



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## **Dissertação de Mestrado**

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
IN SITU SOBRE CRESCIMENTO E  
PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO**

**EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME**

**Campina Grande  
Paraíba**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**  
**MESTRADO**

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA "IN SITU"**  
**SOBRE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**  
**DE PINHÃO-MANSO**

**DISSERTAÇÃO**

**EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME**

---

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**  
**FEVEREIRO, 2012**

EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME  
Engenheiro Agrônomo

**SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA "IN SITU"  
SOBRE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO  
DE PINHÃO-MANSO**

Orientador (es): Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**  
Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA  
FEVEREIRO, 2012

**DIGITALIZAÇÃO:**  
**SISTEMOTECA - UFCG**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG**

L185s Laime, Eduardo Maciel Oliveira.  
Sistemas de captação de água "in situ" sobre crescimento e produção de  
pinhão-mansão / Eduardo Maciel Oliveira Laime. – Campina Grande, 2013.  
65 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal  
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientadores: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Prof. Dr. Carlos  
Alberto Vieira de Azevedo".

Referências.

1. *Jatropha curcas* – Pinhão-Mansão. 2. Técnicas de Plantio. 3. Semiárido.  
4. Umidade do solo. I. Fernandes, Pedro Dantas. II. Azevedo, Carlos Alberto  
Vieira de. III. Título.

CDU 633.85(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME**

**SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA IN SITU SOBRE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE  
PINHÃO-MANSO**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

Dr. Carlos Alberto V. Azevedo - Orientador

Aprovado

Dr. Pedro Dantas Fernandes - Orientador

Aprovado

Dr. Roberto Vieira Pordeus - Examinador

Aprovado

Dr. Marcos Eric Barbosa Brito - Examinador

APROVADO

**FEVEREIRO - 2012**

*A meus pais, **Romeu e Telma**; a meus irmãos, **Zinho e Thaynara** e a minha noiva **Dayane** por todo apoio, incentivo, esforço e compreensão durante essa trajetória. Me fortalecendo nos momentos difíceis e comemorando comigo os momentos de conquista e alegrias.*

## **DEDICO**

*A meus avós, **Vovó Nilza e Vovô Laime** (**in memoriam**) pelo incentivo, apoio e pela lição de vida, com que me presentearam. Com certeza estão muito felizes com esta conquista.*

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

*A DEUS, pela vida, proteção, sabedoria, por me mostrar o caminho a ser seguido e me manter em contato com pessoas incríveis que contribuíram, fundamentalmente, para minhas conquistas;*

*A meus pais, irmãos e demais familiares, por me apoiarem e confiarem nos meus ideais, base sem a qual todos os caminhos se tornam mais longos e pedregosos;*

*A minha noiva, Dayane, amiga, parceira e confidente em todas as horas, pelo amor e compreensão, mesmo nos momentos de sufoco;*

*Aos meus orientadores e amigos, Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes e Prof. Dr. Carlos Azevedo, pela amizade, orientação, presença constante e contribuição à minha vida acadêmica, no meu crescimento humano e profissional;*

*Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo acolhimento e oportunidade de realização deste curso, onde tive oportunidade de conhecer pessoas e profissionais que admiro;*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;*

*Ao Banco do Nordeste do Brasil, pelo apoio financeiro ao projeto, através do Convênio BNB/FUNDECI 2008/168.*

*Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), pela oportunidade de realização desta pesquisa em sua Estação Experimental, localizada entre Campina Grande e Boa Vista, PB;*

*Aos secretários do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, nas pessoas de Dona Cida e Gilson, assim como aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) pelo auxílio prestado;*

*Aos amigos do curso: Madson, Amilton, Mônica, Gilberto, Doroteu, Anderson, Francisco Júnior, Eptácio (in memoriam), Socorro, Kleber, Hamilton, Henrique, Navilta, Danila, Jânio, Ailton, Silvânia e todos que não foram lembrados no momento mas jamais serão esquecidos;*

*Aos amigos e funcionários do INSA: Lenildo, Amilton, Tiago, Gustavo, Gabriela, Antônio, Ticiano, Paulo, Jucileide, Alexandre, Walter, Seu Expedito, Joab, Adelino, Luciano, Dona Bastinha, entre outros pelo apoio e incentivo, na concretização deste trabalho;*

*Por fim, sou grato a todos que, de alguma forma, contribuíram e foram importantes na realização deste trabalho.*

## ÍNDICE

	Pág.
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1. Objetivo geral .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
3.1. Origem e distribuição .....	3
3.2. Botânica e fisiologia .....	3
3.3. Pinhão-mando e semiárido .....	5
3.4. Pinhão-manso e biodiesel .....	6
3.5. Potencialidades de cultura .....	8
3.6. Captação de água de chuva <i>in situ</i> .....	8
3.7. TDR e umidade do solo.....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
4.1. O experimento .....	11
4.2. Localização da área experimental.....	11
4.3. Formação de mudas e transplante .....	12
4.4. Tratamentos e delineamento estatístico .....	12
4.5. Variáveis de crescimento.....	13
4.5.1. Altura de planta (AP), Diâmetro caulinar (DC), Número de folhas (NFI) e Área foliar (AF) .....	13
4.6. Variáveis fisiológicas.....	14
4.6.1. Taxas de crescimento absoluto e relativo em Altura de plantas e Diâmetro caulinar ....	14
4.7. Variáveis de produção .....	15
4.7.1. Número de cachos (NC), Número de frutos (NF), Número de sementes (NS) e Peso de sementes (PS) .....	15
4.8. Conteúdo de umidade do solo .....	15
4.9. Análises estatísticas.....	15
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>16</b>
5.1. Variáveis de crescimento.....	16
5.1.1. Por avaliação .....	16
5.1.1.1. Altura de plantas (AP).....	16
5.1.1.2. Diâmetro caulinar (DC).....	17
5.1.1.3. Número de folhas (NFI).....	20
5.1.1.4. Área foliar (AF).....	22
5.1.2. Crescimento em função do tempo .....	24
5.1.2.1. Altura de plantas (AP) .....	24
5.1.2.2. Diâmetro caulinar (DC).....	26
5.1.2.3. Número de folhas (NFI).....	28
5.1.2.4. Área foliar (AF).....	30
5.2. Variáveis fisiológicas .....	32
5.2.1. Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP).....	32



	<b>Pág.</b>
5.2.2. Taxas de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCA DC).....	34
5.2.3. Taxas de crescimento relativo em altura de plantas (TCR AP).....	36
5.2.4. Taxas de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCR DC) .....	38
5.3. Variáveis de Produção.....	40
5.3.1. Número de cachos (NC), Número de frutos (NF), Número de sementes (NS) e Peso de sementes (PS) .....	40
5.4. Conteúdo de umidade do solo .....	45
5.4.1. Período chusovo .....	45
5.4.2. Período seco.....	50
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Características químicas do solo. Campina Grande, 2012.....	12
Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (AP) do pinhão-manso em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	18
Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	19
Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias do número de folhas (NFI) do pinhão-manso em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	21
Tabela 5. Resumo da análise de variância e médias da área foliar (AF) do pinhão-manso em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	23
Tabela 6. Resumo da análise de regressão da altura de plantas (AP) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> ao longo do tempo. Campina Grande, 2012.....	25
Tabela 7. Resumo da análise de regressão do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> ao longo do tempo. Campina Grande. Campina Grande, 2012.....	27
Tabela 8. Resumo da análise de regressão da número de folhas (NFI) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> ao longo do tempo. Campina Grande Campina Grande, 2012.....	29
Tabela 9. Resumo da análise de regressão da área foliar (AF) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> ao longo do tempo. Campina Grande Campina Grande, 2012.....	31
Tabela 10. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande. Campina Grande, 2012.....	33

	Pág.
Tabela 11. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	35
Tabela 12. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR AP) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	37
Tabela 13. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	39
Tabela 14. Resumo da análise de variância e médias dos componentes de produção do pinhão-manso, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, 2012.....	42
Tabela 15. Resumo da análise de variância dos conteúdos de água no período chuvoso, nas profundidades de 0,10 e 0,50 m em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes dias de avaliação. Campina Grande, 2012.....	47
Tabela 16. Resumo da análise de variância dos conteúdos de água no período seco, nas profundidades de 0,10 e 0,50 m em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> , em diferentes dias de avaliação. Campina Grande, 2012.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolução da altura de plantas do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	18
Figura 2. Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	19
Figura 3. Evolução do número de folhas do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	21
Figura 4. Evolução da área foliar do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	23
Figura 5. Valores médios da altura de plantas (AP) do pinhão-manso ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	25
Figura 6. Valores médios de diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	27
Figura 7. Valores médios da número de folhas (NFI) do pinhão-manso ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012.....	29
Figura 8. Valores médios da área foliar (AF) do pinhão-manso ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012. ....	31
Figura 9. Evolução da taxa de crescimento absoluto em altura de plantas do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012. ....	33
Figura 10. Evolução da taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012. ....	35
Figura 11. Evolução da taxa de crescimento relativo em altura de plantas do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012. ....	37
Figura 12. Evolução da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar do pinhão-manso ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água <i>in situ</i> . Campina Grande, 2012. ....	39
Figura 13. Distribuição das chuvas durante o período experimental. (Fonte: Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido/INSA).....	41

- Figura 14. Evolução dos componentes de produção do pinhão-mansô ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, 2012..44
- Figura 15. Evolução dos conteúdos de água no período chuvoso, nas profundidades de 0,10 m e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, 2012....47
- Figura 16. Conteúdos de água no período chuvoso, nas profundidades de 0,10 m e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, 2012.....49
- Figura 17. Evolução dos conteúdos de água no período seco, nas profundidades de 0,10 m e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, 2012.....52
- Figura 18. Conteúdos de água no período seco, nas profundidades de 0,10 m e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, 2012.....54

## SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA "IN SITU" SOBRE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO

### RESUMO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa, da família das euforbiáceas, nativa das Américas e, atualmente, considerada uma alternativa para produção de biodiesel, exigente a insolação e resistente à seca, abrem-se amplas perspectivas para o aumento das áreas de plantio, com esta cultura, no semiárido nordestino. Nesta pesquisa, os estudos foram voltados para a avaliação do desenvolvimento da cultura do pinhão-manso, testando técnicas de plantio que contribuem para maior eficiência de captação de água de chuvas *in situ*. O experimento foi desenvolvido nas instalações da Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, localizada no município de Campina Grande-PB. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, sendo estudados cinco técnicas de captação de água *in situ*: plantio em sulcos (T1) e em sulcos barrados (T2), plantio em camalhões com as mudas no camalhão (T3) e mudas na base do camalhão (T4), plantio em bacias (T5) e um tratamento testemunha sem estrutura de captação de água (T6). Foi avaliado também o conteúdo de água para cada técnica de captação de água, em 0,10 m e 0,50 m de profundidade. Não houve influência das formas especiais de preparação de solo para captação de água *in situ*, sobre as variáveis de crescimento das plantas, em análises pontuais ao longo do ciclo. Ao longo do estudo, as variáveis de crescimento foram beneficiadas pelas formas de preparação do solo, favorecendo a captação de água *in situ*, em comparação ao tratamento com ausência de técnica de captação. Os Menores valores dos componentes de produção de pinhão-manso ocorreram registrados em plantas cultivadas em solo sem estrutura de captação de água *in situ*. A maior captação de água, no período chuvoso, ocorre quando o plantio é feito em sulco, na base do camalhão (T4) e em sulco, sem camalhão (T1), na profundidade de 0,10 m e 0,50 m, respectivamente. As técnicas de captação de água *in situ* que conservam mais água, no período seco, são plantio no centro de bacia (T5) e no fundo de sulcos, barrados entre plantas (T2), na profundidade de 0,10 m e 0,50 m, respectivamente.

**Palavras chave:** *Jatropha curcas*, técnicas de plantio, umidade do solo, semiárido.

## WATER CATCHMENT SYSTEMS "IN SITU" ABOUT THE GROWTH AND PRODUCTION OF JATROPHA

### ABSTRACT

The jatropha (*Jatropha curcas* L.) is an oilseed plant of the uphorbiaceae family, native to the Americas and is currently considered an alternative for biodiesel production, demanding heatstroke and drought resistant, open up broad prospects for the increase in areas planted with this crop in the semiarid northeast. In this research, the studies were designed to evaluate the development of culture of jatropha, testing, planting techniques that contribute to greater efficiency of rain water harvesting in situ. The experiment was conducted on the premises of the Experimental Station of the National Institute of Semiarid - INSA, located in Campina Grande-PB. The statistical outline utilized was in randomized blocks with three replications and studied five techniques of catchment of rainwater *in situ*: planting furrows (T1), barred furrows (T2), planting on ridges with the seedlings in the ridge (T3), seedlings at the base of the ridge (T4), planting basins (T5) and a control treatment without structure to catchment of rainwater (T6). We evaluated the water content for each technique of water harvesting in 0.10 m and 0.50 m depth. There wasn't influence of the special forms of preparation of soil for catchment of water *in situ*, on the variables of plant's growth in specific analyzes throughout the cycle. Throughout the study, the growth's variables were benefited by the forms of soil preparation, encouraging the catchment of water *in situ*, compared to treatment without capture technique. The lowest values of production components of jatropha recorded occurred in plants grown in soil without structure of catchment of water *in situ*. The highest catchment of water during the rainy season occurs when the planting is done in the groove, at the base of the ridge (T4) and in the groove, without ridge (T1), in the depth of 0.10 m and 0.50 m respectively. The techniques of catchment of water *in situ* that conserve more water during the dry season are planted in the center of the basin (T5) and in the groove's background, barred between plants (T2) in the depth of 0.10 m and 0.50 m respectively.

**Keywords:** *Jatropha curcas*, planting techniques, soil moisture, semiarid.

## 1. INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), planta da família das euforbiáceas, é um arbusto com até 4 m de altura distribuído em regiões tropicais de todo o globo, inclusive no Brasil. Cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade. Muitas vezes é cultivado como cerca viva mas seu maior emprego está na medicina popular. As sementes fornecem de 50 a 52% de óleo, extraído com solventes ou 32 a 35%, em caso de extração por prensas (PEIXOTO, 1973).

Diante da preocupação atual com o efeito estufa, o aquecimento global e a escassez das reservas mundiais de combustível fóssil, o pinhão-manso tem despertado o interesse dos produtores, do governo e das instituições de pesquisa. Desta forma, com a possibilidade do uso do óleo de pinhão-manso para a produção de biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o aumento das áreas de plantio, com esta cultura, no semiárido nordestino (ARRUDA et al., 2004).

Segundo Silva et al. (1993) em função da grande variação das chuvas registradas nas unidades geoambientais, identificadas na região semiárida do Nordeste brasileiro, é de fundamental importância o preparo do solo com técnicas de captação de água de chuva *in situ*, visando assegurar os cultivos implantados em regime de sequeiro, principalmente para amenizar os efeitos do déficit hídrico ocorrido em anos de pouca precipitação pluviométrica.

Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia desta planta; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agronômicos ainda carecem de investigação como, por exemplo, a densidade ideal de plantas e a configuração de plantio (BELTRÃO, 2006). Entretanto, com a possibilidade do uso de óleo de pinhão-manso para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de plantio com esta cultura no semiárido nordestino.

As perspectivas favoráveis da implantação racional dessa cultura decorrem não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das vantagens anunciadas, mas sobretudo porque poderá ocupar solos pouco férteis e arenosos, de modo geral, inaptos à agricultura de subsistência proporcionando, desta maneira, uma nova opção econômica às regiões carentes do país, especialmente na agricultura familiar (MAKKAR et al., 1997).



O pinhão-manso deverá se inserir, sem dúvida, entre as mais promissoras fontes de grãos oleaginosos para fins de combustíveis. A facilidade de seu manejo agrícola e de colheita das sementes com relação a outras espécies, torna essa cultura bastante atrativa e recomendada especialmente, para um programa de produção de óleos vegetais.

Devido à demanda por novas fontes energéticas em todo o mundo, as prioridades estão voltadas para fontes energéticas renováveis, destacando-se, dentre outras, o pinhão-manso, como excelente alternativa diminuindo os impactos negativos de combustíveis originados do petróleo, sobre o meio ambiente (SILVA, 2009). É uma nova opção de geração de emprego e renda no meio rural e matéria-prima para a obtenção de produtos necessários ao desenvolvimento da indústria e da sociedade.

A literatura disponível relativa à cultura do pinhão-manso ainda é bastante escassa, pois passou a ser objeto de maior interesse nos últimos anos, haja vista a futura decadência do petróleo e pela possibilidade de serem usados óleos vegetais como combustíveis. Nesta pesquisa os estudos foram voltados para a avaliação do desenvolvimento da cultura do pinhão-manso, testando-se técnicas de plantio que contribuem para maior eficiência de captação de água de chuvas *in situ*.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar técnicas de plantio para captação *in situ* de água de chuva, sobre o crescimento e produção das plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).

### **2.2. Específicos**

- Avaliar o crescimento e o potencial produtivo da cultura de pinhão-manso no semiárido paraibano;
- Introduzir técnicas de plantio que contribuam para a maior eficiência de captação de água de chuvas, garantindo condições mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas;
- Determinar a umidade do solo com relação às técnicas de captação de água *in situ*;

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Origem e distribuição**

A origem do pinhão-manso ainda é bastante controversa. Entretanto, a maioria dos relatos e estudos cita a América do Sul e a América Central como prováveis centros de origem, sendo encontrado, de forma espontânea, em quase todas as regiões intertropicais, em maior escala nas regiões tropicais e, em número bastante reduzido, nas regiões temperadas (DUKE, 1983; HELLER, 1996; GUBITZ et al., 1999; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004).

É mais confiável considerar a América Central como origem tendo o México como o centro de origem; os índios que migraram da América do Norte para a América do Sul há mais de 10.000 anos, são considerados responsáveis por sua distribuição do México até a Argentina, incluindo o Brasil (HELLER, 1996; CEARÁ BIODIESEL, 2007).

Existem pesquisadores que consideram o Brasil como o país de origem, em virtude de navegantes portugueses terem levado suas sementes colhidas no Brasil para a África, Ásia e ilhas no Atlântico. Provavelmente foi introduzida pelos comerciantes portugueses no sudeste da África, Índia, Cabo Verde, Madagascar, Java, Malásia, Tailândia e Filipinas, sendo utilizada como planta ornamental e medicinal produtora de óleo (MUNCH & KIEFER, 1989; SUJATHA & DHINGRA, 1993) e, em alguns países, considerada planta daninha.

No Brasil, segundo Arruda et al. (2004) & Saturnino et al. (2005) sua distribuição geográfica é bastante vasta devido à sua rusticidade e resistência a longas estiagens, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde a região Nordeste e Sudeste, até o estado do Paraná.

#### **3.2. Botânica e fisiologia**

A família Euphorbiaceae compreende aproximadamente 8000 espécies, com cerca de 320 gêneros. O gênero *Jatropha* contém aproximadamente 160 espécies de plantas herbáceas e arbustivas, das quais apresentam valor medicinal, ornamental e outras produzem óleo, como é o caso da *Jatropha curcas* L. (NUNES, 2007).

O nome *Jatropha* deriva do grego *iatrós* (doutor) e *trophé* (comida), implicando as suas propriedades medicinais; *curcas* é o nome comum para o pinhão-manso em Malabar, Índia (MATOS, 2007).

O pinhão pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. Segundo Cortesão (1956), os portugueses distinguem duas variedades, a catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e a variedade árvore de coral, medicinal-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pelos glandulares que segregam látex límpido, amargo, viscoso e muito cáustico.

O pinhão-manso é um arbusto de porte elevado, cuja altura é de dois a três metros, podendo alcançar até cinco metros ou mais em condições especiais, com diâmetro do tronco em torno de 20 cm, em plantas adultas. Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nas quais circula o látex, suco leitoso, que escorre com abundância, mesmo em pequenos ferimentos. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em ramos compridos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (CORTESÃO, 1956; BRASIL, 1985).

As folhas do pinhão são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma, com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior; floração monoica, produzindo a planta os dois tipos de flores, sendo mais abundantes as masculinas, nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações, de cor amarelo-esverdeado (CORTESÃO, 1956; BRASIL, 1985).

O fruto é capsular ovoide, com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm; é trilocular, com uma semente em cada cavidade, sendo formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e, por fim, preto, quando atinge o estágio de maturação. 53 a 62% do peso do fruto são representados pelas sementes e 38 a 47% pela casca. A semente é relativamente grande medindo, quando seca, de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; o tegumento é rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Sob o invólucro da semente existe uma película branca, cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados. A semente de pinhão, com peso entre 0,551 e 0,797 g, pode ter, dependendo da variedade e dos tratos culturais, de 33,7 a 45,0% de casca e de 55 a 66% de amêndoa. Nas sementes, segundo a literatura, são

encontrados 7,2% de água, 37,5% de óleo e 55,3% de açúcar, amido, albuminoides e minerais (CORTESÃO, 1956; DUQUE, 1973; PEIXOTO, 1973; BRAGA, 1976; PURCINO & DRUMMOND, 1986; ARRUDA et al., 2004; HOLANDA, 2004).

De acordo com Beltrão & Cartaxo (2006), não se conhece quase nada da bioquímica e fisiologia desta planta e até alguns aspectos agronômicos devem ser mais bem investigados, pois tem elevada variabilidade natural e grande diversidade genética, com polinização preferencialmente entomófila podendo ter, possivelmente, elevada alogamia. O pinhão-manso tem floração descontínua, com frutos na mesma inflorescência de idades diferentes, o que é um grande entrave para seu cultivo econômico com vista à produção de biodiesel.

Quanto à fisiologia da planta, nada foi encontrado na literatura, tendo-se como base, dados obtidos através de pesquisas. É fato cientificamente conhecido e comprovado ser indispensável para a exploração comercial de qualquer cultura, o domínio da fisiologia da espécie sobretudo no tocante ao ciclo do CO<sub>2</sub>, abertura e fechamento estomático, transpiração, fotossíntese e fotorrespiração, dentre outros (TAIZ & ZEIGER, 2004).

### **3.3. Pinhão-manso e semiárido**

O semiárido brasileiro ocupa 67% da região Nordeste, com área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, estendendo-se do estado do Piauí ao Norte de Minas Gerais, perfazendo 1.133 municípios, com uma população de aproximadamente 21 milhões de pessoas, dos quais 9 milhões residem na área rural; os conhecimentos acumulados sobre o clima permitem concluir não ser a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca a qual atinge, periodicamente, a população da região (SOUZA FILHO, 2011).

O pinhão-manso é adaptável a uma ampla faixa climática, temperaturas entre 18 a 28,5 °C, altitudes do nível do mar a cerca de 1000 metros e precipitação média de 480 a 2380 mm (BELTRÃO & CARTAXO, 2006). É considerada cultura rústica, adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, que sobrevive bem em condições de solos marginais de baixa fertilidade natural (ARRUDA et al., 2004). No entanto, para se obter alta produtividade de frutos a planta exige solos férteis e com boas condições físicas (LAVIOLA & DIAS, 2008).

É considerada opção agrícola para esta região, por se tratar de uma espécie nativa, exigente em insolação e resistente à seca. Com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-mansão para a produção do biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura, no semiárido nordestino.

### **3.4. Pinhão-mansão e biodiesel**

Com a crise do petróleo nos anos 70 do século passado, a conscientização do alto grau de poluição causada pelos combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral) vem aumentando. Com isto, o uso de óleos vegetais para fins combustíveis e os estudos sobre combustíveis alternativos aos derivados de petróleo se intensificaram, como uma das soluções imediatas frente a tal demanda, sendo o pinhão-mansão considerado uma das mais promissoras fontes (SATURNINO et al., 2005).

O Brasil consome, por ano, 26 bilhões de litros de óleo diesel mineral, sendo importados 30% desse volume, ou seja, 7,8 bilhões de litros por ano custando divisas em dólares que saem do país (BELTRÃO et al., 2004). Com a crescente demanda mundial de energia pesquisadores acreditam que, daqui a 40 anos, as reservas de petróleo, principal fonte de energia, estarão esgotadas. Para contornar esta situação a alternativa mais viável, do ponto de vista técnico e econômico, é o biodiesel (PARENTE, 2003); esta fonte alternativa de energia se insere em um ciclo ecologicamente correto e pode ser usado puro ou misturado ao diesel mineral do petróleo, em qualquer proporção, sem a necessidade de modificações dos atuais motores a diesel fabricados no Brasil. Apenas 5% de biodiesel na mistura já acarretariam uma diminuição de mais de 13% na poluição da atmosfera (BELTRÃO, 2005).

O Governo Federal do Brasil lançou, em dezembro de 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) que estabeleceu, pela Lei nº 11.097/2005, que a partir de janeiro de 2008 era obrigatória, em todo o território nacional, a mistura B2, ou seja, 2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo devendo esta obrigatoriedade passar, em janeiro de 2013, para 5% (mistura B5). Este cenário pode aumentar a produção das oleaginosas vinculadas ao fornecimento de óleo para a cadeia produtiva do biodiesel e propiciar o avanço nas pesquisas com oleaginosas como fonte energética (GOMES, 2007).

De acordo com Dange et al. (2006) & Sharma (2006) as vantagens especiais de *Jatropha* como matéria-prima para a produção de biodiesel, são:

- Fonte de energia renovável;
- Promove o balanço de dióxido de carbono do ambiente;
- Emite menos poluentes que os combustíveis fósseis;
- É simples a tecnologia de produção de combustível (processo de extração e de transesterificação);
- Possui conteúdo elevado do óleo nas sementes comparativamente a outras espécies com potencial para biodiesel;
- Sobrevive a várias condições de tempo devido à dormência de suas sementes;
- Pode desenvolver-se em regiões semiáridas e áridas;
- Tem um curto período para o início da produção;
- É uma planta perene, com espaçamento que possibilita o consórcio com outras plantas;
- Pode ser plantado como cerca viva em torno das plantações, com o benefício duplo de proteção e de otimização de renda;
- Auxilia o solo a reter a umidade e melhora as condições ambientais em ambiente estéril;
- Possui múltiplos usos: os resíduos da produção do biodiesel podem ser usados como fertilizantes orgânicos e os restos dos frutos, depois da remoção das sementes, podem substituir a lenha como combustível para cozinhar preservando, deste modo, as árvores. Além disso, o óleo residual da torta, quando diluído em água, pode constituir-se em um biopesticida para pomares e jardins.

Segundo Holanda (2004) através de estudos desenvolvidos pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário, Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Integração Nacional e Cidades, foram constatados que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo com renda média anual de aproximadamente R\$ 4.900,00 por emprego; admitindo-se que para um emprego gerado no campo são gerados três empregos na cidade seriam criados, então, 180 mil empregos. Numa hipótese otimista de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seria gerado mais de 1 milhão de empregos.

### 3.5. Potencialidades da cultura

Um dos determinantes econômicos de *Jatropha curcas* é sua eficiência como fonte de biodiesel, pela extração do óleo das sementes (38%) aliado à sua característica de queimar sem liberar fumaça, fazendo dele um dos mais importantes bicompostíveis de origem tropical.

O pinhão-mansão também pode ser utilizado para outros fins, tais como: em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras como a baunilha (*Vanilla aromatica*) visto que o tronco possui casca lisa e macia, além de atuar como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

O óleo não pode ser utilizado como lubrificante devido à sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios; no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que esse óleo pode ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com potência quase igual à conseguida com a gasolina. Contudo, o consumo é evidentemente maior, devido à diferença dos poderes caloríficos (CORTESÃO, 1956).

Na medicina doméstica aplica-se o látex da planta como cicatrizante, hemostático e, também, como purgante. As raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficazes, também contra o reumatismo e possuem poder antissifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos, quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. A ingestão de uma única semente fresca pode causar tanto vômito quanto diarreia (PEIXOTO, 1973).

### 3.6. Captação de água de chuva *in situ*

No semiárido do Nordeste brasileiro as características edafoclimáticas e hidrológicas são semelhantes às de outras regiões semiáridas quentes do mundo apresentando, de forma constante, longos períodos de secas, intercalados com cheias nos rios temporários e precipitação numa amplitude que varia de 250 a 800 mm anuais. Todavia, essas características têm sido fator limitante ao desenvolvimento pleno da agricultura familiar na região (ANJOS, 2000).

Os solos predominantes na região são de origem cristalina, normalmente planos, silicosos e pedregosos com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria

orgânica o que, associado às altas intensidade das precipitações pluviais, tem causado perdas de água por escoamento e grande erosão hídrica, segundo dados levantados por (ANJOS, 2000).

Outro fator de grande influência é o sistema tradicional de cultivo que predomina na região semiárida consistindo, basicamente, na semeadura em covas em solos planos, sem qualquer técnica de conservação do solo e de captação da água das chuvas (ANJOS & BRITO, 1999).

A agricultura de sequeiro é a principal atividade agrícola na região semiárida brasileira, apesar do alto risco causado pela irregularidade na distribuição da chuva no espaço e no tempo, que faz reduzir a produtividade dos cultivos chegando, muitas vezes, a causar perdas totais. As pesquisas têm demonstrado que para reter a água de chuva no solo sem que esta se perca por escoamento superficial, mediante as técnicas de captação de água de chuva *in situ*, são muito importantes (SMITH, 1978; DURET et al., 1985; SILVA et al., 1989)

A captação *in situ* consiste em modificar a superfície natural do terreno de modo a formar um ou mais planos inclinados que induzam à formação do escoamento superficial e o conduza diretamente para a área na qual se encontra o sistema radicular da planta. Em outras palavras, a captação de água de chuva *in situ* consiste em formas diferentes de preparo de solo, como sulcos, camalhões ou formação de pequenas bacias ou faixas escavadas ao redor da planta, esses últimos mais utilizados para plantio de árvores ou arbustos. Na implantação de um sistema de captação *in situ* a definição do método vai depender de fatores que vão desde o tamanho da área a ser cultivada, tipo de cultivo, topografia, condições pluviométricas, disponibilidade de equipamento, mão-de-obra disponível e, principalmente, capacidade de armazenamento de água no perfil de solo. De nada adiantará provocar a produção de um excedente de escoamento superficial se o perfil do solo não tiver condições de infiltrá-lo e mantê-lo no interior do solo. Portanto, o objetivo da captação *in situ* consiste em produzir e armazenar, no solo, a maior parte da chuva que cai proporcionando às plantas um período mais longo de umidade disponível em seu sistema radicular. No semiárido brasileiro a prática da agricultura tradicional resultou em desgaste contínuo do solo, provocando redução da matéria orgânica do solo desestabilização de agregados e, sobretudo, degradação da estrutura do solo, com reflexos na redução da taxa de infiltração de água. O resultado dessas alterações se manifesta em processos de erosão, com perdas de solo, reduzindo a



profundidade do seu perfil e, em contrapartida, também a capacidade de armazenamento de umidade (PORTO et al., 2011).

Portanto, técnicas de preparo do solo, como a captação *in situ*, são recomendáveis pois, além de aumentar a disponibilidade de água para as plantas, conservam o solo e os fertilizantes no próprio local de plantio (SILVA & PORTO, 1982; ANJOS et al., 2000).

Visando reduzir ainda mais os riscos de exploração agrícola no semiárido brasileiro, os métodos de captação de água de chuva *in situ* podem ser associados a culturas com características mais adaptadas às condições climáticas, como, por exemplo, culturas com ciclo produtivo precoce e resistentes à seca, como é o caso do pinhão-manso.

### **3.7. TDR e umidade do solo**

A água é extremamente importante na produção vegetal, visto que seu manejo racional é decisivo para o desenvolvimento das plantas, evitando sua falta ou excesso. Desta maneira, o conhecimento da dinâmica da distribuição água no solo é cada vez mais necessário, por estar intimamente ligada às propriedades do sistema solo-água-planta. O domínio desse conhecimento é, certamente, indispensável ao sucesso de uma agricultura sustentável (SOUZA & MATSURA, 2002).

Monitorar com precisão o conteúdo de água no solo, sobretudo em áreas do semiárido, constitui-se numa ação de extrema importância para a sustentabilidade da atividade agrícola. O método ideal para esta quantificação deve envolver uma propriedade física do solo ou uma característica altamente correlacionada ao seu teor de água, que permita uma determinação sem alteração das suas características físicas originais (SILVA & GERVÁSIO, 1999).

Para estimativas precisas de umidade e condutividade elétrica do solo em laboratório e em campo, tem sido utilizada a técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), a qual recomenda o ajuste de uma curva de calibração para cada tipo de solo, um inconveniente que, normalmente, é aceitável, devido às vantagens que apresenta em relação a outras técnicas (SOUZA & MATSURA, 2002).

As vantagens inerentes à técnica de TDR, como precisão, método não destrutivo, não utilização de radiação ionizante, possibilidade de automação e acoplamento de

dispositivos multiplicadores de leituras, são justificativas importantes para a adoção cada vez maior desta técnica em substituição a outros métodos (COELHO & OR, 1996).

O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão, é característica específica de cada solo e resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores. Este depende do teor e da mineralogia da fração argila, do teor de matéria orgânica, das diferenças da microestrutura com elas relacionadas (GROHMANN & MEDINA, 1962; REICHARDT, 1988) e da compactação do solo (SILVA et al., 1986).

Maior retenção de água em todas as tensões, foi verificada em solos de textura mais fina, por Kiehl (1979), Silva et al. (1986), Brady (1989), Carvalho et al. (1999) e Dias Junior & Estanislau (1999) em sistemas com maior teor de matéria orgânica, por Vieira (1981), Sidiras et al. (1984) e Carvalho et al. (1999);

Desta forma, quantificar com precisão o conteúdo de água no solo, principalmente em áreas do semiárido onde a escassez deste insumo se torna fator limitante para o potencial produtivo das culturas, constitui-se numa ação muito importante para a sustentabilidade da atividade agrícola.

Em referência à umidade do solo em função de técnicas de captação de água *in situ*, nada foi encontrado na literatura nem em pesquisas relacionadas ao assunto. Portanto, esta pesquisa é inédita relacionando as técnicas de captação de água com umidade do solo.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. O experimento**

Visando se ter elementos para configuração de um sistema de produção do pinhão-mansão na região semiárida foi instalado e conduzido este, constando de técnicas de plantio para captação de água da chuva *in situ*.

### **4.2. Localização da área experimental**

O experimento foi desenvolvido nas instalações da Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, localizada no município de Campina Grande, PB, correspondente à região fisiográfica Cariris Velhos (entre municípios de Campina Grande e Boa Vista) do Estado da Paraíba, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 27' S, longitude 35° 95' W e altitude média 550 m.

### 4.3. Formação de mudas e transplantio

As mudas foram formadas em sacos de polietileno (30 x 15 cm) na Estação Experimental do Instituto Nacional de Semiárido - INSA, a partir de sementes cedidas pelo Instituto Fazenda Tamanduá, localizada no município de Santa Teresinha, PB, em pleno sertão paraibano, atualmente detentora de plantios de pinhão-manso. A semeadura foi realizada após seleção e eliminação de sementes defeituosas ou com danos mecânicos.

As sementes foram semeadas nos sacos preenchidos com substrato orgânico esterilizado e terra vegetal, aproximadamente a 2 cm de profundidade; a umidade foi mantida em capacidade de campo para possibilitar a seleção das plantas mais vigorosas por ocasião do transplantio.

O transplantio das mudas foi realizado em junho de 2009, período em que as chuvas se iniciam na região. O plantio foi em covas com as dimensões 40 x 40 cm de abertura e 50 cm de profundidade.

Tabela 1. Características químicas do solo. Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Campina Grande, PB, 2012

Cálcio (meq/100g de solo)	2,26
Magnésio (meq/100g de solo)	2,73
Sódio (meq/100g de solo)	0,07
Potássio (meq/100g de solo)	0,24
Soma de bases (meq/100g de solo)	5,30
Hidrogênio (meq/100g de solo)	2,88
Alumínio (meq/100g de solo)	0,60
CTC a pH 7,0 (meq/100g de solo)	8,78
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausente
Carbono Orgânico %	1,00
Matéria Orgânica %	1,72
Nitrogênio %	0,10
Fósforo Assimilável mg /100g	0,38
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	4,70
Cond. Elétrica	0,13
mmhos/cm(Suspensão Solo-Água)	

### 4.4. Tratamentos e delineamento estatístico

As estruturas de preparo de solo constaram de sulcos, camalhões e bacias, em nível, com 25 cm de profundidade ou de altura; a bacia foi formada puxando-se o solo

de dentro e de fora da bacia, formando um camalhão circular. Os sulcos, fechados no seu final, e os camalhões funcionaram como áreas de captação e foram construídos obedecendo as curvas de nível do terreno. Foi comum a todos os tratamentos a incorporação de 3 litros de esterco de gado bovino por cova, uma forma de aumentar a capacidade de retenção de umidade. O espaçamento foi de 3 x 2 m, uma planta por cova.

Os tratamentos foram os seguintes:

1- plantio na linha dos sulcos em nível, abertos, situando-se a muda dentro do sulco - Volume estimado de captação de água por planta: 0,20 m<sup>3</sup> ;

2- plantio na linha dos sulcos em nível, barrados entre uma planta e outra a 40 cm da planta, situando-se a muda dentro do sulco - Volume estimado de captação de água por planta: 0,18 m<sup>3</sup>;

3- plantio na linha dos sulcos em camalhões em nível, plantando-se as mudas no camalhão - Volume estimado de captação de água por planta: 0,20 m<sup>3</sup>;

4- plantio na linha dos sulcos em camalhões em nível, plantando-se as mudas dentro do sulco, na base do camalhão - Volume estimado de captação de água por planta: 0,20 m<sup>3</sup>;

5- formação de bacias de 1 metro de diâmetro com o plantio da muda no centro - Volume estimado de captação de água por planta: 0,19 m<sup>3</sup>;

6- testemunha, sem estrutura especial para captação de água.

O experimento foi distribuído em blocos casualizados, com 5 tratamentos de preparo de solo, mais uma testemunha sem técnica de preparação: T1, T2, T3, T4, T5 e T6 (testemunha), com 3 repetições. A parcela foi constituída de 4 filas de 5 plantas, no espaçamento de 3 x 2 m, uma planta por cova, considerando-se como úteis as 2 fileiras centrais, cada uma com 3 plantas úteis, tendo como bordaduras as duas plantas das extremidades da fileira. Portanto, foram 6 plantas úteis por parcela.

Em cada parcela do experimento foi introduzido no solo um tubo de acesso, para leitura da umidade do solo com o auxílio de TDR.

#### **4.5. Variáveis de Crescimento**

##### **4.5.1. Altura de Planta (AP), Diâmetro Caulinar (DC), Número de Folhas (NFI) e Área Foliar (AF)**

Fez-se, por ocasião da aplicação dos tratamentos a avaliação da altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar a cada 60 dias. A altura da planta (AP) foi medida (cm) entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal da haste principal, com o auxílio de fita métrica; o diâmetro foi avaliado com paquímetro digital, cujas leituras (mm) foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 5 cm do solo.

Na determinação do número de folhas por planta e na estimativa da 'AF', consideraram-se apenas folhas completamente abertas, com pelo menos 3 cm de comprimento (nervura principal). A 'AF' individual foi estimada com base na Eq. 1, descrita a seguir, proposta por Severino et al. (2006):

$$AF = 0,89P^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

*AF* : Área foliar (m<sup>2</sup>)

*P*: Comprimento da nervura principal (m).

#### 4.6. Variáveis Fisiológicas

##### 4.6.1. Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo em Altura de Plantas e Diâmetro Caulinar

A partir dos resultados das variáveis de crescimento altura de plantas e diâmetro caulinar, determinaram-se as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura de plantas e em diâmetro caulinar, Equações 2 e 3, de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2000).

$$TCA = \frac{M2 - M1}{T2 - T1} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$TCR = \frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - T1} \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

*TCA*: Taxa de crescimento absoluto;

*TCR*: Taxa de crescimento relativo;

*M2*: Medição final da altura ou diâmetro;

*MI*: Medição inicial da altura ou diâmetro;

*T2-T1*: Intervalo de tempo;

*ln*: Logarítmo neperiano.

#### **4.7. Variáveis de produção**

##### **4.7.1. Número de Cachos (NC), Número de Frutos (NF), Número de Sementes (NS) e Peso de Sementes (PS).**

O número de cachos de cada planta foi determinado mediante a contagem de cada cacho na planta a cada 60 dias; sendo assim, no final da produção de cada ano (2010-2011) obteve-se o número de cachos por planta

A colheita dos frutos foi feita semanalmente devido à heterogeneidade da maturação apresentada pela espécie. A coleta foi realizada quando os frutos estavam totalmente maduros.

Os frutos de cada planta eram coletados, contados e separadas as casca das sementes, posteriormente colocadas para secar ao sol. A contagem dos frutos e das sementes foi feita a cada 60 dias, no final da produção de cada ano (2010-2011) obtendo-se o número médio de frutos e de sementes por tratamento.

Após o processo de secagem foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,01g), separadamente casca e semente e obtido o peso médio das sementes.

#### **4.8. Conteúdo de umidade do solo**

Em todos os tratamentos, foi determinada, semanalmente, nos períodos chuvosos (abril a julho) e secos (outubro a janeiro), a umidade de água do solo com auxílio de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), modelo Delta-T Devices. HH2 Data Recorder PC 2.5, com leituras de umidade do solo a 10 e 50 cm de profundidade.

#### **4.9. Análises estatísticas**

Transcorrido o período experimental os dados foram tabulados e submetidos a análises de variância, de médias e teste "F", utilizando-se do programa SISVAR, conforme metodologia de Ferreira (2000). Na análise da variável número de folhas os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$ .

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Variáveis de Crescimento**

#### **5.1.1. Por Avaliação**

Em sequência serão analisadas as variáveis de crescimento, em cada avaliação, durante o período de estudo.

##### **5.1.1.1. Altura de Plantas (AP)**

Não ocorreu efeito significativo das técnicas de captação de água *in situ* na altura de plantas (AP), em todos os períodos estudados. Entretanto, com base nas informações contidas na Tabela 2 observa-se que todas as técnicas de captação de água resultaram em incrementos na altura de plantas da espécie *Jatropha*, e que o coeficiente de variação foi, em todos os períodos avaliados, baixos, em se tratando de um experimento de campo e, portanto, um indicativo de boa precisão experimental.

Analisando o comportamento dessa variável ao longo dos períodos estudados (Figura 1) pode-se constatar que o tratamento em que não foi usada nenhuma técnica de captação (T6) foi o mais prejudicado, pelo fato de não aumentar a captação superficial de água no perfil do solo, enquanto o tratamento que mais se destacou foi a técnica de plantio em sulcos abertos entre uma planta e outra (T1).

Verifica-se também que no início do período chuvoso de ambos os anos, ocorreram aumentos significativos na altura das plantas em comparação aos outros períodos avaliados, em todos os tratamentos constatando-se, assim, que a altura das plantas de pinhão-manso é mais afetada em períodos de seca. Para Hsiao (1973) muitos processos fisiológicos das plantas são afetados pelo déficit hídrico e, como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e a expansão de todas as células impedindo, deste modo, o crescimento vegetativo das plantas. Pires et al. (2001) relataram que a falta ou o excesso de água afeta o crescimento vegetativo das plantas.

Ainda analisando os dados contidos na Tabela 2 observa-se que, ao final do período experimental, em outubro/11, havia plantas com altura média de 1,25 (T6) a 1,41 (T1) metros. Tais resultados corroboram a informação contida em Ratre (2004), que, avaliando o crescimento do pinhão-manso na Tailândia, observou plantas com altura média entre 83 e 110 cm, aos 14 meses de idade.

### 5.1.1.2. Diâmetro Caulinar (DC)

As técnicas de captação de água *in situ* não promoveram efeitos significativos na variável de crescimento diâmetro caulinar em todos os períodos estudados, (Tabela 3). Semelhante à variável altura de plantas, o diâmetro caulinar aumentou significativamente em todos os tratamentos nas quais foram utilizadas as técnicas de captação de água.

Considerando o comportamento dessa variável ao longo dos períodos avaliados (Figura 2) pode-se constatar que o tratamento em que não foi usado nenhuma técnica de captação (T6) foi o mais prejudicado, similar ao que ocorreu na altura de plantas; em diâmetro do caule o tratamento que mais se destacou foi a técnica de plantio em camalhões, com as plantas no camalhão (T3).

Conforme ocorreu na variável altura de plantas observa-se, através dos resultados da Tabela 3, que os maiores acréscimos no diâmetro caulinar ocorreram no início dos períodos chuvosos de ambos os anos analisados. Constata-se novamente que as plantas de pinhão-manso são mais sensíveis em períodos de seca, como decorrência natural das condições hídricas desfavoráveis para divisão e alongamento celular afetando, possivelmente, o câmbio caulinar (RAVEN et al., 2001; TAIZ & ZEIGER, 2004).

O crescimento do caule das plantas em diâmetro ocorreu de forma contínua ao longo de todas as avaliações, conforme o tipo de tratamento estabelecido. Os valores de diâmetro caulinar médio das plantas obtido nas 10 (dez) avaliações, foram 16,33, 15,73, 17,98, 16,09, 16,26 e 13,57 mm, respectivamente, para as técnicas de captação de água T1, T2, T3, T4, T5 e T6. Tais informações denotam a importância do cultivo do pinhão-manso em condições favoráveis de umidade do solo.



Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (AP) do pinhão-mansó em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios									
		Abril/2010	Junho/2010	Agosto/2010	Outubro/2010	Dezembro/2010	Fevereiro/2011	Abril/2011	Junho/2011	Agosto/2011	Outubro/2011
Tratamentos	5	175,4732 <sup>ns</sup>	173,3532 <sup>ns</sup>	171,1095 <sup>ns</sup>	145,8559 <sup>ns</sup>	148,6216 <sup>ns</sup>	147,6688 <sup>ns</sup>	118,7105 <sup>ns</sup>	129,5904 <sup>ns</sup>	126,6902 <sup>ns</sup>	124,2364 <sup>ns</sup>
Blocos	2	241,4471	111,1645	69,2244	54,5737	77,9835	82,1728	77,0968	38,5432	36,9589	38,0877
Resíduo	10	153,1107	106,2975	91,6588	87,8405	86,8368	85,0950	90,2933	115,5318	111,3719	112,2744
CV (%)		11,13	8,75	7,73	7,41	7,28	7,16	7,30	8,00	7,80	7,81
Tratamentos		Médias (cm)									
T1		114,8889	123,0000	128,2778	132,0000	133,1666	134,1111	135,2222	140,1666	141,2500	141,5833
T2		115,5555	125,0555	130,2777	130,8333	132,0000	132,8888	134,2222	137,8333	138,8888	139,2222
T3		108,2222	117,8333	119,5000	122,1111	123,3888	124,1666	125,3333	128,6666	129,7777	130,1667
T4		117,1111	128,1666	128,5555	130,3333	132,3333	132,8888	133,7777	137,3333	138,0000	138,3333
T5		114,5555	122,6666	125,7222	129,7777	131,3889	132,2222	133,0000	138,3333	139,1666	139,7222
T6		96,8888	106,6666	110,4444	114,2777	115,6111	116,5000	119,6111	123,7222	124,8055	125,3889

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste F

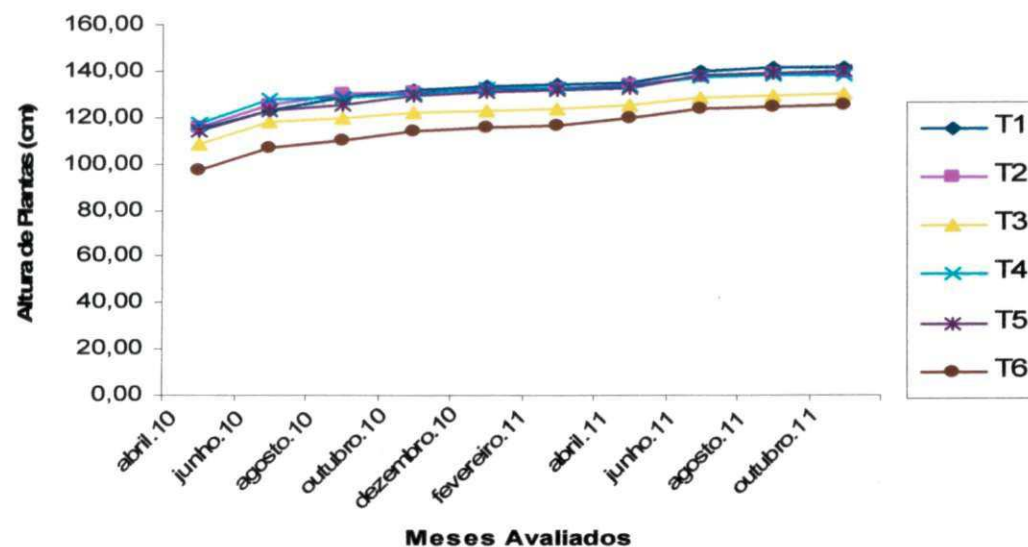


Figura 1. Evolução da altura de plantas do pinhão-mansó ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias de diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansô em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios									
		Abril/2010	Junho/2010	Agosto/2010	Outubro/2010	Dezembro/2010	Fevereiro/2011	Abril/2011	Junho/2011	Agosto/2011	Outubro/2011
Tratamentos	5	38,9983 <sup>ns</sup>	51,3118 <sup>ns</sup>	21,6301 <sup>ns</sup>	20,2571 <sup>ns</sup>	18,2207 <sup>ns</sup>	17,8547 <sup>ns</sup>	15,6794 <sup>ns</sup>	17,4454 <sup>ns</sup>	15,7927 <sup>ns</sup>	15,6939 <sup>ns</sup>
Blocos	2	26,4187	22,9515	5,9533	5,4137	7,6255	7,2304	7,0190	1,6165	1,1708	1,2730
Resíduo	10	50,9291	44,7290	25,2535	26,5420	25,6980	26,7878	24,9767	23,5707	23,8925	23,2749
CV (%)		15,01	12,75	8,62	8,71	8,49	8,56	8,17	7,65	7,62	7,50
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias (mm)</b>									
T1		50,7489	55,6228	59,6300	60,0050	60,6094	61,0233	61,6967	64,3578	64,8944	65,0572
T2		47,7777	52,5744	58,1627	59,2844	59,6189	59,9389	60,4983	63,2350	64,3205	64,6266
T3		49,3149	53,8233	61,7750	62,6861	63,1566	63,7255	64,1639	66,3372	66,8611	66,9500
T4		48,3639	53,3000	58,1350	59,1055	59,6322	60,2666	61,0266	63,3300	63,9755	64,2900
T5		48,6533	55,0166	58,4520	59,0283	59,8960	61,5230	62,1794	64,4683	64,7333	64,9272
T6		40,4989	44,3111	53,5950	54,6226	55,5105	56,2961	57,2446	59,1116	59,9044	60,0500

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste F

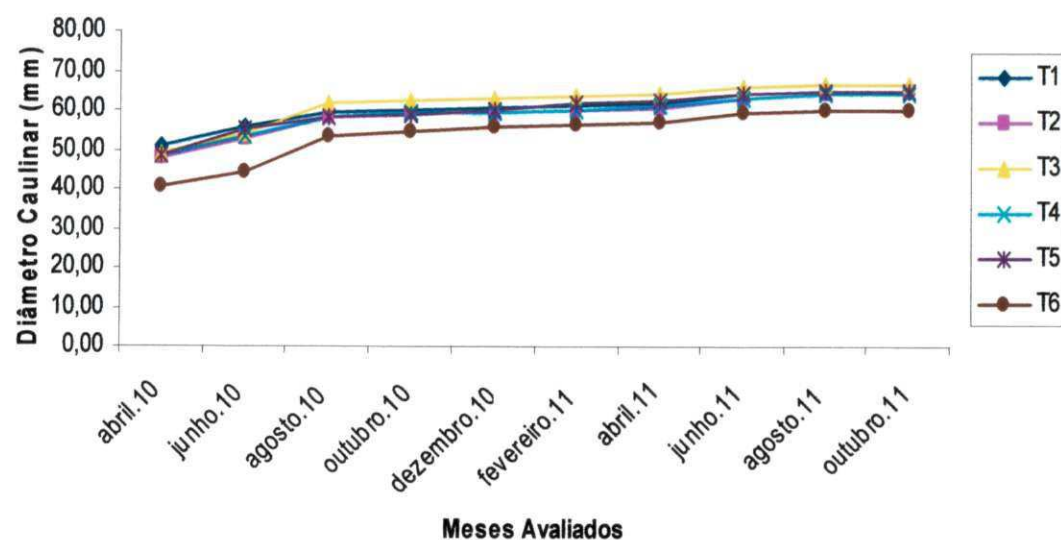


Figura 2. Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-mansô ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

### 5.1.1.3. Número de Folhas (NFI)

O resumo da análise de variância desta variável ao longo do tempo, está na Tabela 4. Observa-se que as técnicas de captação de água *in situ* não exerceram efeitos significativos no número de folhas.

Analisando o comportamento dessa variável ao longo dos períodos avaliados (Figura 3), constatou-se que o tratamento sem técnica de preparação do solo para captação superficial da água (T6), foi o que resultou em menor número de folhas, similar ao que ocorreu na altura de plantas e diâmetro caulinar; conforme o que ocorreu no diâmetro caulinar, o tratamento que mais se destacou foi, também, a técnica de plantio em camalhões (T3).

Segundo Bernal (2007) que avaliou técnicas de captação de água de chuva na região semiárida do Vale do Jequitinhonha, MG, o plantio em camalhões em nível proporcionou uma retenção melhor da umidade ao longo do tempo, o que se refletiu em um melhor desenvolvimento das plantas e no número das folhas.

Semelhante ao que ocorreu nas variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar observa-se, através dos resultados da Tabela 4, que os maiores acréscimos no número de folhas ocorreram nos períodos chuvosos de ambos os anos estudados; nos períodos de seca o número de folhas diminuiu significativamente; portanto, o teor de umidade do solo influenciou na variável de crescimento número de folhas de pinhão-manso.

Comparando os resultados encontrados para a altura de plantas e para o diâmetro caulinar, o número de folhas foi, conseqüentemente, o mais afetado, confirmando que o impacto negativo da diminuição do teor de água sobre a altura e o diâmetro do caule foi diminuindo com a fenologia da planta.

Conforme Taiz & Zeiger (2004) a expansão ou alongamento celular, é um processo que depende do turgor; portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho mas também o número de folhas. Ainda segundo esses autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa para reduzir a perda de água por transpiração, refletindo-se no aumento da eficiência de uso de água pela planta.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias de número de folhas (NFI) do pinhão-mansó em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios									
		Abril/2010 <sup>a</sup>	Junho/2010 <sup>a</sup>	Agosto/2010 <sup>a</sup>	Outubro/2010 <sup>a</sup>	Dezembro/2010 <sup>a</sup>	Fevereiro/2011 <sup>a</sup>	Abril/2011 <sup>a</sup>	Junho/2011 <sup>a</sup>	Agosto/2011 <sup>a</sup>	Outubro/2011 <sup>a</sup>
Tratamentos	5	6,5543 <sup>ns</sup>	7,2975 <sup>ns</sup>	8,9168 <sup>ns</sup>	9,7787 <sup>ns</sup>	3,8115 <sup>ns</sup>	1,8417 <sup>ns</sup>	5,0585 <sup>ns</sup>	6,5832 <sup>ns</sup>	8,8963 <sup>ns</sup>	9,2588 <sup>ns</sup>
Blocos	2	1,4319	2,0331	3,7484	2,1883	1,5175	0,7189	1,1172	1,1342	0,7935	1,2227
Residuo	10	5,8472	11,0218	3,7484	11,3117	2,8818	0,8635	3,2978	6,2680	7,0862	7,3410
CV (%)		15,83	19,01	19,95	18,17	14,05	8,53	12,28	14,68	14,95	15,15
Tratamentos		Médias									
T1		15,4228 (246,2222)	17,3564 (320,8889)	19,1503 (395,0000)	19,8676 (415,5555)	13,0588 (177,6666)	11,5806 (135,5555)	14,8740 (227,3332)	16,3600 (277,8889)	17,7174 (326,2222)	17,9373 (334,7777)
T2		14,7106 (218,2222)	16,9396 (288,3333)	17,7776 (318,0000)	18,0974 (329,3333)	11,8435 (140,1111)	11,3635 (128,8889)	14,1426 (200,8888)	16,8279 (284,6666)	17,8344 (319,3333)	17,8587 (320,3333)
T3		17,1994 (296,2222)	19,9065 (402,0000)	20,5868 (430,8889)	20,7301 (437,0000)	13,4280 (180,1111)	11,6050 (134,3333)	16,6069 (275,5555)	19,2227 (371,6667)	20,2756 (414,8889)	20,3375 (417,3333)
T4		15,8547 (252,1111)	17,5630 (310,0000)	17,9430 (323,2222)	18,0982 (328,6666)	11,8021 (139,1111)	10,7517 (115,6666)	15,3451 (235,6666)	17,6137 (311,6667)	17,9580 (323,1111)	18,0293 (325,8889)
T5		15,6869 (252,5555)	17,9345 (328,4444)	18,5990 (350,6666)	18,7572 (356,5555)	12,1238 (148,4444)	10,5137 (110,4444)	15,0743 (228,5555)	17,5207 (310,4444)	18,2020 (334,5555)	18,2859 (337,6666)
T6		12,7502 (162,2222)	15,0809 (227,4444)	15,3949 (237,3333)	15,4892 (240,3333)	10,2246 (104,1111)	9,5873 (91,4444)	12,7129 (162,1111)	14,7725 (218,1111)	14,8836 (221,4444)	14,8466 (220,4444)

<sup>a</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , entre parênteses estão os dados originais. <sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste F

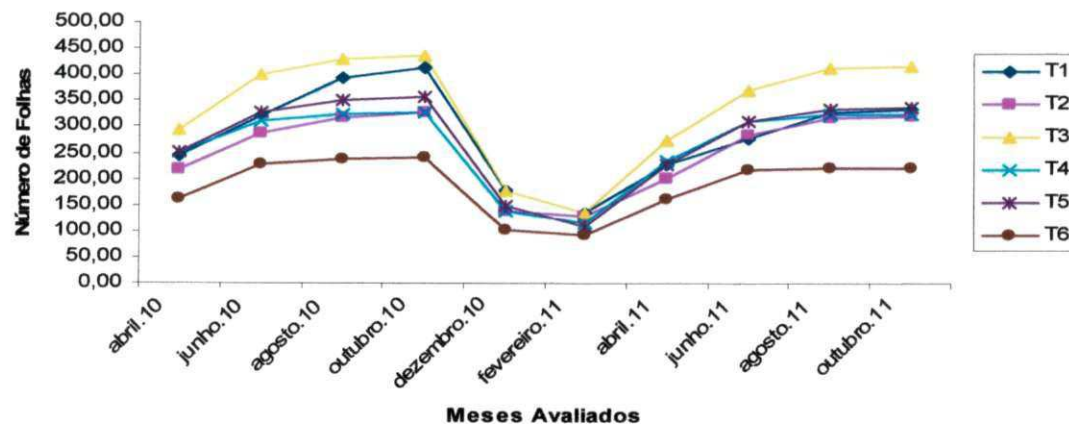


Figura 3. Evolução do número de folhas do pinhão-mansó ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

#### 5.1.1.4. Área Foliar (AF)

A determinação da área foliar é uma variável muito importante pois permite, ao pesquisador, avaliar melhor o efeito dos tratamentos aplicados, ao trabalhar com uma variável que se relaciona de modo mais direto com a intercepção da luz e a capacidade fotossintética.

Ao contrário do que foi observado para o crescimento das plantas em altura, diâmetro caulinar e número de folhas, as técnicas de captação de água *in situ* exerceram efeitos significativos sobre a área foliar das plantas, a nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, nas avaliações de fevereiro/11, abril/11, junho/11 e outubro/11 e em nível de 0,05 de probabilidade, na avaliação de agosto/11 e nas demais épocas de avaliação não se constataram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5).

Em geral, menores valores de área foliar foram registrados no tratamento com ausência de estrutura de captação de água (T6), não conseguindo, assim, armazenar água no perfil do solo por mais tempo. Taiz & Zeiger (2004) relatam que plantas submetidas a déficit hídrico desenvolvem folhas menores e mais espessas com o objetivo de minimizar a perda de água por transpiração. E o tratamento que mais se evidenciou no período final dos estudos, com maior área foliar, foi a técnica de plantio em bacias, com a planta no centro da bacia (T5), (Figura 4).

Para Bergamaschi (1999) a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secamento ou queda das folhas, uma tentativa da planta de reduzir a perda de água por transpiração, aumentando a eficiência do uso da água; todavia, isto resulta em queda da fotossíntese total que, por sua vez, reduz a taxa de crescimento e a produção da planta.

Os valores de área foliar médio das plantas, registrados nas 10 (dez) avaliações foram 0,080, 0,086, 0,081, 0,078, 0,085 e 0,074 m<sup>2</sup>, respectivamente, para as técnicas de captação de água T1, T2, T3, T4, T5 e T6. A redução da AF decorre da diminuição do volume das células e, de acordo com Lauchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), reduz a atividade fotossintética que, de certo modo, contribui para adaptação das culturas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e médias de área foliar (AF) do pinhão-mansó em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	G	Quadrados Médios									
		Abril/2010	Junho/201	Agosto/201	Outubro/201	Dezembro/201	Fevereiro/201	Abril/2011	Junho/201	Agosto/201	Outubro/201
Tratamento	5	0,000058 <sup>n</sup>	0,000050 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	0,000070 <sup>ns</sup>	0,000078 <sup>ns</sup>	0,000122 <sup>**</sup>	0,000220 <sup>*</sup>	0,000325 <sup>*</sup>	0,000092 <sup>*</sup>	0,000063 <sup>**</sup>
Blocos	2	0,000029	0,000010	0,000097	0,000041	0,000010	0,000026	0,000005	0,000007	0,000007	0,000003
Resíduo	10	0,000057	0,000057	0,000199	0,000113	0,000061	0,000020	0,000026	0,000014	0,000020	0,000009
CV (%)		11,30	10,09	15,89	12,33	9,67	6,52	7,48	4,43	4,64	3,18
Tratamento		Médias (m <sup>2</sup> )									
T1		0,0636	0,0717	0,06765	0,0856	0,0788	0,0686ab	0,0686a	0,0869a	0,0960ab	0,0943b
T2		0,0749	0,0802	0,07755	0,0891	0,0837	0,0762a	0,0762a	0,0937a	0,0992ab	0,0977ab
T3		0,0673	0,0760	0,07165	0,0828	0,0751	0,0677ab	0,0680a	0,0943a	0,0984ab	0,0948b
T4		0,0623	0,0686	0,06545	0,0917	0,0866	0,0688ab	0,0646ab	0,0741b	0,0930ab	0,0935b
T5		0,0661	0,0764	0,07125	0,0893	0,0843	0,0757a	0,0763a	0,0894a	0,1056a	0,1037a
T6		0,0681	0,0762	0,07215	0,0787	0,0745	0,0587b	0,0532b	0,0695b	0,0895b	0,0902b

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

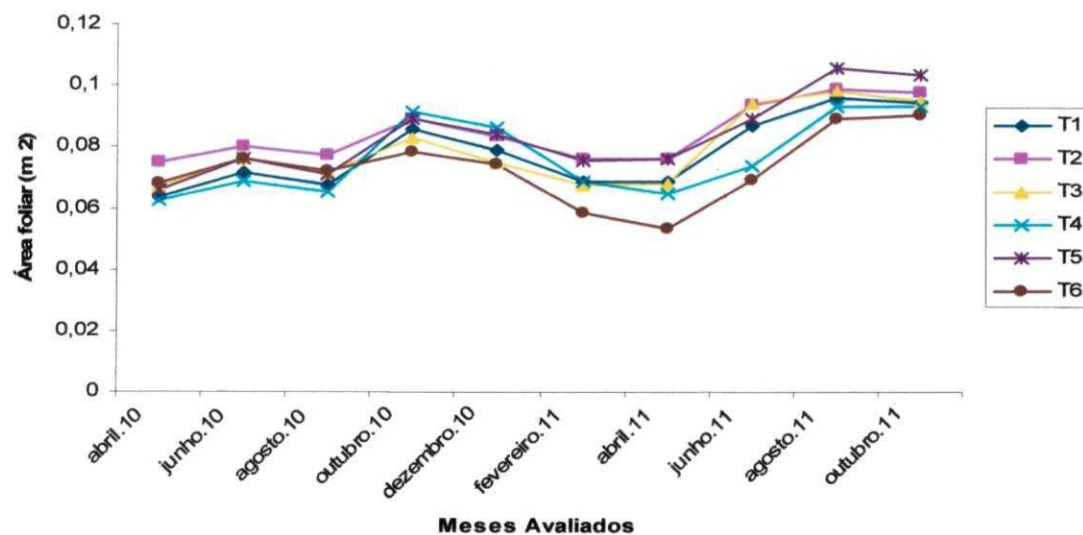


Figura 4. Evolução da área foliar do pinhão-mansó ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

### **5.1.2. Crescimento em função do tempo.**

Neste subitem serão apresentados e discutidos os dados das variáveis de crescimento ao longo do tempo de estudo.

#### **5.1.2.1. Altura de Plantas (AP)**

Observa-se, através da Tabela 6, que na variável altura de plantas ao longo do tempo estudado, as técnicas de captação de água *in situ* promoveram efeitos significativos ( $p < 0,01$ ) favorecendo o crescimento das plantas.

Os dados de AP nos tratamentos constando de plantio em sulcos abertos (T1), plantio em bacias (T5) e ausência de técnicas de captação (T6) se ajustaram ao modelo linear e quadrático, com significância variando entre  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , optando-se pelo linear, com base nos valores de  $R^2$  (Figura 5).

Com base nas equações contidas na Figura 5, os valores médios de altura das plantas, ao longo das 10 (dez) avaliações, foram 132,36, 130,65 e 115,39 cm, para os tratamentos T1, T5 e T6, respectivamente; assim, pode-se notar, ao final da pesquisa, um decréscimo maior que 12% entre os tratamentos T1 e T6.

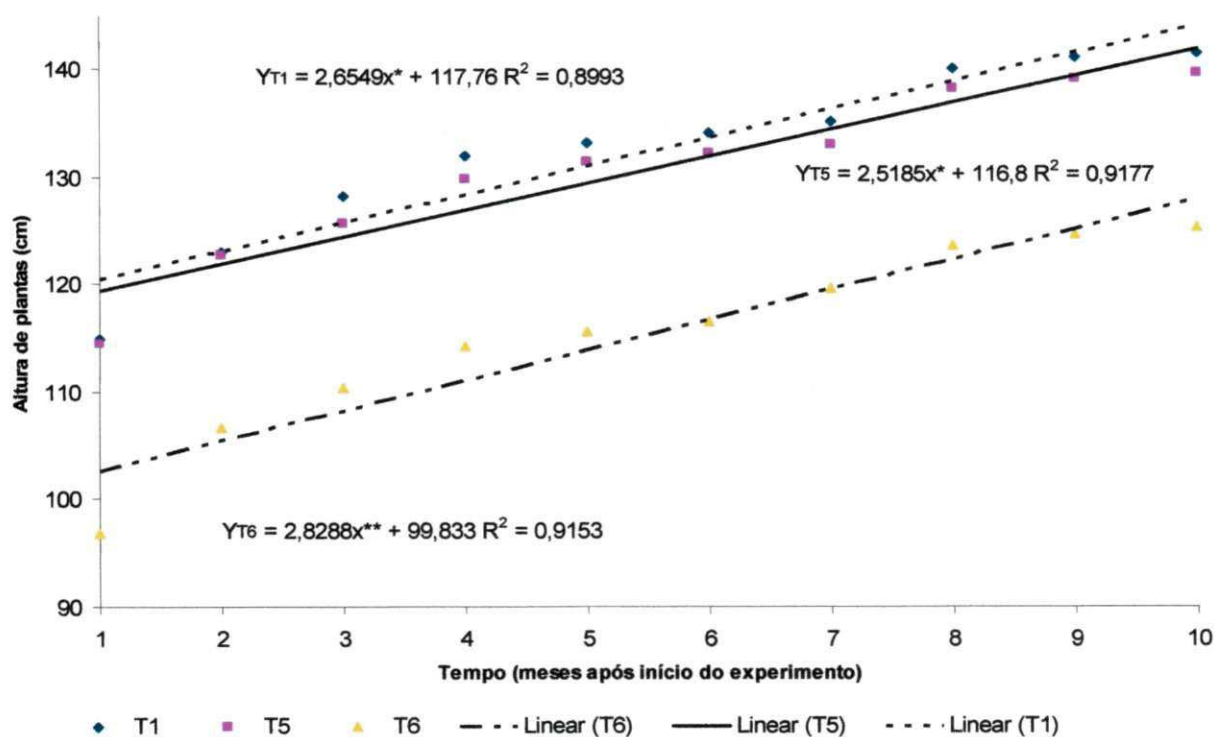
Segundo Santos (2008) em sua pesquisa sobre fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-manso em diferentes épocas do ano, no estado de Alagoas, aos seis meses de idade, o pinhão-manso tinha altura média de 30 cm e 23 mm de diâmetro caulinar e que, aos com 21 meses de idade, atingiu altura média de 147 cm e diâmetro caulinar de 80 mm, valores aproximados aos registrados neste trabalho.

Tabela 6. Resumo das análises de regressão da altura de planta (AP) do pinhão-mansão, em função de técnicas de captação de água *in situ* ao longo do tempo. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
<b>Altura de Plantas</b>		
<b>Tratamentos</b>	<b>5</b>	1417,1939**
<b>Tempo</b>	<b>9</b>	1026,2946**
Regressão Linear	1	8232,8666**
Regressão Quadrática	1	525,9054*
Regressão Cúbica	1	231,4585 <sup>ns</sup>
Regressão 4º grau	1	205,1554 <sup>ns</sup>
Desvio de Regressão	1	8,2532 <sup>ns</sup>
<b>Tempo x Tratamento</b>	<b>45</b>	4,9018 <sup>ns</sup>
<b>Blocos</b>	<b>2</b>	741,2629
<b>Resíduo</b>	<b>118</b>	89,9493
<b>CV(%)</b>		7,44
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias (cm)</b>
T1		132,3666a
T2		131,6777a
T3		122,9166b
T4		131,6833a
T5		130,6555a
T6		115,3916c

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

Figura 5. Valores médios da altura de plantas (AP) do pinhão-mansão ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012





### 5.1.2.2. Diâmetro Caulinar (DC)

Nota-se, através da Tabela 7, efeito significativo ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) das técnicas de captação de água *in situ* sobre o diâmetro de plantas, em todos os tratamentos; com a decomposição dos graus de liberdade do fator tratamento em componentes de regressão polinomial, verificou-se ter sido afetado o diâmetro caulinar pelas técnicas de captação de água, ao longo do experimento. Com base no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) optou-se pelo modelo linear apresentando-se as equações para os vários tratamentos, ao longo do período experimental, na Figura 6; ao longo do tempo destacou-se o cultivo das plantas em camalhão (T3), ao serem registrados valores mais altos de diâmetro do caule, chegando a alcançar de 66,95 mm.

À semelhança da variável altura de plantas, os menores valores de diâmetro caulinar foram observados no tratamento sem estrutura especial de captação (T6).

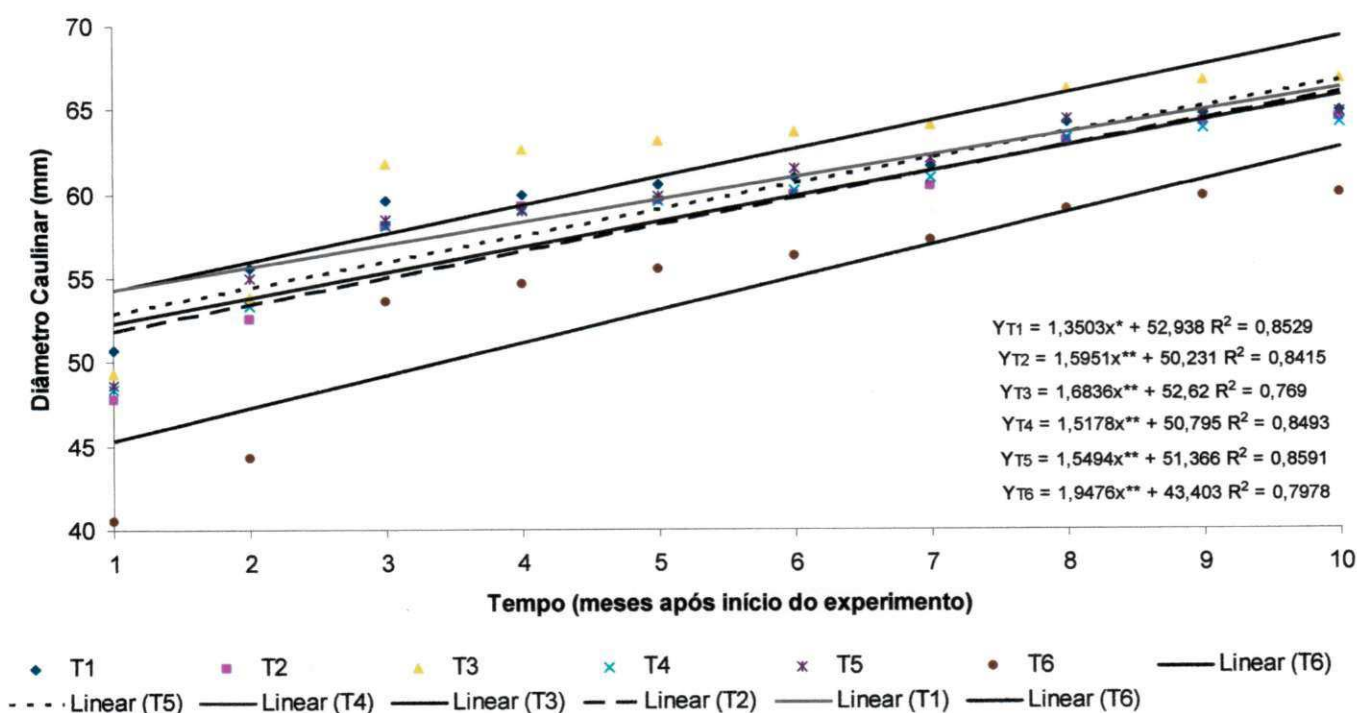
O crescimento do caule das plantas, em diâmetro, ocorreu de forma contínua ao longo de todo o estudo, conforme o tipo de tratamento testado. Os valores médios de diâmetro caulinar das plantas nas 10 (dez) avaliações, foram 60,36, 59,00, 61,87, 59,14, 59,88 e 54,11 mm, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente, sem se diferenciarem significativamente entre si, os cinco primeiros tratamentos.

Tabela 7. Resumo das análises de regressão do diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansão, em função de técnicas de captação de água *in situ* ao longo do tempo. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios Diâmetro Caulinar
<b>Tratamentos</b>	<b>5</b>	208,8214**
<b>Tempo</b>	<b>9</b>	512,1064**
Regressão Linear	1	3836,2976**
Regressão Quadrática	1	474,0800**
Regressão Cúbica	1	173,9045*
Regressão 4º grau	1	58,1274 <sup>ns</sup>
Desvio de Regressão	1	13,3097 <sup>ns</sup>
<b>Tempo x Tratamento</b>	<b>45</b>	2,6736 <sup>ns</sup>
<b>Blocos</b>	<b>2</b>	65,1180
<b>Resíduo</b>	<b>118</b>	25,4208
<b>CV(%)</b>		8,54
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias (mm)</b>
T1		60,3645a
T2		59,0037a
T3		61,8793a
T4		59,1425a
T5		59,8877a
T6		54,1145b

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

Figura 6. Valores médios da diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansão ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



### 5.1.2.3. Número de folhas (NFI)

Os dados do resumo das análises de regressão de número de folhas, ao longo do tempo, estão apresentados na Tabela 8, observando-se efeito significativo das técnicas de captação de água *in situ* sobre a variável.

Os dados de NFI se ajustaram a modelos de regressão até o 4º grau ( $p < 0,01$ ). Durante o período do experimento ocorreram quatro meses em que os valores da variável número de folhas e área foliar começaram a decair, correspondendo ao período seco. No início do período chuvoso o número de folhas e a área foliar começaram a aumentar, fatos esses importantes para se entender a fisiologia e a fenologia do pinhão, durante o experimento.

De acordo com Santos (2008) a abscisão foliar se inicia no final do período chuvoso e durante a época seca. Já para Sartunino et al. (2005) o pinhão-manso tem comportamento decíduo, cujas folhas caem, em parte ou totalmente, no final da época seca ou durante a estação chuvosa. Segundo esses autores, o pinhão-manso permanece em repouso até o começo da primavera ou da época das chuvas nas regiões secas. Assim, as espécies podem ser classificadas como decíduas quando apresentam abscisão e produção de folhas concentradas em determinada época, ficando por um período de tempo quase ou totalmente sem folhas (SANTOS & TAKAKI, 2005).

Os maiores valores de número de folhas foram encontrados no tratamento em que o plantio foi feito em camalhões (T3), (Figura 7). Pedroni et al. (2002) e Bianchini et al. (2006) sugerem que outros fatores, tais como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de água, também podem influenciar no crescimento das plantas.

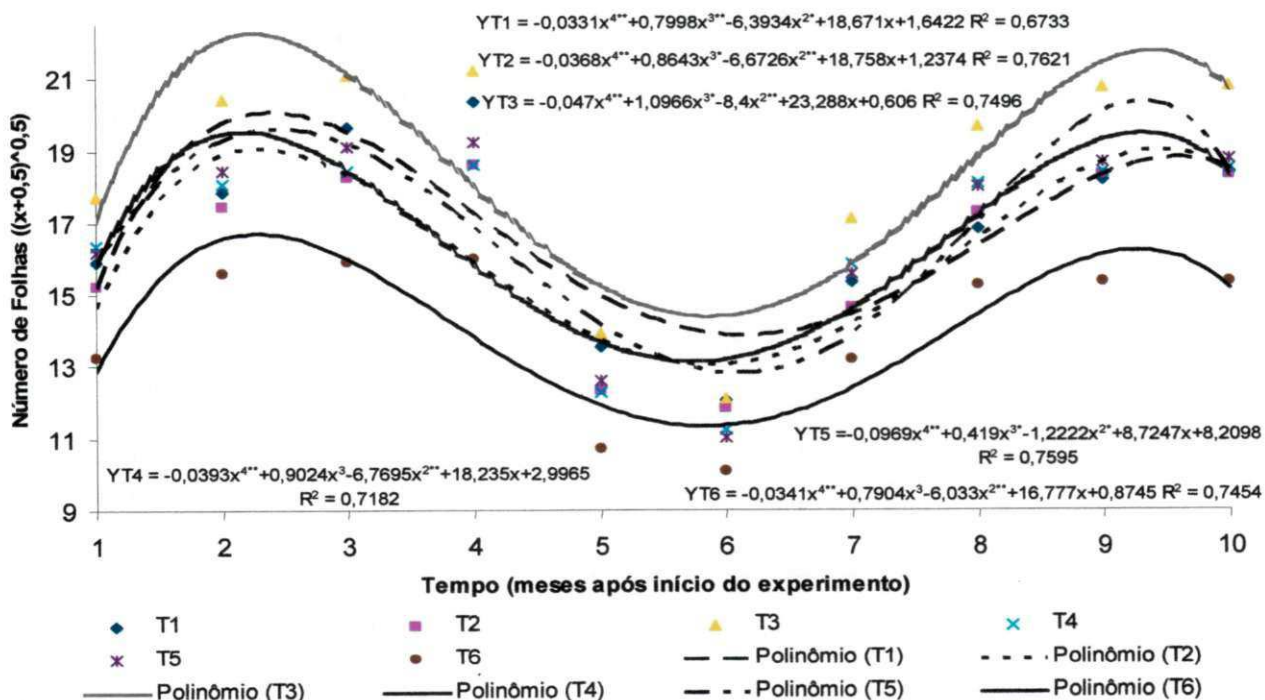
Para Saturnino et al. (2005) conforme a região o desenvolvimento inicial das mudas de pinhão-manso pode ser influenciado pela época de chuvas, ventos dominantes e outras ocorrências climáticas típicas de cada local.

Tabela 8. Resumo das análises de regressão do número de folhas (NFI) do pinhão-mansão, em função de técnicas de captação de água *in situ* ao longo do tempo. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios Número de Folhas <sup>a</sup>
<b>Tratamentos</b>	<b>5</b>	<b>60,6235**</b>
<b>Tempo</b>	<b>9</b>	<b>129,4969**</b>
Regressão Linear	1	3,2152 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	244,6431**
Regressão Cúbica	1	159,4927**
Regressão 4º grau	1	444,5287**
Desvio de Regressão	1	62,7184**
<b>Tempo x Tratamento</b>	<b>45</b>	<b>0,8193<sup>ns</sup></b>
<b>Blocos</b>	<b>2</b>	<b>13,9279</b>
<b>Resíduo</b>	<b>118</b>	<b>5,8944</b>
<b>CV(%)</b>		<b>15,17</b>
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias</b>
T1		16,3325ab (285.7111)
T2		15,7396b (254.8111)
T3		17,9898a (336.0000)
T4		16,0959b (266.5111)
T5		16,2698ab (275.8333)
T6		13,5743c (188.4999)

<sup>a</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , entre parênteses estão os dados originais. \*\* Significativo a 1% pelo Teste F.

Figura 7. Valores médios do número de folhas (NFI) do pinhão-mansão ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



#### 5.1.2.4. Área Foliar (AF)

Nota-se, através da Tabela 9, efeito significativo ( $p < 0,01$ ) das técnicas de captação de água *in situ* sobre a área foliar de plantas, em todos os tratamentos. Decompondo os graus de liberdade do fator tratamento em componentes de regressão polinomial, verificou-se que a AF foi afetada em todos os graus de regressão, pelas técnicas de captação de água, ao longo do experimento.

Observando a Figura 8 percebe-se que houve semelhança entre a variável número de folhas e área foliar, como se esperava. No início do período chuvoso ocorreu aumento na área foliar da planta. Com o aumento de AF, aumenta a interceptação luminosa e deve aumentar a eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa, o que ocasiona uma aceleração na taxa de crescimento em condições ambientais favoráveis (HUMPHREYS, 1966; BROWN & BLASER, 1968).

A importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química. De acordo com Leong (1980) a eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar as quais, entre outros aspectos, são influenciadas pelas características da arquitetura da copa e da dimensão do sistema fotoassimilador. Vale ressaltar, ainda, que o conhecimento da área foliar da planta possibilita a estimativa da perda de água uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (Pereira et al., 1997).

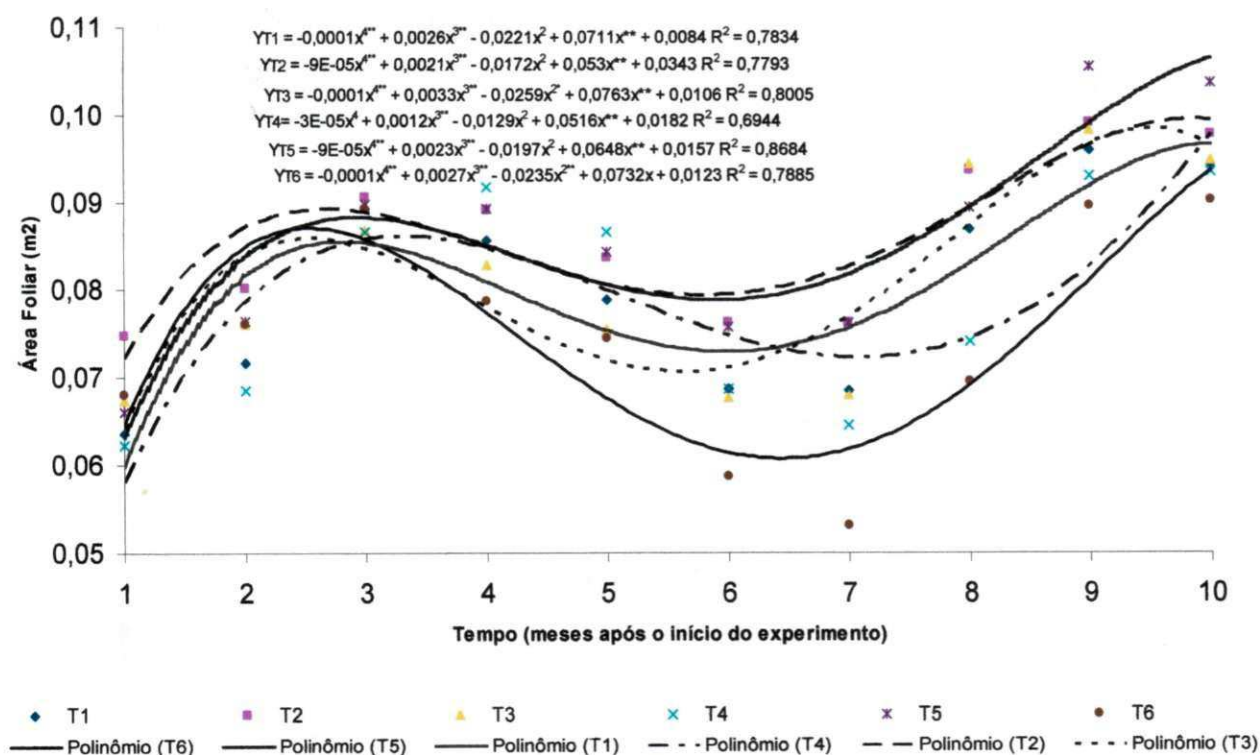
Os melhores valores em área foliar foram encontrados no tratamento em que o plantio foi feito em sulco, barrados entre plantas (T2).

Tabela 9. Resumo das análises de regressão da área foliar (AF) do pinhão-mansão, em função de técnicas de captação de água *in situ* ao longo do tempo. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios
		<b>Área Foliar</b>
<b>Tratamentos</b>	<b>5</b>	0,000548**
<b>Tempo</b>	<b>9</b>	0,002227**
Regressão Linear	1	0,005793**
Regressão Quadrática	1	0,000996**
Regressão Cúbica	1	0,006353**
Regressão 4º grau	1	0,002566**
Desvio de Regressão	1	0,000868**
<b>Tempo x Tratamento</b>	<b>45</b>	0,000060 <sup>ns</sup>
<b>Blocos</b>	<b>2</b>	0,000074
<b>Resíduo</b>	<b>118</b>	0,000052
<b>CV(%)</b>		
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias (m<sup>2</sup>)</b>
T1		0,0803bc
T2		0,0861a
T3		0,0811abc
T4		0,0790cd
T5		0,0856ab
T6		0,0748d

\*\* , <sup>ns</sup> Significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

Figura 8. Valores médios da área foliar (AF) do pinhão-mansão ao longo do tempo, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



## 5.2. Variáveis Fisiológicas

### 5.2.1. Taxas de Crescimento Absoluto em Altura de Plantas (TCA AP)

Na Tabela 10 observaram-se efeitos significativos das técnicas de captação de água *in situ* na variável TCA AP, nos períodos jun-ago/10, ago-out/10, out-dez/10, fev-abr/11 e jun-ago/11 a nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F. Nos períodos de abr-jun/10, dez-fev/11, abr-jun/11 e ago-out/11 não foram observadas diferenças significativas.

Foi bastante variável o efeito dos tratamentos nos períodos de avaliação mas, em geral, o tratamento testemunha, sem estrutura especial de captação de água (T6) se situou entre os de maior valor de TCA AP.

Benincasa (2003) relata que a análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo; com isto é possível avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variação de crescimento entre plantas geneticamente diferentes.

Observa-se, através dos resultados da Figura 9, que os maiores incrementos na TCA AP ocorreram no início dos períodos chuvosos de ambos os anos estudados, notando-se que nos períodos de seca a TCA AP diminui significativamente.

Os valores da TCA AP médio das plantas alcançados nas 9 (nove) avaliações foram 0,0526, 0,0361, 0,0404, 0,0370, 0,0498 e 0,0566 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para as técnicas de captação de água T1, T2, T3, T4, T5 e T6. Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados a floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos.

Tabela 10. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA AP) de pinhão-mansão em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		Abr-Jun/2010	Jun-Ago/2010	Ago-Out/2010	Out-Dez/2010	Dez-Fev/2011	Fev-Abr/2011	Abr-Jun/2011	Jun-Ago/2011	Ago-Out/2011
Tratamentos	5	0,001042 <sup>ns</sup>	0,006991**	0,002089**	0,000185**	0,000029 <sup>ns</sup>	0,000085**	0,000557 <sup>ns</sup>	0,000236**	0,000004 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,007799	0,000110	0,000050	0,000063	0,000050	0,000022	0,002719	0,000011	0,000001
Resíduo	10	0,003585	0,000040	0,000100	0,000032	0,000025	0,000010	0,001335	0,000006	0,000001
CV (%)		38,38	10,62	23,23	23,55	35,16	19,28	32,85	11,98	18,56
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias (cm dia<sup>-1</sup>)</b>								
T1		0,1351	0,1231a	0,0666a	0,0157c	0,0157	0,0147b	0,0824	0,0148b	0,0056
T2		0,1583	0,0333c	0,0064b	0,0166bc	0,0148	0,0120b	0,0601	0,0175b	0,0055
T3		0,1601	0,0129d	0,0537a	0,0333a	0,0129	0,0138b	0,0555	0,0138b	0,0074
T4		0,1842	0,0138d	0,0129b	0,0194abc	0,0092	0,0148b	0,0592	0,0139b	0,0056
T5		0,1351	0,0620b	0,0546a	0,0324ab	0,0185	0,0157b	0,0888	0,0333a	0,0074
T6		0,1629	0,1111a	0,0638a	0,0268abc	0,0148	0,0268a	0,0685	0,0305a	0,0046

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

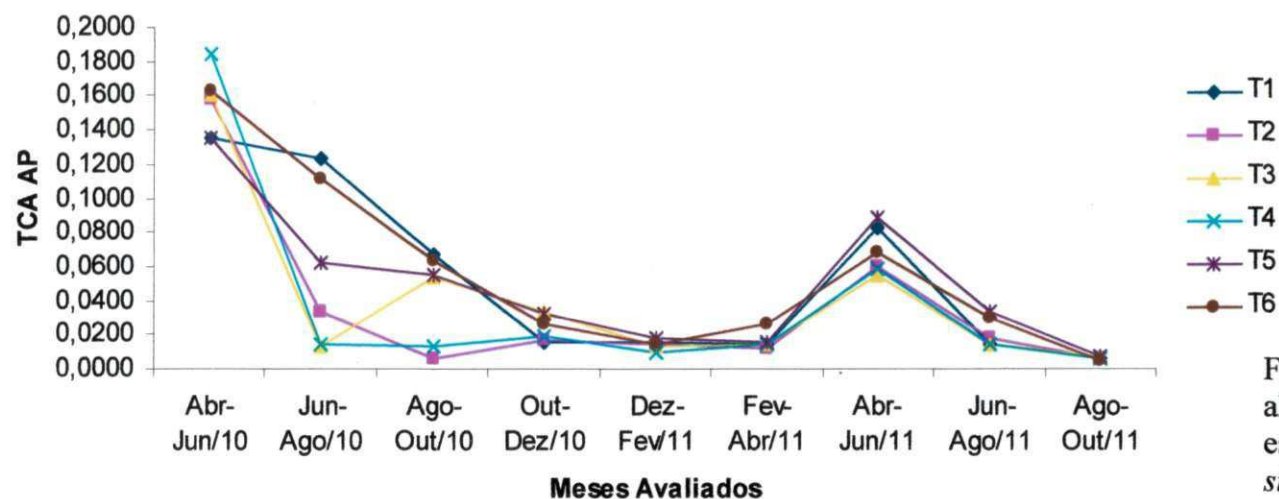


Figura 9. Evolução da taxa de crescimento absoluto em altura de plantas de pinhão-mansão ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



### 5.2.2. Taxas de Crescimento Absoluto em Diâmetro Caulinar (TCA DC)

A variável fisiológica TCA DC das plantas de pinhão-mansó foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$ ) pelas técnicas de captação de água, em todos os períodos estudados, exceto de abr-aun/11 (Tabela 11).

Em alguns períodos de avaliação, maiores valores de taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar foram constatados no tratamento com ausência de estrutura de captação de água *in situ* (T6), semelhante ao que foi observado na taxa de crescimento absoluto em altura de plantas.

Tal como a variável TCA AP, os maiores incrementos na TCA DC ocorreram no início do período chuvoso de ambos os anos estudados (Figura 10). Saturnino et al. (2005), Santos (2008) e Oliveira (2009) sugeriram que fatores como temperatura, fotoperíodo, precipitação e disponibilidade de água, influenciam no crescimento dos vegetais.

Os valores médios da TCA DC das plantas nas 9 (nove) avaliações, foram 0,0290, 0,0295, 0,0357, 0,0252, 0,0341 e 0,0383 mm dia<sup>-1</sup>, correspondendo às técnicas de captação de água T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente.

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo (REIS & MULLER, 1979).

Tabela 11. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar de plantas (TCA DC) de pinhão-mansó em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		Abr-Jun/2010	Jun-Ago/2010	Ago-Out/2010	Out-Dez/2010	Dez-Fev/2011	Fev-Abr/2011	Abr-Jun/2011	Jun-Ago/2011	Ago-Out/2011
Tratamentos	5	0,002291**	0,008328**	0,000311**	0,000207**	0,000179**	0,000038**	0,000086 <sup>ns</sup>	0,000077**	0,000004**
Blocos	2	0,000001	0,000099	0,000015	5,772E-07	0,000010	0,000009	0,000789	0,000006	2,364E-07
Resíduo	10	0,000361	0,000127	0,000013	9,472E-07	0,000025	0,000003	0,000091	0,000013	4,179E-07
CV (%)		25,58	9,83	31,48	8,67	36,65	18,82	24,46	30,53	19,18
Tratamentos		Médias (mm dia <sup>-1</sup> )								
T1		0,0508b	0,1325b	0,0019c	0,0021d	0,0101b	0,0076b	0,0443	0,0089ab	0,0027bc
T2		0,0699ab	0,0779c	0,0300a	0,0062c	0,0053b	0,0072b	0,0456	0,0180a	0,0051a
T3		0,0845ab	0,1607ab	0,0031c	0,0039cd	0,0164ab	0,0073b	0,0362	0,0073b	0,0017c
T4		0,0695ab	0,0587c	0,0092bc	0,0135b	0,0139ab	0,0099b	0,0383	0,0107ab	0,0028bc
T5		0,1233a	0,0716c	0,0093bc	0,0202a	0,0271a	0,0062b	0,0381	0,0069b	0,0041ab
T6		0,0475b	0,1861a	0,0136b	0,0211a	0,0083b	0,0158a	0,0311	0,0177a	0,0036ab

\*\* , <sup>ns</sup> Significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

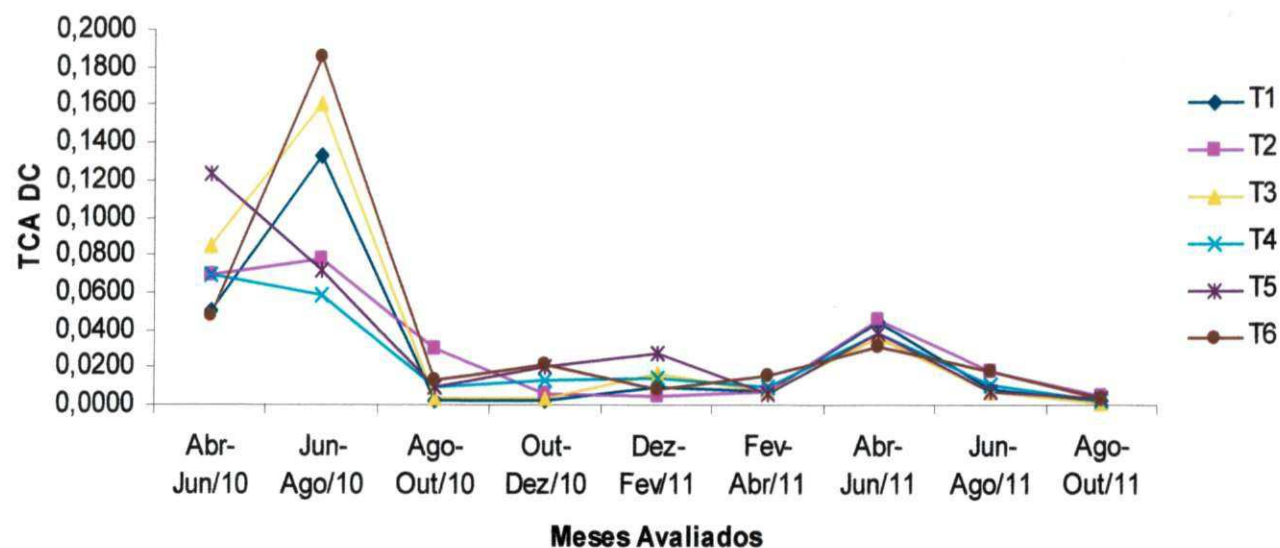


Figura 10. Evolução da taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar de plantas de pinhão-mansó ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

### 5.2.3. Taxas de Crescimento Relativo em Altura de Plantas (TCR AP)

Observa-se, no resumo de análise de variância e médias da variável TCR AP, (Tabela 12) que as técnicas de captação de água *in situ* influenciaram significativamente ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) a taxa de crescimento, pelo teste F em todos os períodos, exceto nos períodos abr-jun10 e dez-fev/11.

Para Benincasa (2003) o crescimento relativo está relacionado à eficiência da planta em formar tecidos novos a partir dos pré-existentes, sendo um indicativo de grande importância na avaliação de materiais genéticos em diferentes condições de estresse.

Percebe-se que, ao longo dos períodos estudados, entre os tratamentos com as maiores médias se insere a testemunha sem preparo especial de solo para captação d'água *in situ* (T6) (Figura 11).

Constata-se, na Figura 11 que semelhante ao que ocorreu com a TCA AP, a taxa de crescimento relativo em altura de plantas também decresceu no decorrer dos períodos avaliados, ou seja, com a idade das plantas variando em média entre 0,001533 cm cm dia-1, no início das avaliações (abr-jun/10), a 0,000049 cm cm dia-1, no final das avaliações (ago-out/11).

A taxa de crescimento das plantas é uma característica genética das plantas, influenciada por fatores diversos; os efeitos dos fatores nas taxas iniciais de crescimento terão efeito durante a fase de crescimento exponencial das plantas diminuindo de intensidade à medida que as plantas crescem (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; BENINCASA, 2003).

Tabela 12. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR AP) de pinhão-mansão em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		Abr-Jun/2010	Jun-Ago/2010	Ago-Out/2010	Out-Dez/2010	Dez-Fev/2011	Fev-Abr/2011	Abr-Jun/2011	Jun-Ago/2011	Ago-Out/2011
Tratamentos	5	5,873E-07 <sup>ns</sup>	5,947E-07**	2,182E-07**	8,355E-09**	1,302E-09 <sup>ns</sup>	8,400E-09**	5,001E-08*	1,491E-08**	3,822E-10*
Blocos	2	1,352E-07	6,350E-09	3,205E-09	8,388E-10	1,072E-09	5,716E-09	7,003E-08	3,166E-10	2,722E-10
Resíduo	10	2,097E-07	1,212E-08	1,539E-08	6,722E-10	1,032E-09	1,396E-09	1,415E-08	7,033E-10	7,222E-11
CV (%)		29,87	21,66	31,06	14,32	29,51	27,35	25,34	18,72	17,38
Tratamentos		Médias (cm cm dia <sup>-1</sup> )								
T1		0,001183	0,000980a	0,000723a	0,000143b	0,000130	0,000137ab	0,000270b	0,000163b	0,000043b
T2		0,001577	0,000250bc	0,000047c	0,000147b	0,000120	0,000087b	0,000447ab	0,000130b	0,000040b
T3		0,001423	0,000173c	0,000437ab	0,000140b	0,000107	0,000160ab	0,000440ab	0,000143b	0,000050ab
T4		0,001500	0,000040c	0,000100bc	0,000160b	0,000093	0,000107b	0,000443ab	0,000107bc	0,000040b
T5		0,001150	0,000490b	0,000523a	0,000257a	0,000077	0,000100b	0,000647a	0,000047c	0,000070a
T6		0,002367	0,001117a	0,000567a	0,000240a	0,000127	0,000230a	0,000570ab	0,000260a	0,000050ab

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

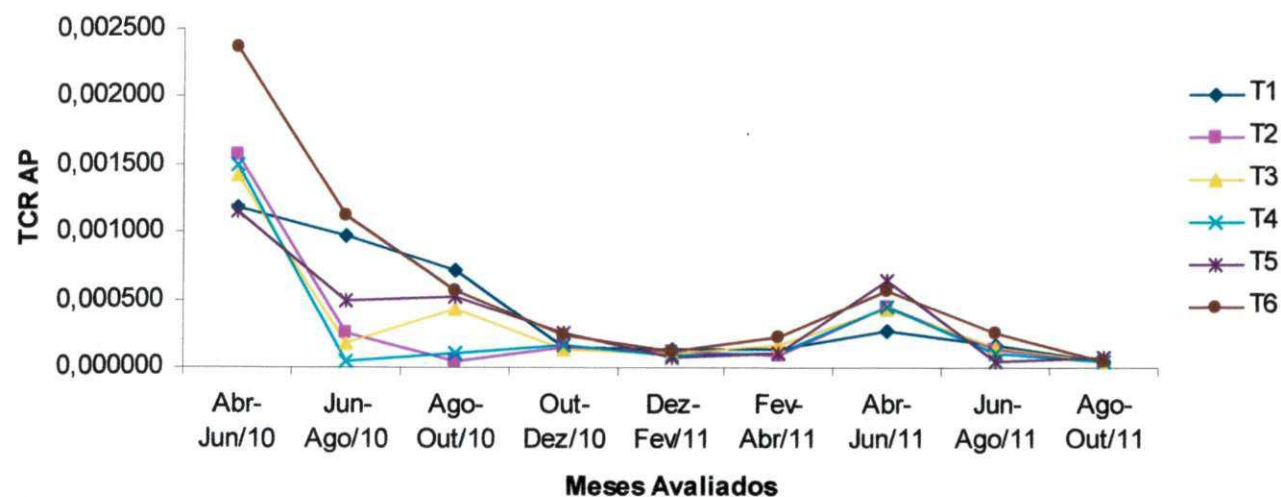


Figura 11. Evolução da taxa de crescimento relativo em altura de plantas de pinhão-mansão ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

#### **5.2.4. Taxas de Crescimento Relativo em Diâmetro Caulinar (TCR DC)**

Conforme Ferri (1985) a taxa de crescimento relativo (TCR) da planta é uma variável bastante utilizada para avaliação do crescimento vegetal e é dependente da quantidade de material previamente acumulado. Este parâmetro representa o aumento de matéria seca na planta por unidade de material pré-existente, ao longo do tempo.

Nota-se que o efeito das técnicas de captação de água sobre a TCR DC foi semelhante ao verificado em relação à TCA DC. Conforme a Tabela 13, as técnicas de captação de água *in situ* afetaram significativamente ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) a TCR DC das plantas, em todos os períodos estudados, exceto no período de abr-jun/11.

Foi muito variável o efeito dos tratamentos sobre esta variável nas diversas avaliações mas, em geral, entre as maiores médias estão os tratamentos T6 e T2, ao longo dos períodos de estudos. Houve tendência de menores médias de TCR DC, ao final do período experimental nas plantas submetidas ao tratamento com sulcos e camalhões em nível, plantando-se as mudas sobre o camalhão (T3) (Figura 12).

O crescimento em diâmetro é decorrente sobretudo da atividade vascular, que é fortemente influenciada por fatores como fotoperíodo, pluviosidade, disponibilidade de nutrientes e espaço físico (LOJAN, 1968).

Os valores da TCR DC médio das plantas obtidos nas 9 (nove) avaliações foram 0,001050, 0,000596, 0,000604, 0,000535, 0,000495 e 0,000872 mm mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para as técnicas de captação de água T1, T2, T3, T4, T5 e T6.

O processo de crescimento dos caules é menos estudado, mas, provavelmente, é afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar durante o estresse (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Tabela 13. Resumo da análise de variância e médias para a variável taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar de plantas (TCR DC) de pinhão-mansó em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		Abr-Jun/2010	Jun-Ago/2010	Ago-Out/2010	Out-Dez/2010	Dez-Fev/2011	Fev-Abr/2011	Abr-Jun/2011	Jun-Ago/2011	Ago-Out/2011
<b>Tratamentos</b>	5	0,000020**	0,000005**	9,422E-08**	3,355E-08**	6,452E-08**	1,168E-08**	2,659E-08 <sup>ns</sup>	2,081E-08*	1,053E-09**
<b>Blocos</b>	2	3,127E-08	2,251E-08	9,616E-09	4,016E-09	4,505E-09	2,638E-09	2,355E-07	3,088E-09	5,000E-11
<b>Resíduo</b>	10	8,361E-07	6,981E-08	4,710E-09	2,703E-09	1,185E-09	9,988E-10	2,911E-08	3,782E-09	1,233E-10
<b>CV (%)</b>		35,34	13,32	31,43	23,11	19,07	20,03	27,06	32,46	20,82
<b>Tratamentos</b>		Médias (mm mm dia <sup>-1</sup> )								
T1		0,007890a	0,000180d	0,000037c	0,000193b	0,000110cd	0,000117b	0,000737	0,000143ab	0,000040bc
T2		0,001357b	0,002027c	0,000520a	0,000103b	0,000087cd	0,000157b	0,000753	0,000280ab	0,000080a
T3		0,001453b	0,002887b	0,000077c	0,000127b	0,000043d	0,000140b	0,000553	0,000127b	0,000030c
T4		0,001640b	0,001553c	0,000167bc	0,000230ab	0,000240b	0,000157b	0,000613	0,000170ab	0,000043bc
T5		0,001270b	0,001317c	0,000193bc	0,000350a	0,000447a	0,000100b	0,000600	0,000110b	0,000067ab
T6		0,001917b	0,003937a	0,000317b	0,000347a	0,000157bc	0,000277a	0,000527	0,000307a	0,000060abc

\*\* , \* , <sup>ns</sup> Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

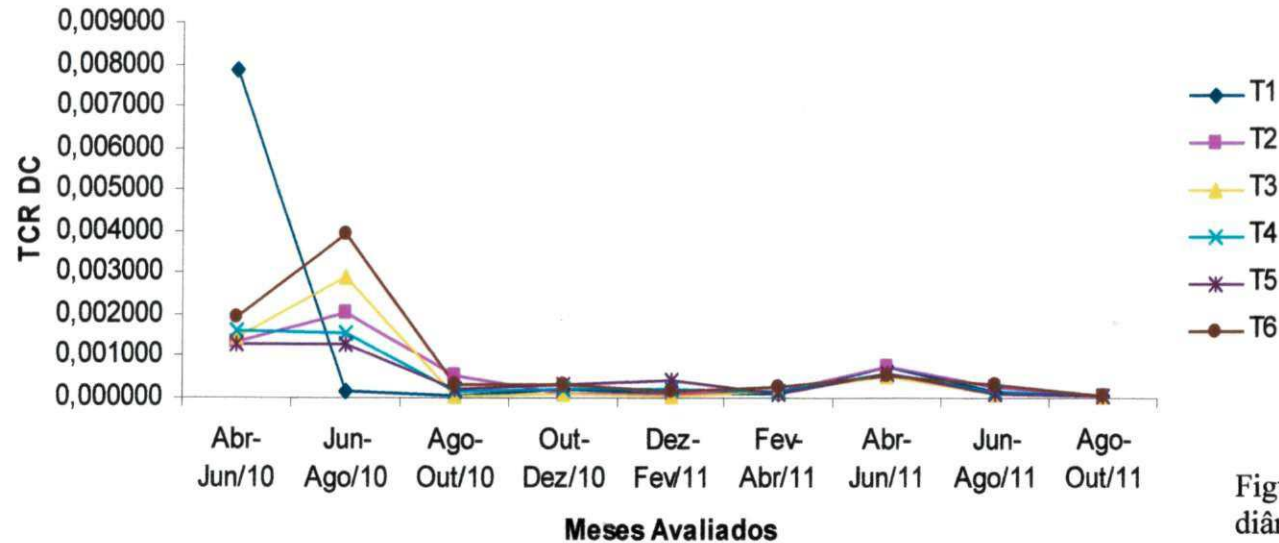


Figura 12. Evolução da taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar de plantas de pinhão-mansó ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

### 5.3. Variáveis de Produção

#### 5.3.1. Número de Cachos, Número de Frutos, Número de Sementes e Peso de Sementes

Com base nos resumos das análises de variância apresentados na Tabela 14, não houve significância das técnicas de captação de água *in situ* sobre os componentes de produção de *Jatropha curcas*.

Todos os valores dos componentes de produção do pinhão-manso foram maiores no ano de 2010, em comparação ao ano de 2011 (Tabela 14), possivelmente, decorrente da maior regularidade das chuvas em 2011, a pluviosidade se concentrou entre abril e agosto/11, com poucas chuvas no restante do ano (Figura 13).

A água constitui mais de 80% da maioria dos tecidos vegetais. Ela forma uma fase desde os pelos absorventes das raízes até a epiderme das folhas, esta se constituindo barreira à perda de água pelo vegetal, regulada pelos estômatos. A resistência do fluxo de vapor de água é mínima quando os estômatos são abertos; entretanto, quando eles se fecham ocorrem mudanças no metabolismo das plantas (JONES et al., 1985) fazendo com que a planta se adapte às novas condições e juste o fluxo osmótico (MUNNS et al., 1979), em consequência, reduzindo a assimilação clorofiliana influenciando o crescimento de frutos e de troncos.

Observando a evolução dos componentes de produção do pinhão-manso (Figura 14), percebe-se que dois tratamentos se destacam em cada ano. Em 2010 a técnica que utiliza plantio em bacias, com a planta no centro da bacia (T5) teve um acréscimo maior em relação aos outros tratamentos chegando no mês de agosto/10, a 9,8 cachos, 48,4 frutos e 121,1 sementes por planta, com peso de sementes de 56 g/planta, o que resultou em uma produção total anual correspondente a 227,65 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de pinhão-manso em regime de sequeiro, utilizando-se a técnica de plantio em bacias. Segundo Heller (1996) há referências de até 8,0 t ha<sup>-1</sup> porém, tem-se citações de produtividades entre 200 a 800 kg ha<sup>-1</sup> de sementes.

Em 2011 a técnica de captação com plantio em camalhões, com a planta na base do camalhão (T4) se destacou em todos os componentes de produção atingindo, no mês de agosto/11: 7,05 cachos, 32,6 frutos e 81,52 sementes por planta, e peso de sementes de 37,72 g/planta, totalizando uma produção anual de 217,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. A eficiência das técnicas de captação de água de chuva *in situ* no armazenamento de água

no solo, refletiu em aumento da produtividade da cultura. O pinhão-manso é uma espécie caducifolia e, apesar de resistente à seca, pode ter a produtividade comprometida em regiões com precipitações pluviárias abaixo de 600 mm ano<sup>-1</sup> (HENNING, 2005, citado por SATURNINO et al., 2005) o que, frequentemente, ocorre no semiárido brasileiro, onde foi realizado este trabalho de pesquisa.

O balanço hídrico é um sistema contábil de monitoramento da água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo (PEREIRA et al., 1997).

Figura 13. Distribuição das chuvas durante o experimento (Fonte: Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA)

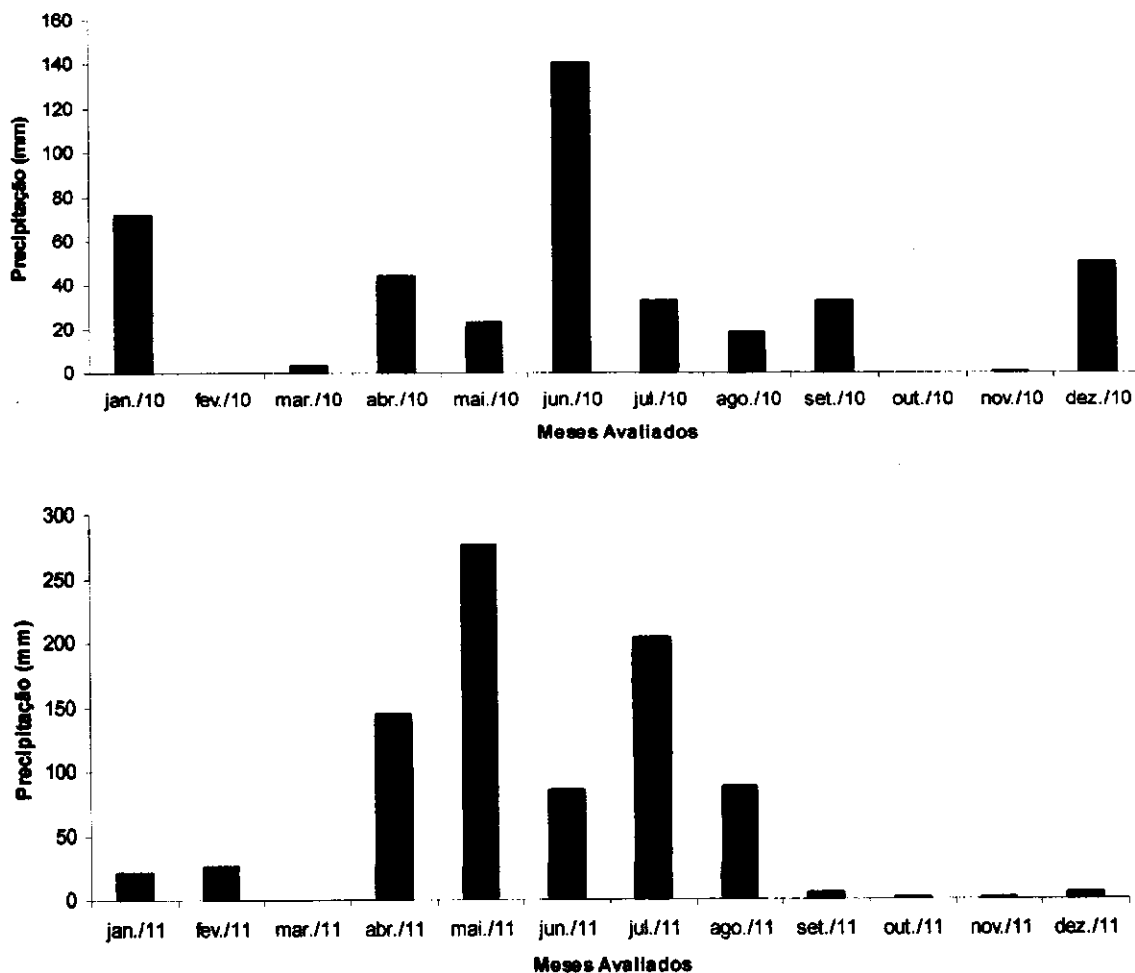
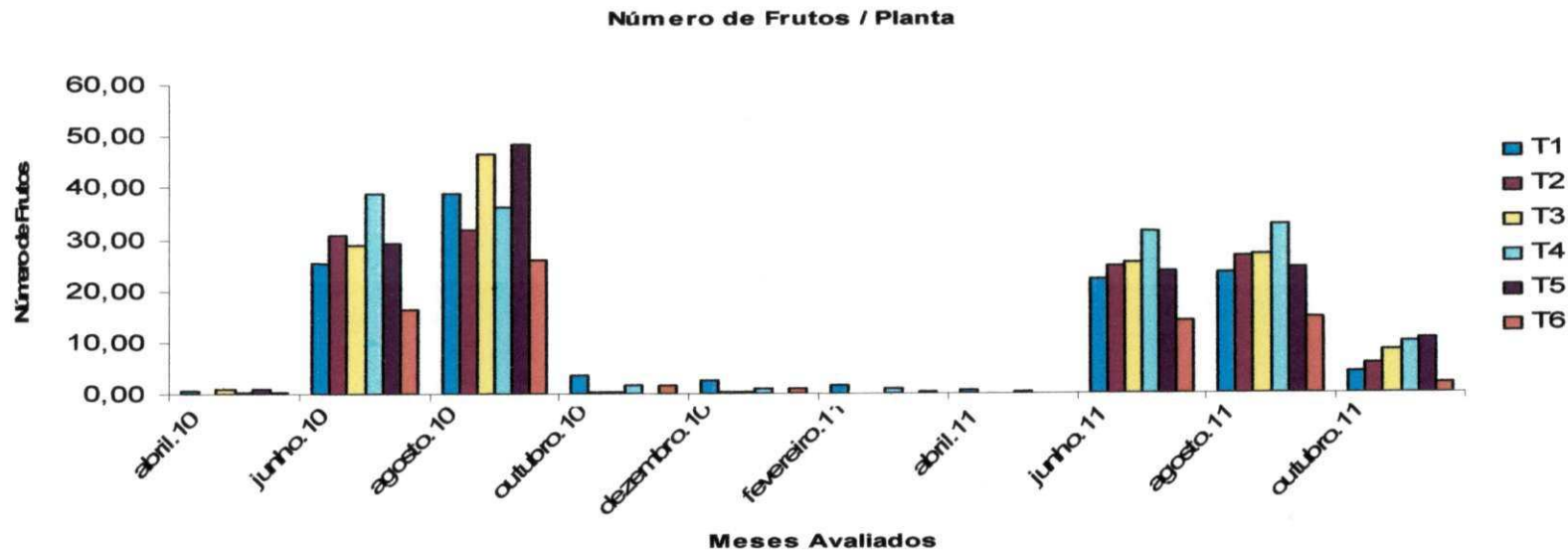
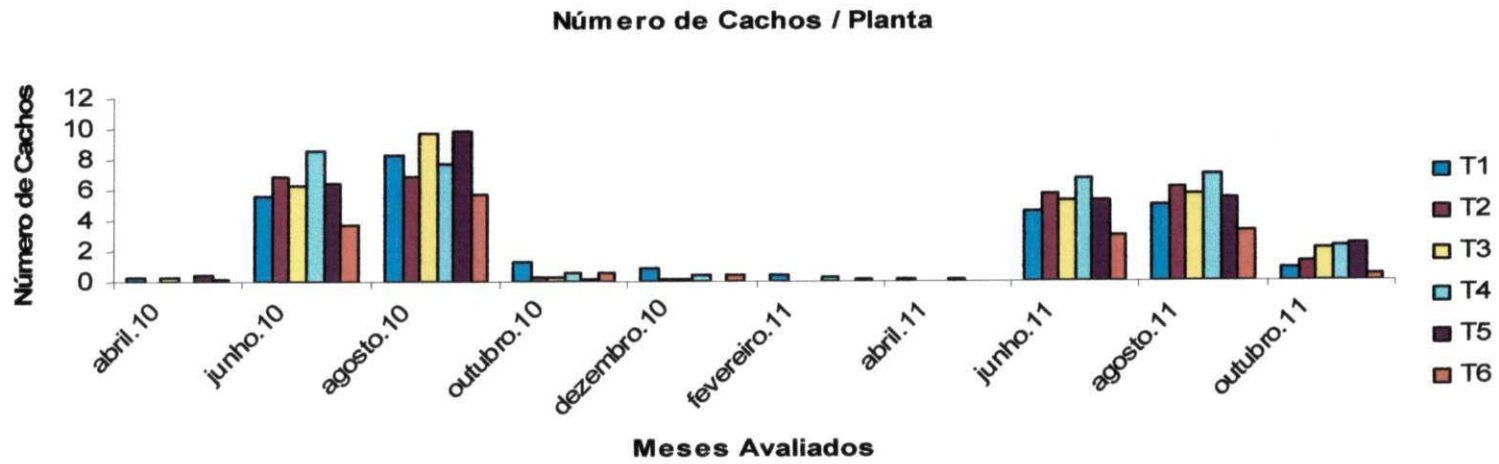




Tabela 14. Resumo da análise de variância e médias dos componentes de produção do pinhão-mansinho em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes meses de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados				Médias			
		Nº de Cachos/2010 <sup>a</sup>	Nº de Cachos/2011 <sup>a</sup>	Nº de Frutos/2010 <sup>a</sup>	Nº de Frutos/2011 <sup>a</sup>	Nº de Sementes/10 <sup>a</sup>	Nº de Sementes/11 <sup>a</sup>	Peso de Sementes/10	Peso de Sementes/11
<b>Tratamento</b>	5	0,3103 <sup>ns</sup>	0,7057 <sup>ns</sup>	1,7790 <sup>ns</sup>	3,4194 <sup>ns</sup>	4,4686 <sup>ns</sup>	8,6162 <sup>ns</sup>	684,4607 <sup>ns</sup>	822,2479 <sup>ns</sup>
<b>Blocos</b>	2	0,0525	0,2791	0,1479	0,8491	0,3716	2,1290	63,2905	301,8056
<b>Resíduo</b>	10	0,9958	0,9594	5,2687	5,4170	13,2339	13,6390	2034,9637	1530,3724
<b>CV (%)</b>		25,63	28,17	28,28	32,15	28,42	32,37	56,69	60,44
<b>Tratamento</b>		Médias				Médias (g)			
T1		3,9833 (16,2222)	3,1983 (11,0555)	8,1862 (71,3333)	6,6891 (52,0555)	12,9117 (178,3333)	10,5336 (130,1389)	82,5124	60,2135
T2		3,8009 (14,1666)	3,6321 (13,1111)	7,9011 (63,2222)	7,4514 (57,3333)	12,4621 (158,0555)	11,7486 (143,3333)	73,1301	66,3184
T3		4,0874 (16,7777)	3,6124 (13,2777)	8,6343 (77,0000)	7,5765 (60,8333)	13,6233 (192,5000)	11,9455 (152,0833)	89,0671	70,3669
T4		4,1796 (17,2778)	4,1207 (16,5000)	8,7440 (77,6111)	8,6985 (75,2222)	13,7978 (194,0278)	13,7263 (188,0555)	89,7740	87,0107
T5		4,0208 (16,8889)	3,6127 (13,1111)	8,5471 (78,7222)	7,5185 (58,8888)	13,4844 (196,8055)	11,8546 (147,2222)	91,0592	68,1177
T6		3,2894 (10,5000)	2,6874 (7,0555)	6,6789 (44,8888)	5,4985 (31,3889)	10,5242 (112,2222)	8,6481 (78,4722)	51,9237	36,3080

<sup>a</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , entre parênteses estão os dados originais. <sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste F



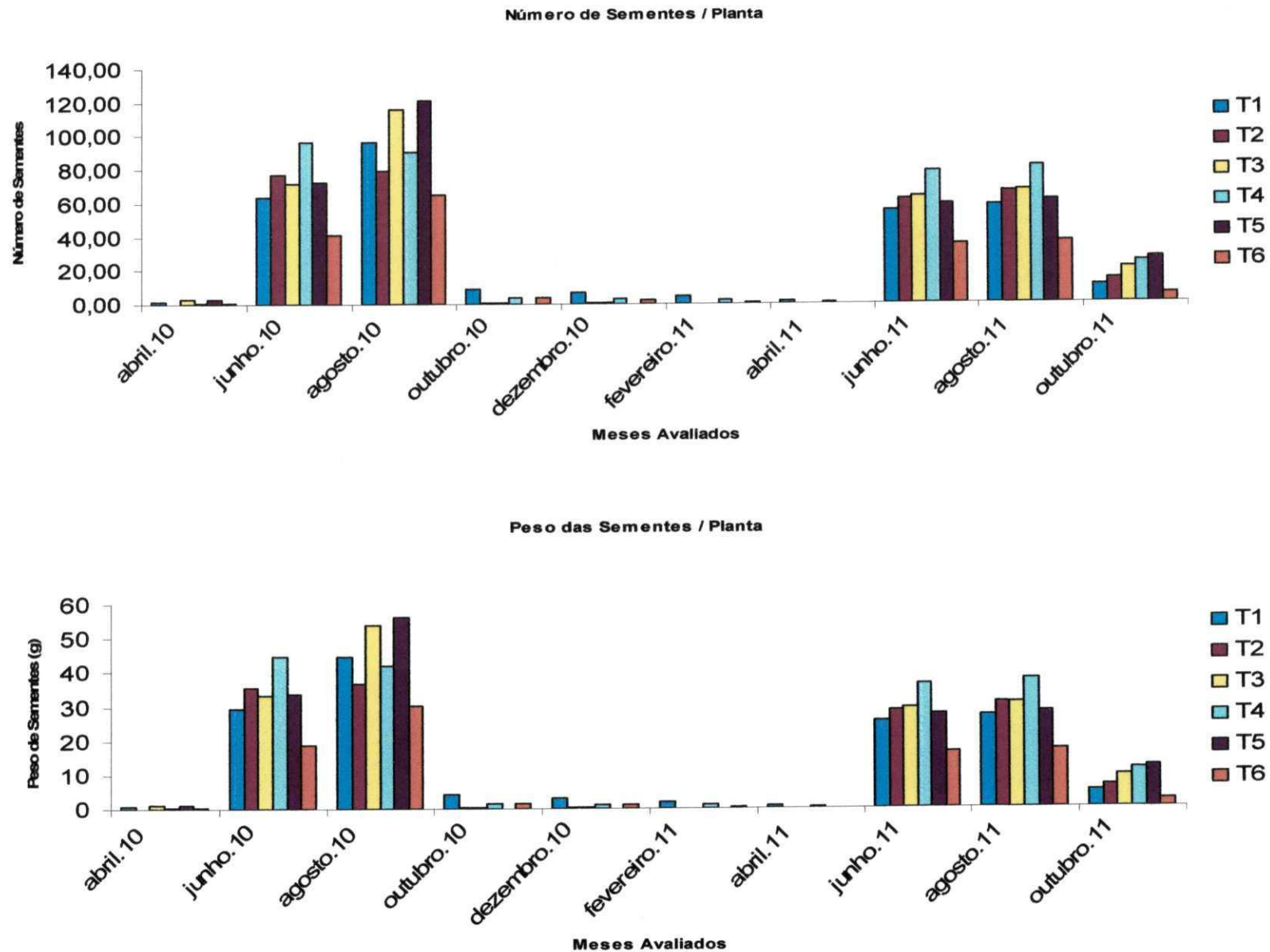


Figura 14. Evolução das componentes de produção do pinhão-mansão ao longo dos períodos estudados, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

## 5.4. Conteúdo de Umidade do Solo

### 5.4.1. Período Chuvoso

As técnicas de captação de água *in situ* consistem na alteração da superfície do solo de modo que a área, contendo plantas e/ou entre elas, sirva de área de captação.

Na tabela 15 está o resumo das análises de variância para a variável conteúdo de água no solo, durante o período chuvoso. Todas as técnicas de captação d'água *in situ* foram significativas a nível de 1% probabilidade, pelo teste F, sobre o conteúdo de água no solo nas duas profundidades, considerando-se ter sido significativa a interação entre ambos os fatores.

O tratamento com as maiores médias de água disponível no solo no período chuvoso e na profundidade de 0,10 m, ao longo dos períodos estudados foi o tratamento T4, em que as plantas estavam na base de camalhão; o tratamento em que se registraram as menores médias foi o de plantio em sulcos abertos entre plantas (T1) (Figura 15).

Entretanto, na profundidade de 0,50 m, obtiveram-se as maiores médias de água disponível no solo no tratamento com plantio em sulcos abertos entre plantas (T1); as médias mais baixas foram registradas no tratamento com ausência de técnicas de captação de água (T6).

Constata-se, portanto, que na profundidade mais superficial do solo (0,10 m) o plantio em camalhões com as plantas na base do camalhão (T4) resultou em maior conteúdo de água que os demais tratamentos; na profundidade em que se deve concentrar grande parte do sistema radicular das plantas (0,50 m), o plantio em sulcos abertos entre plantas (T1), foi mais eficiente, que os demais tratamentos, em reter água disponível para as plantas de pinhão-manso.

Conforme Bernal (2007) que avaliou técnicas de captação de água de chuva na região semiárida do Vale do Jequitinhonha, MG, o plantio em camalhões em curva de nível foi o mais eficiente na retenção de umidade em quantidade e no decorrer do tempo, tanto a 20 cm quanto a 40 cm de profundidade. Este autor comparou as seguintes técnicas de captação: negarim, leirões em semicírculos, leirões em curva de nível, camalhões em curva de nível e nenhuma estrutura de captação.

Os solos na região semiárida brasileira são, predominantemente, de origem cristalina, rasos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água e, em geral pobres em nutrientes (FARIA, 1992). Portanto, as técnicas de captação de água

*in situ* utilizadas nesta pesquisa, visam aumentar a disponibilidade de água no solo para se obter a máxima produção por unidade de água precipitada, pois nas regiões semiáridas a água é sempre fator limitante no desenvolvimento das culturas.

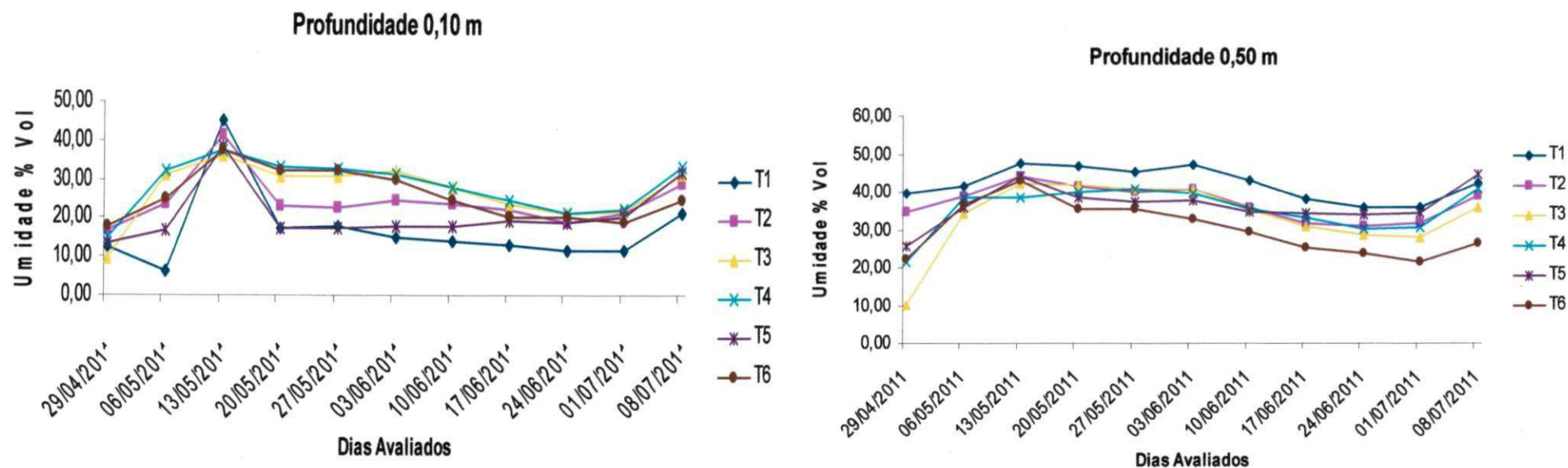
Na Figura 16 pode-se observar os conteúdos de água no período chuvoso nas profundidades de 0,10 m e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ* notando-se, numa mesma profundidade, efeitos significativos ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) em função dos tratamentos, em todas as avaliações. O tratamento sem registro de efeito significativo na maioria das avaliações, foi o utilizado como testemunha em que não recebeu nenhum preparo especial de solo para captação de água (T6). Assim pode-se afirmar que a ausência de técnicas de captação de água *in situ*, prejudica a captação e o armazenamento de água pelo solo.

Tabela 15. Resumo da análise de variância dos conteúdos de água no período chuvoso nas profundidades de 0,10 e 0,50 m em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes dias de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

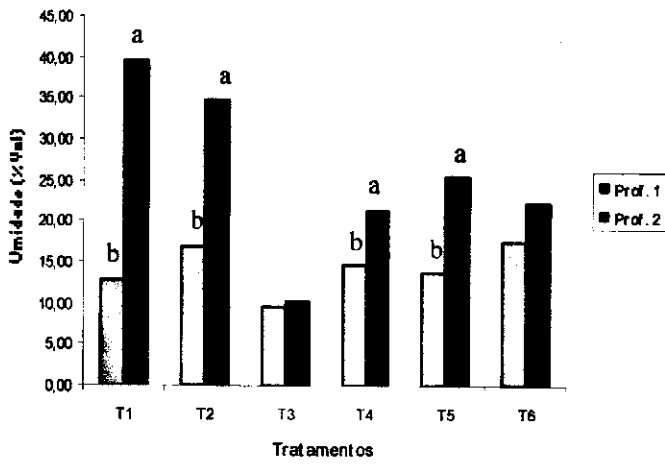
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios										
		29/04/11	06/05/11	13/05/11	20/05/11	27/05/11	03/06/11	10/06/11	17/06/11	24/06/11	1/07/11	8/07/11
Tratamentos	5	211,3777**	110,1166**	54,9333**	61,8277**	69,0944**	60,0277**	29,1166**	25,3333**	15,7777**	39,6500**	119,7333**
Profundidade	1	1178,7777**	2040,0277**	21,7777**	1750,0277**	1586,6944**	1667,3611**	1190,2500**	940,4444**	1067,1111**	950,6944**	747,1111**
Trat x Prof	5	139,7777**	193,2277**	30,3111**	199,8277**	174,9611**	214,1611**	187,5166**	145,6444**	131,2444**	125,4277**	88,5777**
Blocos	2	9,5277	7,0000	14,0833	3,4444	4,7777	2,6944	0,5833	0,5833	0,4444	0,0833	0,7500
Resíduo	22	10,3762	8,5454	7,9015	15,5050	5,1414	3,853	1,2803	0,7954	1,3535	1,1136	1,6287
CV (%)		16,15	9,72	6,80	11,88	6,94	5,99	3,89	3,39	4,74	4,26	3,83

\*\* Significativo a 1%, pelo Teste

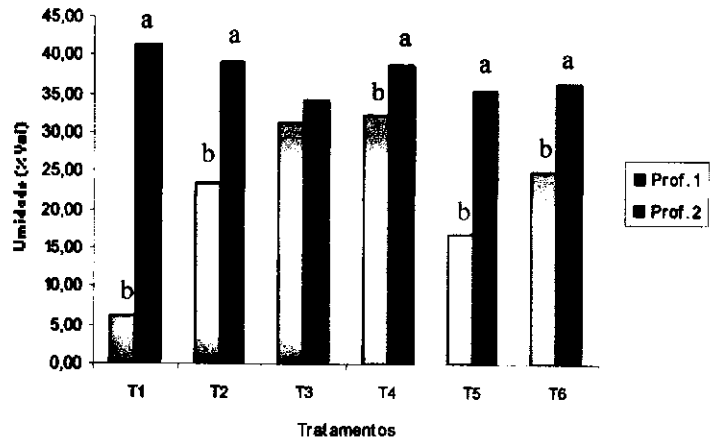
Figura 15. Evolução dos conteúdos de água no período chuvoso nas profundidade de 0,10 e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



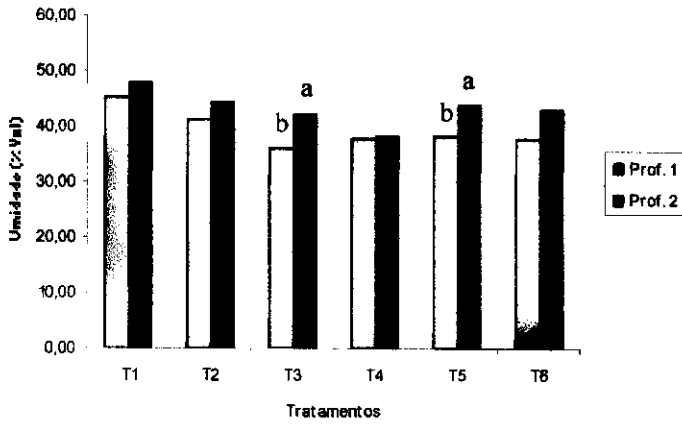
29/04/11



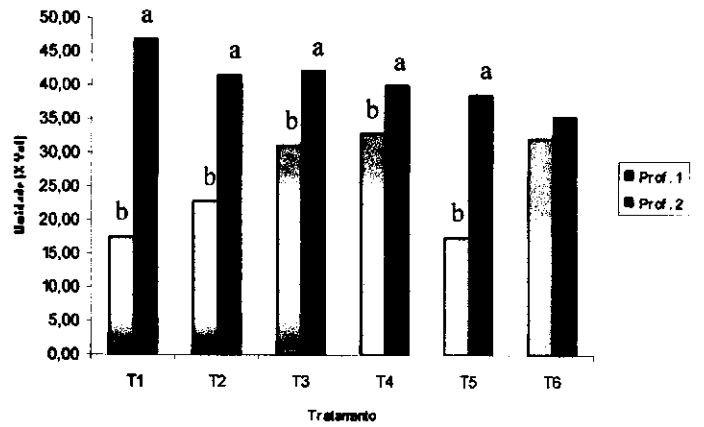
06/05/11



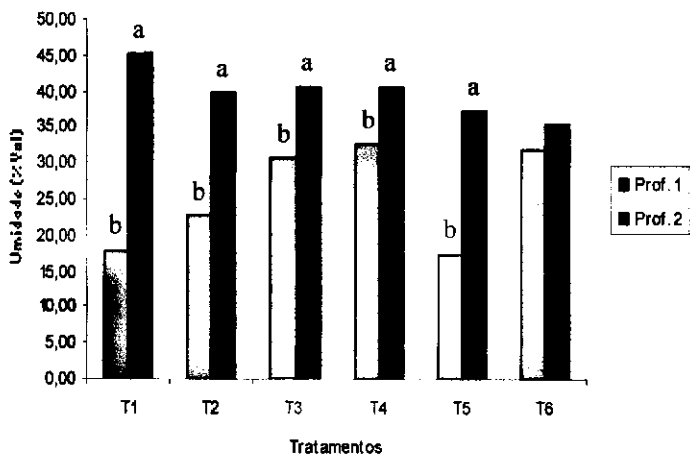
13/05/11



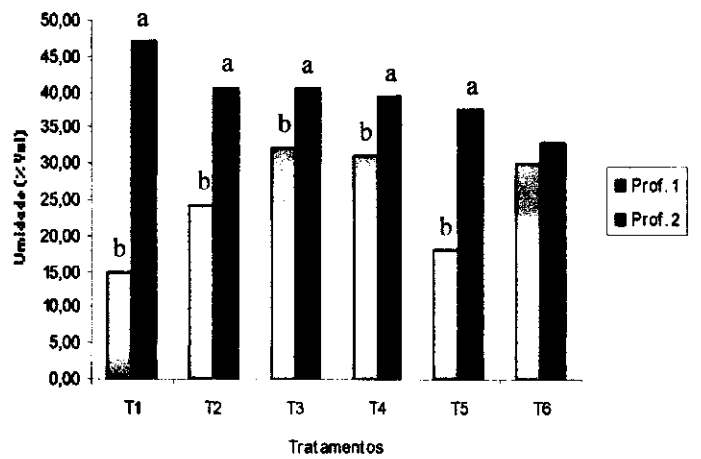
20/05/11



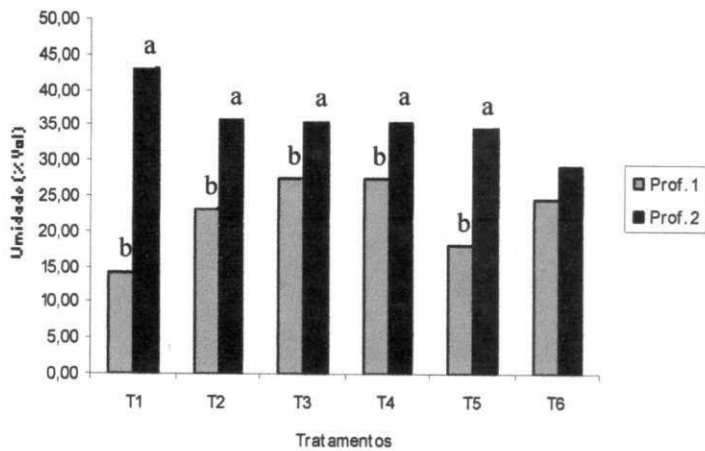
27/05/11



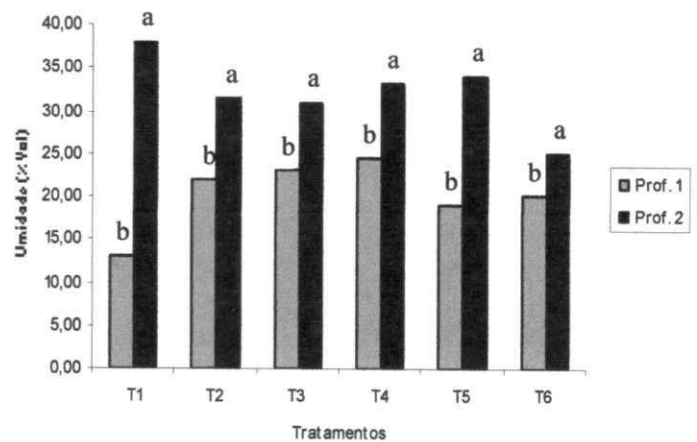
03/06/11



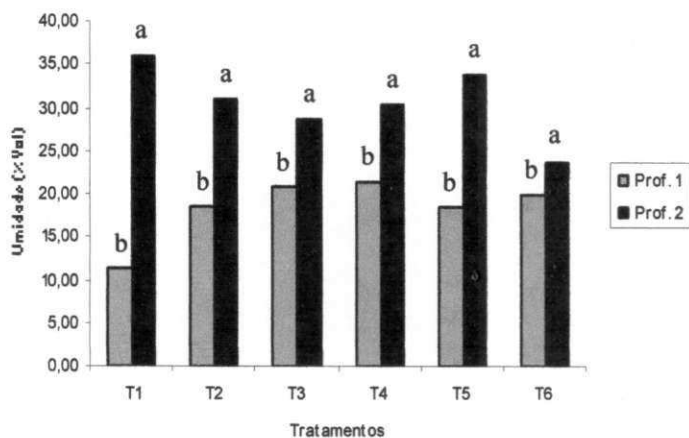
10/06/11



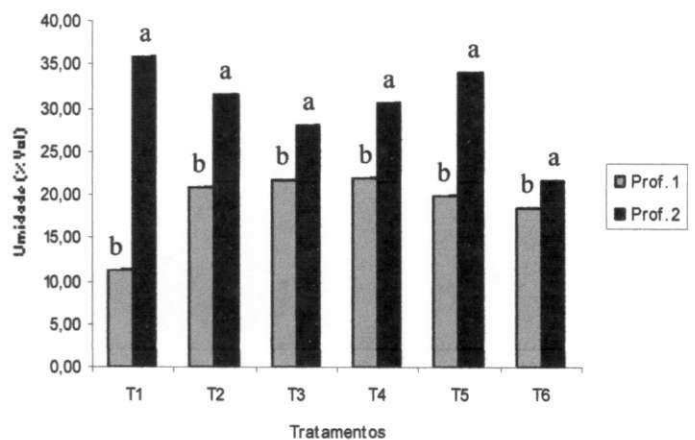
17/06/11



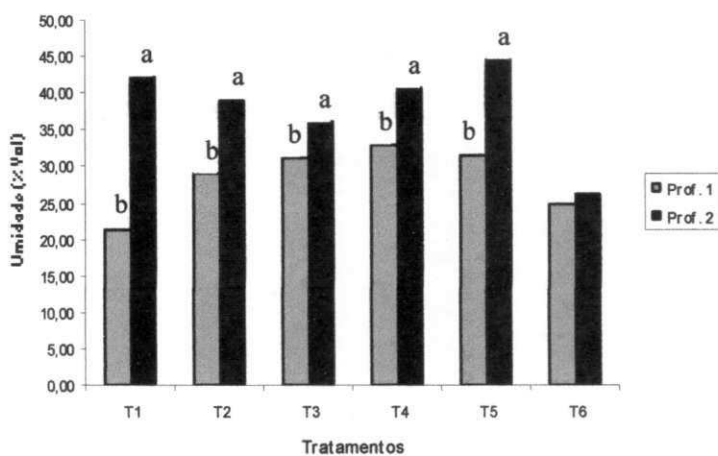
24/06/11



01/07/11



08/07/11



Prof. 1 - 0,10 m  
Prof. 2 - 0,50 m

Profundidades com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo dentro de cada conteúdo de água, pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ )

As profundidades com ausência de letras não foram significativas

Figura 16. Conteúdos de água no período chuvoso nas profundidade de 0,10 e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



#### 5.4.2. Período Seco

Observa-se, no resumo da análise de variância dos dados da variável conteúdo de água no solo determinados no período seco (Tabela 16), que, semelhante, ao ocorrido com a mesma variável no período chuvoso, todas as técnicas de captação de água *in situ* foram significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, em ambas profundidades.

O tratamento que resultou em maior retenção de água disponível no solo no período seco e na profundidade de 0,10 m, foi o que constou de plantio em bacias, com as plantas no centro da bacia (T5), enquanto o tratamento que obteve as menores médias foi o tratamento com ausência de técnicas de captação de água (T6) (Figura 17).

No entanto, na profundidade de 0,50 m as médias mais altas de água disponível no solo foram constatadas quando o plantio ocorreu em sulcos fechados entre plantas (T2); as médias mais baixas foram obtidas no tratamento com ausência de técnicas de captação de água.

Segundo Silva et al. (1993) em função da grande variação das chuvas registradas nas unidades geoambientais identificadas na região semiárida do Nordeste brasileiro é de fundamental importância o preparo do solo com técnicas de captação de água de chuva *in situ*, visando assegurar os cultivos implantados em regime de sequeiro principalmente para amenizar os efeitos do déficit hídrico ocorrido em anos de pouca precipitação pluviométrica.

Com base no aporte de água de chuva, ao se viabilizar melhor aproveitamento das chuvas é possível ter uma alternativa de produção agrícola compatível com o funcionamento natural dos ecossistemas, através do manejo adequado dos recursos da região. Portanto, a captação de água de chuva é uma alternativa viável de ser aplicada em regiões semiáridas para amenizar a vulnerabilidade ambiental e social da região (BERVAL, 2007)

O principal objetivo na aplicação das técnicas é permitir a infiltração do maior volume de água de chuva possível, durante os períodos de escoamento, para ser armazenada no solo e usada posteriormente pelas plantas. Em geral, a aplicação dessas técnicas favorece as condições físicas e químicas do solo de forma a promover uma estabilização da paisagem que limite a erosão e que aproveite ao máximo a utilização da água de chuva (BERNAL, 2007).

Na profundidade mais superficial do solo (0,10 m) o plantio em bacias com as plantas no centro da bacia (T5), capta mais água que os demais tratamentos; na profundidade em que se deve concentrar a maior parte do sistema radicular das plantas (0,50 m), o plantio em sulcos abertos entre plantas (T1) foi mais eficiente que os demais tratamentos em reter a água disponível para as plantas de pinhão-manso.

Segundo Bernal (2007) os sistemas de captação de água de chuva por escoamento podem ser eficientes se aplicados em áreas degradadas de características semelhantes às da região semiárida do Médio Jequitinhonha.

Ainda observando a Figura 17 percebe-se que as menores médias de água disponível no solo foram, em ambas as profundidades, no tratamento sem técnicas de captação de água. Este fato era esperado mas só veio a surgir no período seco. Bernal (2007) estudando diferentes técnicas de captação de água de chuva, *in situ*, observou, maiores benefícios no período seco em que todos os tratamentos de manejo de solo resultaram em maior infiltração de água.

Nota-se, na Figura 17, que a capacidade de retenção de umidade no perfil do solo a 0,50 m é maior que a 0,10 m de profundidade, em todas as técnicas de captação de água.

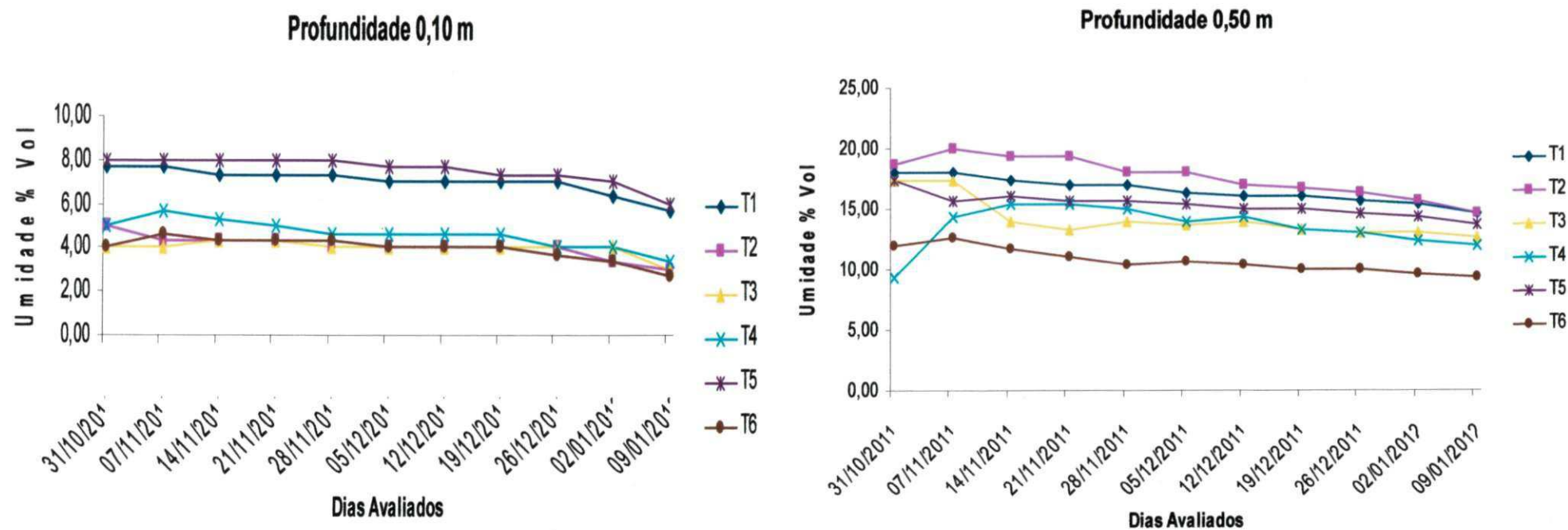
Na Figura 18 observa-se que os conteúdos de água no solo no período seco em função de técnicas de captação de água *in situ*, surtiram efeitos significativos ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) dos tratamentos em cada profundidade e em todos os dias de avaliação. Ao contrário do que se observou nos conteúdos de água determinados no período chuvoso, independentemente do uso de técnicas de captação de água *in situ*, no período seco, a captação e o armazenamento de água no solo foram semelhantes, visto que a falta de chuva nessa época do ano faz com que não haja influência das técnicas de captação de água sobre a captação e armazenamento de água no solo.

Tabela 16. Resumo da análise de variância dos conteúdos de água no período seco, nas profundidades de 0,10 e 0,50 m em função de técnicas de captação de água *in situ*, em diferentes dias de avaliação. Campina Grande, PB, 2012

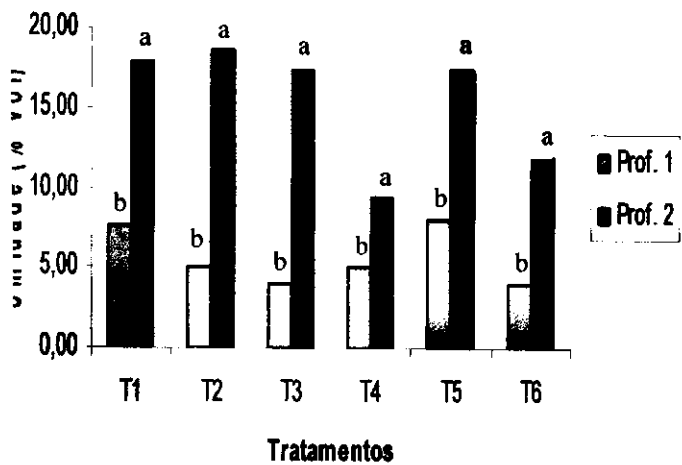
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios										
		31/10/11	7/11/11	14/11/11	21/11/11	28/11/11	5/12/11	12/12/11	19/12/11	26/12/11	2/01/12	8/01/12
Tratamentos	5	35,1611**	14,3611**	18,4444**	20,6500**	20,3611**	17,9111**	16,0666**	17,5111**	18,1111**	16,2944**	14,3777**
Profundidade	1	870,2500**	1013,3611**	900,0000**	850,6944**	831,3611**	802,7777**	765,4444**	711,1111**	693,4444**	684,6944**	711,1111**
Trat x Prof	5	18,3166**	15,6944**	10,8666**	12,6944**	11,0277**	9,5111**	8,1111**	7,3111**	6,2444**	6,2944**	4,4444**
Blocos	2	1,1944	0,8611	1,1944	0,5833	0,0277	0,1944	0,3333	0,1111	0,1111	0,1944	0,0277
Resíduo	22	1,4065	0,8005	0,9823	0,8257	0,4217	0,7095	0,3636	0,4141	0,2323	0,2247	0,3308
CV (%)		11,27	8,11	9,34	8,72	6,37	8,47	6,13	6,70	5,13	5,25	6,86

\*\* Significativo a 1%, pelo Teste

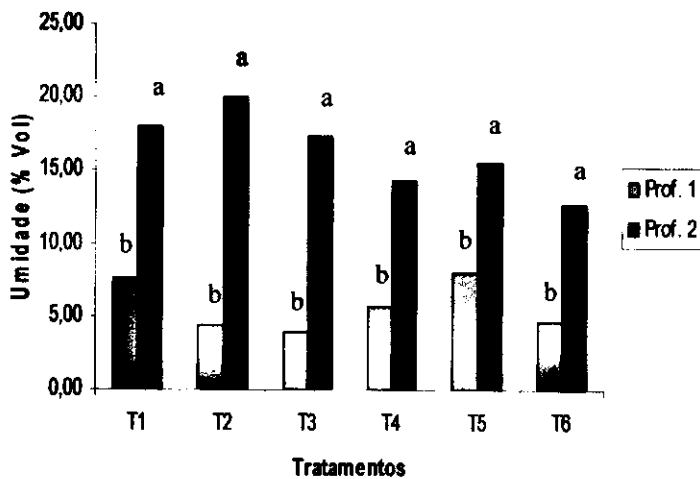
Figura 17. Evolução dos conteúdos de água no período seco nas profundidade de 0,10 e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012



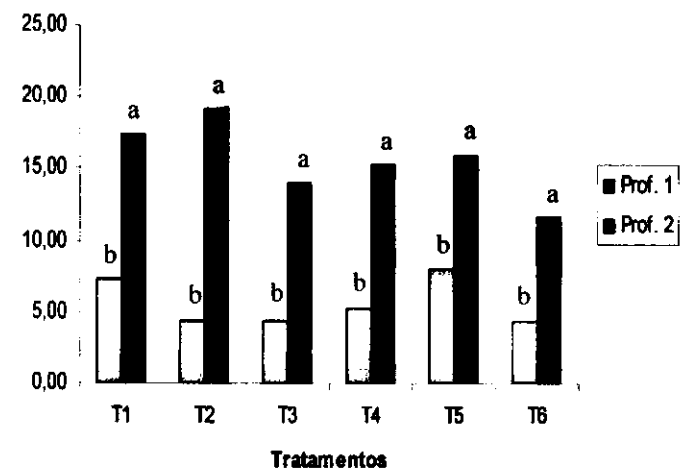
31/10/11



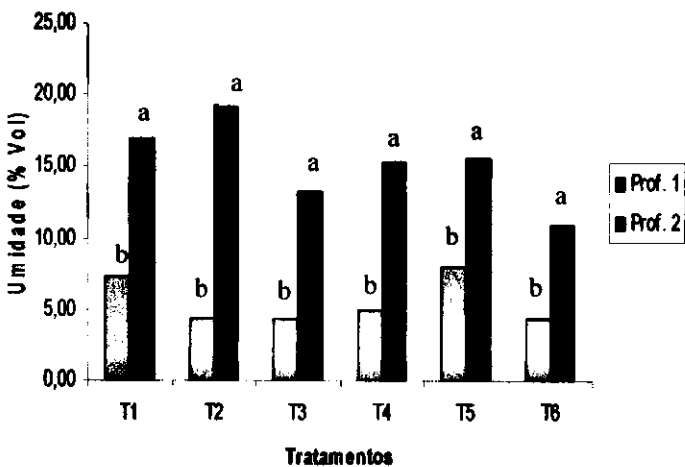
07/11/11



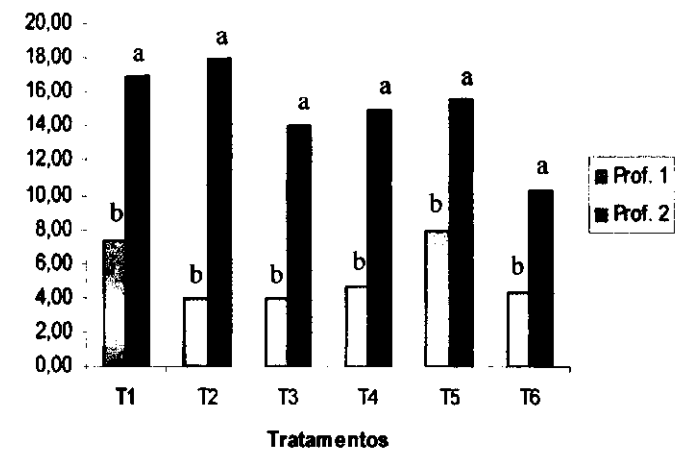
14/11/11



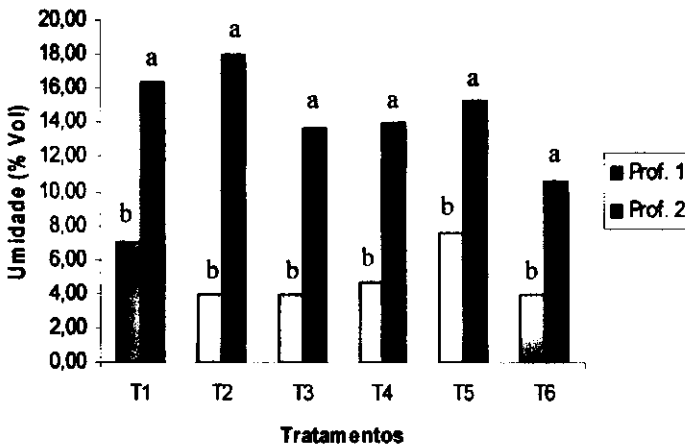
21/11/11

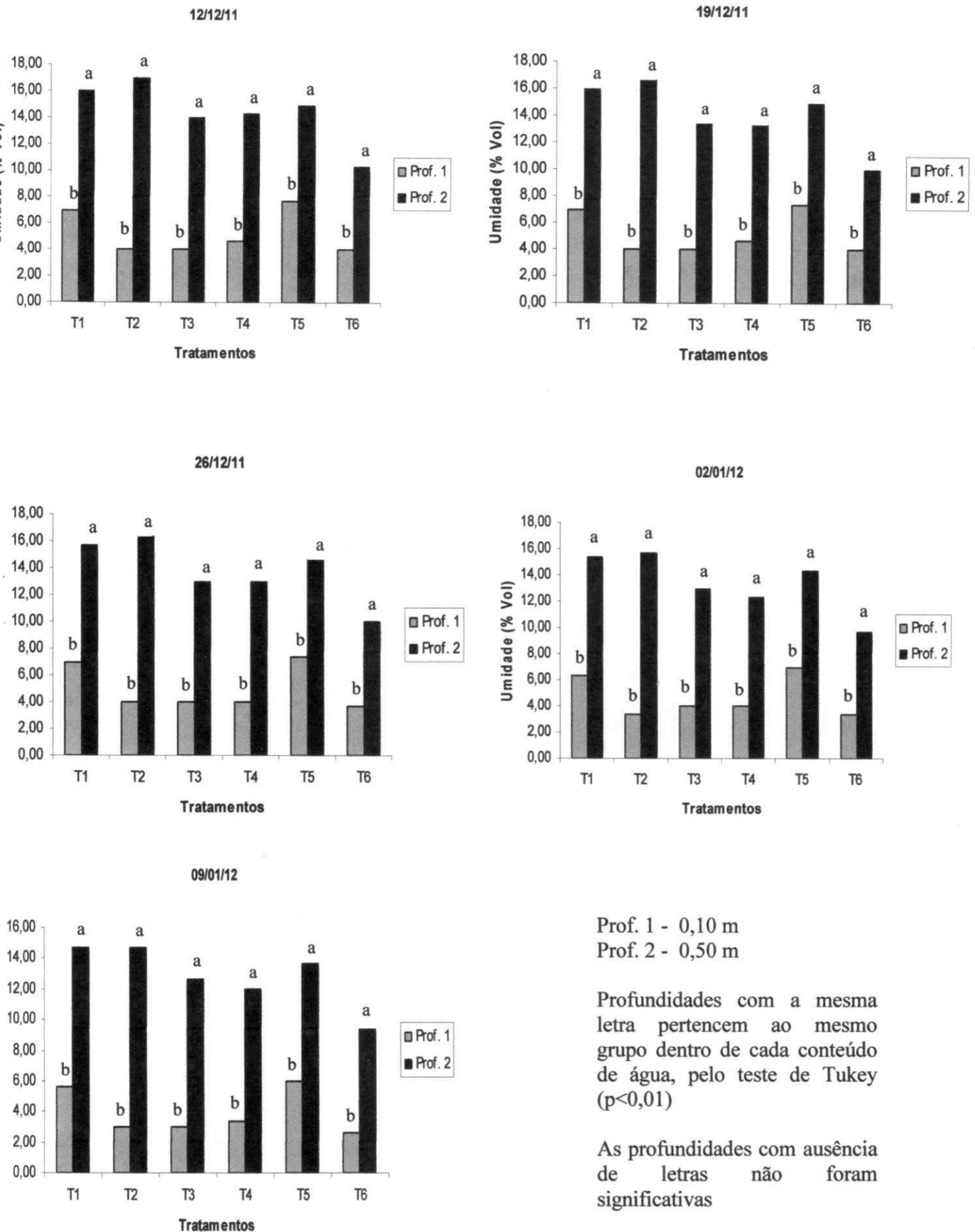


28/11/11



05/12/11





Prof. 1 - 0,10 m  
 Prof. 2 - 0,50 m

Profundidades com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo dentro de cada conteúdo de água, pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ )

As profundidades com ausência de letras não foram significativas

Figura 18. Conteúdos de água no período seco nas profundidade de 0,10 e 0,50 m, em função de técnicas de captação de água *in situ*. Campina Grande, PB, 2012

## 6. CONCLUSÕES

- Não há influência das formas especiais de preparação do solo para captação de água *in situ*, sobre as variáveis de crescimento das plantas, em análises pontuais ao longo do ciclo;
- Ao longo do ciclo as variáveis de crescimento são beneficiadas pelas formas de preparação do solo, para favorecer a captação de água *in situ*, em comparação ao tratamento com ausência de técnica de captação;
- Menores valores dos componentes de produção de pinhão-manso são registrados em plantas cultivadas em solo sem estrutura de captação de água *in situ*;
- Maiores captação de água, no período chuvoso, ocorrem quando o plantio é feito em sulco na base do camalhão (T4) e em sulco sem camalhão (T1), na profundidade de 0,10 m e 0,50 m, respectivamente;
- As técnicas de captação de água *in situ* que conservam mais água, no período seco, são plantio no centro da bacia (T5) e no fundo de sulcos barrados entre plantas (T2) na profundidade de 0,10 m e 0,50 m, respectivamente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, J. B. Métodos de captación de água de chuva in situ e irrigación. In.: FAO (Roma, Itália). **Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos**. Roma, 2000. Cap. 15, p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8).

ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. L. **Sistema de cultivo em camalhões com sulcos barrados**. Petrolina-PE. 1999. (Instrução Técnica, 10).

ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**, 1994. 87p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; Severino, L. S. Cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semiárido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M. **Agronegócio das oleaginosas no Brasil**. Informe Agropecuário, 26:44-78, 2005.

BELTRÃO, N. E. de M. **Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta as condições brasileiras**. Campina Grande: EMBRAPA. 2006. 4p.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V. Considerações gerais sobre o pinhão-manso (*Jatrofa curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisa, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006, Varginha, MG. Biodiesel: evolução tecnológica e qualidade: **Anais...**, Lavras: UFLA, 2006. 1 CD-ROM.

BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; PEREIRA, J.R. Segmentos do agronegócio da mamona. I. Diagnóstico da ricinocultura da região de Irecê, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande, PB. **Manual do congressista: energia e sustentabilidade**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2004. p.63-64.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, 41p. 2003.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas, In: BERGAMASCHI, H. et al. (Ed.). **Agrometeorologia aplicada a irrigação**: Porto Alegre: Editora da Universidade, 1999. cap.2, p. 25-32.

BERNAL, N. A. H. **Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semi-árida do Vale do Jequitinhonha**, 2007. 202p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl.(Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 595-602, 2006.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.

BRAGA, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 3ed. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORESTAS TROPICAIS, 2., 1976, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1976. p.412-413 (Coleção Mossoroense, v. XLII).



BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985. 364p. (Documentos, 16).

BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v.38, n.1, p.1-9, 1968.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S. & COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho- Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:257-265, 1999.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CEARÁ BIODIESEL: origem, utilização e distribuição do pinhão-mansão. Disponível em:<<http://cearabiodiesel.blogspot.com/2007/11/origemutilizaoedistribuiodopinho.htm>> Acesso em: 11/8/2009.

COELHO, E.F.; OR, D. Flow and uptake patterns affecting soil water sensor placement for drip irrigation management. **Transactions of the ASAE**, Sant Joseph, v. 39, n. 6, p. 2007-2016, 1996.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

DANGE, V.; SUTHAR, D.; REDDY, P. S. **Biodiesel** through *Jatropha curcas*: a critical analysis. In: SINGH, B.; SWAMINATHAN, R.; PONRAJ, V., **Biodiesel**. 2006.

DIAS JUNIOR, M.S. & ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:45-51, 1999.

DUKE, S. H.; REISENAUER, H. M. Roles and requirements of slfur in plant nutrition. In: **SULFUR in agriculture**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1986. p.123-168. (Agronomy monography, 27).

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1973. 238p.

DURET, T.; BARON, V.; ANJOS, J.B. dos **Mecanização agrícola e alternativas para o cultivo de sequeiro**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1985. 10p. (Embrapa-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 43).

FARIA, C.M.B. de. **Práticas que favorecem a capacidade produtiva do solo na agricultura de sequeiro do semi-rido brasileiro**. Petrolina-PE: EMBRAPA-CPATSA, 1992. 30p.(EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 28).

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada  agronomia**. 2ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

GOMES, F.H.T. **Composição químico-bromatológica e degradação in situ de nutrientes de co-produtos da mamona e do pinhão-manso da cadeia produtiva do biodiesel**. 2007. 49f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. **Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo**. *Bragantia*, 21:285-295, 1962.

GBITZ, G. M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technology**, Fayetteville, n.67, p.73-82, 1999.

HELLER, J. **Physic nut: Jatrofa curcas L.** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 66p.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social.** Brasília: Coordenação de Publicações, 2004. p.13-60 (Série Cadernos de Altos Estudos, n.1).

HSIAO, T. C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.

HUMPHREYS, L.R. Subtropical grass growth: II Effects of variation in leaf area index in the field. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v.23, p.388-358, 1966.

JONES, C. A. **C4 Grasses and Cereals: Growth, Development and Stress Response.** New York: John Wiley e Sons, 1985. 419p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LAUCHILI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (ed.) **Agricultural salinity assessment and management.** New York: SCE, p.113-137, 1990.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, A. S., Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:35-41, 2008.

LEONG, W. **Canopy modification and its effects on the growth and yield of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.** 1980. 283 p. Thesis (Ph.D.) - Faculty of Agriculture Sciences of Ghent, Ghent.

LOJAN, L. **Tendências del crecimiento radial de 23 especies forestales del trópico.** Turrialba, San José, v. 18, n. 3, p. 275-281, 1968.

MAKKAR H. P. S. BECKER K. SPORER F, AND WINK M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.8, p.3152-3157, 1997.

MATOS, M. M. **A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) no Brasil.** MAPA BRASÍLIA – DF, 2007, 29p.

MUNCH, E.; KIEFER, J. Die Purgiernuss (*Jathropa curcas* L.). Mehrzweckpflanzeals Kraftstoffquelle der Zukunft.- **GTZ 'Schriftenreihe' Publications**, n. 209. 1989.

MUNNS, R.; BRADY, C. J.; BARLOW, E. W. R. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.6, p. 379-389, 1979.

NUNES, C. F.; PASQUAL, M. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).** 2007. 78f. (Dissertação de Mestrado ) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

OLIVEIRA, S. J. C. **Componentes de crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação mineral e da poda.** Areia, 2009. 126p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: Tecbio, 2003. 66p.

PEDRONI, F.; MARYLAND, S.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudoeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 183-194, 2002.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo, Nobel, 1973.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. **Fundação de Estudos Agrários Luís de Queiroz**, 1997. 183p.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; FOLEGATTI, M. V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. v.1. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 121-194.

PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente da chuvas. In: In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA). p.60-85, 2011.

PURCINO, A.A.C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão-manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 17p.

RATREE, S. A. Preliminary study on physic nut *Jatropha curcas* in thailand. **Journal of Biological Sciences**, v.7, n.9, p. 1620-1623, 2004.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Movimento de água e soluto nas plantas. In: **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 2001. 720p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 12:211-216, 1988.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas. Mensuração do crescimento**. Belém: FCAP, 1979. 39 p.

SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de alagoas**, 2008. 79p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

SANTOS, D. L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 625-632, 2005.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. **Cultura do pinhão-mansão (*Jatrofa curcas* L.)**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p.44 - 78, 2005.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. In: I Congresso de Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. **Anais...**, Brasília, p.73-77, 2006.

SHARMA, N. The *Jatropha* experience: Andhra Pradesh. In: SINGH, B.; SWAMINATHAN, R.; PONRAJ, V. (Eds.). **Biodiesel Conference Towards Energy Independence. Focus on *Jatropha***, v. 9, n. 10, June, India, , p.9-15. 2006.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R. & ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8:265-268, 1984.

SILVA, M. B. R. **Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão-mansão irrigado com água residuária em função da evapotranspiração**, 2009. 150p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 46p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34).

SILVA, E. L.; GERVÁSIO, E. S. Uso do instrumento TDR para determinação do teor de água em diferentes camadas de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.417-420, 1999.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10:91-95, 1986.

SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil: tecnologias de baixo custo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128 p. (Documentos, 14).

SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; BRITO, L.T. de L.; MONTEIRO, M.A.R. **Captação de água de chuva "in situ" I: Comparação de métodos da região semi-árida brasileira**. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. Petrolina, 1989. P.5-24.. (EMBRAPA-CPATSA. Boletm de Pesquisa, 35).

SILVA, F. B. R. e.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de.; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTE, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da.; SILVA, A. B. da.; ARAÚJO FILHO, J. C. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina-PE: EMBRAPA - CPATSA/Recife: EMBRAPA - CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, v.1. 1993.

SMITH, G.L. **Water harvesting technology applicable to semiarid, subtropical climates**. In: AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (Washington, D.C.) Bibliographics input sheet. Forth Colligs, Colorado State University. 1978. p.1-6.

SOUZA, M. R. **Comportamento de feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L. cv Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação**, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB.

SOUZA FILHO, F. A. A política nacional de recursos hídricos: Desafios para sua implantação no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA). p.2-25, 2011.

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E. Avaliação de sondas multi-haste segmentadas para o monitoramento da umidade do solo por meio da técnica de TDR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p.63-68, 2002.

SUJATHA, M. e DHINGRA, M. Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima*. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**. 1993. 35: p.293-296.

SWOT, C. M. Case research in operations management. **International Journal of operations and production management**. New York, v.22, n.2, p.195-219, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p.19-30 (Circular, 23)