



AValiação Comparativa da Eficiência Térmica de Dispositivos Acessíveis para Conservação de Epidídimos Bovinos: Uma Abordagem Experimental Aplicada ao Contexto de Campo

Rodrigo Vasconcelos Soares¹

Larissa Xavier Coutinho¹

Ianca César Resende¹

Samuel Martins Cardoso²

Maria Isabel Vaz de Melo³

Mayara Ferreira Brito³

INTRODUÇÃO: A recuperação e preservação de espermatozoides epididimários representam uma alternativa relevante para o aproveitamento genético de reprodutores de interesse zootécnico e biológico em situações nas quais a coleta seminal não é possível ou após o óbito. Estudos prévios demonstram que espermatozoides epididimários podem manter características funcionais importantes quando submetidos a protocolos adequados de conservação e criopreservação (Carvalho et al., 2010). Para garantir o adequado processamento das amostras de espermatozoides obtidas, e assim maximizar os resultados de fertilidade, esse material deve ser processado em ambiente laboratorial adequado. Muitas vezes, em situações de campo, a distância entre o local do óbito/castração do animal e o laboratório de processamento requer o transporte por longos períodos das peças de epidídimo obtidas. A viabilidade dos espermatozoides depende diretamente das condições de conservação do epidídimo, especialmente do controle térmico, uma vez que a redução da temperatura permite diminuir o metabolismo celular e retardar processos degenerativos (Martins et al., 2009; Nichi et al., 2016; Mennick, 2023). Dessa forma o desenvolvimento de dispositivos que garantam a manutenção da temperatura durante o transporte é etapa determinante para o sucesso dessa tecnologia. Porém esses dispositivos precisam ser

¹Graduando em Medicina Veterinária. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

²Graduando em Engenharia da Computação. Centro Universitário Internacional (UNINTER).

³Discente do curso de medicina veterinária da pontifícia universidade de Minas Gerais (PUC Minas).

acessíveis, tanto financeiramente quanto em seu manuseio para que não represente um entrave ao emprego da técnica. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência térmica de três recipientes para transporte a baixa temperatura de epidídimos destinados à coleta de espermatozoides, observando quesitos de praticidade e custo.

MATERIAL E MÉTODOS: Trata-se de uma fase piloto de experimento científico. O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental descritiva da curva de resfriamento de três recipientes de transporte de material biológico. A metodologia buscou simular alternativas viáveis para uso em situações emergenciais por produtores ou responsáveis, permitindo o envio do material biológico a laboratórios especializados. Os experimentos foram realizados entre os meses de setembro e dezembro de 2025, em ambiente com temperatura média mantida em aproximadamente 21 ± 2 °C. Foram avaliados três dispositivos de armazenamento térmico: caixa de isopor (Figura 1.1) com capacidade de cinco litros (28 cm de comprimento, 19 cm de largura e 15 cm de altura), garrafa térmica comercial de uso doméstico (Figura 1.2) com volume total de 1 litro e caixa térmica específica para transporte sêmen do tipo Botuflex® (Figura 1.3). As bolsas de gelo utilizadas nos testes com isopor foram da marca Gelotech (mod 400) e as utilizadas na Botuflex® foram as fornecidas pelo próprio fabricante. Foram realizados dez ensaios utilizando os mesmos recipientes. Para as medições de temperatura foi desenvolvido um sistema eletrônico baseado nos microcontroladores ESP32 e ESP8266 associados ao sensor digital DS18B20 (Figura 1.4). O sistema permitiu instalação interna dos módulos transmissores com isolamento adequado do meio externo. A comunicação dos dados ocorreu por meio do protocolo sem fio ESPNOW, sem necessidade de conexão com a internet. Os transmissores operaram em ciclos regulares de medição e transmissão com modo de baixo consumo energético (deep sleep), garantindo autonomia aproximada de 10 dias com baterias de lítio recarregáveis. A unidade receptora atuou como datalogger central, armazenando os dados em memória flash e cartão microSD, utilizando relógio de tempo real DS1307 para registro preciso de data e hora. O monitoramento em tempo real foi realizado por servidor local via rede Wi-Fi gerada pelo próprio sistema. As sondas de temperatura foram posicionadas de forma padronizada, evitando contato direto com as fontes de resfriamento, exceto nas medições realizadas nas garrafas. As temperaturas interna e externa foram registradas continuamente ao longo dos testes. As variáveis avaliadas incluíram temperatura mínima atingida, tempo necessário para atingir 4 °C, tempo de permanência dentro da faixa térmica de 4 °C a 10 °C. Na caixa de isopor foram inseridas três bolsas de gelo reutilizáveis de 400 g cada (Figura 1.5), sendo a caixa vedada após inserção do sistema de monitoramento. Na garrafa térmica foram

adicionados 700 mL de água previamente refrigerada a 7 °C, com o sensor fixado à tampa (Figura 1.6) e em contato direto com o líquido. Na caixa Botuflex® foram utilizadas as duas bolsas de gelo fornecidas pelo fabricante, com o sensor posicionado ao centro do recipiente sem contato direto com o gelo.

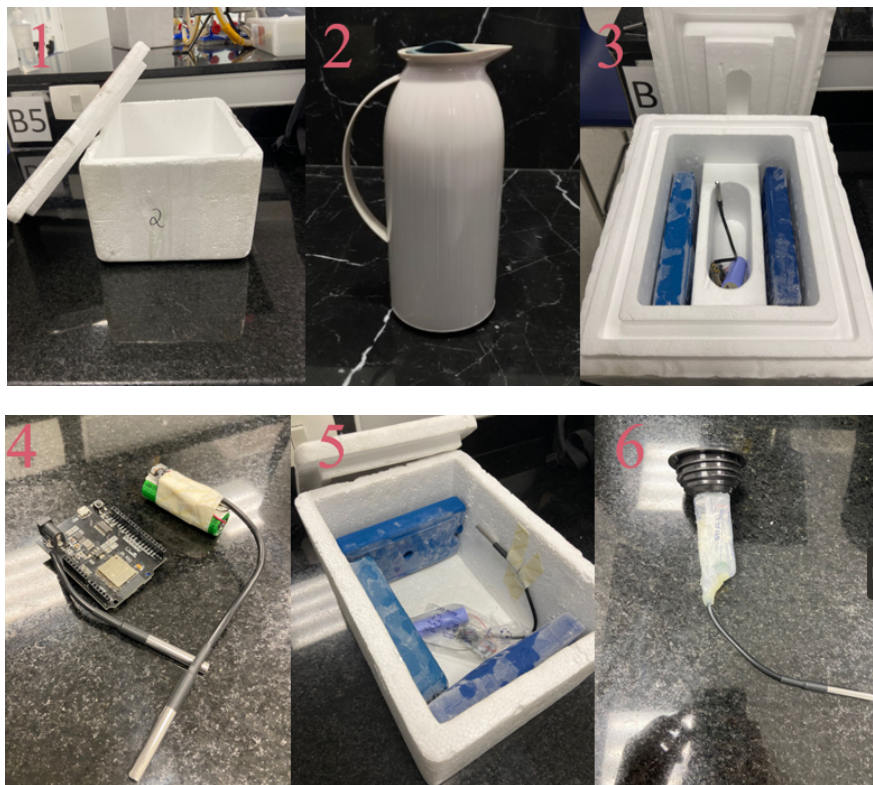


Figura 1: Fotos dos dispositivos de armazenamento térmico empregados para controle de temperatura na faixa principal de 4° a 10°C.

Legenda: 1.1 – Caixa de isopor de 5L; 1.2 – Garrafa térmica de 1L; 1.3 – Caixa comercial Botuflex®; 1.4 – Sistema eletrônico desenvolvido para controle de temperatura; 1.5 – Demonstração da posição dos gelos recicláveis na caixa de isopor; 1.6 – Demonstração da forma de fixação do dispositivo de controle de temperatura à tampa da garrafa térmica.

RESULTADOS e DISCUSSÃO: Os três recipientes avaliados apresentaram comportamentos térmicos distintos quanto à taxa de resfriamento, estabilização dentro da faixa desejada e tempo total de manutenção da temperatura ideal para conservação. A caixa de isopor demonstrou queda rápida da temperatura interna após a inserção das bolsas de gelo, atingindo valores mínimos médios próximos de $-4,06$ °C. O tempo médio necessário para atingir a temperatura mínima recomendada de 4 °C foi de aproximadamente 1h 36m 57s. Após chegar a 4°C, a caixa manteve a temperatura dentro da faixa ideal (4°C e 10°C) por cerca de 16h 37m 40s em média (Figura 2). Portanto, o uso da caixa de isopor requer um tempo maior de preparação prévio para se adequar ao transporte de amostras biológicas. A

garrafa térmica apresentou rápida entrada na faixa ideal de conservação, uma vez que foi utilizado água resfriada na geladeira para simular uma situação real de uso. Nos primeiros momentos após o fechamento, a temperatura atingiu aproximadamente 6,4°C e mantendo-se dentro da faixa recomendada por cerca de 18h 37m 40s em média (Figura 2). Já a caixa térmica Botuflex® apresentou o maior tempo médio de conservação dentro da faixa ideal, mantendo temperaturas entre 4 °C e 10 °C por aproximadamente 31h 15m 37s. Porém no momento da colocação dos gelos a temperatura mínima foi de 0,7 °C gastando um o tempo médio de 3h 07m 11s para atingir 4 °C (Figura 2), evidenciando maior demora para alcançar a faixa adequada quando comparada aos demais recipientes.

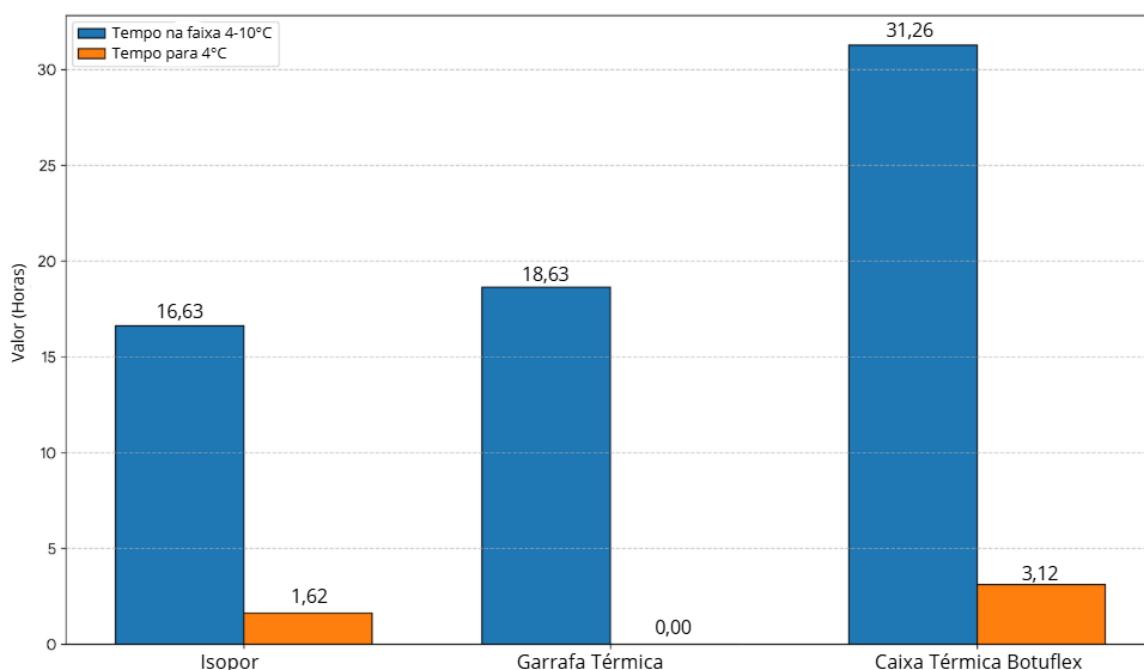


Figura 2: Tempo para atingir 4°C e tempo de manutenção na faixa de temperatura ideal de 4° a 10°C, em recipientes de transporte de material biológico.

Considerando que a manutenção da temperatura entre 4 °C e 10 °C é considerada padrão ouro para o transporte de amostras biológicas por até 24–48 horas (Mennick, 2023), a garrafa térmica e a caixa comercial Botuflex® foram eficientes em protegeram o ambiente interno de oscilações térmicas externas. A escolha do recipiente não deve se basear apenas na rapidez de resfriamento, mas principalmente na capacidade de manutenção da temperatura, bem como o tempo de sua manutenção. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Embora a caixa Botuflex® tenha apresentado maior duração média de tempo de conservação em temperaturas ideais para transporte de material biológico, a garrafa térmica destacou-se por oferecer rápida estabilização inicial, manutenção prolongada da faixa térmica segura, além de apresentar vantagens práticas relacionadas ao baixo custo, ampla disponibilidade e facilidade de uso em

condições reais de campo. Considerando o objetivo aplicado da pesquisa, conclui-se que a garrafa térmica representa uma promissora alternativa equilibrando eficiência térmica e aplicabilidade prática. Os achados fornecem base técnica para a continuidade do estudo em etapas futuras com material biológico, contribuindo para o desenvolvimento de protocolos acessíveis e replicáveis para o transporte e conservação de epidídimos em cenários rurais e de difícil logística.

Palavras-chave: epidídimo. conservação. genética. temperatura. reprodução.

Keywords: epididymis. preservation. genetics. temperature. reproduction.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, T. T.; BRITO, M. F.; GONTIJO, A. O.; MELO, M. I. V.. Criopreservação de espermatozoides epididimários: efeito do tempo de equilíbrio In: 17 Seminário de Iniciação Científica, 2009, Belo horizonte. Iniciação científica: Destaques 2009. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2010, p.75 – 86 (impresso)

MARTINS, C. F., et al. **Recovery, cryopreservation and fertilization potential of bovine spermatozoa obtained from epididymides stored at 5 °C by different periods of time.** Animal Reproduction Science, v. 116, p. 50-57, 2009.

MENNICK, P. **Recovery, storage, and preparation of epididymal and vas deferens sperm for insemination, cryopreservation, and shipping.** Clinical Theriogenology, v. 15, 2023.

NICHI, M. et al., **Evaluation of epididymis storage temperature and cryopreservation conditions for improved mitochondrial membrane potential, membrane integrity, spermmotility and in vitro fertilization in bovine epididymal sperm.** Reproduction in Domestic Animal, p. 1-7, 2016.