

**Influência de campos magnéticos na germinação de sementes de
Cucumis melo L**

**The influence of magnetic fields on the germination of seeds of
Cucumis melo L**

DOI:10.34117/bjdv7n5-333

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 17/05/2021

Francisco Angelo Gurgel da Rocha

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN, Mossoró, Brasil

Endereço: IFRN - R. Raimundo Firmino de Oliveira, 400 - Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN, 59628-330

E-mail: angelo.gurgel@ifrn.edu.br

Michel Santana de Deus

Mestre em Engenharia Elétrica e Computação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN, Mossoró, Brasil

Endereço: IFRN - R. Raimundo Firmino de Oliveira, 400 - Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN, 59628-330

E-mail: michel.santana@ifrn.edu.br

Emerson Santana da Silva

Técnico em Eletrotécnica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN, Mossoró, Brasil

Endereço: IFRN - R. Raimundo Firmino de Oliveira, 400 - Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN, 59628-330

E-mail: emerson-silva47@hotmail.com

Rodolfo Henrique da Silva Marinheiro

Técnico em Eletrotécnica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN, Mossoró, Brasil

Endereço: IFRN - R. Raimundo Firmino de Oliveira, 400 - Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN, 59628-330

E-mail: rodolfo4040m@gmail.com

Warley Evangelista da Silva

Técnico em Eletrotécnica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN, Mossoró, Brasil

Endereço: IFRN - R. Raimundo Firmino de Oliveira, 400 - Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN, 59628-330

E-mail: warleysilva465@gmail.com

RESUMO

Avaliou-se a ação de campos magnéticos sobre a germinação/desenvolvimento de 1080 sementes de *Cucumis melo* L. Em comparação ao grupo Controle, maiores taxas de germinação, produção de biomassa e desenvolvimento do sistema radicular foram observadas em todas as intensidades de campo testadas (15 mT, 25 mT e 35 mT), sob exposição equivalente a 5 e 10 minutos. A ação inibitória foi observada nas mesmas intensidades, no tempo de exposição equivalente a 15 minutos.

Palavras-chave: eletromagnetismo, pré-semeadura, fruticultura, fisiologia vegetal.

ABSTRACT

Germination/development of 1080 seeds of *Cucumis melo* L. Compared to the Control group, higher rates of germination, biomass production and root system development were observed at all tested field strengths (15 mT, 25 mT and 35 mT), under exposure equivalent to 5 and 10 minutes. The inhibitory action was observed at the same intensities, under exposure time equivalent to 15 minutes.

Keywords: electromagnetism, pre-seeding, fruitculture, plant physiology.

1 INTRODUÇÃO

Os campos eletromagnéticos são uma constante no universo, sendo a expressão de uma das quatro forças fundamentais da Natureza, a força eletromagnética (Greene, 2001). No planeta terra, o campo magnético vincula-se à existência de correntes elétricas que circulam o núcleo terrestre. (Rezende, 2000; Chaib e Assis, 2007; Pinho, 2009)

Os campos magnéticos, podem ser classificados em dois grupos, a saber: campo magnético estático e campo magnético dinâmico, respectivamente (Deutschlander, 1999). Em concordância com Bekhite et al. (2016), considerando-se a sua intensidade, os campos magnéticos podem ser classificados em fracos (<1 mT), moderados (1 mT–1 T), fortes (1–20 T) e ultra fortes (>20 T).

Dadas as suas características físicas, os campos magnéticos afetam direta e/ou indiretamente os seres vivos, desde microrganismos até vertebrados (Wiltschko e Wiltschko, 2005; Margato et al., 2007; Stern, 2009; Rizzo-Sierra et al., 2011; Giovanella et al., 2014; Diniz e Macedo, 2014). Tais interferências ocorrem em diferentes níveis, especialmente, na esfera metabólica (Richter et al., 1995; Staniek et al., 2002; Wang, 2017).

Os vegetais, como todos os organismos, permanecem sob a influência constante do campo magnético terrestre e/ou gerado por outras fontes eletromagnéticas (Wang, 2017). Neste contexto, é esperado que o magnetismo exerça um certo grau de influência em sua fisiologia. Atualmente, sabe-se que a exposição de sementes à campo magnético

induzido pode influenciar negativa ou positivamente a sua taxa de germinação. Evidências experimentais confirmam a influência do magnetismo sobre a germinação, o crescimento e a produção de biomassa nas plantas (Padrino, et al., 2013; Aladjadjian, 2010).

Considerando-se que a exposição controlada de sementes a campos magnéticos artificiais pode acelerar o processo de germinação e o desenvolvimento do vegetal (Aladjadjian, 2002; Moon e Chung, 2002; Fischer et al., 2004; Florez et al., 2007), é possível prever que a aplicação de tal tecnologia possa ter impacto positivo na redução do consumo de insumos agrícolas e na redução temporal do ciclo vital das espécies cultivadas.

Tendo em vista a relevância do cultivo do melão (*Cucumis melo* L.) para a fruticultura potiguar (COEX, 2016), bem como os impactos ambientais decorrentes do seu cultivo em larga escala, soluções tecnológicas que possam acelerar os seus processos de germinação e desenvolvimento, se apresentam como uma possível solução para a questão da redução na área de cultivo e aumento na produtividade, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Estado do Rio Grande do Norte.

O presente projeto teve como Objetivo Geral avaliar a ação de campos eletromagnéticos sobre o processo de germinação de sementes e desenvolvimento inicial do melão (*Cucumis melo* L.). Objetivou-se de forma específica a construção de uma câmara geradora de campos eletromagnéticos para o tratamento das sementes, o estabelecimento do tempo de germinação das sementes e a avaliação do desenvolvimento do sistema radicular das plântulas;

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a geração dos campos eletromagnéticos nas intensidades selecionadas (15, 25 e 35 mT), optou-se pela utilização de um solenoide, composto por um tubo de PVC com dimensões 16 cm de altura e 10 cm de diâmetro, sobre o qual foram criadas 500 espiras, com uso de fio de cobre esmaltado. A quantidade de espiras foi determinada através da seguinte equação física, na qual o vetor intensidade do campo magnético, no centro da espira, tem módulo dado por:

$$B=(\mu_0.N.i)L \quad (1)$$

B = módulo da intensidade do campo magnético, medido em Teslas (T);

μ_0 = coeficiente de permeabilidade magnética no vácuo, correspondente a $4\pi \times 10^{-7}$;

N = número de espiras;

i = corrente elétrica em medida em amperes (A);

L = o comprimento do solenoide, medido em metros.

Com as intensidades de campo magnético já estabelecidas e um valor fixo para a quantidade de espiras, conseguiu-se estimar o valor da corrente necessária para cada tratamento, através da fórmula anteriormente citada, variando apenas o valor da intensidade do campo, por consequência, encontrando a corrente correspondente para gera-lo.

A alimentação elétrica do solenoide foi fornecida através de uma fonte de alimentação convencional, utilizada em CPUs de computadores, empregando-se seus terminais de 12V para obter a corrente necessária.

Adicionalmente, um circuito do tipo PWN, foi integrado ao solenoide para controlar o tempo de exposição das sementes, através de um CI 555, em conjunto com uma placa Arduino. A própria plataforma de programação livre do Arduino foi utilizada como base para o desenvolvimento do *software* de controle.

O solenoide foi então acondicionado em caixa de madeira revestida, com dimensões de 30 cm de largura, altura e profundidade, ao qual afixou-se LED sinalizador e botão liga/desliga.

As sementes de *C. melo* L. foram adquiridas em loja de produtos agrícolas, optando-se por produtor reconhecido nacionalmente pela qualidade e alta taxa de germinação. Todas as sementes selecionadas cumpriram os seguintes critérios de inclusão: terem sido produzidas por uma mesma empresa; terem sido adquiridas em um mesmo estabelecimento comercial, de modo a garantir que as condições de armazenamento e comercialização tenham sido uniformes; pertencerem ao mesmo lote; estarem dentro de período de validade, com margem de no mínimo seis meses até o vencimento.

O total de 210 sementes foi envolvido no estudo, dividido nos seguintes grupos: Controle, Tratamento 01, Tratamento 02 e Tratamento 03 (Tabela 1). Cada grupo (excetuando-se o grupo Controle) foi submetido a 3 variações de campos magnéticos com intensidades correspondentes a 15, 25 e 35 mT. O grupo experimental Tratamento 01 sofreu exposição aos campos descritos pelo lapso temporal de 05 minutos; O grupo experimental Tratamento 02, por 10 minutos. O grupo experimental Tratamento 03, por sua vez, sofreu exposição por 15 minutos. Os ensaios foram realizados em duplicatas.[

Tabela 01. Distribuição das sementes nos grupos experimentais adotados no presente estudo.

Grupo	Repetições	Subtotal de sementes
Controle 01	1	10
Controle 02	1	10
Controle 03	1	10
Tratamento 01	2	60
Tratamento 02	2	60
Tratamento 03	2	60
Total de sementes		210

Fontes: dados dos pesquisadores

Os grupos experimentais (Tratamento 01, 02 e 03) foram colocados em placas de Petri e individualmente acondicionados no centro do solenoide, apoiados sobre um suporte de madeira, onde sofreram os tratamentos descritos. Os Grupos Controle 01, 02 e 03 não sofreram nenhum tipo de tratamento.

Após os procedimentos descritos e as suas respectivas repetições, cada lote de sementes foi depositado em recipientes plásticos com tampa, identificados por etiquetas com os seguintes dados: tratamento, data do tratamento, data da semeadura, nome do responsável. Em seu interior, foi colocado como substrato para a germinação folha de papel filtro plissado, com duas canaletas. Em cada uma destas, foram colocadas 10 sementes de *C. melo* L. A quantidade de água utilizada na umidificação do ambiente, levou em consideração o volume de água (mL) *versus* o peso do substrato (g), equivalendo a 2 vezes o peso deste último (Brasil, 2009).

Os recipientes contendo as sementes tratadas foram armazenados em câmara de germinação, submetidas a 25°C.

Para o estabelecimento do período de germinação, foram adotados os parâmetros determinados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para testes de germinação de sementes de *C. melo* L. (Brasil, 2009). Como tempo zero (T_0), considerou-se o dia inicial da incubação das sementes. Como tempo normal da germinação, adotou-se a partir do quarto dia, conforme o esperado para a espécie testada. O tempo total de germinação para cada lote correspondeu a oito dias.

Para os efeitos do presente estudo, por germinação, admitiu-se como sendo a “emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo” (Brasil, 2009).

Foram contabilizadas as plântulas suficientemente desenvolvidas, consideradas morfológicamente normais. A cada dia, o número de plântulas viáveis foi contado e registrado em caderno de laboratório. Após o procedimento, as mesmas foram removidas, visando facilitar contagens posteriores e evitar possíveis interferências na germinação das demais sementes.

Como parâmetro comparativo, levou-se em consideração o Índice de Velocidade de Geminação – IVG (Oliveira et al., 2009), determinado pela fórmula:

$$IVG = G1/T1 + G2/T1 + Gi/Ti... \quad (2)$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1 até Gi = número de plântulas germinadas ocorrida a cada dia;

T1 até Ti = tempo (dias).

O desenvolvimento do sistema radicular das plântulas foi aferido através da medição do seu comprimento com o uso de um paquímetro, sendo os valores observados (em milímetros) registrados em tabela.

A produção de Biomassa foi avaliada com uso de balança analítica, sendo cada plântula individualmente pesada, sendo o resultado expresso em gramas, registrados em tabela.

Tanto para os Grupos Controle, quanto para os Tratamentos, foram obtidos os valores médios para o IVG, desenvolvimento do sistema radicular e produção de Biomassa.

As médias do IVG, produção de Biomassa e desenvolvimento do sistema radicular obtidas com os Grupos Controle 01, 02 e 03 foram utilizadas como parâmetros normais. As mesmas médias, obtidas a partir dos Tratamentos 01, 02 e 03 foram comparados em contraste aos seus respectivos Grupos Controle. Os tratamentos que obtiveram valores médios superiores aos observados nos Grupos Controle correspondentes, foram considerados efetivos para a otimização da germinação das sementes e desenvolvimento de *C. melo* L. Por sua vez, valores inferiores, foram considerados como resultados de tratamentos inibitórios sobre a germinação e/ou desenvolvimento das plântulas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da exposição das sementes aos campos eletromagnéticos descritos, pelo lapso temporal de 05 minutos (Tratamento 01), estão descritos na Tabela 02.

Tabela 02. Médias aritméticas obtidas a partir das sementes submetidas à campos magnéticos equivalentes a 15, 25 e 35 mT por 05 minutos (Tratamento 01). CT=controle; M=produção de Biomassa; R=desenvolvimento do sistema radicular; IVG=Índice de Velocidade de Germinação.

Grupo	Parâmetros	Médias		
		M (g)	R (mm)	IVG
CT	-	0,17	74,70	1,50
01	15 mT/05 min	0,29	95,70	1,65
02	25 mT/05 min	0,23	86,40	1,80
03	35 mT/05 min	0,19	76,00	1,67

Fonte: dados dos pesquisadores.

Conforme é possível observar, foram obtidos resultados superiores aos Grupos Controle em todos os grupos experimentais, o que aponta a existência de efeito estimulante sobre a síntese de Biomassa (M), desenvolvimento do sistema radicular (R) e Índice de Velocidade da Germinação (IVG).

No tocante à produção de Biomassa (0,29 g) e desenvolvimento do sistema radicular (95,70 mm), o estímulo mais efetivo foi observado quando o material biológico foi submetido a campo magnético equivalente a 15 mT por cinco minutos. Em relação ao IVG a resposta mais satisfatória (1,80) foi obtida com a exposição a campo magnético com intensidade de 25 mT por cinco minutos.

As respostas obtidas com a exposição das sementes às intensidades de campo descritas, pelo lapso temporal de 10 minutos estão descritas na Tabela 03.

Em concordância com as observações anteriores, todos os grupos experimentais responderam de forma positiva aos tratamentos, quando comparados ao Grupo Controle correspondente. As respostas mais efetivas quanto à produção de Biomassa (0,25 g) e desenvolvimento do sistema radicular (100,25 mm) foram obtidas após a exposição das sementes ao campo magnético com intensidade correspondente a 25 mT por dez minutos. Em relação à germinação de sementes, o maior IVG obtido (1,91), foi alcançado sob intensidade de 35 mT pelo mesmo lapso de tempo.

Tabela 03. Médias aritméticas obtidas a partir das sementes submetidas à campos magnéticos equivalentes a 15, 25 e 35 mT por 10 minutos (Tratamento 02). CT=controle; M=produção de Biomassa; R=desenvolvimento do sistema radicular; IVG=Índice de Velocidade de Germinação.

Grupo	Parâmetros	Médias		
		M (g)	R (mm)	IVG
CT	-	0,15	77,70	1,65
01	15 mT/10 min	0,20	85,55	1,76
02	25 mT/10 min	0,25	100,25	1,75
03	35 mT/10 min	0,24	98,45	1,91

Fonte: dados dos pesquisadores.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos com os tratamentos equivalentes ao tempo de 15 minutos.

Tabela 04. Médias aritméticas obtidas a partir das sementes submetidas à campos magnéticos equivalentes a 15, 25 e 35 mT por 15 minutos (Tratamento 03). CT=controle; M=produção de Biomassa; R=desenvolvimento do sistema radicular; IVG=Índice de Velocidade de Germinação.

Grupo	Parâmetros	Médias		
		M (g)	R (mm)	IVG
Controle	-	0,34	90,00	1,50
01	15 mT/15 min	0,19	37,00	0,55
02	25 mT/15 min	0,16	46,00	0,55
03	35 mT/15 min	0,08	33,5	0,14

Fonte: dados dos pesquisadores.

A análise dos dados permite observar que, nas intensidades e tempos testados, passa a ocorrer efeito inibitório, uma vez que todas as médias obtidas apresentam valores inferiores ao obtidos com o Grupo Controle.

O maior efeito inibitório sobre a produção de Biomassa (0,08 g), desenvolvimento do sistema radicular (33,5 mm) e Índice de Velocidade de Germinação (0,14) corresponderam ao tratamento das sementes sob intensidade de campo equivalente a 35 mT por quinze minutos.

Em contraste às médias obtidas nos grupos experimentais anteriores, (Tabelas 02 e 03), o tratamento equivalente a 35 mT/15 min foi capaz de promover efeito inibitório sobre todas as variáveis consideradas no presente estudo.

A comparação dos resultados (Tabela 05) demonstra que a ação estimulante mais significativa sobre a produção de Biomassa, desenvolvimento do sistema radicular e Índice de Velocidade de Germinação vincula-se aos tratamentos correspondentes a 15 mT/05 min, 25 mT/10 min e 35 mT/10 min. Contudo, a ação inibitória mais significativa

sobre a produção de Biomassa e o desenvolvimento do sistema radicular foi observada a 35 mT/10 min, enquanto, no IVG, a maior inibição ocorreu após a exposição a 35 mT/15 min.

Tabela 05. Relação entre os efeitos estimulante/inibitório dos campos magnéticos e tempos de exposição sobre a produção de Biomassa, desenvolvimento do sistema radicular e Índice de Velocidade de Germinação das sementes de *C. melo* L. CT=controle; M=produção de Biomassa; R= desenvolvimento do sistema radicular; IVG=Índice de Velocidade de Germinação. AE= ação estimulante mais significativa AI=ação inibitória mais significativa.

Parâmetro	AE		AI	
	Tratamento	Média	Tratamento	Média
M	15 mT/05 min	0,29 g	35 mT/10 min	0,8 g
R	25 mT/10 min	100,25 mm	35 mT/10 min	33,5 mm
IVG	35 mT/10 min	1,91	35 mT/15 min	0,14

Fonte: dados dos pesquisadores.

Observou-se que, excetuando-se os tratamentos 10 mT, 25 mT e 35 mT com tempos de exposição equivalentes a quinze minutos (Tratamento 03), houve sensível efeito estimulante sob as variáveis produção de biomassa e desenvolvimento do sistema radicular. Tal observação é concordante com o relato de Negishi et al. (1999), que aponta a ação positiva de campos magnéticos sobre o processo de alongação celular. Já o estímulo à germinação das sementes (IVG) foi observado em todas as intensidades de campo testadas nos grupos Tratamento 01 e 02, o que é concordante com estudos anteriores (Moon e Chung, 2000)

A exposição de sementes à campos magnéticos (ELF) aumenta a sua eficácia na absorção de água, conduzindo às alterações na dinâmica intracelular, resultantes da interferência no estabelecimento e quebra de ligações ponte de hidrogênio (Ayrapetyan e De, 2014). Dada a importância da água na fisiologia dos organismos vivos obtém-se, consequentemente, uma modulação positiva ou negativa no metabolismo vegetal, o que pode levar às alterações observadas nos grupos experimentais.

O processo de germinação envolve complexas cadeias de sinalização e diversas enzimas, em vários níveis metabólicos. Neste contexto, Aksyonov et al. (2000) relataram que a exposição de sementes à campos eletromagnéticos promovem o aumento na atividade de enzimas envolvidas diretamente na germinação. Este dado é compatível com o comportamento observado no presente estudo.

Adicionalmente, Belyavskaya (2001), relatou que o uso de campos magnéticos no tratamento de sementes de ervilha promoveu alterações ultra estruturais nas células, tais como o acúmulo de corpos lipídicos e redução da ferritina em plastídeos. Tais modificações podem estar relacionadas ao estímulo à germinação verificado nos tratamentos empregados no presente estudo.

No tocante aos efeitos inibitórios observados a 35 mT/15 min, um mecanismo bioquímico potencialmente envolvido no fenômeno relaciona-se à produção de espécies reativas de oxigênio (ROS). Embora os mecanismos envolvidos na formação das ROS não sejam completamente compreendidos (Wang e Xim, 2017), sabe-se que podem ser produzidas por processos enzimáticos ou não-enzimáticos, sendo a Cadeia Transportadora de Elétrons (CTE) na mitocôndria a sua principal fonte geradora. Durante a síntese de ATP, elétrons podem escapar da CTE (em especial nos complexos I e III), combinando-se com o O₂ e gerando a espécie reativa •O₂⁻ (Staniek et al., 2002).

Por serem muito reativos, as ROS são danosas tanto à estrutura, quanto à fisiologia das células. A sua eliminação é viabilizada por compostos não proteicos (Glutathione, vitaminas A, C e E) ou através da ação de enzimas antioxidantes (Liou e Storz, 2010). Em concordância com Wang e Xim (2017), os mecanismos de ação dos campos magnéticos sobre as ROS provavelmente envolvem interferências na ação de diferentes enzimas antioxidantes, dificultando a sua eliminação. Neste sentido, Jouni, et al. (2012) observaram em sementes de soja o aumento da atividade Superóxido Dismutase (SOD) associado a diminuição da atividade da catalase (CAT), sugerindo a supressão do sistema antioxidante de defesa do vegetal.

Evidências experimentais demonstram a efetividade da ação de campos magnéticos na síntese de ROS (Podleony et al., 2004; Wang e Xim, 2017), o que é consistente com os efeitos inibitórios observados nos experimentos aqui descritos.

5 CONCLUSÃO

A ação estimulante sobre a germinação (Índice de Velocidade de Germinação), produção de Biomassa e desenvolvimento do sistema radicular foi observada em todas as intensidades de campo testadas (15 mT, 25 mT e 35 mT), sob exposição equivalente a 5 e 10 minutos.

A ação inibitória sobre todos os parâmetros anteriormente descritos foi observada igualmente em todas as intensidades de campo empregadas, porém restringindo-se aos tratamentos com exposição equivalente a 15 minutos.

Comparativamente, para se obter efeito estimulante máximo na germinação das sementes, exigiu-se intensidades de campo mais altas do que as empregadas na obtenção dos melhores resultados na Produção de Biomassa e no Desenvolvimento do Sistema Radicular.

Recomenda-se a continuidade dos estudos para determinar a intensidade de campo/tempo de exposição ideais para a obtenção dos efeitos estimulantes. Adicionalmente, sugere-se o estudo de outras espécies vegetais de interesse agrícola e/ou conservacionista.

REFERÊNCIAS

AKSYONOV, S.I., BUCHYLEV, A., GRUNINA, T.Y.U., GORYACHEV, S.N. AND TUROVETSKY, V.B. hysiochemical mechanisms of efficiency of treatment by weak ELF-EMF of wheat seeds at different stages of germination. Proc. In: 22th Annual Meeting Eur. Bioelectromagnetics Ass. Munich, 112-113, 2000.

ALADJADJIYAN, Anna. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. Journal of Central European Agriculture . v. 3, n. 23, 2002.

ALADJADJIYAN, Anna. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. International agrophysics. v. 24, p. 321-324, 2010.

AYRAPETYAN, S.; DE, J. Cell Hydration as a biomarker for estimation of biological effects of nonionizing radiation on cells and organisms. The Scientific World Journal, Article ID 890518, 2014.

BEKHITE, M.M.; FINKENSIEPER, A.; ABOU-ZAID, F.A.; EL-SHOUBAGY, I.K.; EL-FIKY, N.K.; OMAR, K.M.; SAUER, H.; WARTENBERG, M. Differential effects of high and low strength magnetic fields on mouse embryonic development and vasculogenesis of embryonic stem cells. Reprod. Toxicol. v. 65, 2016, p. 46–58.

BELYAVSKAYA, N.A. Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. Advances in Space Research, v.28, p. 645–50, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regras para a análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CHAIB, J.P.M.C.; ASSIS, A.D.K.T. Ampère e a origem do magnetismo terrestre. I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL. 2007
COEX – Comitê Executivo de Fitossanidade do Rio Grande do Norte – Dados de exportação de melão: Período de 2013 a Março/2016. Mossoró: 2016, 2f.

DEUTSCHLANDER, M.E.; PHILLIPS, J.B.; BORLAND, S.C. The case for light-dependent magnetic orientation in animals. J. Exp. Biol. v. 202, 1999, p.891–908.

DINIZ, R. H.; MACEDO, M. E. Aves-Anilhar para proteger. Acervo da iniciação científica. N.1, 2014. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/aic/article/view/612/577>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FLOREZ, M.; CARBONELL, PADRINO, M.; MARTINEZ, E. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environmental and Experimental Botany. v. 59, p.68-75, 2007.

GIOVANELLA, R.; ROCHA, M. P.; BERLEZE, S. L. M. Campo Eletromagnético e o Fenômeno de Taxia em Cupins de Madeira Seca (*Cryptotermes Brevis*). Floresta e Ambiente, v. 21, n. 4, p. 551-60, 2014.

GREENE, Brian. *O universo elegante*. Supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

JOUNI, F.J.; ABDOLMALEKI, P.; GHANATI, F. OXIDATIVE STRESS IN BROAD BEAN (*Vicia faba* L.) induced by static magnetic field under natural radioactivity. Mutat. Res. v. 741, 2012, p. 116–21.

LIU, G.Y.; STORZ, P. Reactive oxygen species in cancer. Free Radic. Res., v. 44, 2010, p. 479–96.

MARGATO, B.; SANTOS, M. dos.; BARROS, H. L. Propriedades magnéticas de organismos magnetotáticos: um trabalho multidisciplinar. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 347-353, 2007.

MOON, JAE-DUK; CHUNG, HWA-SOOK. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal of Electrostatics, v. 48, n. 2, p. 103-114, 2002.

NEGISHI, Y., HASHIMOTO, A., TSUSHIMA, M., DOBROTA, C., YAMASHITA, M. AND NAKAMURA, T. Growth of pea epicotyl in low magnetic field implication for space research. Advances in Space Research, v., p. 2029–32, 1999.

OLIVEIRA, A. C. A. et al. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. Revista Científica Internacional, n. 04, 2009. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_2186.pdf>. Acesso em: 12/03/2019.

PADRINO, M. et al. Tratamiento magnético como técnica estimulante de la germinación de semillas de soja. Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, n. 12, p. 119-127, 2013.

PINHO, L.C.A.B. Materiais magnéticos e suas aplicações. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2009.

PODLEONY, J.; PIETRUSZEWSKI, S.; PODLEOENA, A. Efficiency of magnetic biostimulation of broad bean cultivated in the experimental plot conditions. International Agrophysics, v.18, p. 65-71, 2004.

REZENDE, S.M. Magnetismo na Terra Brasilis. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p.293-98, 2000.

RICHTER, C.; GOGVADZE, V.; LAFFRANCHI, R.; SCHLAPBACH, R.; SCHWEIZER, M.; SUTER, M.; WALTER, P.; YAFFEE, M. Oxidants in mitochondria: From physiology to diseases. Biochim. Biophys. Acta, v. 1271, 1995, p. 67–74.

RIZZO_SIERRA, C. V.; BAYONA, E. A.; LEON-SARMIENTO, F. E. Magnetorrecepción: la piedra angular de la orientación aeroespacial, balance y locomoción humana. *Revista de Investigación Clínica*, v.63, n.5, p. 509-515, 2011.

STANIEK, K.; GILLE, L.; KOZLOV, A.V.; NOHL, H. Mitochondrial superoxide radical formation is controlled by electron bifurcation to the high and low potential pathways. *Free Radic. Res.*, v. 36, 2002, p. 381–387.

STERN, J. Migration and Movement Patterns. *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2 ed. Elsevier, 2009.

WANG, H; XIM, Z. Magnetic fields and reactive oxygen species. *International Journal of Molecular Sciences*, v.18, 2017.

WILTSCHKO, W. & WILTSCHKO, R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology*, v. 191, p. 675-93, 2005.