



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.4, p.234–241, 2010
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
 Protocolo 016.073

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

Daniel Rodrigues Cavalcante Feitosa¹, Priscila Bezerra dos Santos², George Emanuel de Souza Romeiro³, Cley Anderson Silva de Freitas⁴, Alexandre Reuber Almeida da Silva⁵, Francisco Marcus Lima Bezerra⁶

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Av. Mister Hull, S/N, Campus do Pici, Bl. 804, CEP 60.455-760, Fortaleza, CE. e-mail: daniel.feitosa@yahoo.com.br

² Graduanda em Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: prissantos07@yahoo.com.br

³ Graduando em Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, e-mail: george_romeiro@hotmail.com

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, UFC, anderson_agrotec@yahoo.com.br

⁵ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agr., UFC, alexandre_reuber@hotmail.com

⁶ Doutor em Engenharia Agrícola, Prof.º Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, e-mail: mbezerra@ufc.br

RESUMO: Foi avaliado o efeito de cinco níveis de irrigação na mamoneira cultivar BRS Paraguaçu, na distribuição espacial do sistema radicular. A avaliação foi realizada empregando-se o método do perfil do solo auxiliado pela análise de imagens digitais e uso do software SIARCS[®]. Os comprimentos acumulados das raízes da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu ao longo da profundidade mostraram que 80% do comprimento de raízes se encontraram na camada de 0 – 0,45 m de profundidade, já os resultados obtidos ao longo da distância horizontal mostraram que 80% do comprimento de raízes encontram-se a uma distância de até 0,55 m a partir do caule da planta, sendo estes os intervalos mais adequados para instalação de sensores de monitoramento para fins de irrigação e fertirrigação.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., gotejamento, raiz.

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ROOT SYSTEM OF CASTOR BEAN CULTIVAR BRS PARAGUAÇU UNDER DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION

ABSTRACT: The effect of five levels of irrigation in the castor bean cultivar BRS Paraguaçu, at spatial distribution of the root system. The evaluation was performed by using the method aided by digital images and analysis using the software SIARCS[®]. The cumulative length of roots of castor bean cultivar BRS Paraguaçu along the depth, showed that 80% of the length of roots were found in the layer from 0 to 0,45 m depth, the results obtained along the horizontal distance showed that 80% of the length of roots are within a distance of up to 0,55 m from the stem of the plant, these ranges are more suitable to install monitoring sensors for irrigation and fertirrigation.

Key words: *Ricinus communis* L., drip, root.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa arbustiva pertencente à família *Euphorbiaceae*, a qual possui mais de 7.500 espécies. No Brasil adaptou-se muito bem e logo se espalhou pelo território nacional (SOUZA, 2007). A região Nordeste é responsável por 85% da área plantada com a cultura e por mais de 78% da produção de bagas (IBGE, 2008).

É considerada por muitos pesquisadores como uma espécie heliófila, preferindo dias longos em termos de fotoperíodo, com tolerância a períodos curtos de estresse hídrico, conseguindo produzir, ainda que de forma reduzida em condições que outras culturas mais sensíveis não sobreviveriam. Tal fato faz da mamoneira uma excelente alternativa de cultivo para o semi-árido nordestino (TÁVORA, 1982).

O óleo de mamona ou de rícino, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido ricinoléico, o que lhe confere características singulares, classificando-o como um dos mais versáteis da natureza, o que possibilita uma ampla gama de utilização industrial. Tem a vantagem ainda de ser um produto renovável e barato, o que torna a cultura da mamoneira um importante potencial econômico e estratégico ao Brasil (FREIRE, 2001). Com isso, surgiu a possibilidade de enquadrar a cultura da mamona como uma das mais promissoras fornecedoras de matéria – prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (SOUZA et al., 2007).

Em nova fase da história, quando a garantia de produtividade e de lucros passa a ser preponderante para a viabilização econômica da agricultura, a prática da irrigação vem se impondo a fim de que os

empreendimentos agrícolas sejam coroados de sucesso (MANTOVANI, 2006).

Segundo Silva e Coelho (2003), irrigar adequadamente uma lavoura é maximizar a produtividade sem, contudo, causar danos ao meio ambiente, fazendo o uso racional da água e dos demais insumos, minimizando custos, proporcionando umidade ao solo e condições fitossanitárias favoráveis ao bom desenvolvimento das culturas.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular de qualquer cultura revela-se como uma ferramenta para determinar a quantidade de água a ser aplicada na irrigação, onde apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular para intervir as zonas de absorção de água e nutrientes não é o suficiente (COELHO et al., 2002). E de acordo com Konrad et al. (2001), o estudo da distribuição horizontal do sistema radicular das culturas também orienta o local de aplicação de fertilizantes e corretivos.

Com o avanço da tecnologia e da informática, vários métodos e equipamentos podem ser utilizados para se avaliar a distribuição do sistema radicular no perfil do solo, apresentando menores custos, maior precisão e menor tempo de análises. Dentre as novas metodologias se destaca o método de imagens digitalizadas desenvolvido por Santos (1997), Fante Júnior et al. (1999) e Machado e Coelho (2000) na avaliação de raízes de mangueira, aveia e limão ‘cravo’, respectivamente.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou estudar o efeito de cinco níveis de irrigação na mamoneira, cultivar BRS Paraguaçu, na distribuição espacial do sistema radicular, utilizando-se a técnica do perfil do solo auxiliada por imagens digitalizadas.

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS
PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curu (F.E.V.C.), pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste – CE (3°51' S; 38°42' W; 44 m de altitude), em um Neossolo Flúvico, no período de setembro de 2007 a março de 2008.

O clima da região é classificado pelo sistema internacional de Köppen como BSw'h', semi-árido, com chuvas irregulares, precipitação anual de 801 mm, evaporação de 1.475 mm, temperatura média anual em torno de 27,1°C e umidade relativa do ar de 73,7%.

A análise química da área experimental nas camadas de 0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m de profundidade encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na área experimental. F.E.V.C., Pentecoste, CE, 2007.

Camada(m)	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al
		mg.dm ⁻³			cmol _c .dm ⁻³		
0 a 0,20	6,9	94	420	48	3,7	3,1	0,0
0,20 a 0,40	7,0	40	249	76	4,0	2,6	0,0

FONTE: Laboratório de Água e Solos – UFC (2007).

Descrição do experimento

A cultivar de mamona utilizada foi a BRS Paraguaçu, cujas sementes foram produzidas pela Sementes Armani.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco lâminas de irrigação, aplicadas com base na evaporação medida no tanque classe "A" (ECA), de modo que os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 corresponderam aos níveis de irrigação de 25, 50, 75, 100 e 125% da ECA, respectivamente.

A área total do experimento foi de 2.700 m² (90 m x 30 m), com quinze parcelas de 180 m². Cada parcela constou três fileiras com 90 plantas e 30 m de comprimento, espaçadas de 2 m. A área da subparcela foi de 60 m², com 30 plantas, no espaçamento de 2,0 x 1,0 m. Para evitar influência entre os tratamentos cada subparcela tinha duas fileiras de plantas adjacentes que tiveram função de bordadura.

Preparo da área

O solo foi preparado por meio de uma aração e duas gradagens. Após o preparo da área foi feita a marcação das covas no espaçamento de 2 m entre linhas e 1 m entre plantas. Foram abertas 1350 covas para instalação do experimento. A adubação constou da aplicação de 20 kg de N ha⁻¹, 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹, 20 kg de K₂O ha⁻¹ de acordo com a análise química do solo e exigências nutricionais da cultura. Para suprir prováveis deficiências de micronutrientes foram aplicados 17g de FTE BR12 por cova. Também foram utilizados 5 litros de esterco bovino por cova, com a finalidade de melhorar as características físicas do solo, contribuir com o aumento da capacidade de armazenamento de água no solo, bem como melhorar as condições de aeração do solo favorecendo a germinação das sementes e o desenvolvimento e funcionamento das raízes.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

Instalação e condução da cultura no campo

O plantio foi realizado diretamente no campo, em 28 de setembro de 2007, sendo semeadas quatro sementes por cova. A emergência deu-se a partir do 5º dia após a semeadura (DAS). No 7º e 13º DAS foi observado 85 % e 99 % de emergência, respectivamente. No dia 25 de outubro de 2007 (27 DAS), procedeu-se o desbaste deixando uma planta por cova.

Durante a condução do experimento foram realizadas capinas manuais com auxílio de enxadas, com objetivo de manter a cultura livre de ervas daninhas, evitando desta forma a competição por água e nutrientes. Foi observada a ocorrência de mosca branca (*Bemisia argentifolii*), que foi controlada com pulverizações de inseticidas à base de imidaclopride, e lagarta desfolhadoras, que foram controladas com o uso da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Dipel).

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado por gotejamento, com vazão do gotejador de 3,75 L h⁻¹ a uma pressão de serviço de 10 mca. No período de estabelecimento da cultura, nos primeiros 25 dias após a emergência, todos os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação, correspondente aos níveis evaporados no tanque Classe “A” de modo a obter uma uniformidade do estande. A partir daí, utilizou-se irrigação de reposição com turno de rega de dois dias, baseada na evaporação do tanque Classe “A” (ECA) em função dos diferentes tratamentos, T1, T2, T3, T4 e T5 (25, 50, 75, 100 e 125% da ECA, respectivamente).

Metodologia adotada para avaliação do sistema radicular

Para proceder a avaliação da distribuição de raízes, ao final do ciclo da cultura, foram abertas trincheiras nas dimensões de 1,0 m de profundidade por 1,0 m de comprimento (a partir do caule da planta), paralelamente a bordadura do plantio, a partir de 0,1 m do caule da planta.

O tempo de irrigação para cada tratamento foi calculado com base na evaporação medida no tanque Classe “A”, no espaçamento da cultura, na percentagem de área molhada, na eficiência do sistema e do fator de aplicação da água em função do tratamento, medida no período entre duas irrigações, de acordo com a seguinte equação:

$$TI = \frac{ECA \cdot S_1 \cdot S_2}{E_a \cdot q_g} \cdot P_w \cdot Ft \quad (1)$$

Onde,

TI - Tempo de irrigação para cada tratamento, em h,

ECA - Evaporação do tanque classe “A”, em mm,

S₁ e S₂ - Espaçamentos da cultura, entre plantas na linha e entre fileiras de plantas, em m,

P_w - Percentagem de área molhada, em decimal (Valor adotado 0,40),

Ft - Fator de aplicação da água em função do tratamento (T1 = 0,25; T2 = 0,50; T3 = 0,75; T4 = 1,00 e T5 = 1,25),

E_a - eficiência de aplicação, em decimal (0,90),

q_g - vazão média dos emissores, em L h⁻¹.

A adubação de condução da cultura foi realizada por fertirrigação, utilizando os adubos sulfato de amônio 80,95 kg, fosfato monoamônio (MAP) 11,21 kg e sulfato de potássio 36,77 kg como fontes de N, P e K, respectivamente. As fertirrigações foram parceladas em 34 aplicações, em doses crescentes de acordo com a exigência da cultura, durante o período de 15 de outubro a 31 de dezembro de 2007.

Após a abertura das trincheiras, procedeu-se a limpeza e o preparo das raízes através da exposição das mesmas com auxílio de escarificador manual e por meio da lavagem do solo com água sob pressão (pulverizador costal). Em seguida foi feita a pintura das raízes com tinta spray branca, visando um bom contraste entre as raízes e o solo, e por fim a delimitação do perfil do solo com o auxílio de um sistema

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

reticulado, nas dimensões de 0,80 m de comprimento por 0,80 m de altura, com quadrículas de 0,10 x 0,10 m, surgidas após a subdivisão do quadro por linha nylon.

A elaboração das imagens foi feita a uma distância de 1,00 m do perfil, com máquina fotográfica digital, no fim da tarde, para evitar a incidência direta do sol no perfil.

A imagem obtida de cada quadrícula foi processada nos softwares Adobe Photoshop 7.0[®], que permitiu melhorar a qualidade de resolução das mesmas, e Photo Editor[®], que configurou as imagens no formato de arquivo BMP, 256 cores – 8 bits.

Após a aquisição e conversão das imagens no formato requerido, estas foram processadas utilizando o software SIARCS[®] (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela Embrapa/CNPDIA (CRESTANA et al., 1994), que avalia a distribuição de raízes em um perfil de solo utilizando dois algoritmos principais: algoritmo de simulação do sistema reticulado e algoritmo de interação.

O algoritmo de simulação baseia-se na operação de busca em árvores binárias e em técnicas de visualização gráfica. Denomina-se de simulação do sistema reticulado convencional, pois este método automatiza a avaliação de presença e ausência de raízes no sistema reticulado convencional.

Já o algoritmo de interação é descrito como ferramenta para avaliação da área ocupada com raízes através da técnica de medida e classificação de objetos em imagens digitais, conhecida como cálculo de momento de ordem zero.

Na análise efetuada através dos algoritmos citados, deve-se primeiramente segmentar

a imagem procurando separar os objetos de interesse, no caso as raízes. O filtro “thresholding” é utilizado para segmentar as imagens, com base na distribuição de tons de cinza ou cores. Assim, a segmentação é conseguida através da avaliação do nível de cinza ou cor de cada pixel (número de pontos disponíveis capazes de representar um detalhe gráfico em cada uma dada área), e se completa com a binarização da imagem. A binarização, por sua vez, utiliza uma ferramenta interativa, que promove um bom contraste do objeto a ser analisado em relação ao fundo.

Por fim, a avaliação do comprimento total das raízes de um perfil de solo, ou de raízes lavadas, após a binarização, é feita com o afinamento ou esqueletonização, que remove recursivamente os pixels das bordas das raízes na imagem binária, até que resulte o eixo médio de pontos que representam as raízes. Este eixo médio tem duas importantes características: (a) possui um pixel de largura e (b) é aproximadamente do mesmo comprimento e forma das raízes (CRUVINEL et al., 1996).

Os resultados obtidos da distribuição espacial do comprimento de raízes, analisados através do software SIARCS[®], foram utilizados no programa SURFER 7.0[®], para a confecção do gráfico de isolinhas pelo método de Kriging, em que o caule da planta está localizado sempre na coordenada (0,0).

Para interpretação do percentual acumulado do comprimento radicular (profundidade e distância horizontal do caule) em função dos tratamentos aplicados, foram confeccionados gráficos de colunas (X e Y) com o auxílio do software Excel[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição espacial do comprimento de raízes da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu mostra variações de 0 a 1,35 m de raiz por 0,01 m² de solo (Figura 1).

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

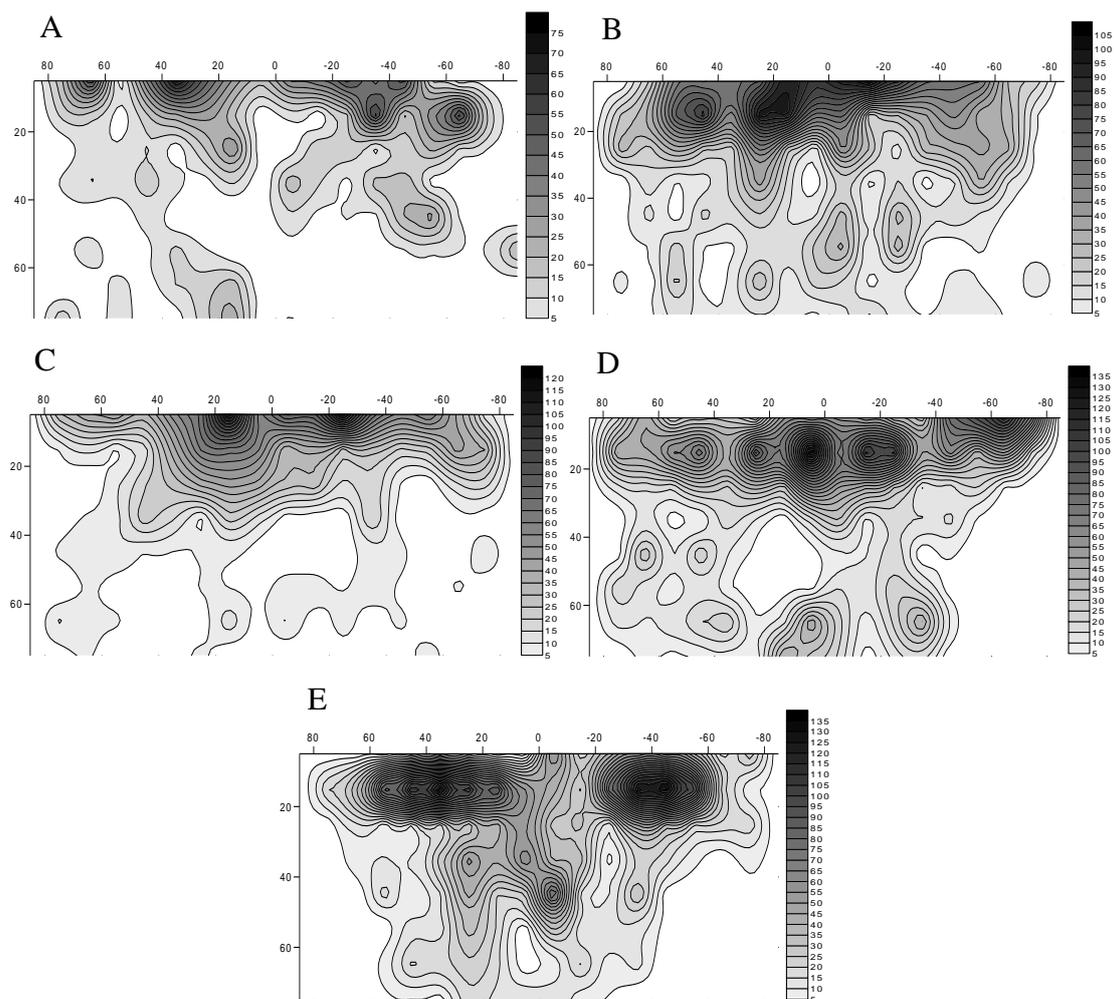


Figura 1. Distribuição espacial do comprimento de raiz (cm de raiz por 0,01 m² de solo) da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu, para os tratamentos T1 (A), T2 (B), T3 (C), T4 (D) e T5 (E) (25, 50, 75, 100 e 125% da ECA, respectivamente).

Com relação a distribuição acumulada de raízes, a mesma permite avaliar a que profundidade encontra-se a maior atividade radicular. Tal profundidade é definida segundo Bernardo et al. (2005) como profundidade efetiva das raízes (Z), onde se localizam a partir do solo, pelo menos 80% do sistema radicular da cultura. Verificou-se que 80% do sistema radicular encontra-se a profundidade de até 0,45 m (Figura 2).

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2008), ao observar que 80% do sistema radicular da mamoneira cultivar IAC Guarani irrigada encontra-se a profundidade de até 0,45 m, porém em condições de solo compactado.

A partir da análise de distribuição acumulada das raízes, pode-se estimar ainda a distância horizontal efetiva a qual se encontra a maior atividade radicular. Os resultados obtidos ao longo da distância horizontal mostraram que 80% do comprimento de raízes encontram-se a uma distância de até 0,55 m a partir do caule da planta (Figura 3), divergindo de Silva et al. (2008), em que os mesmos, trabalhando com a variedade IAC Guarani irrigada em condições de solo compactado, afirmam que a distribuição horizontal das raízes é de até 0,35 m.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

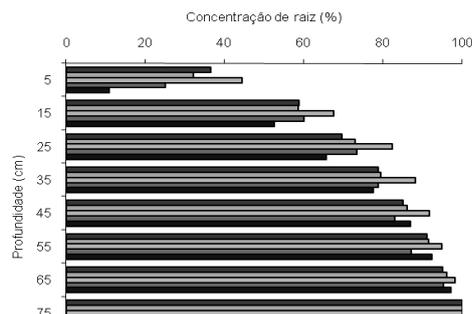


Figura 2. Percentual acumulado do comprimento de raízes da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu, em relação à profundidade.

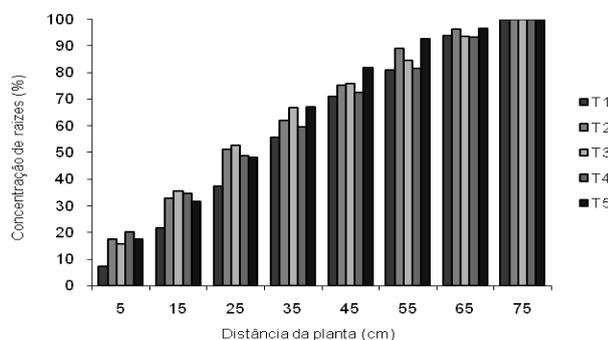


Figura 3. Percentual acumulado do comprimento de raízes da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu, em relação a distância horizontal a partir do caule da planta.

CONCLUSÃO

O sistema radicular da mamona, para as condições estudadas se concentrou em uma faixa de 0 a 0,45 m de profundidade e a uma distância radial de até 0,55 m, sendo estes os intervalos mais adequados para instalação de sensores de monitoramento para fins de irrigação e fertirrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 7ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. Distribuição das raízes de laranja “Pêra” sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 5, 2002, p. 603 – 611.

CRESTANA, S. GUIMARÃES, M.F., JORGE, L.A.C.; RALISCH, R., TOZZI, C.L., TORRE, A.,VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, V.18, p. 365-371, 1994.

CRUVINEL, P. E.; CRESTANA, S.; JORGE, L. A. de C. Métodos e aplicações do processamento de imagens digitais. In: CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E.; MASCARANHAS, S.; BISCEGLI, C. I.;

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA MAMONEIRA CULTIVAR BRS
PARAGUAÇU SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

MARTIN NETO, L.; COLNAGO, L. A. (Ed.) Instrumentação agropecuária: contribuições no limiar do novo século. Brasília: Embrapa – SPI, 1996, cap. 3, p. 91-151.

FANTE JÚNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira, Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 56, n. 4, 1999.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.) O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2001. cap. 13, p. 295-336.

IBGE: Levantamento sistemático da produção agrícola. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>.

KONRAD, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, R. A. Distribuição espacial do sistema radicular da aceroleira em um solo Podzólico Vermelho Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXX, Foz do Iguaçu, 31 de julho a 03 de agosto de 2001. Anais... (CD-ROM).

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudos da distribuição espacial do sistema radicular do limão ‘cravo’ enxertado com lima ácida ‘tahiti’. Laranja, Cordeirópolis, v. 21, n. 2, p.359-380, 2000.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Ed. UFV, 2006. 318p.

SANTOS, C. A. S. Distribuição espacial e absorção de água pelo sistema radicular da cultura da manga (*Mangifera indica* L.) irrigada por microaspersão. 1997. 151p. Dissertação (Mestrado em Irrigação) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SILVA, J. G. F. da; COELHO, E. F. Irrigação do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da (Ed.) A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003, p. 163-198.

SILVA, F. C. V.; SOUSA, C. C. M.; FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F. M. L. Distribuição espacial do sistema radicular da mamona em solo irrigado e compactado em Fortaleza – CE. In: XVIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Anais... São Mateus – ES, 2008.

SOUZA, A. dos S. Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares. 2007. 211p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, A. dos S. et al. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – componentes de produção. Revista Ciência Agronômica, v. 38, n. 4, p. 414-421, 2007.

TÁVORA, F. J. A. F. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.