



EFEITO DA MAGNETIZAÇÃO DO DILUENTE DE RESFRIAMENTO NA CONSERVAÇÃO DO SÊMEN DE GARANHÕES DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR

*EFFECT OF COOLING EXTENDER MAGNETIZATION ON THE
PRESERVATION OF MANGALARGA MARCHADOR STALLION SEMEN*

*EFFECTO DE LA MAGNETIZACIÓN DEL DILUYENTE DE
REFRIGERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DEL SEMEN DE
SEMENTALES DE LA RAZA MANGALARGA MARCHADOR*

DOI: 10.5281/zenodo.22682808



Larissa Corbacho da Silva¹

Júlia Eller Pedretti²

José Renato Costa Caiado³

Arthur Renato Andrade Helfensteller Straggiotti Silva⁴

Marcus Antônio Pessanha Barreto⁵

1 Graduanda em medicina veterinária - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). E-mail: 20201300085@pq.uenf.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9051622868784778>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2915-6520>

2 Graduanda em medicina veterinária - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). E-mail: 20211300030@pq.uenf.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7350958495727364>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9697-5166>

3 Doutor em Produção Animal - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). E-mail: jrccaiado@uenf.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7567435157683445>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2952-5739>

4 Graduado em Engenharia Mecatrônica - Universidade de São Paulo (USP). E-mail: arthurrenato7410@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7886505499486447>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1240-9823>

5 Doutor em Produção Animal - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). E-mail: marcusvete@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2624854062970010>

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





Eduardo Shimoda⁶

José Frederico Straggiotti Silva⁷

RESUMO

Com o crescimento da equideocultura ao longo dos anos, surgiram novas biotécnicas para a reprodução animal, maximizando a eficiência produtiva e reprodutiva desses animais. Estudos anteriores sugerem que a aplicação de campo magnético na criopreservação de sêmen pode reduzir os danos causados pelo processo de resfriamento e criopreservação, contribuindo para a manutenção da qualidade espermática. Este estudo propõe comparar as características reprodutivas e a viabilidade do sêmen de garanhões da raça Mangalarga Marchador diluído e refrigerado a 5°C submetido a um campo magnético, avaliando a qualidade do sêmen por meio do software CASA (AndroVision® - Minitube), considerando-se a motilidade total e a motilidade progressiva. O delineamento experimental é composto por um grupo controle, com diluente BotuSêmen® convencional, e por um grupo experimental, com diluente BotuSêmen® magnetizado, utilizando diluente previamente submetido a um campo magnético de 4000 Gauss por pelo menos 24h, resfriados em caixas de isopor específicas para tal finalidade (BotuFlex®) a 5°C para a análise 24 horas e 48 horas após o resfriamento. Foram realizadas cinco coletas de seis garanhões da raça Mangalarga Marchador, com idades de 5 a 10 anos, com vagina artificial modelo Botucatu®. As amostras coletadas com cerca de 20mL foram submetidas aos respectivos resfriamentos e analisadas posteriormente. A análise estatística foi realizada no software R e conduzida em esquema fatorial 2³, composto por três fatores com dois níveis cada: hora de avaliação (24 e 48 h), minuto de avaliação (0 e 3 min) e tratamento (controle e magnético), totalizando oito combinações experimentais, nas quais os resultados foram apresentados como média ± erro-padrão da média e as médias foram comparadas ao nível de 5% de probabilidade quando necessário. O único fator que apresentou diferença significativa aos testes de motilidade total e progressiva foi a “hora”, não havendo diferença significativa relativos aos demais fatores.

Palavras-chave: campo magnético; motilidade espermática; refrigeração seminal; reprodução equina.

ABSTRACT

With the growth of the equine industry over the years, new reproductive biotechnologies have been developed to maximize the productive and reproductive efficiency of horses. Previous studies suggest that the application of magnetic fields during cooling and cryopreservation processes may reduce cellular damage and contribute to the maintenance of sperm quality. Therefore, this study aimed to compare the reproductive characteristics and viability of semen from Mangalarga Marchador stallions

6 Doutor em Produção Animal - Universidade Cândido Mendes (UCAM) - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: shimoda@ucam-campos.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7869107089401453>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6544-687X>.

7 Doutor em Medicina Veterinária pela TiHo (Alemanha) - Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: straggio@uenf.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1845406575748415>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2975-9382>.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





diluted and cooled at 5°C using a magnetized extender. Semen quality was evaluated using the Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA) system (AndroVision® – Minitube), considering total motility and progressive motility. The experimental design consisted of two treatments: a control group using conventional BotuSêmen® extender and an experimental group using BotuSêmen® extender previously exposed to a magnetic field of 4,000 Gauss for 24 hours. The samples were stored in BotuFlex® containers and evaluated after 24 and 48 hours of cooling. Five semen collections were performed from six Mangalarga Marchador stallions aged between 5 and 10 years using a Botucatu® artificial vagina. Statistical analysis was conducted using R software in a 2³ factorial design, considering the factors evaluation time (24 and 48 hours), evaluation minute (0 and 3 minutes), and treatment (control and magnetic). Results were expressed as mean $\pm$ standard error of the mean and compared at a 5% significance level. The only factor that significantly affected total and progressive motility was storage time, while no significant differences were observed between treatments. It was concluded that magnetization of the BotuSêmen® extender did not improve the quality of cooled semen from Mangalarga Marchador stallions under the experimental conditions evaluated.

Keywords: magnetic field; sperm motility; semen cooling; equine reproduction.

RESUMEN

Con el crecimiento de la cría de équidos a lo largo de los años, han surgido nuevas biotécnicas para la reproducción animal, maximizando la eficiencia productiva y reproductiva de estos animales. Estudios previos sugieren que la aplicación de un campo magnético durante la criopreservación de semen puede reducir los daños causados por los procesos de refrigeración y criopreservación, contribuyendo así a mantener la calidad espermática. Este estudio propone comparar las características reproductivas y la viabilidad del semen de sementales de la raza Mangalarga Marchador —diluido, refrigerado a 5 °C y sometido a un campo magnético—, evaluando la calidad seminal mediante el software CASA (AndroVision® - Minitube) y considerando la motilidad total y la motilidad progresiva. El diseño experimental consta de un grupo control, con diluyente BotuSêmen® convencional, y un grupo experimental, con diluyente BotuSêmen® magnetizado (sometido previamente a un campo magnético de 4000 Gauss durante al menos 24 h); las muestras se refrigeraron a 5 °C en cajas de poliestireno específicas para tal fin (BotuFlex®) para su análisis a las 24 y 48 horas tras la refrigeración. Se realizaron cinco tomas de muestra de seis sementales de la raza Mangalarga Marchador, de entre 5 y 10 años de edad, utilizando una vagina artificial modelo Botucatu®. Las muestras recolectadas (de aproximadamente 20 ml) se sometieron a los respectivos procesos de refrigeración y se analizaron posteriormente. El análisis estadístico se llevó a cabo con el software R mediante un diseño factorial 2³, compuesto por tres factores con dos niveles cada uno: tiempo de evaluación (24 y 48 h), minuto de evaluación (0 y 3 min) y tratamiento (control y magnético), lo que resultó en ocho combinaciones experimentales; los resultados se presentaron como media $\pm$ error estándar de la media y las medias se compararon con un nivel de probabilidad del 5 % cuando fue necesario. El único factor que mostró diferencias significativas en las pruebas de motilidad total y progresiva fue el "tiempo", sin observarse diferencias significativas respecto a los demás factores.

Palabras clave: campo magnético; motilidad espermática; refrigeración seminal; reproducción equina





INTRODUÇÃO

A criopreservação do sêmen equino é uma técnica que aumenta o potencial de utilização da inseminação artificial (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Ela é feita com a adição de agentes crioprotetores, que diminuem os efeitos agressivos do congelamento, e com o congelamento do sêmen equino para um uso futuro, permitindo o seu armazenamento e transporte (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2018; FONSECA, 2023). É uma biotécnica que permite uma sobrevida maior ao material genético de alta qualidade, além de acelerar a disseminação de uma genética de alta qualidade, gerando descendentes de alto valor e importância econômica (FONSECA, 2023).

Tendo em vista que os métodos de congelamento de sêmen mais tradicionais dificilmente evitam os danos causados pelos cristais de gelo, a adoção de novos métodos para reduzir o tamanho desses cristais de gelo é importante para a preservação das propriedades e características do sêmen (TANG, 2020). Ye *et al.* (2024), Kang *et al.* (2022) e Lee *et al.*, (2023) mostraram que o campo magnético possui potencial para reduzir a formação de cristais de gelo no processo de congelamento, além de facilitar o super-resfriamento, apresentando grande potencial para a criopreservação de espermatozoides.

Em um estudo de El-Speiy *et al.* (2017) realizado com coelhos, a motilidade avançada do sêmen, em que o espermatozoide se move rápido e em linha reta, aumentou significativamente no grupo experimental com uso de diluente magnético, enquanto o percentual de espermatozoides mortos, anormais e com danos acrossomais diminuiu significativamente durante 72 horas, em comparação com o grupo controle do experimento. Alguns outros estudos em galos (ASKARIANZADEH *et al.*, 2018), carneiros (MORADI *et al.*, 2022) e javali relataram melhora no sêmen descongelado que usaram o diluente magnetizado (LEE *et al.*, 2023).





OBJETIVOS

Comparar as características reprodutivas e a viabilidade do sêmen de garanhões da raça Mangalarga-Marchador diluído e refrigerado a 5°C submetido a um campo magnético.

Avaliar a viabilidade do sêmen equino através de características reprodutivas, pela medida da dinâmica espermática de forma objetiva pelo analisador de motilidade computadorizado AndroVision® (Minitube).

JUSTIFICATIVA

A otimização da criopreservação do sêmen equino e consequente padronização desta metodologia facilitaria o armazenamento e a propagação da genética de cavalos de grande valor através da reprodução assistida.

REVISÃO DE LITERATURA

A criopreservação de sêmen, em específico, é um processo que revolucionou o melhoramento genético animal, tendo em vista a possibilidade de maximizar a eficiência produtiva e reprodutiva dos animais, com a possibilidade de armazenar sêmen de garanhões de alto valor por longos períodos e transportá-lo com muito mais facilidade (FERREIRA-SILVA *et al.*, 2018; FONSECA, 2023; PEÑA ALFARO *et al.*, 2021; ARRUDA, 2000). Entretanto, é um processo que leva a diversos danos físicos, químicos e oxidativos à membrana espermática, em que essas criolesões levam principalmente à perda de motilidade, funcionalidade da membrana plasmática e integridade do acrossomo dos espermatozoides, além de resultar na diminuição da viabilidade e da capacidade de fertilização dos espermatozoides (SHARAFI, 2022).

O sêmen criopreservado de mamífero possui uma fertilidade menor em comparação com o sêmen fresco. Essa redução da fertilidade pode ter várias razões, dentre elas os fatores que afetam a porção das células sobreviventes (susceptibilidade ao choque-térmico, taxa de resfriamento, composição do diluente e estresse osmótico) e os fatores que influenciam no





estado funcional (estabilidade de membrana, danos oxidativos, integridade dos receptores de membrana e estrutura nuclear). Tais alterações acontecem na faixa de -3°C e -10°C , que é considerada uma faixa crítica de temperatura no processo de congelamento de sêmen, sendo o intervalo em que começa a formação de cristais de gelo, que podem gerar danos celulares (SOUZA, *et al.*, 2025).

Segundo Oliveira, G. *et al.* (2013) e Santos (2020), os meios utilizados para a diluição do sêmen para a criopreservação mais comuns são gema de ovo, leite desnatado, açúcares, eletrólitos e glicerol em diferentes concentrações, que são substâncias que atuam contra os efeitos deletérios das oscilações da temperatura.

A curva de congelamento considerada ideal varia entre -30 e $-50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ na maioria das espécies animais, tendo resultados satisfatórios na integridade e viabilidade dos espermatozoides. Ela é lenta o bastante para permitir a desidratação suficiente da célula espermática para evitar a formação de cristais de gelo intracelular, e rápida o bastante para evitar a exposição dos espermatozoides a formações de cristais grandes e a formação de soluções supersaturadas no momento da formação dos cristais de água no ambiente extracelular. (SOUZA *et al.*, 2025)

A refrigeração e a criopreservação dos espermatozoides podem gerar danos celulares, que estão relacionados ao rompimento de membranas lipídicas, resultando em danos mitocondriais e perda da integridade da membrana plasmática e acrossomal, além de danos ao funcionamento, perda da motilidade, viabilidade e capacidade de congelamento do espermatozoide, conhecido como choque térmico pelo frio (LEE *et al.*, 2023; FÜRST *et al.*, 2005; PARKS e GRAHAM, 1992). Segundo Graham (1996), o choque térmico gera danos irreversíveis ao espermatozoide, então, o processo de refrigeração deve ser feito de forma adequada, buscando evitar o choque térmico e a consequente perda estrutural e funcional.

A inseminação artificial com sêmen resfriado possui melhores resultados do que com sêmen congelado, como é evidenciado por Al-Kass e Morrell (2024), que mostrou que as taxas de concepção para éguas inseminadas com sêmen refrigerado são maiores do que para éguas inseminadas com sêmen congelado, por isso, ele é mais utilizado (KOWALCZYK *et*





al., 2019). Entretanto, possui a desvantagem do curto período de armazenamento em relação ao sêmen congelado, uma vez que a maioria dos diluentes para sêmen refrigerado mantêm a qualidade do sêmen por 24 horas e depois começa a decair a sobrevida espermática (CONDE *et al.*, 2025)

A refrigeração do sêmen equino tem como objetivo aumentar o período em que esse material genético pode ser armazenado, além de facilitar o envio para locais mais distantes se acondicionado corretamente para o transporte, permitindo uma maior viabilidade dos espermatozoides por até 48 horas (SILVA *et al.*, 2017). A redução da temperatura do sêmen diluído é feito em sistemas de resfriamento passivo, onde é mantido em caixas isotérmicas, próximo a uma fonte de frio (gelo biológico reciclável), que, de acordo com o sistema, deixará o sêmen resfriado a 15 – 20°C, ou refrigerado a 4 – 6°C (CANISSO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2017).

As moléculas biológicas interagem com diferentes espectros de campos magnéticos, que respondem de acordo com a intensidade desses campos, a frequência e o tempos de exposição (HORE, 2012; TOTA *et al.*, 2024).

Água magnetizada é definida como a quantidade de água que passou por um ímã (Lee *et al.*, 2023). A água magnetizada possui alteração no seu pH, ficando mais básica, e força iônica, sendo mais energética e com maior capacidade de movimento (GENEROSO, 2016). Segundo Porto (1998), a primeira descoberta da influência do campo magnético nas propriedades da água foi realizada por Vermeiren, em 1945.

Estudos de Zhou *et al.* (2021) e Ali Hameed (2025) mostram que a exposição da água a um campo magnético pode alterar as ligações de hidrogênio da água, quebrando as ligações intermoleculares entre as moléculas de água, resultando na formação de *clusters* (agrupamentos moleculares) menores, que são mais estáveis. Essa alteração afeta a propriedade físico-químicas da água, como a viscosidade, tornando o fluxo da água mais fácil, a tensão superficial, facilitando o seu espalhamento em superfície, a condutividade elétrica e a solubilidade. Isso corrobora com o estudo de Hosseini *et al.* (2019), em que denotou que a tensão superficial da água deionizada é reduzida sob efeito de um campo magnético.





De acordo com Toledo *et al.* (2008), Zhou, Z. *et al.* (2012) e Lee *et al.* (2023), o tempo de cristalização da água que se transforma em gelo reduz cerca de 25 a 40% quando submetido à campo magnético constante, alterando significativamente o ponto de congelamento da água.

Estudos mais recentes mostram que o campo magnético facilita o super-resfriamento, além de ter o potencial de reduzir a formação dos cristais de gelo que são formados durante o processo de congelamento, mostrando grande potencial para a sua utilização na criopreservação de espermatozoides (YE *et al.*, 2024; LEE *et al.*, 2023; KANG *et al.*, 2022)

Em 2017, El-Speiy realizou um estudo com coelhos no qual a motilidade progressiva espermática rápida aumentou significativamente no grupo experimental com uso de diluente magnético, enquanto o percentual de espermatozoides mortos, anormais e com danos acrossomais diminuiu significativamente durante 72 horas, em comparação com o grupo controle do experimento.

Segundo Askarianzadeh *et al.* (2018), a criopreservação do sêmen de aves não apresenta o mesmo sucesso dos mamíferos, devido às propriedades fisiológicas únicas do sêmen de galo, que o tornam suscetível a danos durante a criopreservação, o que leva a um menor potencial de fertilidade do sêmen. Nesse estudo, o sêmen descongelado após a criopreservação em diluentes submetidos à campo magnético foi analisado quanto a motilidade espermática, funcionalidade da membrana, viabilidade, potencial de membrana mitocondrial, integridade do acrossomo e fertilidade *in vivo*, resultando em uma maior qualidade do sêmen descongelado, com potencial de fertilidade desejável.

Um estudo realizado por Morandi *et al.* (2022) sobre a criopreservação com uso de diluente magnetizado do sêmen de carneiros avaliou a viabilidade espermática, a funcionalidade da membrana e anormalidades. Essas características apresentaram melhora no grupo experimental (magnetizado), mas não foi significativa em relação ao grupo controle. Lee *et al.* (2023) realizou um estudo sobre a criopreservação com diluente de congelamento magnetizado em javalis. Ele constatou que a proporção de membrana plasmática intacta foi maior, as proporções de membrana acrossômica danificada foram significativamente menores,





proporção de espermatozoides com danos mitocondriais foi significativamente menor e a motilidade total foi maior, quando comparadas com o grupo controle. Esses resultados denotam a capacidade de preservar características espermáticas quando usado um diluente submetido à campo magnético.

O presente estudo é o primeiro que relaciona a magnetização do diluente de resfriamento na conservação do sêmen em equino resfriado.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental consistiu em um grupo controle e outro experimental. O ejaculado de cada garanhão foi dividido em duas alíquotas. Uma alíquota foi refrigerada com diluente BotuSêmen® (Figura 1) de forma convencional (grupo controle), o outro grupo foi refrigerado com o mesmo diluente, porém, a porção líquida deste diluente antes de ser misturada a porção em pó, permaneceu por 24 horas, à temperatura ambiente sob um campo magnético de 4000 Gauss [G] (**0,4 Tesla [T]**), decorrente da justaposição de dois ímãs de neodímio (grupo experimental), conforme demonstrado na Figura 2.

Foram realizadas 5 coletas de sêmen de 6 garanhões da raça Mangalarga Marchador com idade compreendida entre 5 e 10 anos com uma vagina artificial modelo Botucatu®, na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ, no período de agosto a dezembro. Foram usados somente ejaculados com motilidade total mínima de 60%. O sêmen foi coletado com vagina artificial modelo Botucatu®, a uma temperatura de 40-44°C, acoplada a um copo coletor com filtro de nylon 75 µm para sêmen de equinos (BotuPharma® – Biotecnologia animal), utilizando-se um manequim ou uma égua adequadamente contida para o salto. Depois da coleta, a porção gelatinosa foi retida com auxílio de um filtro acoplado ao copo coletor e o volume do ejaculado foi mensurado, utilizando-se um tubo graduado em mililitros. O sêmen foi mantido a 37°C em banho-maria e, assim, efetuado os exames de concentração, motilidade e subseqüentes tratamentos.





O ejaculado coletado foi dividido e diluído na proporção 1:1 (diluyente-sêmen) no grupo controle, isto é, BotuSêmen® convencional e no BotuSêmen® magnetizado (grupo experimental) imediatamente após sua coleta, sendo, prontamente, analisado quanto à motilidade total e progressiva em microscopia óptica com aumento de 100X e 400X, utilizando-se as alíquotas de sêmen mantidas a 37°C em banho-maria protegida da luz.

Com o auxílio da câmara de Neubauer, as concentrações das amostras foram determinadas. Para a realização da contagem na câmara foi utilizada 19 gotas água e 1 gota de sêmen para atingir-se uma diluição de 1:20, isto é, 50 µL de sêmen em 950 µL de água, após a diluição e passado 2 minutos do preenchimento da câmara foi realizada a contagem. A concentração espermática foi ajustada para 50×10^6 espermatozoides/mL o que girou em torno de uma proporção de 1:4. O volume final de cada alíquota a ser submetida ao resfriamento foi próximo de 20 mL. Cada uma das alíquotas foi analisada em diferentes momentos (0, 24 e 48h), sendo armazenada sob refrigeração em torno de 15°C na BotuFlex® (caixa de isopor para armazenamento e transporte de sêmen), referente a Figura 3, contendo um ímã de neodímio de 2000 Gauss dentro da BotuFlex®. De cada alíquota foram retirados 2 mL e colocados em banho-maria a 37°C durante três minutos e, em cada momento, foram analisados subjetivamente a motilidade total e a motilidade progressiva, realizada com o auxílio Sistema Computadorizado de Análise de Sêmen AndroVision®, Minitub – Alemanha.

A motilidade espermática após o resfriamento foi determinada através de análise computadorizada pelo programa de análise da dinâmica espermática AndroVision® (Minitub - Alemanha), sendo a motilidade classificada em: motilidade total (MotTot) e motilidade progressiva (MotProg). Cinco (5) µL de sêmen foram depositados entre lâmina e lamínula pré-aquecida em uma mesa térmica. A análise computadorizada da dinâmica espermática foi feita em 4 campos que foram selecionados e avaliados com aumento de 100x acoplado ao computador, sendo a motilidade descrita, em porcentagem, como motilidade total e progressiva (Sistema Computadorizado de Análise de Sêmen AndroVision, Minitub – Alemanha).





O delineamento experimental utilizado neste experimento foi em blocos casualizados, considerando o garanhão como o bloco. Foram feitas quatro repetições (ejaculados), sendo dois os tratamentos: Trat 1 = Diluente BotuSêmen® convencional (controle) e Trat 2 = Diluente BotuSêmen® magnetizado, todos resfriados em caixas de isopor específicas para tal finalidade a 15°C para a análise 24 horas e 48 horas após o resfriamento.

Neste experimento foram obtidas as médias e erros-padrão da motilidade total (MT), motilidade progressiva (MP) e funcionalidade da membrana plasmática do espermatozoide por tratamento (1 e 2). A existência de efeito dos tratamentos foi testada em esquema fatorial 2³. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, adotando-se o nível de 5% de significância. Protocolo nº637 (012/2025) do Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA/UENF.

RESULTADOS

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2³, composto por três fatores com dois níveis cada: hora de avaliação (24 e 48 h), minuto de avaliação (0 e 3 min) e tratamento (controle e magnético), totalizando oito combinações experimentais (Tab.1).

Tabela 1. Combinações experimentais do delineamento fatorial 2³.

Grupo	Hora	Minuto	Tratamento
1	24 h	0 min	Controle
2			Magnético
3		3 min	Controle
4			Magnético
5	48 h	0 min	Controle
6			Magnético
7		3 min	Controle
8			Magnético

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados foram apresentados como média $\pm$ erro-padrão da média. As variáveis MT_POS (motilidade total pós resfriamento) e MP_POS (motilidade progressiva pós resfriamento) foram submetidas à análise de variância em esquema fatorial 2³, considerando-





se os efeitos de tratamento, hora e minuto, bem como suas interações, como demonstrado nas tabelas 2, 3 e 4. Quando necessário, as médias foram comparadas ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software R.

Tabela 2. Resultados de Motilidade Total pós resfriamento (MT_POS)

Horas	Minutos	Controle	Magnético
24	0	52,2 ± 1,8	53,1 ± 2,2
	3	51,8 ± 1,7	56,8 ± 1,8
48	0	46,8 ± 2,8	44,2 ± 3,0
	3	45,7 ± 2,3	46,8 ± 2,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3. Resultados de Motilidade Progressiva pós resfriamento (MP_POS)

Horas	Minutos	Controle	Magnético
24	0	34,0 ± 2,9	34,8 ± 3,0
	3	33,4 ± 2,4	39,1 ± 3,1
48	0	28,3 ± 2,8	25,6 ± 3,1
	3	27,6 ± 2,8	27,2 ± 2,9

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4. Análise de variância em esquema fatorial 2³, considerando-se os efeitos de tratamento, hora e minuto, bem como suas interações.

	Fonte de variação	MT_POS (p-valor)	MP_POS (p-valor)
Fatores	Tratamento	0,4160	0,6241
	Hora	< 0,0001	< 0,0001
	Minuto	0,3693	0,4974
Interações	Tratamento × Hora	0,1605	0,1542
	Tratamento × Minuto	0,1439	0,2850
	Hora × Minuto	0,7376	0,6975
	Tratamento × Hora × Minuto	0,9254	0,7015

Fonte: Elaborado pelos autores.

O único fator que apresentou diferença significativa aos testes de motilidade total e progressiva foi a “hora”, não havendo diferença significativa relativa aos demais fatores.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a utilização do diluente BotuSêmen® cuja porção solvente foi magnetizado não promoveu diferenças estatisticamente





significativas nos parâmetros de motilidade total (MT_POS) e motilidade progressiva (MP_POS) do sêmen refrigerado de garanhões da raça Mangalarga Marchador, quando comparado ao grupo controle. Apesar disso, observou-se que o fator “hora” influenciou significativamente a qualidade seminal, havendo redução da motilidade total e progressiva após 48 horas de refrigeração em ambos os tratamentos. Esse comportamento está de acordo com a literatura, que descreve que o armazenamento prolongado do sêmen equino pode ocasionar alterações estruturais e funcionais nos espermatozoides, comprometendo sua viabilidade e capacidade fertilizante (OLIVEIRA et al., 2013; FERREIRA-SILVA et al., 2018).

Embora os resultados deste trabalho não tenham demonstrado efeito positivo da magnetização da porção solvente no resfriamento de células espermáticas de equinos, pesquisas realizadas em outras espécies com congelamento apresentam resultados promissores. El-Speiy et al. (2017) verificaram melhora da motilidade espermática e redução de danos acrossomais em sêmen de coelhos submetido ao uso de diluente magnetizado. Resultados semelhantes foram observados por Askarianzadeh et al. (2018), em galos, e por Moradi et al. (2022), em carneiros, nos quais o tratamento magnético favoreceu a preservação da qualidade seminal após a criopreservação. Em javalis, Lee et al. (2023) também relataram melhora na motilidade e integridade das membranas espermáticas com o uso de diluentes magnetizados.

Os possíveis benefícios do campo magnético estão relacionados à redução da formação de cristais de gelo durante o processo de congelamento, minimizando danos celulares e favorecendo o super-resfriamento (KANG et al., 2022; YE et al., 2024). Entretanto, nas condições experimentais do presente estudo, os efeitos da magnetização não foram suficientes para promover melhorias significativas nos parâmetros avaliados do sêmen equino, provavelmente porque só ocorreu a etapa de resfriamento e não a de congelamento.

Dessa forma, os resultados indicam que, embora a magnetização da porção solvente do diluente apresente potencial biotecnológico descrito em outras espécies, sua aplicação na conservação do sêmen refrigerado de garanhões da raça Mangalarga Marchador ainda





necessita de mais pesquisas experimentais, envolvendo diferentes intensidades de campo magnético, tempos de exposição, exposição do campo magnético do diluente já pronto para o uso e maior número de animais poderão contribuir para melhor compreensão dos efeitos dessa técnica na reprodução equina.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo indicam que o uso do diluente BotuSêmen® cuja a porção líquida foi magnetizada não proporcionou diferenças significativas nos parâmetros de motilidade total e motilidade progressiva do sêmen refrigerado de garanhões da raça Mangalarga Marchador em relação ao grupo controle. Embora a literatura relate efeitos promissores da magnetização em outras espécies animais no congelamento, os benefícios esperados não foram observados neste experimento no resfriamento.

Entretanto, observou-se que o tempo de armazenamento influenciou significativamente a qualidade seminal, promovendo redução da motilidade espermática ao longo do período de refrigeração. Dessa forma, o fator “hora” foi o único que apresentou efeito estatisticamente significativo sobre as variáveis analisadas.

Assim, apesar de não terem sido constatadas melhorias decorrentes da magnetização do diluente, o presente trabalho contribui para o desenvolvimento de pesquisas voltadas à conservação e criopreservação do sêmen equino, fornecendo informações relevantes para futuras investigações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELSALAM, H.; MOSTAFA, H.; EL-ANSARY, M.; AWAD, M.; SULTAN, W. Magnetization treatment effect on some physical and biological characteristics of saline irrigation water. *Scientific Reports*, v. 15, artigo 19803, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04297-6>. Acesso em: 9 nov. 2025.

AIDAR, N. B. *Criopreservação de sêmen equino*. 2013. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2013.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





ALASHRAM, K. M. et al. A irrigação com água salina magnetizada melhora as propriedades químicas e hidráulicas do solo: um estudo em coluna de solo. *Water*, v. 14, n. 24, p. 4048, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w14244048>. Acesso em: 10 nov. 2025.

ALI HAMEED, E. The effect of magnetic field on the physicochemical properties of aqueous solutions. *IAR Journal of Agriculture Research and Life Sciences*, v. 6, n. 1, p. 1–7, jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.47310/iarjals.2025.v06i01.001>. Acesso em: 9 nov. 2025.

AL-KASS, Z.; MORRELL, J. M. Freezing stallion semen—What do we need to focus on for the future? *Veterinary Sciences*, v. 11, n. 2, p. 65, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/vetsci11020065>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ALVARENGA, M. A.; PAPA, F. O.; RAMIRES NETO, C. Advances in stallion semen cryopreservation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 32, p. 521–530, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2016.08.003>. Acesso em: 10 nov. 2025.

AMIRI, M. C.; DADKHAH, Ali A. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 278, n. 1–3, p. 252–255, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.12.046>. Acesso em: 10 nov. 2025.

ARRUDA, R. P. *Avaliação dos efeitos de diluidores e crioprotetores para o espermatozoide eqüino pelo uso de microscopia de epifluorescência, citometria de fluxo, análises computadorizadas da motilidade (CASA) e da morfometria (ASMA)*. 2000. 121 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000

ASKARIANZADEH, Z.; SHARAFI, M.; TORSHIZI, M. A. K. Sperm quality characteristics and fertilization capacity after cryopreservation of rooster semen in extender exposed to a magnetic field. *Animal Reproduction Science*, [S.l.], v. 198, p. 37–46, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.043>. Acesso em: 9 nov. 2025.

BERTOLDO, M. J.; GUIBERT, E.; TARTARIN, P.; GUILLORY, V.; FROMENT, P. Effect of metformin on the fertilizing ability of mouse spermatozoa. *Cryobiology*, v. 68, p. 262–268, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2014.02.006>. Acesso em: 9 nov. 2025.





CANISSO, I. F.; SOUZA, F. A.; SILVA, E. C. da; CARVALHO, G. R.; GUIMARÃES, J. D.; LIMA, A. L.. Inseminação artificial em equinos: sêmen fresco, diluído, resfriado e transportado. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 389–398, jul./set. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i3.10622>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CARVALHO, C. P. T.; LANÇONI, R.; SANTOS, G. C.; BERBER, R. C. A. Principais avanços das biotecnologias usadas na inseminação artificial de equinos: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 8, n. 3, Mato Grosso, out. 2015.

CECIL, H. C.; BAKST, M. R. In vitro lipid peroxidation of turkey spermatozoa. *Poultry Science*, v. 72, n. 7, p. 1370–1378, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0721370>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CEROLINI, S.; KELSO, K. A.; NOBLE, R. C.; SPEAKE, B. K.; PIZZI, F.; CAVALCHINI, L. G. Relationship between spermatozoan lipid composition and fertility during aging of chickens. *Biology of Reproduction*, v. 57, n. 5, p. 976–980, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1095/biolreprod57.5.976>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CHAVEIRO, A.; MACHADO, L.; FRIJTERS, A.; ENGEL, B.; WOELDERS, H. Improvement of parameters of freezing medium and freezing protocols for bull sperm using two osmotic supports. *Theriogenology*, v. 65, p. 1875–1890, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.017>. Acesso em: 10 nov. 2025.

COELHO, R. W. de A.; DIAS, J. C. O. Freezing equine semen after 24 hours of cooling. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e1831019939, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.9939>. Acesso em: 8 nov. 2025.

CONDE, D. C.; SOUZA, G. V. de; ALMEIDA FILHO, P. R. de O.; SHIMODA, E.; SILVA, J. F. S. Características seminais de dois diluentes de simples preparação e acessibilidade de seus componentes para o resfriamento de ejaculado equino. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e80541, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv11n6-064>. Acesso em: 10 nov. 2025.





DELL'AQUA JUNIOR, J. A. *Efeito de centrifugação, tipos de envase e temperatura de congelamento sobre parâmetros espermáticos e índices de fertilidade relacionados com o local da deposição e concentração da dose inseminante do sêmen congelado equino.*

Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária – Área de Reprodução Animal) – Botucatu-SP, Universidade Estadual Paulista UNESP-Campus Botucatu, 81p. 2002.

DONG, R.; LUO, L.; LIU, X.; YU, G. Effects of riboflavin on boar sperm motility, sperm quality, enzyme activity and antioxidant status during cryopreservation. *Veterinary Medicine and Science*, v. 8, p. 1509–1518, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/vms3.833>.

Acesso em: 9 nov. 2025.

EL-SPEIY, M. E.; EL-SAWY, M. A.; EL-SAID AHMED, H.; KAMEL, K. I. Impact of magnetic extender on semen quality, oxidative stress, bacterial count and fertilizing ability in rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science*, v. 27, n. 1, p. 109–129, 2017.

FERREIRA, H. N. et al. Variable inter-assay estimation of sperm DNA fragmentation in stallions classified as good and bad semen freezers. *CryoLetters*, v. 39, n. 1, p. 67–71, 2018.

FERREIRA-SILVA, J. C.; BASTO, S. R. L.; MOURA, M. T.; ROCHA, J. M.; FREITAS NETO, L. M.; SANTOS FILHO, J. P.; SILVA FILHO, M. L.; OLIVEIRA, M. A. L. Freezing of stallion semen: *in vitro* evaluation of motility and acrosin activity in sperm cells cryopreserved using different semen extenders. *Biopreservation and Biobanking*, v. 16, n. 6, p. 439–443, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/bio.2018.0022>. Acesso em: 8 nov. 2025.

FONSECA, E. L. *Criopreservação do sêmen equino*. 2023. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, Recife, 2023.

FÜRST, R.; CARVALHO, G. R.; FÜRST, M. C. O.; RUAS, J. R. M.; BORGES, A. M.; MAFILLI, V. Efeito do resfriamento do sêmen equino sobre sua congelabilidade. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, n. 5, p. 599–607, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000500005>. Acesso em: 9 nov. 2025.

GENEROSO, T. N. *Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo*. 2016. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.





GRAHAM, J. K. Cryopreservation of stallion spermatozoa. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 12, n. 1, p. 131–147, 1996.

GUO, H.-T.; WANG, J.-R.; SUN, L.-Z.; JIN, X.-H.; SHI, X.-Y.; LIN, J.-Y.; YUE, S.-L.; ZHOU, J.-B. Effects of astaxanthin on plasma membrane function and fertility of boar sperm during cryopreservation. *Theriogenology*, v. 164, p. 58–64, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.01.007>. Acesso em: 9 nov. 2025.

HERMSDORFF, G. E. Inseminação artificial. *Boletim da Sociedade Brasileira de Medicina Veterinária*, [S.l.], v. 1, p. 21-55, 1940.

HORE, P. J. Are biochemical reactions affected by weak magnetic fields?. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, p. 1357, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1120531109>. Acesso em: 9 nov. 2025.

HOSSEINI, H.; HOSSEINI, H.; JALILI, M.; NOROUZI APOURVARI, S.; SCHAFFIE, M.; RANJBAR, M. Static adsorption and interfacial tension of sodium dodecyl sulfate via magnetic field application. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 178, p. 205–215, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.03.040>. Acesso em: 10 nov. 2025.

JHA, P.; XANTHAKIS, E.; JURY, V.; LE-BAIL, A. An overview on magnetic field and electric field interactions with ice crystallisation; application in the case of frozen food. *Crystals*, v. 7, p. 299, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cryst7100299>. Acesso em: 9 nov. 2025.

JHAMB, D.; TALLURI, T. R.; SHARMA, S.; JUNEJA, R.; NIRWAN, S. S.; YADAV, D.; PARGI, K. K.; TANWAR, A.; KUMAR, P.; KUMAR, R.; MEHTA, S. C.; PARASHAR, M.; GAUR, M. Freezability and fertility rates of stallion semen supplemented with trehalose in lactose extender. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 126, p. 104293, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2023.104293>. Acesso em: 8 nov. 2025.

KADIVAR, A.; ESFANDABADI, N. S.; NAZHVANI, E. D.; SHIRAZI, A.; AHMADI, E. Effects of cryopreservation on stallion sperm protamine messenger RNAs. *Reproduction in Domestic Animals*, v. 55, n. 3, p. 274–282, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rda.13615>. Acesso em: 8 nov. 2025.





KANG, T.; LEE, D.; KO, Y.; JUN, S. Effects of pulsed electric field (PEF) and oscillating magnetic field (OMF) on supercooling preservation of beef at different fat levels.

International Journal of Refrigeration, v. 136, p. 36–45, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.01.004>. Acesso em: 9 nov. 2025.

KATILA, T. Procedures for handling fresh stallion semen. *Theriogenology*, v. 48, n. 7, p. 1217- 1227, 1997.

KOWALCZYK, A.; CZERNIAWSKA, P.I.Å.; TKOWSKA, E.; KUCZAJ, M. Factors influencing the popularity of artificial insemination of mares in Europe. *Animals*, v. 9, p. 460, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9070460>. Acesso em: 10 nov. 2025.

LEE, S.; KIM, Y.-M.; CHEONG, H.-T.; PARK, C.-K.; LEE, S.-H. Effect of magnetized freezing extender on membrane damages, motility, and fertility of boar sperm following cryopreservation. *Animals*, v. 13, p. 634, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13040634>. Acesso em: 9 nov. 2025.

LEFRAPPER, L.; WALSTON, L.; WHISNANT, C.S. Comparison of various extenders for storage of cooled stallion spermatozoa for 72 hours. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 30, p. 200-4, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JEVS.2010.02.007>. Acesso em: 10 nov. 2025

LI, R.; GUO, M.; LIAO, E.; WANG, Q.; PENG, L.; JIN, W.; WANG, H. Effects of repeated freezing and thawing on myofibrillar protein and quality characteristics of marinated Enshi black pork. *Food Chemistry*, v. 378, p. 131994, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131994>. Acesso em: 9 nov. 2025.

LIMA, R. A. S.; CINTRA, A. G. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo. Brasília: ESALQ/USP/FAJ, 2016.

LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G. S. C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006.

MEDEIROS, A.S.L.; GOMES, G.M.; CARMO, M.T.; PAPA, F.O.; ALVARENGA, M.A. Cryopreservation of stallion semen using different amides. *Theriogenology*, v.58, p.273-276,





2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)00898-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)00898-1). Acesso em: 10 nov. 2025.

MEDRANO, A.; HOLT, W.V.; WATSON, P.F. Controlled freezing studies on boar sperm cryopreservation. *Andrologia*, v.41, p.246-250, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2009.00927.x>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MORADI, M.; HAJARIAN, H.; KARAMISHABANKAREH, H.; SOLTANI, L.; SOLEYMANI, B. Pre-treatment of ram semen extender with magnetic nanoparticles on freeze-thawed spermatozoa. *Veterinary Medicine and Science*, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 792–798, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/vms3.689>. Acesso em: 9 nov. 2025.

OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, B. M. M.; CELEGHINI, E. C. C.; FERNANDES, C. B.; MATTOS, C. B. Criopreservação do sêmen equino: uma revisão. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 37, n. 1, p. 23–28, 2013.

PARKS, J. E.; GRAHAM, J. K. Effects of cryopreservation procedures on sperm membranes. *Theriogenology*, v. 38, p. 209–222, 1992. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(92\)90231-F](https://doi.org/10.1016/0093-691X(92)90231-F). Acesso em: 9 nov. 2025.

PEÑA ALFARO, C. E.; MONTEIRO, R. A. .; BARROS, L. de O. .; MORAIS, V. de A. INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL E TECNOLOGIA DE SÊMEN EM JUMENTOS. *Ciência Animal*, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 01–13, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9542>. Acesso em: 8 nov. 2025.

PORTO, M. E. G. *Alterações de propriedades biológicas e físico-químicas da água induzidas por campo magnético*. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SANTOS, M. I. *Sonicação e centrifugação na criopreservação de sêmen equino*. 2020. 49 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-Graduação em Veterinária, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

SHARAFI, M.; BORGHEI-RAD, S. M.; HEZAVEHEI, M.; SHAHVERDI, A.; BENSON, J. D. Cryopreservation of Semen in Domestic Animals: A Review of Current Challenges,





Applications, and Prospective Strategies. *Animals*, Basel, v. 12, n. 23, p. 3271, 2022.

Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani12233271>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SILVA, L. T. da; MAIA, M. da S.; AQUINO, J. J. M. de; MOURA, C. E. B. de. Comparação morfológica da célula espermática equina no sêmen fresco e refrigerado. In: SANTANA, O. A.; CABRAL FILHO, P. E.; RODRIGUES, C. G. (org.). *Anais do Encontro Anual da Biofísica 2017*. São Paulo: Blucher, 2017. p. 22–25. Disponível em:

<https://doi.org/10.5151/biofisica2017-008>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SOUZA, E. Inseminação artificial. *Revista de Veterinária e Zootecnia*, [S.l.], v. 2, p. 92-96, 1912.

SOUZA, G. V. de; SILVA, A. R. A. H. S.; BARRETO, M. A. P.; SILVA, V. H. A. H. S.; SHIMODA, E.; SILVA, J. F. S. Variações das características seminais entre garanhões Mangalarga Marchador submetidos a quatro curvas de congelamento e duas de descongelamento. *REVISTA FOCO*, [S. l.], v. 18, n. 4, p. e8000, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n4-009>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SQUIRES, E. L. et al. Cooled and frozen stallion semen, fort collins: animal reproduction biotechnology laboratory. Colorado State University, *Bulletin*, n. 9, 1999.

TAI, C. Y.; WU, C. K.; CHANG, M. C. Effects of magnetic field on the crystallization of CaCO_3 using permanent magnets. *Chemical Engineering Science*, v. 63, p. 5606–5612, 2008.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2008.08.004>. Acesso em: 9 nov. 2025.

TANG, J.Y.; ZHANG, H.Y.; TIAN, C.Q.; SHAO, S.Q. Effects of different magnetic fields on the freezing parameters of cherry. *Journal of Food Engineering*, v. 278, p. 109949, 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109949>. Acesso em: 9 nov. 2025.

TOLEDO, E. J. L.; RAMALHO, T. C.; MAGRIOTIS, Z. M. Influence of magnetic field on physical–chemical properties of liquid water: insights from experimental and theoretical models. *Journal of Molecular Structure*, v. 888, n. 1–3, p. 409–415, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.01.010>. Acesso em: 9 nov. 2025.

TOTA, M.; JONDERKO, L.; WITEK, J.; NOVICKIJ, V.; KULBACKA, J. Cellular and molecular effects of magnetic fields. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 25, n.





16, p. 8973, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms25168973>. Acesso em: 9 nov. 2025.

VIDAMENT, M.; DUPERE, A. M.; JULIENNE, P.; EVIAN, A.; NOUE, P.; PALMER, E. Equine frozen semen: Freezability and fertility field results. *Theriogenology*, v. 48, p. 907–917, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00319-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00319-1). Acesso em: 9 nov. 2025.

WATSON, P. F. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Animal Reproduction Science*, [S.l.], v. 60, n. 4, p. 481–492, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00099-3). Acesso em: 9 nov. 2025.

WOO, M. W.; MUJUMDAR, A. S. Effects of Electric and Magnetic Field on Freezing and Possible Relevance in Freeze Drying. *Drying Technology*, v. 28, n. 4, p. 433–443, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07373930903202077>. Acesso em: 9 nov. 2025.

YE, P.; LUO, K.; FENG, A.; ZHAO, D.; WANG, D.; LIN, X.; LIU, Z. Magnetic field improves the quality of frozen tilapia fillets by decreasing the ice crystals during freezing process. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 59, n. 12, p. 8961–8971, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.17357>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ZHANG, X.; YAREMA, K.; XU, A. *Biological effects of static magnetic fields*. Berlin/Heidelberg: Springer, 2017. p. 1–220.

ZHOU, Q.; QIN, B.; HUANG, H. Research on the formation mechanism of magnetized water used to wet coal dust based on experiment and simulation investigation on its molecular structures. *Powder Technology*, v. 391, p. 69–76, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.05.092>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ZHOU, Z.; ZHAO, H.; HAN, J. Supercooling and crystallization of water under DC magnetic fields. *Journal of Atomic and Molecular Physics*, v. 4, p. 1405–1408, 2012. DOI: 10.3969/j.issn.0438-1157.2012.05.012.

Recebido em: 01/08/2026

Aprovado em: 20/08/2026

Publicado em: 09/09/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

