de 24 meses. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa no parâmetro de morfologia espermática.

A integridade da membrana do grupo controle foi de $77,13 \pm 2,03$, enquanto o grupo suplementado com tocoferol apresentou uma integridade de $77,70 \pm 2,89$.

Considerando os resultados do presente estudo, a integridade da membrana espermática está alinhada com os achados dos estudos comparados e em conformidade com os valores reportados na literatura.

Quanto à análise estatística realizada, os resultados indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de polímero, independentemente do tempo de análise, com valores de $p > 0,05$ em todos os tempos. Esses achados sugerem que o biopolímero não exerce efeito tóxico sobre os espermatozoides.

Tabela 06 – Resultados de média e desvio padrão dos testes de motilidade espermática e integridade de membrana dos espermatozoides, comparando filme comercial e filme biodegradável.

Teste	Polímero	Tempo 0(%) (0 minutos)	Tempo 1(%) (60 minutos)	Tempo 2 (%) (120 minutos)	Tempo 2 (%) (180 minuto)
Motilidade espermática	TESTE	$75 \pm 5,48$	$65,83 \pm 3,76$	$55 \pm 5,48$	$47,5 \pm 4,18$
Motilidade espermática	COMERCIAL	$75 \pm 5,48$	$63,33 \pm 6,06$	$52,5 \pm 5,24$	$44,17 \pm 4,92$
Integridade de membrana	TESTE	$72,33 \pm 5,43$	$60,17 \pm 3,87$	$51,5 \pm 5,68$	$43,5 \pm 5,28$
Integridade de membrana	COMERCIAL	$70,00 \pm 4,38$	$57,5 \pm 6,32$	$48,83 \pm 8,93$	$42,5 \pm 5,99$

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.3 Protótipo da luva

O protótipo da luva foi concluído com sucesso (Figura 17), apresentando medidas 22 cm de largura no local de inserção do braço na luva; largura de 17 cm posição antebraço;

largura de 17 cm posição punho; e distância de 23 cm da ponta do dedo mínimo até a ponta do polegar. A espessura da luva protótipo foi de 0,29mm, apresentando-se entre o intervalo da espessura Luva comparativa_01 e Luva comparativa_02, respectivamente 0,19mm a 0,30mm.

Figura 17. Protótipo luva de palpação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4 Resistência e análise tátil da luva em manequim

O protótipo da luva se apresentou eficiente quanto à análise tátil, considerando que com ela foi possível identificar a estrutura do manequim que simula a cervix de uma fêmea bovina. Segundo Pegoraro *et al.* (2016) essa estrutura é a mais importante dentre os órgãos sexuais da fêmea bovina, é o local onde o instrumento de inseminação deve chegar, através do inseminador, para realização de uma inseminação artificial.

Quanto à resistência mecânica macroscópica, analisando tensão-deformação, houve força aplicada a luva, ao ser introduzida no manequim 15 vezes, e a luva se manteve.

4.5 Resistência e análise tátil da luva em fêmea bovina

No teste prática realizado em fêmea bovino através da palpação retal, para avaliar a eficácia da luva em relação à resistência e sensibilidade tátil durante procedimentos

veterinários, foi possível a identificação do útero e dos ovários.

5. CONCLUSÃO

O biopolímero a ser utilizado como matéria-prima na fabricação de materiais de consumo utilizados na reprodução animal foi desenvolvido com sucesso, assim como o protótipo de luva de palpação retal.

O biofilme demonstrou-se seguro e atóxico a espermatozoides, não comprometendo a motilidade espermática e integridade de membrana das células. Além disso, atendeu de forma eficaz às exigências táteis e mecânicas necessárias para o propósito específico.

A utilização do biomaterial no lugar de opções convencionais trará benefícios como a sustentabilidade, maior segurança de animais e seres humanos e redução do impacto ambiental, consolidando a eficácia e a responsabilidade ecológica do protótipo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASIL. Fórum de Davos em 2016 – Oceanos em 2050 – Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2016-01/oceanos-em-2050-vao-ter-mais-plastico-do-que-peixes-alerta-forum-de>. Acesso em: 19 abr. 2023.
- AL-KASS, Ziyad *et al.* Bacteria detected in the genital tract, semen or pre-ejaculatory fluid of Swedish stallions from 2007 to 2017. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 61, p. 1-6, 2019.
- ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D2765-16: Standard Test Method for Determining Gel Content and Swell Ratio of Crosslinked Ethylene Plastics**. ASTM: 2016. Disponível em: <https://www.astm.org/d2765-16.html>
- ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D638-14: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**. ASTM: 2014. Disponível em: <https://www.astm.org/d0638-14.html>
- ARANTES, Mariana Matos. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos à base de EVA e LDPE reciclados com fibras de coco de babaçu - uma contribuição para a sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- AURICH, J. E. Artificial insemination in horses—more than a century of practice and research. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 32, n. 8, p. 458-463, 2012.
- BARUSELLI, Pietro Sampaio *et al.* Challenges to increase the AI and ET markets in Brazil. **Animal Reproduction**, v. 16, p. 364-375, 2019.
- BASTOS, A. **Reprodução assistida em equinos: um exemplo prático**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2017
- BAUD, David *et al.* Sperm microbiota and its impact on semen parameters. **Frontiers in microbiology**, v. 10, p. 234, 2019.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 306, de 07 de dezembro de 2004**. Brasília, DF: MJ, 2004.
- BITENCOURT BELO, Isabela Cristina *et al.* Microplásticos, seus Impactos no Ambiente e Maneiras Biodegradáveis de Substituição. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 2, 2021.
- BRITO, G. F. *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- CAMILO, Cristina de S. Propriedades de intumescimento de hidrogéis de carboximetilcelulose. In: **Congresso Brasileiro de Polímeros**. Águas de Lindóia, SP. Anais [...] Águas de Lindóia, SP, 2005.
- CBRA. **Manual para Exame Andrológico e Avaliação de sêmen animal**. Belo Horizonte; CBRA, 1998.

CBRA. **Manual para Exame Andrológico e Avaliação de sêmen animal**. Belo Horizonte; CBRA, 2013.

CHRISTIANSEN, David. Examination for Pregnancy: Rectal Palpation. **Bovine Reproduction**, p. 471-478, 2021.

COLE, Matthew *et al.* Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

DOMINGUES, L. H. *et al.* Avaliação andrológica e classificação por pontos de touros Nelore puro de origem em propriedades de Rondônia. **Ars vet**, p. 178-179, 2018.

EMBRAPA. **Atlas de Morfologia Espermática Bovina**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016.

FORTUNA, A. L. **Impactos ambientais dos plásticos**: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de Polipropileno no meio ambiente. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

FREGOLENTE, P. *et al.* Swelling degree and diffusion parameters of Poly (Sodium acrylate-Co-Acrylamide) hydrogel for removal of water content from biodiesel. **Chemical engineering transactions**, 2018.

GAMBOA, S.P. **Infertilidade Equina**: Múltiplas Fragilidades ou um “Fado” Do Espermatozóide. Tese (Doutorado em Biologia). Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

GRAHAM, Erin R.; THOMPSON, Joseph T. Deposit-and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 368, n. 1, p. 22-29, 2009.

HAFEZ, B., HAFEZ, E. S. E. **Reprodução Animal**. 7 ed. Barueri, SP; Manole, 2004.

HERNANDEZ GIFFORD, Jennifer A.; GIFFORD, Craig A. Role of reproductive biotechnologies in enhancing food security and sustainability. **Animal Frontiers**, v. 3, n. 3, p. 14-19, 2013.

HURTGEN, John P. Semen collection in stallions. In: **Equine breeding management and artificial insemination**. WB Saunders, Philadelphia, 2000. p. 81-90.

JUNG, Jae-Woong *et al.* Chronic toxicity of endocrine disrupting chemicals used in plastic products in Korean resident species: Implications for aquatic ecological risk assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 192, p. 110, 2020.

KAPLAN, David L. Introduction to biopolymers from renewable resources. In: **Biopolymers from renewable resources**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 1-29, 1998

KENNEY, R.M *et al.* Minimal contamination techniques for breeding mares: techniques and preliminary findings. **Proceedings of 21st Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners**, p. 327-335, 1975.

- LIERMAN, Sylvie *et al.* Double-quality control reveals high-level toxicity in gloves used for operator protection in assisted reproductive technology. **Fertility and sterility**, v. 88, n. 4, p. 1266-1272, 2007.
- LIMA, P. M. **Tópicos em Biomateriais**. Informativo da área de ciências e engenharia dos materiais, n. 1, 2006.
- LI, Wai Chin; TSE, Hung Fat; FOK, Lincoln. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. **Science of the total environment**, v. 566, p. 333-349, 2016.
- LOPES, Flávio Guiselli *et al.* Avaliação andrológica por pontos e comportamento sexual em touros da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1018-1025, 2009.
- MARINHO, Walter Augusto dos Santos *et al.* Características seminais e de membrana espermática em touros suplementados com tocoferol. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 322-330, 2016.
- MARTINS, Carlos Frederico *et al.* Inseminação artificial: uma tecnologia para o grande e o pequeno produtor. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2009.
- MOREL, M.D. Equine Artificial Insemination. Cabi Publishing.. Welsh Institute of Rural Studies, University of Wales, 1999.
- MOURA, M. R. de. **Caracterização de Matriz Polimérica de Hidrogel 2+ Termosensível Sintetizada a Partir de Alginato-Ca e Poli (N-isopropil acrilamida), do Tipo IPN e Semi-IPN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.
- MUKHERJEE, Chandrapaul *et al.* Recent advances in biodegradable polymers—properties, applications and future prospects. **European Polymer Journal**, v. 192, p. 112068, 2023.
- MUNHOZ, Mara ML *et al.* Hidrogel de PVP/CMC e nanopartículas de prata. **International Nuclear Atlantic Conference**. p. 4-9, 2015.
- NIJS, Martine *et al.* Reprotoxicity of intrauterine insemination and in vitro fertilization-embryo transfer disposables and products: a 4-year survey. **Fertility and sterility**, v. 92, n. 2, p. 527-535, 2009.
- PEGORARO, C. M. L.; SAALFELD, H. M. **Reciclagem em Inseminação Artificial de Bovinos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 25p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica)
- PEGORARO, L. M. C.; SAALFELD, M. H.; PRADIEÉ, J. **Inseminação artificial em bovinos**. Embrapa, p. 48, 2016.
- PELTONIEMI, Olli; TANSKANEN, Topi; KARESKOSKI, Maria. One Health challenges

for pig reproduction. **Molecular Reproduction and Development**, v. 90, n. 7, p. 420-435, 2023.

PRADIEE, J. *et al.* Spermotoxicity of commercial condoms made from polyurethane, polyisoprene and latex, using domestic ruminants as an experimental animal model. **Andrologia**, v. 48, n. 4, p. 475-480, 2016.

RAO, M. Gopal; BHARATHI, P.; AKILA, R. M. A comprehensive review on biopolymers. **Scientific Reviews & Chemical Communications**, v. 4, n. 2, p. 61-68, 2014.

REDDY, M. Subba *et al.* Effect of plastic pollution on environment. **J Chem Pharm Sci**, v. 14, p. 28-29, 2014.

SANTOS, Jailson De Araújo. Biopolímeros aplicados a sustentabilidade: uma revisão de literatura. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, 2021.

Sambuichi, R. H. R., Oliveira, M. Â., Silva, A. P. M., & Luedemann, G. (2012). **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: Impactos, políticas públicas e desafios** (Texto para Discussão nº 1782). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

SEGUI, Marcio Saporski *et al.* Correlação entre a biometria testicular, a idade e as características reprodutivas de touros da raça Nelore. **Archives of Veterinary Science**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2011.

SILVA, A. E. D.F; MARTINS, C. F.; GONZALES C. S.; CUNHA, E. R.; CARVALHO, J.O.; DODE, M. A. N. **Atlas de morfologia espermática bovina**. Brasília, DF: Embrapa, 2016

SILVEIRA, Thiago da Silva *et al.* Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 503-511, 2010

SJOLLEMA, S. *et al.* As partículas de plástico afetam a fotossíntese e o crescimento das microalgas?. **Aquatic Technology**. Vol. 170, p. 259-261, 2016. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X15301168?via%3Dihub>. Acesso: 27 abr. 2023

VAN DE VELDE, Kathleen; KIEKENS, Paul. Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. **Polymer testing**, v. 21, n. 4, p. 433-442, 2002.

WARD, J. Evan; SHUMWAY, Sandra E. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension-and deposit-feeding bivalves. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 300, n. 1-2, p. 83-130, 2004.

WEBB, D.B. Artificial Insemination in Dairy Cattle. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2003.


YAO, Zhuang; SEONG, Hyeon Jeong; JANG, Yu-Sin. Environmental toxicity and decomposition of polyethylene. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 242, p. 113, 2022.

YUAN, Yuan *et al.* Microplastics from agricultural plastic mulch films: a mini-review of their impacts on the animal reproductive system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 244, p. 114, 2022.

ZÚCCARI, Carmem Estefânia Serra Neto *et al.* Correlação entre métodos de avaliação da integridade da membrana plasmática do espermatozóide bovino criopreservado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 3, 2009.

7. ANEXOS

ANEXO A - Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais




**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
MINAS GERAIS**

PARECER Nº 0/2021

A COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA - IFMG, instituída por meio da Portaria nº 590 de 25/04/2016, após análise, declara o projeto de disciplina intitulado “Alternativa biodegradável para materiais de consumo utilizados na reprodução animal.” de autoria de **Ariane Flávia do Nascimento**, como aprovado em reunião realizada em 28/10/2024.

Bambuí, 28 de outubro de 2024.


Profa. Dra. Michelle de Paula Gabardo
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA-IFMG

Atenção: Data para apresentação do Relatório: 28/10/2025.
CEUA – IFMG
EMAIL: ceua@ifmg.edu.br