



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

HELDER HENRIQUE NEVES FARIA

**ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO CULTIVADO COM OITO
VARIEDADES DE MAMONA NA REGIÃO SEMIÁRIDA**

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

HELDER HENRIQUE NEVES FARIA

**ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO CULTIVADO COM OITO
VARIEDADES DE MAMONA NA REGIÃO SEMIÁRIDA**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca do IF Baiano *Campus* Guanambi**

F224a Faria, Helder Henrique Neves

Armazenagem de água em solo cultivado com oito variedades de mamona na região semiárida / Helder Henrique Neves Faria. – Guanambi, Ba, 2017.

29f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, 2017.

Orientador (a): Aleksandro dos Santos Brito.

3. Engenharia agrícola. 2. Captação de água. 3. Solo cultivado. 4. Mamoneira. 5. Semiárido I. Título.

CDU: 631.6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

HELDER HENRIQUE NEVES FARIA

**ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO CULTIVADO COM OITO
VARIEDADES DE MAMONA NA REGIÃO SEMIÁRIDA.**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.


APROVADA: 06 de dezembro de 2017




Prof. Dr. Carlos Elízio Cotrim
Membro da Banca – IF Baiano



Prof.^a Dr.^a Falizarda Viana Bebé
Membro da Banca – IF Baiano



Prof.^a Dr.^a Marília Alves Brito Pinto
Membro da Banca – IF Baiano



Prof. Dr. Alexandre dos Santos Brito
Orientador – IF Baiano

Aos meus pais,
Evaldir Faria da Silva e Railda de Moura Neves Faria,
pelo amor incondicional, apoio, dedicação, incentivo, compreensão e
pelo exemplo de força, humildade, perseverança, honestidade
e determinação desempenhado em toda minha vida.

Aos meus irmãos,
Leandro Neves Faria e Vanessa Neves Faria,
pelo apoio, compreensão, amizade, companheirismo
e palavras de incentivo.

À Emisara Messias Pereira,
pelo apoio, dedicação, incentivo e compreensão
em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que ele representa na minha vida;

Aos meus pais Evaldir Faria da Silva e Railda de Moura Neves Faria, pelo carinho, confiança e incentivo ao longo de minha vida.

Aos meus irmãos Leandro Neves Faria e Vanessa Neves Faria, pela compreensão, incentivo e apoio nos momentos difíceis;

À Emisara Messias Pereira, pelo carinho, companheirismo, incentivo, paciência e dedicação.

Ao Prof. Dr. Alexsandro dos Santos Brito pela amizade, orientação e ensinamentos prestados, pela paciência e companheirismo ao longo destes anos;

Aos bolsistas e amigos, Darley de Araújo Nascimento e Ian Carlos Bispo de Carvalho pela colaboração ao longo do desenvolvimento de todo o trabalho.

A todos os membros do programa de Mestrado, em especial ao Prof. Dr. Carlos Elizio Cotrim e o Prof. Dr. Carlindo Santos Rodrigues, pelo estímulo, confiança, amizade e contribuição na minha formação acadêmica.

Aos amigos e colegas da primeira turma do MPPVS, Pablo Rocha, Jean Farley, Cleiton Brito, Varley Fonseca, Geovane Azevedo, Alexandre Gabriel, Angel Caporale, Luzinaldo Costa, Alynne Gomes pela colaboração e apoio durante a realização deste curso;

À toda equipe da CalyxAgro, em especial ao Carlos Cardoso e Marcelo Soransso, pelo apoio e amizade durante todo o curso.

Finalmente agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 IMPLANTAÇÃO E MANEJO DA CULTURA.....	12
2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO.....	13
2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA	15
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4. CONCLUSÕES	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

FARIA, H. H. N. Armazenagem de água em solo cultivado com oito variedades de mamona na região semiárida 2017. 29 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi, Guanambi, 2017.

RESUMO: A mamoneira é uma das principais culturas agrícolas para a produção de óleo (óleo de rícino), biodiesel e torta, que é utilizada como adubo, com alto valor agregado, sobretudo para a região semiárida, a qual apresenta escassez hídrica. Diante dessa condição, o objetivo do trabalho foi avaliar a armazenagem de água em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com oito cultivares de mamoneira. O delineamento experimental foi em blocos aleatorizados, com oito tratamentos (cultivares de mamoneira: BRS Paraguaçu; EBDA MPA11; EBDA MPB32; IAC 2028; IAC 226; BRS Nordestina; IAC Guarani e BRS Energia) e três repetições. A armazenagem de água no solo foi calculada por meio de perfis de umidade do solo, obtidos por tensiômetros instalados a 0,2; 0,4; 0,5; 0,6 e 0,7 m de profundidade e curvas de retenção elaboradas para as camadas homogêneas do solo. As maiores armazenagens de água no solo foram encontradas para as cultivares IAC 2028 e BRS Energia, e as menores para as cultivares Paraguaçu e Nordestina. As menores e maiores armazenagens de água estão inversamente relacionadas com produtividade de grãos, a exemplo das cultivares Paraguaçu e Energia.

PALAVRAS-CHAVE: Conteúdo de água; Rícino; Curva de retenção de água no solo.

FARIA, H. H. N. Water storage in soil cultivated with eight castor bean cultivars in the semiarid region 2017. 29 f. Dissertation (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, Guanambi, 2017.

ABSTRACT: The Castor bean is a main crop to oil production, biodiesel and castor bean cake, which has high added value, mainly to semiarid region, which has water scarcity. In face of this conditions, the aim of work was evaluate the water storage in a Latossolo Vermelho Amarelo cropped with eight cultivars of the Castor bean. The experimental design was in randomized blocks, with eight treatments (cultivars of castor bean: BRS Paraguaçu, BRS Nordestina, BRS Energia, EBDA MPA11, EBDA MPB32, IAC 2028, IAC 226 and IAC Guarani) and three repetitions. The soil water storage was calculated using soil water content profiles, obtained using tensiometers installed at 0.2; 0.4; 0.5; 0.6 and 0.7 m of depth and soil water retention curves elaborated for homogeneous soil layers. The higher soil water storages were found to IAC 2028 and BRS Energia cultivars, and the lower water storages to BRS Paraguaçu and BRS Nordestina. The higher and lower soil water storages are inversely related with crops yield, for instance of BRS Paraguaçu e BRS Energia crops.

KEYWORDS: Soil water content; Castor oil; Soil water retention curve

1. INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis L.*) tem sido considerada uma espécie de grande importância socioeconômica para o Brasil. Dentre as oleaginosas cultivadas no país, a mamoneira se destaca, em razão das características peculiares do óleo extraído diretamente de suas sementes, podendo ser amplamente utilizado na indústria como fonte de matéria prima para a fabricação de Biodiesel (LUZ, 2012).

Nos últimos anos, o Governo Federal, por meio do PROBIODIESEL, tem incentivando o cultivo de plantas oleaginosas, de acordo com o potencial de cada região, para a produção do biodiesel. O óleo de mamona tem sido empregado recentemente na produção deste combustível, podendo ser misturado ao diesel de petróleo para reduzir a poluição do ar, destacando como combustível alternativo promissor (PINHEIRO, 2008). No Nordeste brasileiro, devido às condições edafoclimáticas, a cultura escolhida para a produção de biodiesel foi a mamona (*Ricinus communis L.*), devido ser uma planta xerófila e heliófila, e resistente a períodos de escassez hídrica. Essa característica é muito importante, frente às incertezas climáticas que estão ocorrendo nos últimos sete anos (OLIVEIRA et al., 2009).

A cultura da mamona apresenta elevada potencialidade para gerar empregos e fixar o homem no campo, diminuindo o êxodo rural, pois outra grande vantagem é o período da colheita que ocorre no período seco, época em que poucas culturas podem ser colhidas, garantindo renda aos produtores, além do uso do subproduto, a torta, que é utilizada como fertilizante.

O Estado da Bahia apresenta-se com o principal produtor de mamona, com 94,10% da produção Nacional (IBGE, 2017). A grande área plantada está localizada na região de Irecê, a qual se vale das Usinas de produção de biodiesel instaladas nos municípios de Candeias e Feira de Santana. Entretanto, essa região vem sofrendo muito com a escassez hídrica, ocasionando redução da área plantada (CONAB, 2014).

Estudo prévio, para a cultura e para cada tipo de solo, possibilita o conhecimento do volume de solo explorado pelas raízes. Geralmente, a qualidade física, química e biológica do perfil do solo limita o crescimento potencial do sistema radicular das plantas, tornando-a mais vulnerável às adversidades climáticas e resultando em menor produtividade. Nesse aspecto, o manejo do solo deve proporcionar um perfil ou volume de solo que limite ao mínimo possível o crescimento das raízes. Para os estudos da dinâmica da água, esse volume é denominado volume de controle de solo (LIBARDI,

2005), o qual deve englobar 95% ou mais do sistema radicular ativo (REICHARDT; TIMM, 2004), possuindo a superfície do solo como limite superior. Para a cultura da mamoneira, o volume de controle é representado pela camada de solo compreendida entre 0 e 0,6 m de profundidade (FEITOSA et. al, 2010; SOUZA et. al, 2013). Portanto, essa camada de solo não deve ter limitações de ordem física, química e biológica.

A determinação dos perfis de umidade do solo é importante para estudo sobre a armazenagem e fluxos de água no perfil do solo, sobretudo na camada superficial e no limite inferior da camada explorada pelo sistema radicular da planta (GONÇALVES et al., 1999; MARTINEZ-FERNANDEZ & CEBALLOS, 2005; PACHEPSKY et al., 2005).

Devido à heterogeneidade dos solos, a armazenagem de água, que está relacionada à maior ou menor disponibilidade e absorção de água pelas plantas, variam consideravelmente no espaço. Além disso, a profundidade escolhida para o estudo da armazenagem de água interfere na magnitude da variabilidade (SALVADOR et al., 2012). Portanto, o manejo escolhido para o sistema solo-planta não deve proporcionar aumento da variabilidade e, por outro lado, o manejo deve ser alterado, quando houver alteração de solo ou de estrutura na área de plantio.

A armazenagem de água é decorrente da textura e estrutura do solo (ROCHA et al., 2005; SUZUKI et al., 2014; MOTA et al., 2017), cobertura do solo (Mota et al., 2010) e presença de pequenas depressões no relevo que promovem uma maior retenção da água (SALVADOR et al., 2012). Quanto à textura, é possível que em um solo com perfil uniforme, como é o caso dos Latossolos, os teores de argila e areia não influenciem na armazenagem de água ao longo do tempo (ROCHA et al., 2005). Entretanto, a variação textural em solos com perfil mais estratificado pode acarretar comportamento hídrico completamente diferente do padrão espacial, por alterar os processos de entrada e saída de água no perfil de solo.

Portanto, com a finalidade de contribuir com o conhecimento sobre armazenagem de água em solo cultivado com mamona, nesse estudo objetivou-se avaliar a armazenagem de água em um Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, cultivado com oito variedades de mamoneira, sob sistema de irrigação localizada por gotejamento, na modalidade suplementar, sob as condições agroclimáticas do semiárido baiano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Baiano, *Campus Guanambi* (coordenadas geográficas: 14°13'30" S; 42°46'53" W; altitude de 525 m; precipitação pluvial média de 663,69 mm e temperatura média de 26°C), em outubro de 2015. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave-ondulado. Nesse experimento foram avaliados o comportamento de oito variedades de mamoneira (IAC 2028, IAC 226, IAC Guarani, BRS Nordestina, BRS Paraguaçu, BRS Energia, EBDA MPA11 e EBDA MPB32).

2.1. Implantação e Manejo da cultura

O preparo do solo foi realizado em outubro de 2015, o qual constituiu-se por uma subsolagem com haste de 0,6 m na linha de plantio, gradagem na camada de 0-0,2 m e abertura de sulcos na profundidade de 0,6 m. A adubação foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 1). Em cada cova foram distribuídos e incorporado 2,5 kg de esterco bovino, em seguida, foram semeadas, manualmente, 3 sementes na profundidade de 0,05 a 0,10 m. Após 15 dias do plantio, foram aplicados 20 g/planta de cloreto de potássio e 23 g/planta de superfosfato simples. Aos 28 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por cova, após seleção visual daquela mais vigorosa. O controle de ervas daninhas constituiu em capinas na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Durante o período do experimento não houve nenhum problema com pragas ou doenças.

O sistema de irrigação utilizado foi composto por um gotejador por planta, autocompensante com vazão de 8 l/h. O manejo da irrigação foi realizado através de dados extraídos de tensiômetros instalados nas parcelas do experimento.

A produção de bagas foi estimada analisando-se 20 plantas úteis por parcela. As colheitas foram feitas quando os cachos apresentavam pelo menos 4 bagas secas, posteriormente, os cachos foram secados ao sol e os grãos limpos e acondicionados em sacos de papel. Considerando a umidade dos grãos e a área útil da parcela, estimou-se a produtividade da mamoneira em kg ha⁻¹.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

Parâmetros	Unidade	Profundidade 0 – 20 cm
pH (H ₂ O)		6,1
P	mg dm ⁻³	11
K	cmol dm ⁻³	0,07
Ca	cmol dm ⁻³	2,69
Mg	cmol dm ⁻³	1,47
Ca+Mg	cmol dm ⁻³	4,16
Al	cmol dm ⁻³	0,0
Na	cmol dm ⁻³	0,05
H+Al	cmol dm ⁻³	2,97
SB ¹	cmol dm ⁻³	4,28
CTC ²	cmol dm ⁻³	7,25
V ³	%	59
M.O ⁴	g kg ⁻¹	11,38

¹soma de bases; ²capacidade de troca catiônica efetiva, CTC efetiva; ³ saturação por bases;
⁴Matéria orgânica

2.2. Caracterização Física do solo

Para a determinação da densidade do solo, na área experimental, foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada nas camadas de solo de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m, com o auxílio de um extrator tipo Uhland, com cilindros volumétricos apresentando, aproximadamente, 0,05 m de altura e diâmetro (Figura 1). As medidas de altura e diâmetro dos anéis volumétricos foram feitas com um paquímetro digital, realizando três medidas de altura e de diâmetro para cada cilindro.



Figura 1 - (1) trado extrator tipo Uhland; (2) barras extensoras; (3) espátula; (4) marreta; (5) cilindros volumétricos sem e (6) com amostras.

Para à análise granulométrica e classificação textural da área experimental, foram coletadas amostras de solo sem estrutura deformada nas mesmas camadas de determinação da densidade do solo. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do IFBAIANO/*Campus* Guanambi, utilizando o método da Pipeta (Gee e Or, 2002). Entretanto, esse Laboratório adota algumas variações do método citado e que foram seguidas para as análises feitas nesse trabalho. Utilizou-se como dispersante uma mistura das soluções de hidróxido de sódio (4 g L^{-1}) e de hexametáfosfato de sódio (10 g L^{-1}), utilizando 40 g de solo, 250 mL de água destilada e 100 mL da solução dispersante (CAMARGO et al., 1986).

Para promover a dispersão das partículas do solo, agitou-se as amostras por 16 horas em agitador orbital tipo Wagner, a 60 rpm. Após o processo de dispersão, a suspensão passou por uma peneira com malha de 0,053 mm para a separação da areia e a quantificação do conteúdo de argila feita por coleta de alíquota de 25 mL, com auxílio de um pipetador automático e, por fim, o silte foi calculado por diferença, após a determinação da massa seca das frações areia e argila (estufa a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas).

2.3. Caracterização físico-hídrica

A caracterização físico-hídrica do solo foi feita pela curva de retenção da água no solo, determinadas através de amostras de solo com estruturas indeformada e deformada, coletadas nas profundidades de 0,2; 0,4; 0,5 e 0,6 m nas linhas de plantio. Para as menores tensões (1,0 a 10 kPa) utilizou-se as amostras de solo indeformadas e as amostras deformadas para as maiores tensões (450 kPa a 1653 kPa), por meio do funil de Haines e WP4, respectivamente.

As amostras de solo indeformadas foram preparadas, removendo o solo que excedia o volume do cilindro volumétrico, com auxílio de uma faca de serra, e fixando um recorte de papel mata-borrão na extremidade inferior da amostra. Essas amostras foram dispostas em um recipiente com a mesma altura dos cilindros, onde foi adicionando água deionizada gradativamente, com o objetivo de promover uma saturação adequada. Após esses procedimentos, as amostras foram dispostas nos funis de Haines, os quais foram utilizados para as tensões de 0,5; 1; 3; 5; 7 e 10 kPa, sendo que após a estabilização da amostra nas respectivas tensões procedeu a pesagem em balança de precisão. Os pontos experimentais da porção mais seca da curva de retenção foram determinados utilizando o psicrômetro WP4-C (Klein et al., 2010). As curvas de retenção da água no solo foram ajustadas pelo modelo de van Genuchten (1980), utilizando o software Table Curve 2D – versão trial, equação 1:

$$\theta(\phi_m) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha * \phi_m)^n]^m}, \quad (1)$$

onde θ_r é a conteúdo de água residual, θ_s é a conteúdo de água de saturação e α , m e n são parâmetros de ajuste.

As curvas de retenção foram utilizadas para transformação do potencial mátrico, medido diariamente por meio de tensiômetros, em conteúdo de água no solo. Uma vez que o objetivo é determinar a armazenagem de água no volume de controle de solo explorado pelo sistema radicular da cultura da mamoneira (0-0,6 m), foram instalados tensiômetros nas profundidades de 0,2; 0,4; 0,5; 0,6 e 0,7 m (Figura 2), nas parcelas experimentais.

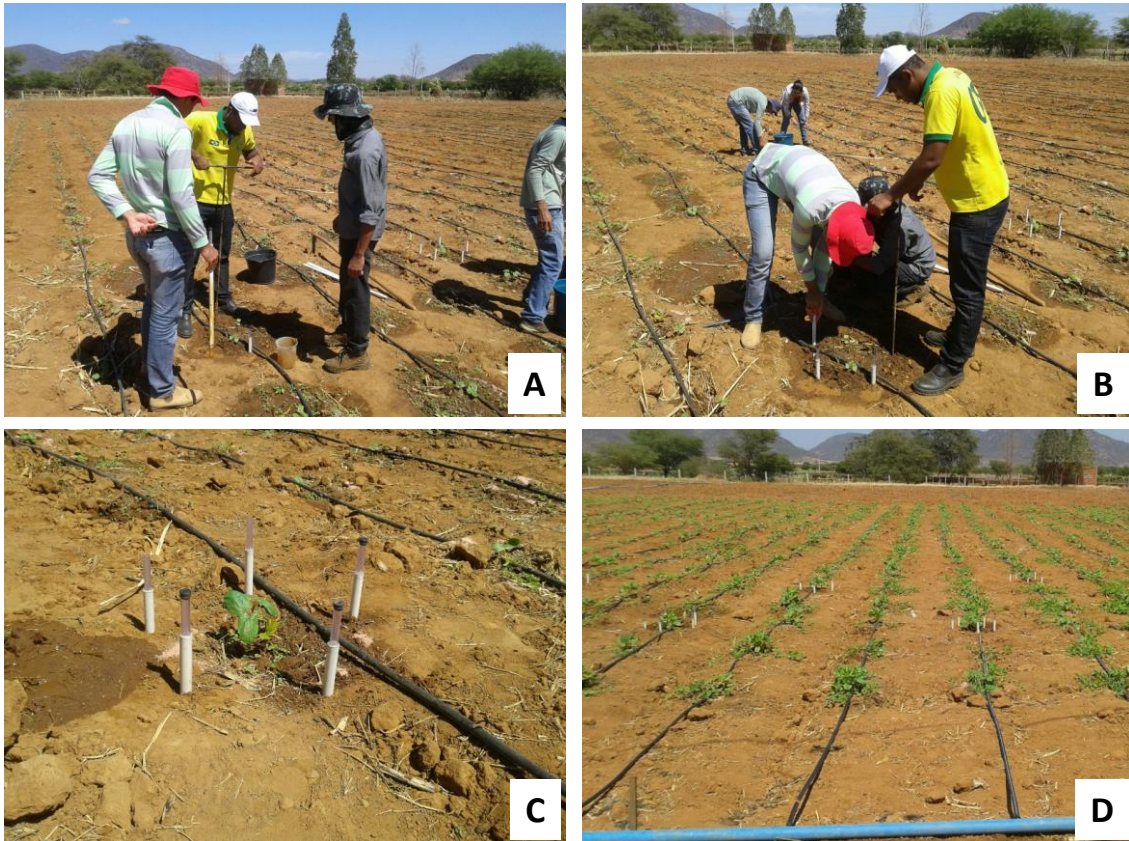


Figura 2 - (A) e (B) instalação dos tensiômetros em campo; (C) tensiômetros recém instalados em círculo, em função do bulbo molhado; (D) repetições dos tratamentos.

Com a determinação dos perfis de umidade, foi possível calcular a armazenagem de água no perfil do solo, pelo método do trapézio (SALVADOR et al., 2012), para as camadas de 0-0,2; 0-0,4; 0-0,5; 0-0,6 e 0-0,7 m, conforme equações (2), (3), (4), (5) e (6):

$$h_z = \int_0^{0,2} \theta(z) dz = \theta * 0,2 \quad (2)$$

$$h_z = \int_0^{0,4} \theta(z) dz = [1,5(\theta_{0,2}) + 0,5(\theta_{0,4})] * 0,2 \quad (3)$$

$$h_z = \int_0^{0,5} \theta(z) dz = [1,5(\theta_{0,2}) + 0,75(\theta_{0,4}) + 0,25(\theta_{0,5})] * 0,2 \quad (4)$$

$$h_z = \int_0^{0,6} \theta(z) dz = [1,5(\theta_{0,2}) + 0,75(\theta_{0,4}) + 0,5(\theta_{0,5}) + 0,25(\theta_{0,6})] * 0,2 \quad (5)$$

$$h_z = \int_0^{0,7} \theta(z) dz = [1,5(\theta_{0,2}) + 0,75(\theta_{0,4}) + 0,5(\theta_{0,5} + \theta_{0,6}) + 0,25(\theta_{0,7})] * 0,2 , \quad (6)$$

onde, θ é o conteúdo de água em função da profundidade, indicada pelo índice.

2.4. Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos aleatorizados, com oito tratamentos (cultivares de mamoneira: Paraguaçu; EBDA MPA11; EBDA MPB32; IAC 2028; IAC 226; Nordestina; Guarani e BRS Energia) e três repetições.

A análise dos dados foi feita em duas etapas: análise exploratória e análise de variância. Para tanto, foi utilizado o Programa Estatístico R e os pacotes Mass, Outliers e Laercio. As variáveis em estudo que obtiveram significância (teste F) foram submetidas ao teste de média (Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo nas profundidades de 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m (Tabela 2), estão elevadas em relação a textura do solo. Esses resultados estão de acordo (REICHERT et al., 2007). Principalmente em função do histórico de uso do solo, predominando o uso de grade aradora, sempre na mesma profundidade. Entretanto, não se caracteriza como compactação. Além disso, essa análise foi realizada aleatoriamente na área do experimento, ou seja, a coleta das amostras de solo não ocorreu exatamente na linha de plantio, onde foi feita a subsolagem.

Tabela 2 – Valores de densidade do solo, conteúdo de areia, silte e argila e classe textural de diferentes camadas do solo.

Camada (m)	Densidade do solo (kg m ⁻³)	Areia	Silte (g kg ⁻¹)	Argila	Classe textural
0,0-01	1635	675	150	175	Franco arenoso
0,1-0,2	1635	660	150	190	Franco arenoso
0,2-0,3	1696	610	160	230	Franco argilo-arenoso
0,3-0,4	1732	615	155	230	Franco argilo-arenoso
0,4-0,5	1742	605	155	240	Franco argilo-arenoso
0,5-0,6	1698	605	150	245	Franco argilo-arenoso

A densidade do solo é afetada por cultivos que alteram a estrutura e, por consequência, o arranjo e volume dos poros. Essas alterações influem nas propriedades físico-hídricas importantes, tais como: a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência do solo à penetração (MOTA et al., 2017).

A textura do solo nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m é franco arenosa e nas demais camadas é franco argilo-arenoso, sendo propício ao cultivo da mamoneira, proporcionando desenvolvimento favorável ao sistema radicular da planta e permitindo maior armazenagem de água no solo. Entretanto, ressalta-se o conteúdo de silte, o que torna este solo mais propenso a restrições físicas, demandando maior atenção quanto ao seu manejo, sobretudo quanto ao aspecto do aporte de matéria orgânica (rotação com adubos verdes e aplicação de adubos orgânicos) que promova o processo de agregação.

A média da percentagem de argila na camada arável do solo (0,0-0,2 m) foi 29,45% menor que a da camada de 0,20-0,6 m. Esse aumento da percentagem de argila no solo conforme aumenta a profundidade se deve aos fatores pedogenéticos de sua

formação e ao processo denominado eluviação de argila. Essa elevação do conteúdo de argila na camada de 0,2-0,6 m proporciona maior retenção de água nessa camada, torna-a muito importante para a nutrição das plantas, ao mesmo tempo em que torna-se essencial adequar o ambiente físico e químico nessa camada, de modo a propiciar maior exploração do perfil do solo pelo sistema radicular da cultura.

Seguindo as curvas de retenção de água (Figura 3A e Tabela 3), observa-se que mesmo possuindo menor percentagem de argila, o conteúdo de água do solo saturado na camada 0,0-0,2 m do solo foi superior ($0,339 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) aos demais, isso devido apresentar maior teor de matéria orgânica e menor densidade (1635 kg m^{-3}), pois a densidade é um fator limitante à armazenagem de água no solo. Entretanto, observa-se que a declividade da curva foi maior para essa camada, pois o baixo teor de argila nas camadas inferiores limita a retenção de água pelo solo.

A camada de 0,2-0,4 m (densidade 1.714 kg m^{-3}) apresentou o menor conteúdo de água do solo saturado, pois possui menor percentagem de argila em relação as camadas 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m (as quais também não possuem influência de matéria orgânica) e a variação da densidade em relação as duas últimas camadas foi de 1,63 e 0,93%, respectivamente, não prevalecendo sobre o efeito da textura (Figura 3B e Tabela 3).

As curvas de retenção de água nas camadas de 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m apresentaram pontos de saturação semelhantes e intermediários em relação as demais camadas (Figura 3C, 3D).

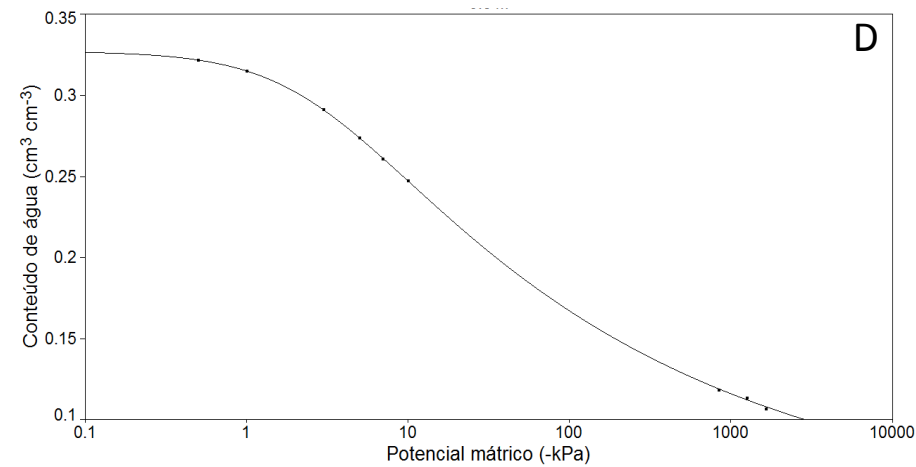
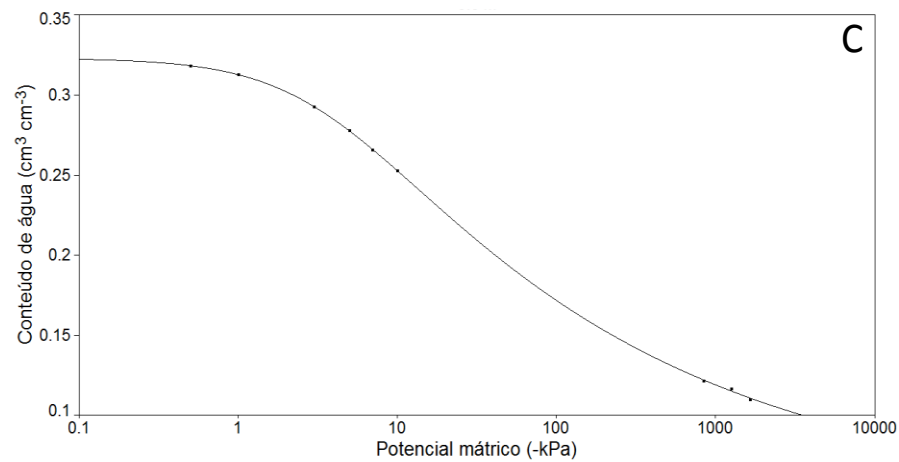
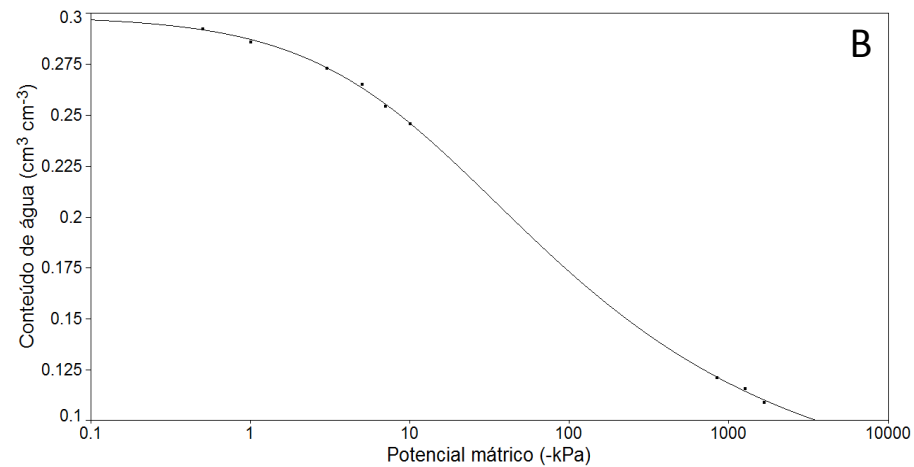
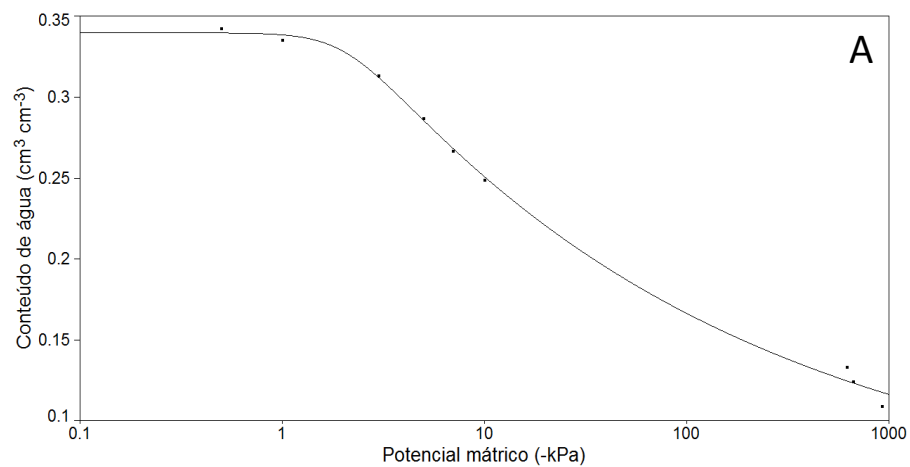
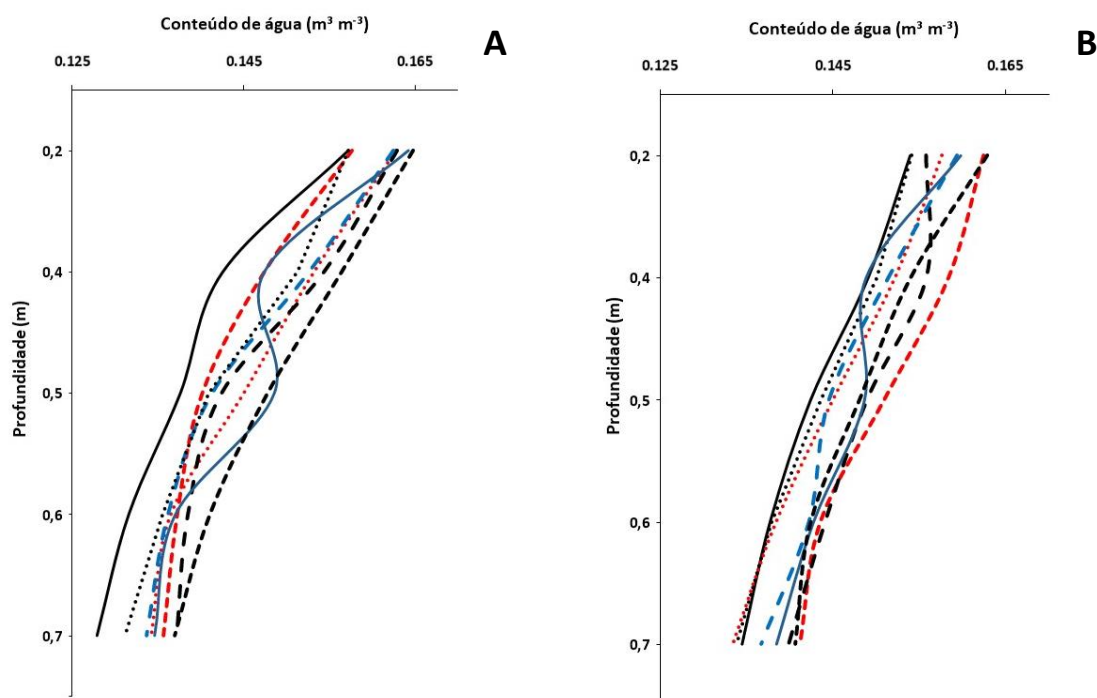


Figura 3 - Curvas de retenção de água no solo cultivado com mamona, nas profundidades de 0,2 (A); 0,4 (B); 0,5 (C) e 0,6 m (D).

Tabela 3 – Parâmetros de ajuste das curvas de retenção da água de quatro profundidades do solo cultivado com mamoneira, conforme modelo de van Genuchten (1980).

Profundidade (m)	Parâmetros de ajuste das curvas de retenção				
	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α (-kPa)	m	n
0,2	0,339	0,043	0,480	0,063	3,601
0,4	0,298	0,062	0,092	0,380	0,829
0,5	0,323	0,044	0,281	0,192	1,212
0,6	0,327	0,040	0,375	0,172	1,295

Os perfis de umidade, apresentados na Figura 4, são de datas com características escolhidas de forma estratégica para representar o ciclo da cultura, observando o comportamento da água no perfil do solo no início das leituras tensiométricas (23/10/2015), no início das chuvas (22/11/2015), no término das chuvas (05/01/2016) e no término das leituras (01/03/2016).



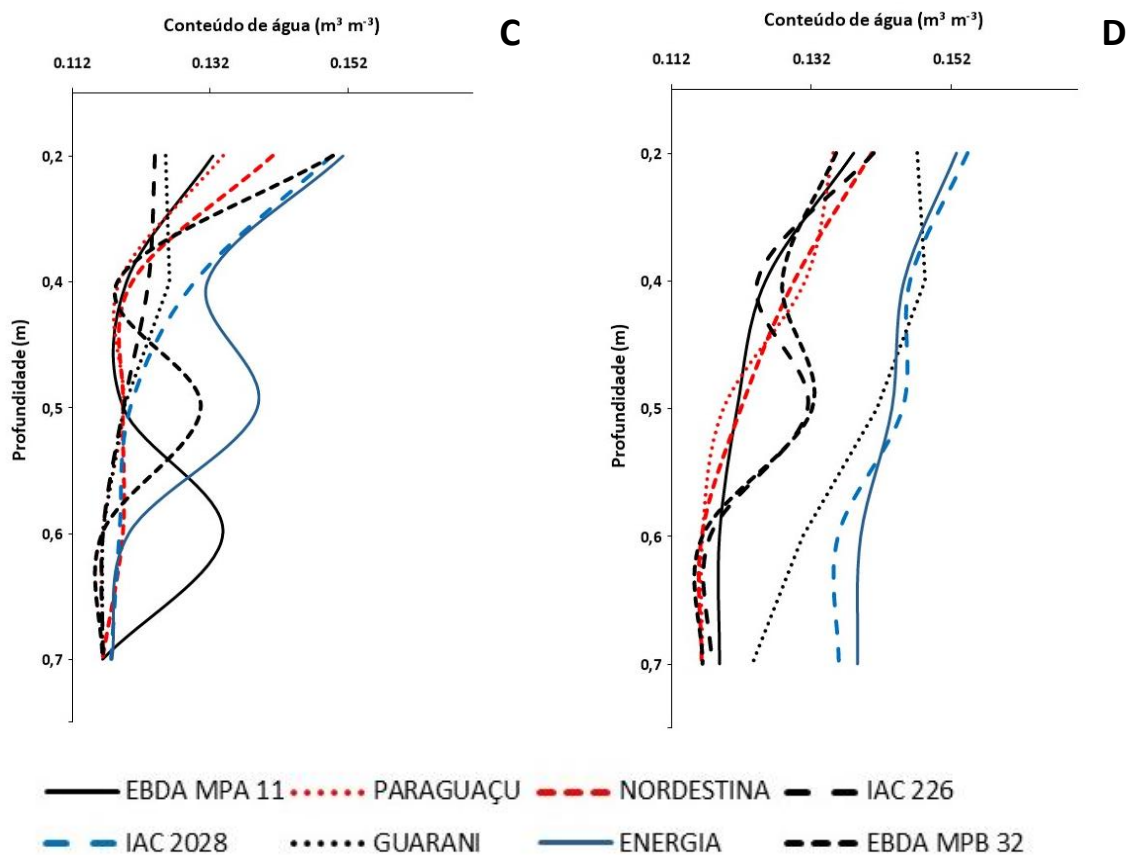


Figura 4 - Perfis de umidade do solo em diferentes períodos (A - 2° Período; B - 5° Período; C - 9° Período e D - 15° Período) em função dos cultivares de mamoneira.

Observa-se menor variação no perfil de umidade do volume de solo ocupado pelo sistema radicular dos cultivares no início das chuvas (Figura 5). Isso ocorreu devido a aplicação de água por meio da irrigação suplementar, necessária pelos baixos volumes de chuvas neste período. Esta prática proporcionou maior uniformidade na redistribuição da água no perfil do solo devido à baixa demanda hídrica da mamoneira, que se encontrava no início do crescimento vegetativo. Por outro lado, a partir do oitavo período de avaliação, quando as chuvas passaram a ter maiores frequência e volume e os cultivares passaram a demandar maior disponibilidade hídrica, vieram a ocorrer diferenças entre os cultivares avaliados.

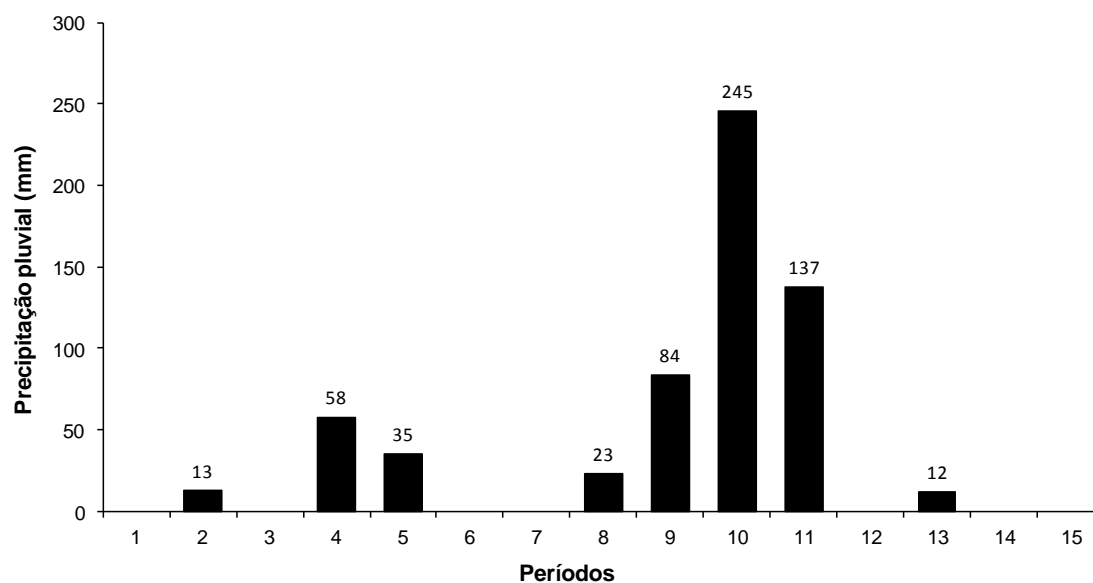


Figura 5 – Precipitação pluvial acumulada nos 15 períodos, compreendendo todo o ciclo da cultura da mamoneira.

A armazenagem de água no solo cultivado com as variedades de mamoneira avaliadas em nenhum momento de seu ciclo produtivo ultrapassou a armazenagem de água do solo na capacidade de campo ou o ponto de murcha permante, o que leva a conclusão de que as cultivares não sofreram restrição hídrica severa a ponto de não recuperar-se, nem tiveram oxigenação comprometida (Figura 6).

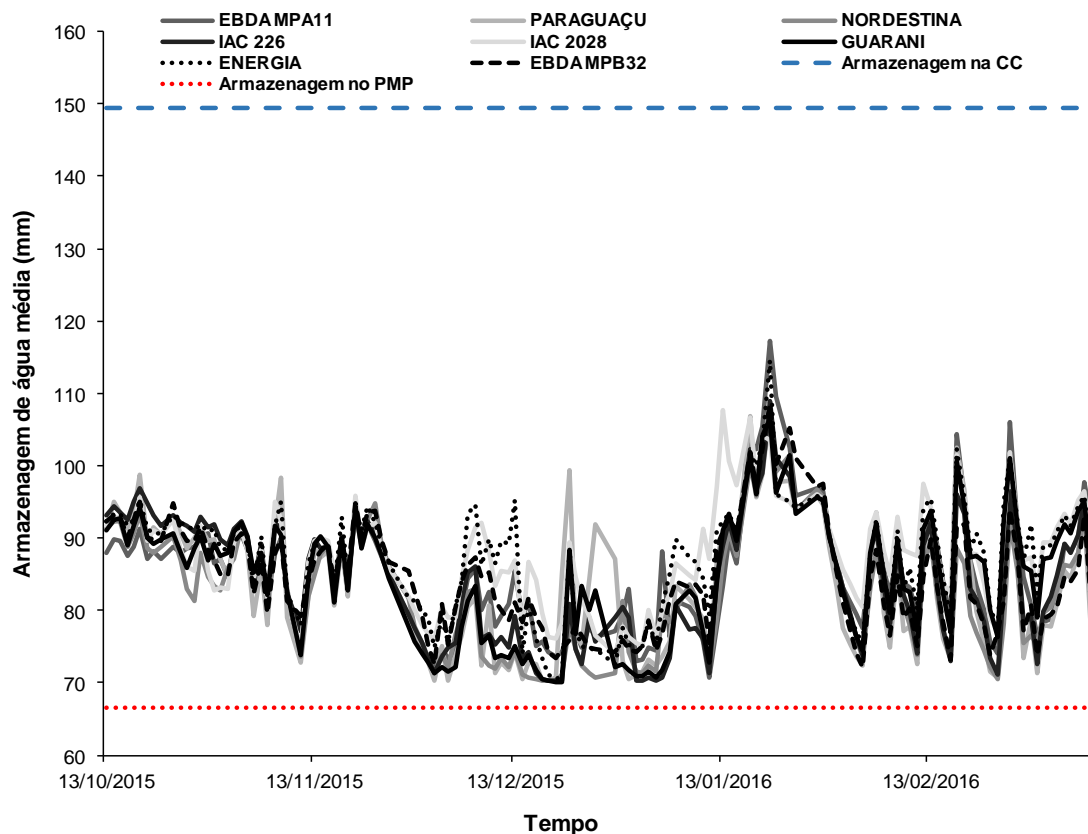


Figura 6 - Armazenagem de água média na camada de 0-0,6 m do solo cultivado com oito cultivares e as armazenagens de água no solo na capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) em fundo do tempo (ciclo produtivo).

As maiores armazenagens de água no solo foram observadas para as cultivares IAC 2028 e Energia, enquanto os menores valores foram encontrados nas cultivares Paraguaçu e Nordestina. Esse comportamento foi repetido para todas as camadas de solo avaliadas (Figura 7).

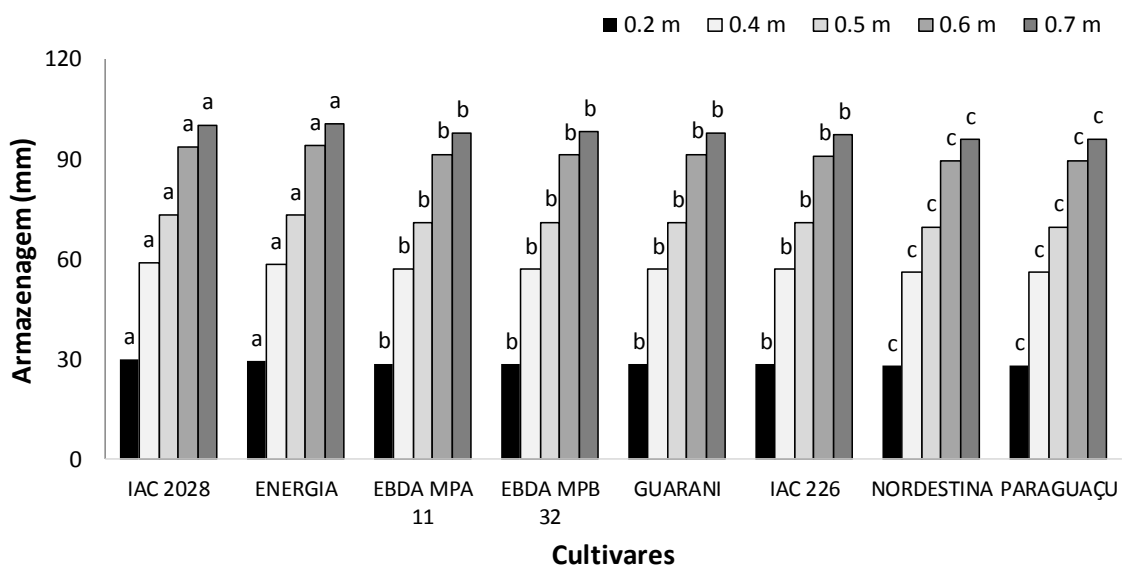


Figura 7 – Armazenagens de água de um Latossolo Vermelho Amarelo em função das camadas de 0-0,2; 0-0,4; 0-0,5; 0-0,6 e 0-0,7 m e das oito cultivares de mamoneira. As

médias seguidas pela mesma letra entre as cultivares para cada camada de solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Portanto, a menor variação de armazenagem de água denota maior evapotranspiração da planta. Assim, os cultivares que tiveram as menores armazenagens de água no solo, alcançaram as melhores produtividades (Figura 8). As cultivares Paraguaçu, Nordestina, IAC 226, IAC 2028, Guarani, EBDA MPA11 e EBDA MPB32 não diferiram quanto a produtividade de grãos. A cultivar energia apresentou média inferior as demais cultivares, no entanto, obteve produtividade maior que a média nacional na safra 2016/2017 de 551 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017).

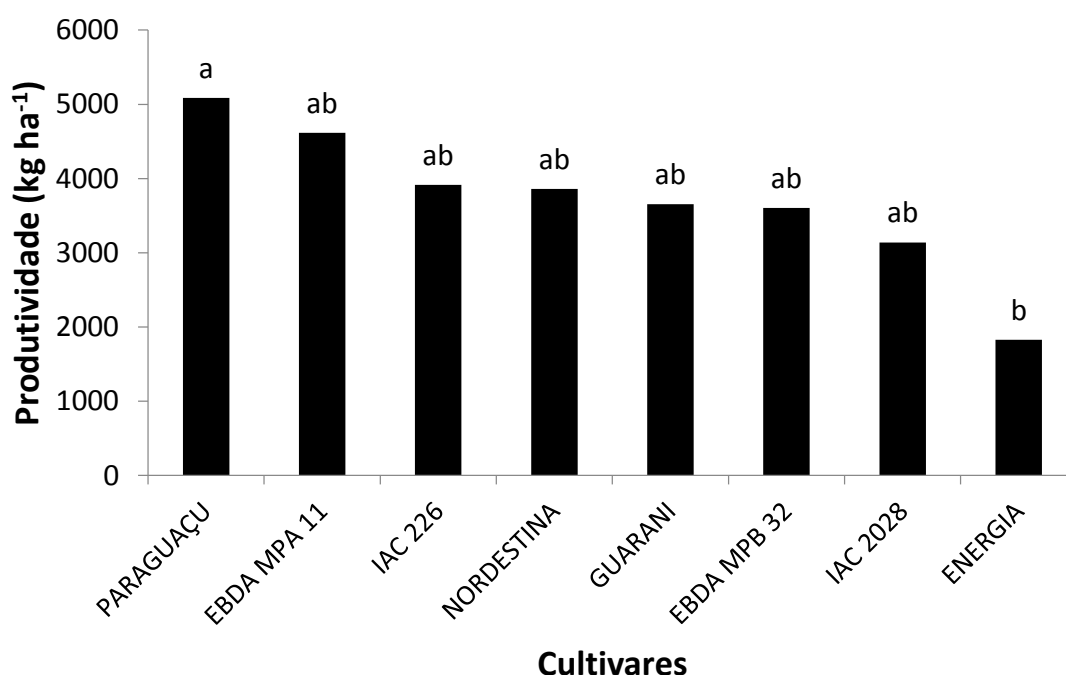


Figura 8 – Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das cultivares estudadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Essa baixa produtividade média observada no Brasil deve-se, em parte, ao uso de sementes de baixa qualidade, multiplicadas pelos próprios agricultores, o que acarreta em alto nível de heterogeneidade e à ampla diversidade de tipos locais, em sua grande parte, pouco produtivos (FREIRE et al., 2007).

A cultivar Paraguaçu obteve a melhor produtividade de grãos (5.088 kg ha⁻¹), sendo significativamente diferente da cultivar Energia (1.828 kg ha⁻¹), e as menores armazenagens de água, o que denota uma maior exploração do perfil do solo e maior consumo de água, uma vez que a variação da armazenagem de água é o saldo de todos os processos de entrada e saída de água no perfil do solo.

4. CONCLUSÕES

O solo em estudo apresentou características favoráveis ao cultivo da mamoneira, proporcionando bom desenvolvimento radicular e adequada armazenagem de água na camada agricultável.

O manejo da irrigação implementado no experimento mostrou-se eficiente, pois durante a avaliação em todos os ciclos estudados da cultura a variação da armazenagem de água no solo permaneceu dentro das condições exigidas pela mamoneira e em nenhum momento atingiu valores severos a ponto de não recuperar-se, nem tiveram oxigenação comprometida (CC e o PMP).

A menor variação de armazenagem de água reflete maior evapotranspiração da planta. As variedades de mamoneira que apresentaram as menores armazenagens de água no solo alcançaram maiores índices de produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, O.A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p.

CONAB - Safras: Séries Históricas. 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

FEITOSA, D.R.C.; SANTOS, P.B.; ROMEIRO, G.E.S.; FREITAS, C.A.S.; SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L. **Distribuição espacial do sistema radicular da mamoneira cultivar BRS Paraguaçu sob diferentes níveis de irrigação**. Fortaleza-CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, n.4, p. 234-241, 2010.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.169-194.

GEE, G. W.O.R.D. Particle-size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G.C.; ed. **Methods of soil analysis: Physical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 2002. p. 255-289.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, A.P. **Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central**. Rev Bras. Cienc. Solo, 23:155-164, 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Janeiro 2017.

KLEIN, V.A. et al. **Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro**. *Cienc. Rural*, Santa Maria-RS, v.40, n.7, p. 1550-1556, 2010.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.

LUZ, R. P., **Caracterização Morfofisiológica, Molecular e Agronômica de Cultivares de Mamona**. 2012. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MARTÍNEZ-FERNANDEZ, J.; CEBALLOS, A. **Mean soil moisture estimation using temporal stability analysis**. Journal of Hydrology, v.312, p.28-38, 2005.

MOTA, J.C.A.; LIBARDI, P.L.; BRITO A.D.; ASSIS JUNIOR R.N.; AMARO J. **Water storage and a muskmelon productivity of a drip-irrigated soil with and without soil cover**. Rev Bras Cienc Solo, 34:1721-1731, 2010.

MOTA J. C. A. et al. **Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade de atributos físicos de Cambissolos**. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 4, p. 277-289, 2017.

OLIVEIRA, I. A.; LIMA, J. R. S.; SILVA, I. F.; ANTONINO, A. C. D.; GOUVEIA NETO, G. C.; LIRA, C. A. B. O. **Balço de energia em mamona cultivada em condições de sequeiro no Brejo Paraibano**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, p.185-191, 2009.

PACHEPSKY, Y.; GUBER, A.; JACQUES, D. **Temporal persistence in vertical distributions of soil moisture contents**. Soil Sci. Soc. Am. J., 69:347-352, 2005.

PINHEIRO. H. A. Leaf gas Exchange, chloroplastic pigments and matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis L*) seedlings subjected to salt stress conditions. **Industrial Crops and Products**. v. 27, n 3, p. 385-392, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478p.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & REINERT, D.J. 2007. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. Tópicos em Ciência

do Solo, volume v. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.49-134.

ROCHA G.C.; LIBARDI P.L.; CARVALHO L.A.; CRUZ A.C.R. **Temporal stability of the spatial distribution of water storage in a soil under citrus cultivation.** Rev Bras Cienc Solo, 29:41-50, 2005.

SALVADOR M.M.S.; LIBARDI P.L.; BRITO A.S.; MOREIRA N.B. **Estabilidade temporal e variabilidade espacial da distribuição da armazenagem de água no solo numa sucessão feijão/aveia-preta.** Rev Bras Cienc Solo, 36:1434-1447, 2012.

SOUZA, C.; ANDRADE, A.P.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. **Balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.17, n.1, p. 3-10, 2013.

SUZUKI L.E.A.S.; LIMA C.L.R.; REINERT D.J.; REICHERT J.M.; PILLON C.N. **Estrutura e armazenamento de água em um Argissolo sob pastagem cultivada, floresta nativa e povoamento de eucalipto no Rio Grande do Sul.** Rev Bras Cienc Solo, 38:94-106, 2014.

VAN GENUCHTEN, M.T. **A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., v. 44, p.892-898, 1980.