

Irrigação Magnética

Magnetic Irrigation

Guido N. Lopes
Academia Roraimense de Ciências e Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do CCA /UFRR
guido@query.in

Vendelino J. Kroetz
Programa de Pós-graduação em Agroambiente do CCA /UFRR

José M. A. Alves
Departamento de Fitotecnia do CCA /UFRR

Oscar J. Smiderle
EMBRAPA/RR

Resumo: O artigo apresenta os primeiros resultados da aplicação da tecnologia da irrigação magnética, em cultivo comparativo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) em cerrado de Roraima.

Palavras-Chave: Biofísica da água ativada, mecanismo de magnetização da água líquida, cadeias de ligações ponte-de-hidrogênio.

Abstract: *This paper contributes with the first results of the magnetic irrigation technology application, in comparative cultivation of pinhão manso (Jatropha curcas L.) and mamona (Ricinus communis L.) in Roraima's savanna.*

Keywords: *Biophysics of activated water, mechanism of magnetization of liquid water, hydrogen-bonded chains*

Introdução

A irrigação como prática agrícola, *a priori*, propicia garantia de produção e possibilidade de índices superiores de produtividade, tanto nas safras como nas entressafras.

A irrigação convencional representa a aplicação de água ao solo ou outro substrato no qual se desenvolve a agricultura.

Como quaisquer agrotecnologias, a irrigação deve estar integrada a outras tecnologias igualmente necessárias para a obtenção de índices superiores de produtividade.

Como consequência dos avanços das agrotecnologias, principalmente nas áreas de fertilidade, manejo e melhoramento genético, os principais fatores limitantes da produção agrícola são o estresse hídrico e o excesso de água no solo durante as fases do biociclo de desenvolvimento da planta.

A irrigação combinado com a drenagem são as soluções práticas disponíveis nesse cenário agrônomo de exigência de produtividade competitiva.

A irrigação magnética incorpora todo *know how* e *designer* tecnológico da irrigação convencional e acrescenta um diferencial, que é a indução da transferência de prótons na ponte-de-hidrogênio na molécula de água quando submetida a um campo magnético estático externo.

Alterações de propriedades biológicas e físico-químicas da água induzidas por campos magnéticos vêm sendo largamente estudadas nos séculos XX e XXI (PORTO, 1998

e 2004; VYSOTSKII *et al.*, 2005; PANG, 2006), gerando patentes (USPTO 1989 a 2006, INPI 2000 a 2003) e abrindo novos horizontes de produtividade.

X. P. Pang do Centro Internacional para Física de Materiais da Academia Chinesa de Ciências divulgou em março de 2006 uma teoria quântica para a magnetização da água líquida, de acordo com a teoria quântica da condutividade de próton em gelo e as evidências experimentais das propriedades físico-químicas, eletrônicas, termodinâmicas e ópticas da água pura e da água magnetizada (PANG, 2006).

Entre 1998 a 2004, M.G.E. PORTO do Instituto de Química da UNICAMP também forneceu relevantes contribuições no entendimento da magnetização da água (PORTO, 1998 e 2004).

A teoria quântica da condutividade de próton em gelo é confirmada por dois resultados experimentais, da medida de condutividade elétrica (PANG, 2006), e da dependência de temperatura da mobilidade do próton (PANG, 2006).

A existência destas cadeias fechadas de ponte-de-hidrogênio na água é verificada experimentalmente por duas medidas, a da polarização da molécula da água (PANG, 2006); e a da dependência da temperatura dos espectros de absorção do infravermelho e de *Raman* para água (PANG, 2006).

A teoria quântica da magnetização da água é consistente com os resultados experimentais (PANG, 2006).

Como a massa do elétron é pequena se comparado ao

próton, assim, a velocidade do movimento do próton é menor que do elétron.

Como o número de prótons que participam nessa condução é menor, então a corrente de próton, na cadeia fechada da ponte-de-hidrogênio na água é pequena.

Assim o efeito da magnetização da água é fraco e fortemente dependente da temperatura.

A aplicação do campo magnético estático externo a água líquida não aumenta ou diminui o número de ponte-de-hidrogênio da molécula de água. O efeito da magnetização da água não destrói as ponte-de-hidrogênio (VYSOTSKII *et al.*, 2005).

Deste modo os espectros *Raman* e infravermelho de absorção não mudam ou deslocam-se, mas somente aumentam de intensidade sob ação do campo magnético.

Um aumento de temperatura da água líquida resultará em um aumento da energia cinética das moléculas de água decorrente da desordem térmica o que provoca quebra das ponte-de-hidrogênio. Então, o efeito da magnetização da água líquida é drasticamente reduzido com o aumento da temperatura. A 100 °C, a água quase não pode ser magnetizada (PANG, 2006).

A magnetização da água é um efeito coletivo envolvendo muitas moléculas de água, um problema de muitos corpos ou *cluster*.

As mudanças das propriedades ópticas, eletrônicas, mecânicas e termodinâmicas da água associam-se com as mudanças dos estados e distribuições das moléculas de água quando submetido a um campo magnético estático e externo.

Na irrigação magnética, toda a água é submetida à ação do campo magnético estático externo. E a água magnetizada é aplicada por aspersão na interface solo-planta.

As trocas iônicas no solo são processos reversíveis onde as partículas constituintes sólidos orgânicos e inorgânicos do solo adsorvem os íons da fase aquosa e ao mesmo tempo desadsorvem quantidades equivalentes de outros íons de mesma carga elétrica, estabelecendo um equilíbrio termodinâmico entre as fases e a manutenção da eletroneutralidade no sistema solo+água.

A água magnetizada afeta o fenômeno de troca iônica como decorrência da redistribuição de cargas espaciais nas micelas coloidais do solo e também das mudanças espaciais das cargas nas argilas.

A água é constituída de moléculas polares que respondem ao campo magnético externo via dipolo elétrico. Assim, no equilíbrio tem-se gravitando em redor de cada íon uma camada ou *cluster* de água de densidade diferente da água pura não magnetizada.

Para grande maioria dos solos, quanto menor for o “diâmetro” do íon e maior a quantidade de carga presente no íon, na solução aquosa magnetizada, maior será o número de hidratação. A interação predominante nesse fenômeno é de natureza eletrostática.

Há outros mecanismos que competem e que levam a troca iônica em soluções aquosas magnetizadas, tais

como: interações covalentes às micelas húmicas, reações de quelação na presença de cátion, ou precipitação de íons (incorporação do íon a micela) na manutenção de eletroneutralidade do sistema solo+água.

A água magnetizada afeta drasticamente o intercâmbio aniônico em decorrência da alteração do pH do sistema solo+água.

Materiais e métodos

A experimentação agrícola do tipo preliminar realizado a campo aberto foi implantada em 5.000 m² na fazenda *Cunhá-Porã*, no distrito de Santa Cecília, nas coordenadas geográficas (Latitude 02°47'26"N e Longitude 60°37'59"O) e (Latitude 02°47'24"N e Longitude 60°38'00"O) com altitude média de 83 m em relação ao nível do mar.

O solo da área do experimento caracteriza-se por ser franco-argilo-arenoso, de baixa fertilidade original e elevada acidez com teores de 11 g dm⁻³ de MO; pH (CaCl₂) 4,1; Al³⁺ (KCl) 3 mmol dm⁻³; Fósforo (Resina) 3 mg dm⁻³; Potássio (Resina) 0,2 mmol dm⁻³; Cálcio (Resina) 5 mmol dm⁻³; Magnésio (Resina) 3 mmol dm⁻³ e Soma de Bases 8,3 mmol dm⁻³ (KROETZ, 2006).

Procedeu-se também a análise de perfil para caracterização e classificação do solo, e observou-se que essa fertilidade concentra-se nos primeiros 40 cm de profundidade, com maior intensidade nos estratos de 00-20 cm, reduzindo sensivelmente nos demais níveis, principalmente, em relação a Ca²⁺ e Mg²⁺ permanecendo estáveis para pH e Al³⁺ (KROETZ, 2006).

Inicialmente fez-se a retirada da vegetação nativa, predominantemente de Caimbés (*Curatella americana* L.), seguido de uma gradagem com grade aradora e incorporação do calcário dolomítico com grade niveladora.

No delineamento experimental casualizado há quatro blocos, ver Figuras 1 e 2, em cada bloco há duas parcelas, uma para cada espécie, respectivamente. E cada bloco cobriu uma área de 576 m², separados entre si na distância de 2 e 10 m (KROETZ, 2006).

Cada parcela foi fracionada em quatro sub-parcelas, de forma que cada bloco contasse com quatro sub-parcelas de pinhão-manso e quatro sub-parcelas de mamona.

Cada sub-parcela recebeu o plantio de três linhas de sete plantas no espaçamento de 1,5 m entre plantas e 1,5 m entre linha, sendo oito plantas não destrutivas para monitoramento de altura, as demais foram destinadas a colheita para determinação em laboratório.

Todas as parcelas continham uma bordadura com a espécie estudada, e cada sub-parcela foi delimitada com uma linha (bordadura interna) de plantas que poderiam participar do processo de avaliação.

As plantas não destrutivas foram dispostas de forma alternadas, sempre separadas por uma linha ou por uma planta da própria espécie.

Todos os blocos receberam ainda uma bordadura externa em toda sua extensão, respeitando-se os mesmos espaçamentos, as plantas da bordadura externa não

participaram de avaliações.

A amostragem número de espécie por época de coleta ficou $2 \times 7 = 14$ (número de espécies x número de épocas de coletas).

Foi aplicado como corretivo o calcário dolomítico (PRNT 98%) na proporção de $1000 \text{ kg} / 10.000 \text{ m}^2$, e na adubação de plantio foram aplicados 444 kg por 10.000 m^2 utilizando-se 100 g da fórmula 04-28-20 por cova. Este procedimento resultou na utilização de $12,44 \text{ g/m}^2$ de P_2O_5 , $8,88 \text{ g/m}^2$ de K_2O ; e $1,77 \text{ g/m}^2$ de N (KROETZ, 2006).

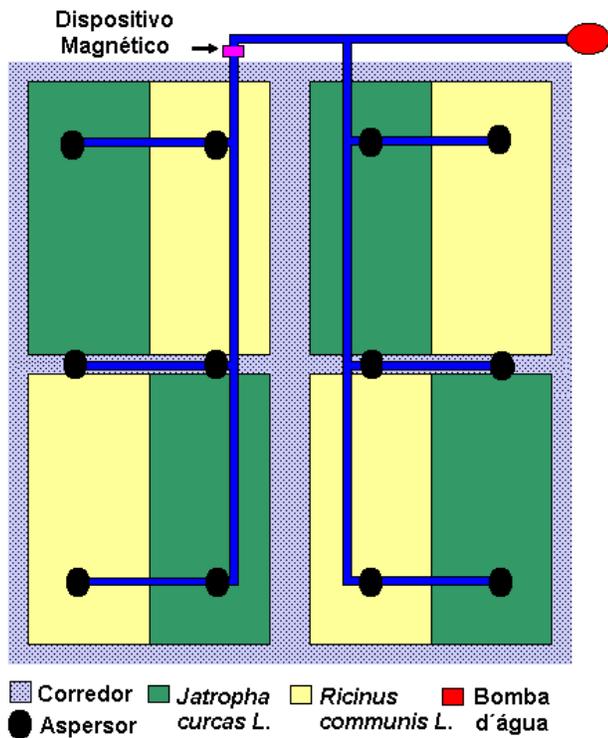


Figura 1: Diagrama do sistema de irrigação e do delineamento experimental em blocos casualizados, a elipse em vermelho, representa o sistema de captura e bombeamento de água, o dispositivo magnético está representado por um retângulo ciano, as culturas são ilustradas pela cores, verde e creme, a rede de dutos de irrigação é representada por segmentos azuis, e os aspersores são ilustrados por círculos negros.



Figura 2: Fotografia ilustrativa do experimento sob irrigação na segunda fase de coleta de amostra (10ª semana).

O calcário foi incorporado com o emprego de grade de discos antecedendo 45 dias do plantio, e a adubação

ocorreu na ocasião do plantio, com o emprego de dosador manual, aplicados na cova juntamente com um pouco de terra e coberto por nova camada de terra, permanecendo esta parcialmente aberta para receber as sementes.

As covas foram abertas com emprego de Boca de lobo (espécie de cavador com diâmetro de 20 cm) na profundidade de 25 a 30 cm nas marcas pré-sinalizadas. Realizou-se uma adubação em cobertura aos 60 dias após a emergência, com uréia na dosagem de 25 g por planta aplicada em coroamento equivalendo a $11,1 \text{ g}$ de uréia por m^2 , resultando em 5 g de N m^{-2} .

As sementes de pinhão-manso, ver Figura 3, foram obtidas na comunidade da Vila Central, município do Cantá, Roraima (KROETZ, 2006).



Figura 3: A *Jatropha curcas* L. é uma árvoreta suculenta oleaginosa da família das Euforbiaceae. Na ilustração botânica, destacam-se as três sementes negras e o fruto seco descendo com três cápsulas e o fruto verde. As folhas são alternas, longo-pecioladas, cordiformes e levemente lobadas com cinco lóbulos, descíduais, apresentando coloração vermelho-vinho quando novas, cobertas por uma lanugem branca, e à medida que se desenvolvem tornam-se verdes. O pecíolo é longo e esverdeado, as inflorescências surgem junto com as folhas novas, e as flores de coloração amarela esverdeada são unissexuais, pequenas em panículas terminais com as flores masculinas ocupando as extremidades superiores dos ramos.

As sementes de mamona utilizadas foram da cultivar BRS 149 Nordestina, recomendada para cultivo em Roraima (SMIDERLE et al., 2002) e foram obtidas junto a EMBRAPA em Petrolina Pernambuco.

Na semeadura foi utilizando duas sementes por cova, espaçadas de $1,5 \text{ m}$ entre fileiras e plantas.

Aos 15 dias, realizou-se desbaste para a permanência de apenas uma planta por cova.

Para monitoramento de altura das plantas foram mantidas 64 plantas por bloco (32 por cultura) que receberam monitoramento de tamanho no decorrer do trabalho. A avaliação de altura se constituiu na medição da parte aérea com emprego de escala métrica (do nível do solo até o ápice da planta).

Na última coleta dos dados, (para a mamona) manteve-se a medida anterior para as plantas secas ou em senescência, visto que haviam plantas parcialmente tombadas e com turgor alterado.

Para obtenção da massa seca da parte aérea (nível do solo para cima) procedeu-se a colheita de uma planta por sub-parcela, resultando em 16 plantas por cultura em cada

coleta, marcando nelas, a linha divisória do nível do solo.

Esse procedimento foi adotado de forma individual para todas as plantas nas sete colheitas.

No laboratório, após corte da planta no limite da parte aérea e raiz, o material foi pesado em balança digital, em gramas, com duas casas decimais. Em seguida o material foi triturado manualmente utilizando-se tesouras e podões. Feito esta fragmentação, para determinação da massa seca, o material foi acondicionado em sacos de papel e posto para secagem em estufa com circulação de ar, mantida a 60° C durante o período de 96 h.

Para obtenção da massa seca das raízes definiu-se uma área de um m² por planta, com profundidade variável, colhendo-se todas as raízes visíveis no volume de terra removido. As raízes foram lavadas e pré-secadas à sombra.

Os procedimentos idênticos foram adotados para determinação da massa da parte aérea, sendo que em cada uma das sete coletas resultou na retirada de 32 plantas (16 por cultura).

A concepção do sistema de irrigação, ver Figuras 1 e 2, levou em conta a igual probabilidade de irrigação dos blocos, parcelas e sub-parcelas, distribuída homogeneamente nas duas culturas.

A experimentação agrícola recebeu a instalação de um conjunto de irrigação por aspersão cobrindo uniformemente toda área do experimento.

A rede de irrigação foi construída com dutos PVC, principal de 50 mm e secundários de 30 mm.

O posicionamento dos aspersores, ver Figura 1, possibilita uma maior área irrigada.

Não houve controle de pressão interna no duto de irrigação, sendo mantida somente pela pressão produzida pela bomba d'água.

A distribuição dos ventos afeta a homogeneidade dos círculos de irrigação.

Adotou-se um regime de irrigação, constituído de regas diárias de 30 min mantendo-se assim condições favoráveis de umidade no perfil do solo. E no período de seca, o tempo de rega diária foi 60 min. As regas propiciaram umidade suficiente para as plantas apresentarem turgor satisfatório. No período de chuva, não houve irrigação.

O período de experimentação sob irrigação magnética foi de 20 semanas.

O dispositivo magnético, compensador magnético de água, Viva Vida® é basicamente constituído por quatro ímãs permanentes bipolares de alta performance, do tipo Sm₂Co₁₇, justapostos e recobertos por uma manta plástica, ver Figura 4, de forma a produzir um campo magnético estático, da ordem de 10⁻³ a 10⁻² T, no centro geométrico do dispositivo.

A ordenação magnética é responsável pela indução remanente, enquanto a anisotropia magnética dá origem à coercividade.

Como os ímãs permanentes são corpos para armazenar energia, a mais importante figura de mérito para um ímã

permanente é a medida da sua máxima energia magnética armazenada por unidade de volume (MURAKAMI, 2005). Em outras palavras, essa grandeza física é denominada produto energético máximo, B_rH_c, sendo definida como um retângulo de maior área inscrito no segundo quadrante da curva de histerese.

Ímãs permanentes de terras-raras, de segunda geração, são geralmente do grupo espacial R3m (MURAKAMI, 2005). A fase R₂Co₁₇ tem a indução magnética remanente B_r elevada, como consequência maiores valores para o produto energético, B_rH_c. A anisotropia da subrede do cobalto nos compostos R₂Co₁₇ não é axial, exceto no composto Sm₂Co₁₇. Altos campos magnéticos coercivos, H_c, são obtidos da ordem de 6 MA m⁻¹, a partir da aplicação de tratamento de precipitação que resulta na formação de partículas bipiramidais da fase 2:17 e lamelas da fase 1:5. A coercividade dessa classe de ímãs permanente é controlada por um mecanismo intermediário entre nucleação e aprisionamento de paredes de domínio.

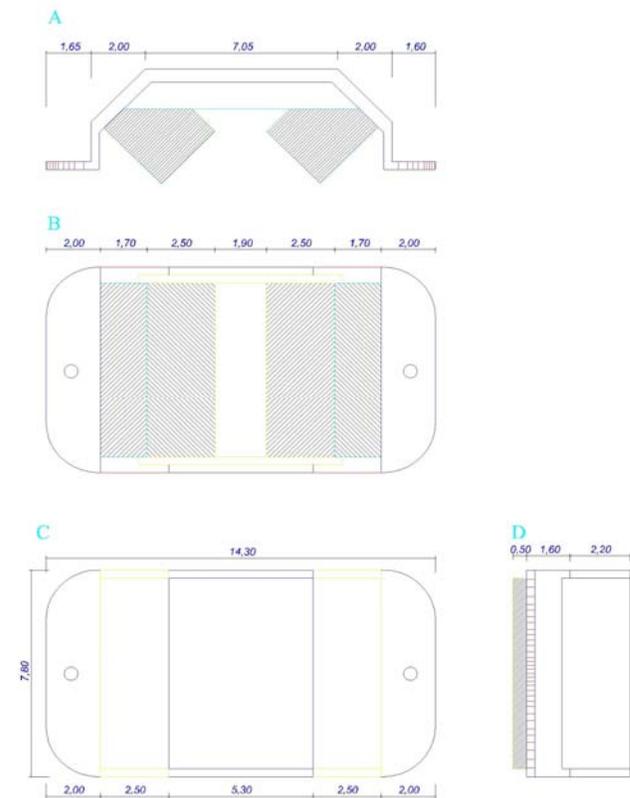


Figura 4: Ilustração dos cortes, e dimensionamento do dispositivo magnético, cotados em mm. Em A, vê-se o corte transversal, em B, vê-se o corte superior, em C vê-se o corte inferior e em D vê-se o corte lateral.

Ímãs permanentes nanocristalino ou *exchange-spring magnets* ou *exchange couple magnets*, de terceira geração, são nanoestrutura onde, no caso mais simples, duas fases estão em contato via interação de troca. Uma fase *hard* que possui alta anisotropia, geralmente proveniente do campo cristalino de um lantanídeo, e uma fase *soft* que possui alta permeabilidade magnética e é caracterizada por um alto momento de saturação e baixa coercividade. Assim, o ímã nanocristalino possui as melhores características de cada fase, o alto momento do material permeável e a alta coercividade do material duro. Outro

aspecto tecnológico relevante é que esses ímãs apresentam uma remanência bem maior do que o valor previsto para um material isotrópico (MURAKAMI, 2005). Mas, todos esses atrativos tecnológicos tornam esses dispositivos magnéticos muito caro.

Resultados e discussão

Utilizou-se comparativamente o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), uma planta pouco estudada e promissora para uso nos Programas Brasileiro de Biocombustível – probiodiesel (2002) e no Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (2004), com a mamona (*Ricinus communis* L.), uma planta largamente estudada na literatura e com múltiplas aplicações industriais.

Equipamentos importados tipo MAGNETIZER®, utilizados em aplicações agroindustriais são caros.

Obtêm-se resultados satisfatórios com equipamentos nacionais similares, porém a idealização destes não foi necessariamente para aplicações agroindustriais, mais sim para aplicações industriais e/ou residenciais.

O dispositivo magnético utilizado é de baixo custo, tem sido empregado em circuito fechado de água de piscinas, na linha de combustível em automóveis, na linha de fluido de refrigeração, entre centenas de aplicações industriais que envolva fluxo de líquido em circuito fechado.

O presente resultado fornece indicações de novos horizontes de aplicações agroindustriais com dispositivos magnéticos de baixo custo.

No experimento obteve-se um comportamento crescente de altura das plantas para as duas culturas, como ilustrado nas Figuras 5 e 6. A ação do campo magnético manteve um aumento na altura das duas culturas durante todo o experimento.

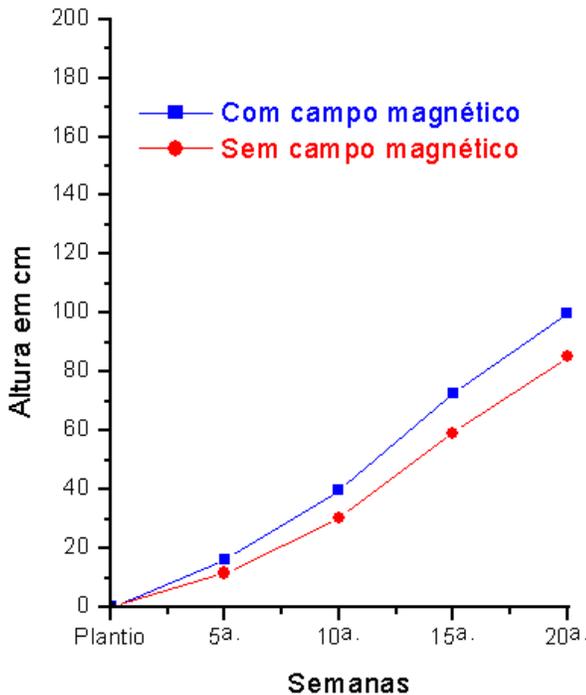


Figura 5: Curvas de resposta de crescimento da *Jatropha curcas* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Em azul é a resposta de crescimento da planta sob irrigação magnética, em vermelho é com irrigação convencional.

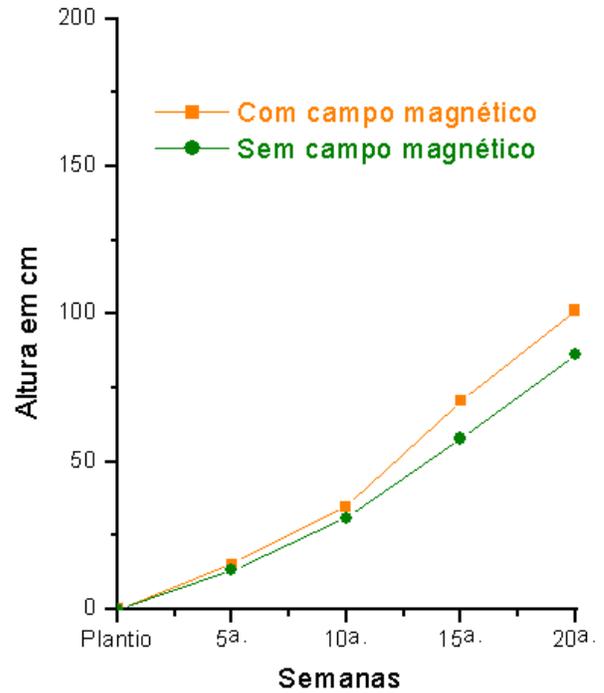


Figura 6: Curvas de resposta de crescimento da *Ricinus communis* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Em laranja é a resposta de crescimento da planta sob irrigação magnética, em verde é com irrigação convencional.

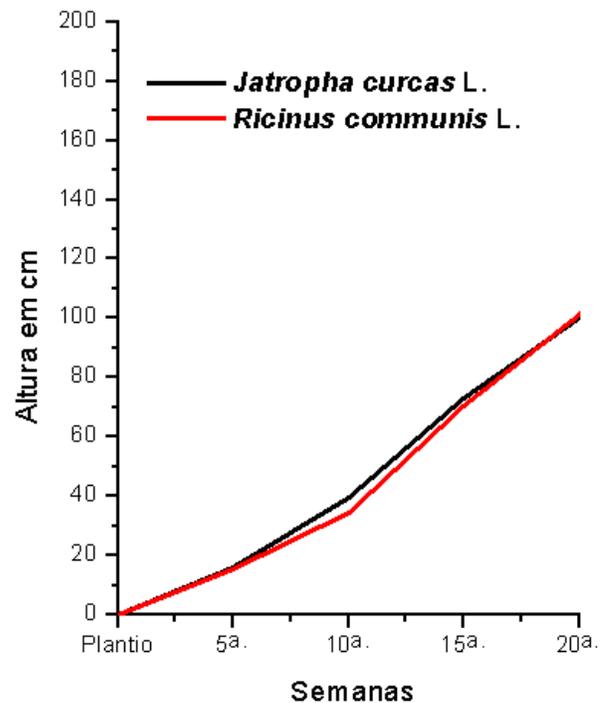


Figura 7: Comparação das curvas de resposta de crescimento das culturas, *Jatropha curcas* L., curva em preto, e *Ricinus communis* L., curva em vermelho, sob irrigação magnética.

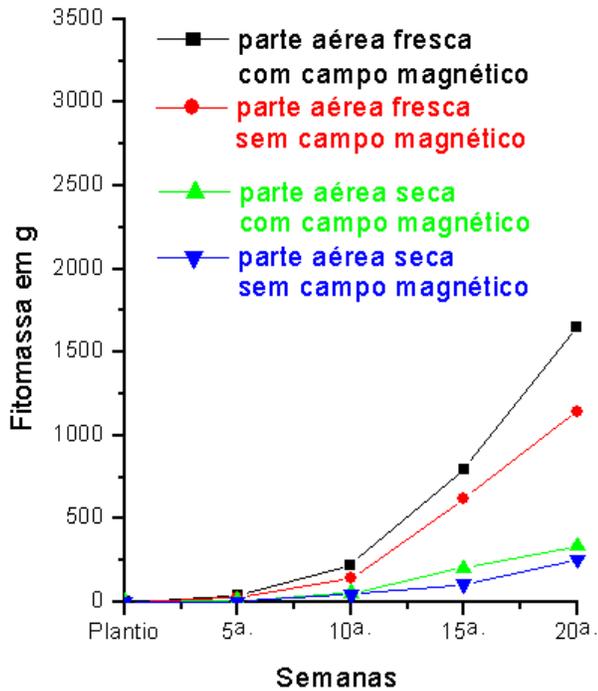


Figura 8: Produção de fitomassa, fresca e seca, da parte aérea da *Jatropha curcas* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Com e sem o efeito da irrigação magnética.

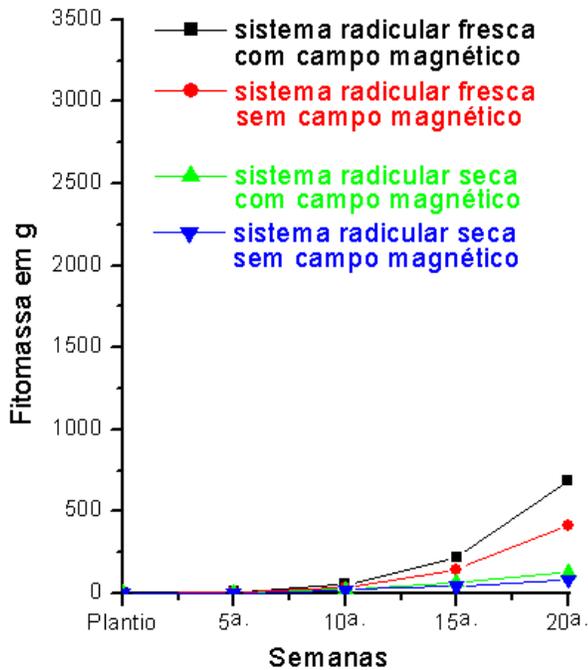


Figura 9: Produção de fitomassa, fresca e seca, do sistema radicular da *Jatropha curcas* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Com e sem o efeito da irrigação magnética.

No período do plantio até a 20ª semana, período de experimentação com irrigação magnética, o perfil ascendente visualizado na Figura 5 é esperado para uma cultura tipo perene (*Jatropha curcas* L). A cultura de ciclo curto (*Ricinus communis* L) tem perfil ascendente até iniciar a fase de maturação, em torno da 30ª semana, o processo de senescência, evoluindo até o fim do ciclo.

As duas culturas tiveram desenvolvimento semelhante enquanto estava sob regime de irrigação magnética,

compreendido entre dezembro até final de abril de 2006, do plantio até a vigésima semana, como ilustrado na Figura 7.

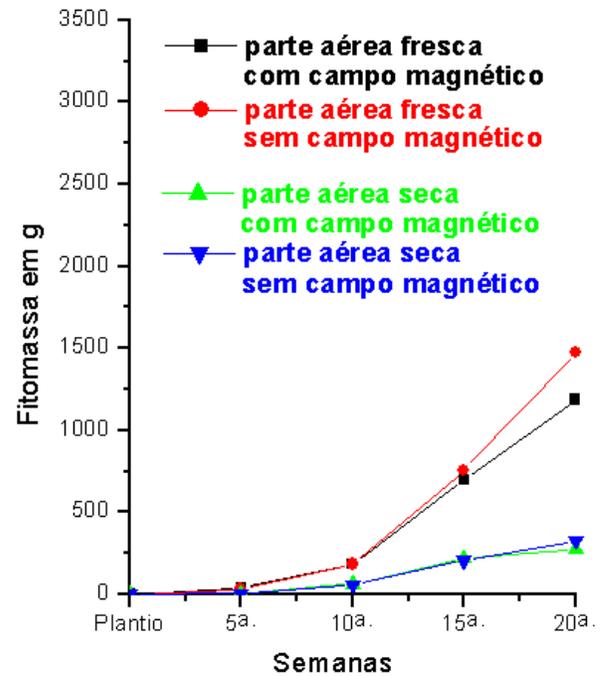


Figura 10: Produção de fitomassa, fresca e seca, da parte aérea da *Ricinus communis* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Com e sem o efeito da irrigação magnética.

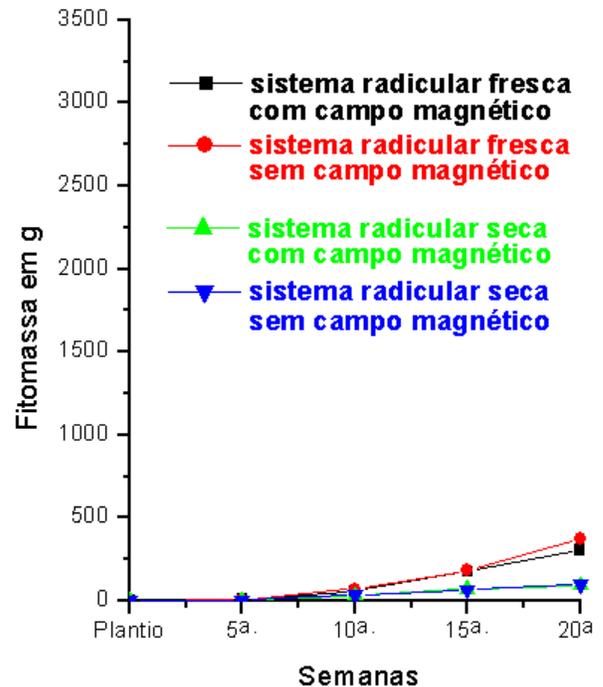


Figura 11: Produção de fitomassa, fresca e seca, do sistema radicular da *Ricinus communis* L. no período de experimentação, do plantio até 20ª semana. Com e sem o efeito da irrigação magnética.

Quanto ao crescimento observado das culturas, a *Ricinus communis* L é sensível às condições edafoclimáticas, por apresentar melhoramento genético, enquanto a *Jatropha curcas* L é rústica, e menos sensível.

No desenvolvimento de fitomassa da parte aérea o comportamento foi semelhante ao do crescimento sob

irrigação magnética para a *Jatropha curcas* L, resultado esperado para uma arbustiva perene, enquanto na *Ricinus communis* L houve um comportamento ascendente em todo o período de experimentação sob irrigação magnética.

Há uma similaridade nos perfis e ordem de grandezas da produção de fitomassa, fresca e seca, da parte aérea e do sistema radicular das duas culturas, perene e ciclo curto, como ilustrado nas Figuras 8 a 11.

O feito do campo magnético na variável dependente, altura da planta, é observado, estatisticamente significativo, a partir da segunda semana do plantio para a cultura de ciclo perene, enquanto mais tardio é observado para a cultura de ciclo curto, na semana seguinte.

O feito do campo magnético na variável dependente, fitomassa fresca da parte aérea, é observado, estatisticamente significativo, a partir da terceira semana do plantio para a cultura de ciclo perene, e na quarta

semana na cultura de ciclo curto.

O feito do campo magnético na variável dependente, fitomassa seca da parte aérea, é observado, estatisticamente significativo, a partir da terceira semana do plantio para a cultura de ciclo perene, e não é observado na cultura de ciclo curto. Isso se deve, ao fato da cultura de ciclo curto está iniciando o período de senescência.

O feito do campo magnético na variável dependente, fitomassa fresca do sistema radicular, é observado, estatisticamente significativo, a partir da quarta semana do plantio para as duas culturas, perene e ciclo curto.

O feito do campo magnético na variável dependente, fitomassa seca do sistema radicular, é observado, estatisticamente significativo, a partir da terceira semana do plantio para a cultura de ciclo perene, e na quarta semana na cultura de ciclo curto.

Tabela 1: Efeito do campo magnético nas idades das culturas, avaliada para cada período de desenvolvimento das culturas, e para a altura da planta. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Espécies	Altura da planta (cm)											
	1ª semana			2ª semana			3ª semana			4ª semana		
	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M
<i>Jatropha curcas</i>	16,08aA	11,50aA	13,79a	39,65aA	30,32aB	34,98a	72,77aA	59,26aB	66,01a	100,00aA	85,21aB	92,61a
<i>Ricinus communis</i>	15,28aA	13,21aA	14,24a	34,52aA	30,82aA	32,67a	70,60aA	57,80aB	64,20a	101,24aA	86,32aB	93,78a
CV (%)	4,96											

Tabela 2: Efeito do campo magnético nas idades das culturas, avaliada para cada período de desenvolvimento das culturas, e para a fitomassa fresca da parte aérea. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Espécies	Fitomassa fresca da parte aérea (g)											
	1ª semana			2ª semana			3ª semana			4ª semana		
	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M
<i>Jatropha curcas</i>	41,25aA	22,56aA	31,90a	222,69aA	151,37aA	187,03a	797,34aA	512,31bB	654,82a	1650,92aA	1146,59bB	1398,76a
<i>Ricinus communis</i>	40,50aA	32,51aA	36,50a	184,85aA	183,38aA	184,11a	695,87aA	758,14aA	727,00a	1187,14bB	1472,16aA	1329,65a
CV (%)	20,04											

Tabela 3: Efeito do campo magnético nas idades das culturas, avaliada para cada período de desenvolvimento das culturas, e para a fitomassa seca da parte aérea. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Espécies	Fitomassa seca da parte aérea (g)											
	1ª semana			2ª semana			3ª semana			4ª semana		
	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M
<i>Jatropha curcas</i>	8,11aA	3,36aA	5,73a	52,93aA	44,35aA	48,64a	205,18aA	106,53bB	155,89b	336,99aA	255,85bB	296,42a
<i>Ricinus communis</i>	6,35aA	5,78aA	6,03a	61,66aA	57,74aA	59,70a	219,49aA	206,24aA	212,86a	277,36bA	327,26aA	302,31a
CV (%)	18,74											

Tabela 4: Efeito do campo magnético nas idades das culturas, avaliada para cada período de desenvolvimento das culturas, e para a fitomassa fresca do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Espécies	Fitomassa fresca da raiz (g)											
	1ª semana			2ª semana			3ª semana			4ª semana		
	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M
<i>Jatropha curcas</i>	8,56aA	4,88aA	6,72a	52,93aA	38,43aA	45,68a	219,25aA	145,86aA	182,55a	686,48aA	414aB	550,24a
<i>Ricinus communis</i>	7,86aA	7,08aA	7,47a	61,62aA	73,00aA	67,31a	175,49aA	183,75aA	179,62a	306,78bA	372,86aA	339,82b
CV (%)	32,63											

Tabela 5: Efeito do campo magnético nas idades das culturas, avaliada para cada período de desenvolvimento das culturas, e para a fitomassa seca do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Espécies	Fitomassa seca da raiz (g)											
	1ª semana			2ª semana			3ª semana			4ª semana		
	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M	CC	SC	M
<i>Jatropha curcas</i>	1,16aA	0,55aA	0,85a	25,58aA	22,73bA	24,16b	67,50aA	45,11bA	56,30b	127,08aA	82,18bB	104,63a
<i>Ricinus communis</i>	1,21aA	1,23aA	1,22a	32,61aA	35,56aA	34,08a	73,57aA	67,33aA	70,45a	93,85bA	98,82aA	96,33a
CV (%)	11,99											

Conclusões

Segundo os resultados ilustrados nas Figuras 5 a 11 e nas análises estatísticas de dados (Tabela 1 a 5) verificam-se, com clareza, o efeito do campo magnético no desenvolvimento das culturas, perene e ciclo curto, durante o período de avaliação no campo, na mensuração das seguintes variáveis dependentes: altura de planta, fitomassa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular.

A irrigação magnética poderá ser utilizada para incremento de produtividade, com custo / benefício otimizado e sem adição de produtos químicos algum.

Agradecimentos

A presente pesquisa foi financiada pela Empresa Ouro Verde Agrossilvipastoril do grupo *Walter Vogel*, no âmbito do Projeto de Desenvolvimento do Pinhão Manso Comparado ao da Mamona em Cerrado de Roraima.

Literaturas científicas citadas e patentes

- INPI PI0004096-7. Soon Mo Sung Tae (BR/SP). *Dispositivo de Aplicação de Campo Magnético Dinâmico*. 31 de agosto de 2000.
- INPI PI0104842-2. Sidney Keber (BR/SP). *Dispositivo de Condicionamento e Ativação de Combustíveis Por Meio de Campo Magnético*. 17 de agosto de 2001.
- INPI PI0302246-3. Sérgio Cintra Cordeiro (BR/SP). *Dispositivo Para Tratamento Magnético de Bebidas*. 26 de junho de 2003.
- INPI PI0305527-2. Sidney Keber (BR/SP). *Dispositivo de Ativação de Água Tratada Para Consumo Humano Por Meio de Campo Magnético*. 11 de novembro de 2003.
- INPI PI0305528-0. Sidney Keber (BR/SP). *Dispositivo de Ativação de Água Não Tratada Para Utilização Industrial, Por Meio de Campo Magnético*. 11 de novembro de 2003.
- KROETZ, V. J. *Desenvolvimento do pinhão manso (Jatropha curcas L.) comparado ao da mamona (Ricinus communis L.) em cerrado de Roraima*. 2006. 41 f. Monografia (Especialização em Agroambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2007.
- MURAKAMI, R. K. *Novos materiais magnéticos para ímãs de alta performance*. 2005. 147 f. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.
- PANG, X. F. The conductivity properties of protons in ice and mechanism of magnetization of liquid water. *Eur. Phys. J. B*, Roma, v. 49, p.5-23, 2006. DOI: 10.1140/epjb/e2006-00020-6.
- PORTO, M. E. G. *Alterações de propriedades biológicas e físico-químicas da água induzidas por campos magnéticos*. 1998. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.
- PORTO, M. E. G. *Alterações de propriedades da água*

- por processos físicos e químicos*. 2004. 175 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.
- SMIDERLE, O. J.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. *Indicação de cultivares de mamona para cultivo em Roraima*. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2002. 5p. (EMBRAPA Roraima. Comunicado Técnico, 3).
- USPTO 4874346. Wachspress; How (San Francisco, CA). *Free flying magnetic levitator*. October 17, 1989.
- USPTO 6171504. Patterson; A. Steven (Gastonia, NC). *Magnetic water conditioner*. January 9, 2001.
- USPTO 6377147. Chang; Hung-Cheng (Taipei Hsien, TW). *Liquid magnetizer*. April 23, 2002.
- USPTO 6706179. Lin; Shiao-Chih (Panchiao, TW). *Water magnetizer*. November 16, 2004.
- USPTO 6716346. Chang; Hung-Cheng (Taipei 235, TW). *Fluid magnetizer*. April 6, 2004.
- USPTO 6819023. MacLeod; Donald J. (Santa Cruz, CA); Zariphopoulos; Greg (Evanston, IL); Pelstring; Robert M. (Santa Cruz, CA); Cassat; Alain (Pully, CH); Heine; Gunter Karl (Aptos, CA). *Magnetizing apparatus*. March 16, 2004.
- USPTO 6831540. Lin; Kuo-Shu (Taichung, TW). *Magnetizer*. December 14, 2004.
- USPTO 7042322. Li; Chien-Hsing (Jhongli City, Taoyuan County, TW). *High-performance liquid magnetizer*. May 9, 2006.
- VYSOTSKII, V.; SMIRNOV, I; KORNILOVA, A. *Introduction to the biophysics of activated water*. Florida: Boca Raton, 2005. 154p.

Recebido e aceito para publicação em 10/10/2007.