

## Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro

Aires Souza, J.T.<sup>1</sup>; da Silva Ribeiro, J.E.<sup>1</sup>; de Farias Ramos, J.P.<sup>2</sup>; Hauss de Sousa, W.<sup>2</sup>; Silva Araújo, J.<sup>3</sup>; Ferreira Costa Lima, G.<sup>4</sup> e Alves Dias, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba. Paraíba. Brasil.

<sup>2</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba. Paraíba. Brasil.

<sup>3</sup>Instituto Nacional do Semiárido. Brasil.

<sup>4</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Brasil.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Adaptação.

Cactácea.

Ecofisiologia.

Seleção.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Adaptation.

Cactaceae.

Ecophysiology.

Selection.

### INFORMATION

Cronología del artículo.

Recibido/Received: 20.03.2018

Aceptado/Accepted: 01.09.2018

On-line: 07.04.2019

Correspondencia a los autores/Contact e-mail:

thyago.agro@hotmail.com

### RESUMEN

A seleção de novos genótipos de palma forrageira é essencial, principalmente pelo reduzido número de materiais existentes, para isto a avaliação dos aspectos fisiológicos pode ser um importante critério a se considerar. Neste contexto, realizou-se um experimento de janeiro a novembro de 2016 na Estação Experimental Benjamim Maranhão, pertencente à EMEPA-PB no município de Tacima, estado da Paraíba, Brasil, objetivando avaliar o rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com seis tratamentos, correspondentes aos genótipos V07 Negro Michoacan, V14 Califórnia, T03 Raio Vigor, T42 Amarilla Vach, FR Directeur e F16 Oreja de Elefante, todos de origem mexicana, oriundos do banco de germoplasma da EMEPA e três repetições, com 20 plantas por unidade experimental. As variáveis avaliadas foram fluorescência da clorofila a inicial, máxima e variável, além da relação fluorescência variável/inicial, rendimento quântico potencial, eficiência do uso da chuva, acúmulo de água e pegada hídrica cultural. Os genótipos V07 Negro Michoacan e V14 Califórnia se mostraram ( $P < 0,05$ ) mais eficientes quanto à atividade fotoquímica do fotossistema II, potencializando sua atividade fotoquímica, expressando também maior eficiência no uso da água, sendo recomendados para o cultivo na região semiárida.

### Quantum yield and water use efficiency of genotypes of forage spineless cacti in the Brazilian Semi-arid

### SUMMARY

The selection of new genotypes of forage spineless cacti is essential, mainly due to the limited number of existing materials, for this the evaluation of the physiological aspects can be an important criterion to consider. In this context, an experiment was carried out from January to November 2016 at the Benjamim Maranhão Experimental Station, belonging to EMEPA-PB in the municipality of Tacima, state of Paraíba, Brazil, objectifying to evaluate the quantum yield and water use efficiency of forage spineless cacti genotypes in the Brazilian Semi-arid. The experiment was conducted in a randomized block with 6 treatments, corresponding to the genotypes V07 Negro Michoacan, V14 Califórnia, T03 Raio Vigor, T42 Amarilla Vach, FR Directeur e F16 Oreja de Elefante, all of Mexican origin, originating from the EMEPA germplasm bank in three replicates, with 20 plants per experimental unit. The evaluated variables were chlorophyll a fluorescence initial, maximum and variable, in addition to the variable/initial fluorescence ratio, potential quantum income, efficiency of rainfall use, water accumulation and cultural hydric footprint. The genotypes V07 and V14 were more efficient ( $P < 0.05$ ) in the photochemical activity of photosystem II, potentializing its photochemical activity, expressing also greater efficiency in water use, being recommended for cultivation in the semiarid region.

### INTRODUÇÃO

Nas áreas semiáridas do Brasil, a pecuária se destaca como uma das principais atividades desde os perí-

dos da colonização, tendo como sustentação alimentar quase sempre as pastagens nativas da caatinga. Entretanto, fatores como o desmatamento e o super-pasto-

reio sem respeitar a capacidade de suporte animal das propriedades rurais, acabaram por reduzir o potencial de produção de forragem dessas áreas (Coutinho et al. 2013, p. 13).

Neste cenário, a palma forrageira (*Opuntia* sp. ou *Nopalea* sp.) se destaca como umas das plantas com maior potencial de cultivo e produção de forragem nas condições semiáridas, sendo uma das bases de alimentação animal nesta região, principalmente na época da estiagem (Lira et al. 2017, p. 4). Em virtude do hábito xerófito e do metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que resulta no fechamento dos estômatos durante o dia e abertura a noite com a fixação de CO<sub>2</sub>, esta cactácea consegue obter alta eficiência no uso da água, sendo altamente indicada para o cultivo nas zonas secas do Nordeste (Ramos et al. 2017, p. 2).

Ultimamente, devido à dizimação dos palmais de *Opuntia* ficus indica (palma Gigante), praticamente a única variedade cultivada nas regiões semiáridas de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, pela cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), alguns materiais resistentes a esta praga foram introduzidos. O estado de Alagoas pelo cultivo tradicional de palma doce miúda (*Nopalea cocholenifera* Salm Dyck), variedade resistente à esta praga tem alcançado rendimentos de matéria seca próximos à 40 Mg ha<sup>-1</sup>, produtividade satisfatória ao se levar em conta a heterogeneidade temporal da região (Cavalcante et al., 2014). Entretanto, ainda são poucas as pesquisas que visam avaliar novos genótipos, proporcionando uma recomendação mais precisa dos materiais promissores para as mais diversas utilidades nos sistemas de produção, principalmente, na região semiárida (Perazzo et al. 2013, p. 1772).

Durante o processo adaptativo, as plantas podem sofrer com estresses ambientais, que refletem diretamente nos aspectos fisiológicos, como a fluorescência da clorofila *a*, apresentando sintomas de alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, que provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência, quantificados nas folhas pela fluorescência inicial (F0), máxima (Fm) e variável (Fv) da clorofila *a*, além do rendimento quântico potencial (Fv/Fm) (Silva et al. 2011, p. 66; Freire et al. 2014, p. 82).

O funcionamento do fotossistema II (PSII) é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de carbono pelas plantas, auxiliando no diagnóstico da integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais (Tester e Bacic 2005, p. 791). Inúmeros mecanismos fisiológicos são correlacionados com as condições de adaptabilidade das plantas, e além da fluorescência, a eficiência do uso da água, especialmente em regiões semiáridas, pode ser usada também como indicador para avaliar as mudanças ambientais e seus efeitos na dinâmica fotossintética e fixação de carbono pelas plantas (Suassuna et al. 2011, p. 1256; Silva et al. 2015, p. 948).

Estudos referentes aos aspectos fisiológicos em palma forrageira ainda são escassos, dessa forma a realização de trabalhos que visem incrementar o conhecimento e a compreensão da dinâmica fisiológica desta cactácea em condições semiáridas se torna essen-

cial. Neste contexto, objetivou-se avaliar o rendimento quântico e a eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de janeiro a novembro de 2016 na Estação Experimental Benjamim Maranhão, localizada no município de Tacima, Paraíba, Brasil, situada na Mesorregião do Agreste paraibano, Microrregião do Curimataú Oriental, coordenadas 6° 29' 16" leste e 35° 38' 13" oeste, com altitude de 168 m, pertencente a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA). A variação meteorológica ocorrida durante o período experimental se encontra na **Figura 1**.

Baseado na classificação de Köppen, o tipo climático da região é As, semiárido quente, com chuvas de março a junho, apresentando temperaturas médias anuais em torno de 24,8°C, umidade relativa do ar em torno de 68%, ocorrendo precipitação pluvial média de 626 mm anuais, com déficit hídrico na maior parte do ano (Alvares et al. 2013, p.).

O experimento foi realizado no delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições, com 20 plantas por unidade experimental, os mesmos foram constituídos por seis genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* spp. e *Nopalea* spp., sendo, V07 - Negro Michoacan, V14 - Califórnia, T03 - Raio Vigor, T42 - Amarilla Vach, FR - Directeur e F16 - Oreja de Elefante, todos originários do México.

O plantio ocorreu em Novembro de 2015 e o período experimental iniciou-se em Janeiro de 2016, com um cladódio por cova, na posição vertical, com espaçamento entre linhas de 1,0 m e entre plantas de 0,4 m, correspondente a uma densidade de 25 mil plantas por hectare.

Antes do plantio, foram colhidas 15 amostras simples do solo na profundidade de 0–20 cm da área experimental, em seguida transformadas em uma amostra composta encaminhada para o laboratório de solos do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba em Areia-PB para caracterização quanto à fertilidade, os resultados se encontram na **Tabela I**. As amostras de solo foram coletadas nesta profundidade, devido aproximadamente 75 % do sistema radicular da palma forrageira localizar-se nesta profundidade (Santos et al. 2017, p. 82).

Com o palmal estabelecido (60 dias após o plantio) foi realizada uma adubação em função dos resultados da análise de solo (**Tabela I**) e da respectiva recomendação sugerida por Santos et al. (2008, p. 180) para a cultura, a adubação potássica foi efetuada em parcela única, aplicando-se 3,4 g de cloreto de potássio/cova, entretanto a adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações de 4,4 g de ureia/cova aos 60 e 120 dias, não houve necessidade de adubação fosfatada, tendo em vista os resultados da análise de solo.

Periodicamente foram realizados tratos culturais, na forma de capina com enxada, em toda a área culti-

vada. Em Dezembro de 2016, aos 360 dias após plantio, efetuou-se a colheita e coleta dos dados com auxílio de cutelo realizou-se o corte dos cladódios, conservando a planta mãe e os cladódios primários, com objetivo de manutenção do estande.

As variáveis avaliadas foram fluorescência da clorofila *a* inicial (F0), máxima (Fm) e variável (Fv), além da relação Fv/F0, rendimento quântico potencial (Fv/Fm), eficiência do uso da chuva (EUC), acúmulo de água (ACA) (litros m<sup>2</sup> e litros ha<sup>-1</sup>) e pegada hídrica cultural (PHC).

As determinações de emissão da fluorescência da clorofila *a*, foram efetuadas no penúltimo mês de cultivo entre 09:00 e 11:00 da manhã, horário mais adequado para a mensuração da fluorescência (Maxwell & Johnson, 2000), sendo realizadas as leituras em duas plantas de cada parcela e em dois cladódios maduros de cada planta, caracterizando-se por sustentar de um a dois cladódios jovens. Foi utilizado um fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II® (Hansatech Instruments Co., UK). As áreas dos cladódios foram adaptados ao escuro por 30 minutos utilizando-se pinças próprias do fluorômetro (Roháček 2002, p. 15; Nunes et al. 2017, p. 173).

A produtividade de matéria verde em Mg/ha<sup>-1</sup> foi determinada através do corte das plantas aos 360 dias após o plantio, considerando-se o peso médio da parcela e em seguida multiplicados pela população de plantas por hectare. Em seguida retirou-se uma sub amostra de cada tratamento para pré-secagem em estufa a 65°C por 72 horas, a fim de quantificar o teor de matéria seca (MS) de acordo com metodologia preconizada pela AOAC (1990, p. 69), em seguida a produtividade de matéria seca também em Mg/ha<sup>-1</sup> foi obtida pela equação 1:

$$PMS = PMV * \%MS \quad \text{Eq.1}$$

Em que:

PMS = Produtividade de matéria seca

PMV = Produtividade de matéria verde

%MS = Percentual de matéria seca da amostra

A partir destes valores calculou-se o acúmulo de água pelas plantas (litros m<sup>2</sup> e litros ha<sup>-1</sup>) de acordo com a equação 2:

$$ACA = PMV - PMS \quad \text{Eq.2}$$

A EUC dada em kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> foi estimada pela equação 3:

$$EUC = PMS (kg/ha^{-1})/PA \quad \text{Eq.3}$$

Em que: PA = precipitação acumulada durante o período experimental (Figura 1).

A pegada hídrica cultural (m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O Mg MS ha<sup>-1</sup>) foi calculada através da equação 4, de acordo com Carvalho & Menezes (2014, p. 175):

$$PHC = PA/PMS \quad \text{Eq.4}$$

Após levantamento e tabulação os dados foram submetidos à análise de variância com a finalidade de se verificar a existência de variabilidade entre as características agrônômicas dos seis genótipos de palma avaliados. As médias que apresentaram diferença foram comparadas utilizando-se o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, sendo as análises estatísticas realizadas pelo o software Statistical Analysis System – SAS (SAS Institute 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de não diferir estatisticamente dos genótipos V14, T03 e T42, as plantas de FR obtiveram maior valor médio (Figura 2A) para a fluorescência inicial (F0), 58,8 elétrons quantum<sup>-1</sup>, esta variável é definida como a intensidade de fluorescência quando todos os centros de reação do fotossistema II e as membranas fotossintéticas estão abertos (Baker e Rosenqvst 2004, p. 1615). O aumento nos valores desta indicam uma destruição do centro de reação do fotossistema II ou diminuição na capacidade de transferência da energia, devido ao desprendimento do complexo coletor de luz do complexo central desse fotossistema (Dias e Maren-

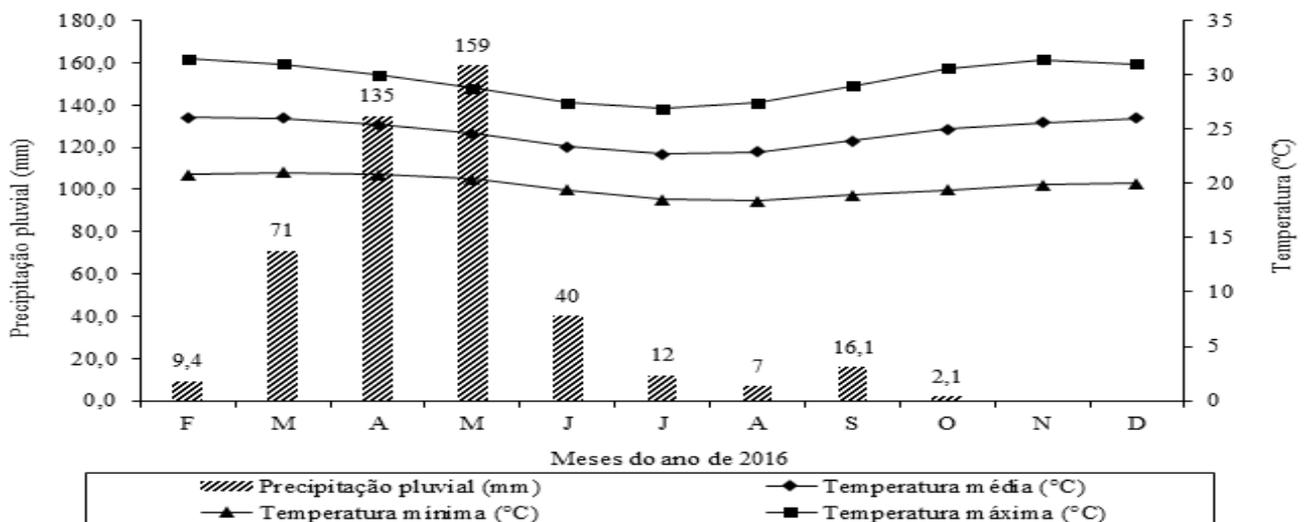


Figura 1. Precipitação mensal, temperaturas mínimas e máximas médias, durante o período experimental (Monthly precipitation, minimum and maximum temperatures during the experimental period).

**Tabela I. Atributos químicos do solo quanto à fertilidade na camada de 0-20 cm do solo** (Chemical soil attributes for soil fertility in the 0-20 cm soil layer).

Amostra	pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	V%	CTC	M.O	
	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	-----mg/dm <sup>3</sup> -----			-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----							g/kg
	6,2	86,76	200,82	0,08	1,57	0,00	0,83	0,49	55	3,49	9,88	

P, K, Na: Extrator Mehlich 1; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black; V%: saturação de base.

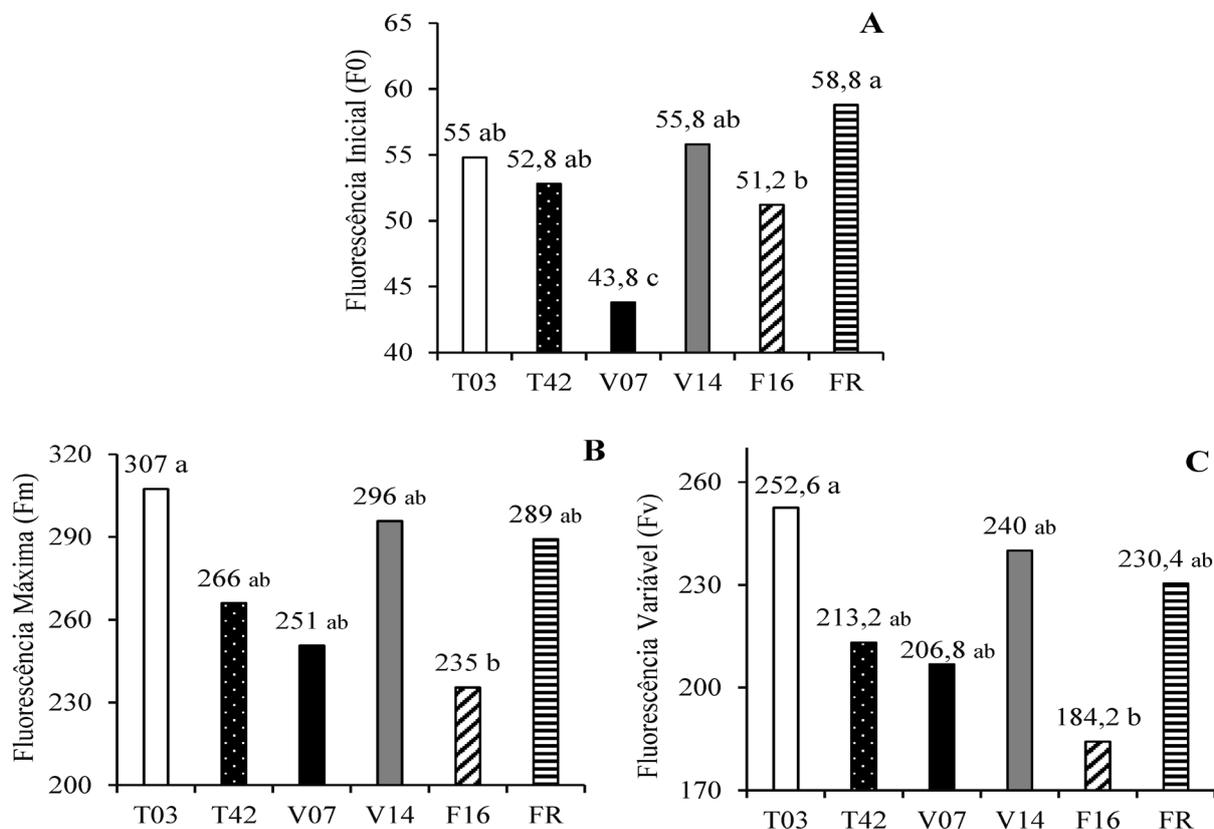
co 2006, p. 236). Lopes (2016, p. 115) ressalta ainda que como consequência da fotoinibição, o centro de reação e o complexo coletor de luz desacoplam-se, indicando incapacidade de transferir energia de excitação ao centro de reação, de tal forma que esta energia é emitida como fluorescência, elevando-se o valor de F0.

Quanto à fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv), os genótipos T03, T42, V07, V14 e FR não diferiram entre si, entretanto o genótipo F16 apresentou menor índice (235 e 184,2 elétrons quantum<sup>-1</sup>, respectivamente). Konrad et al. (2005, p. 345) e Suasuna et al. (2011, p. 1256) ressaltam que esse indicador representa a intensidade máxima da fluorescência, quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem sua capacidade máxima de reações fotoquímicas.

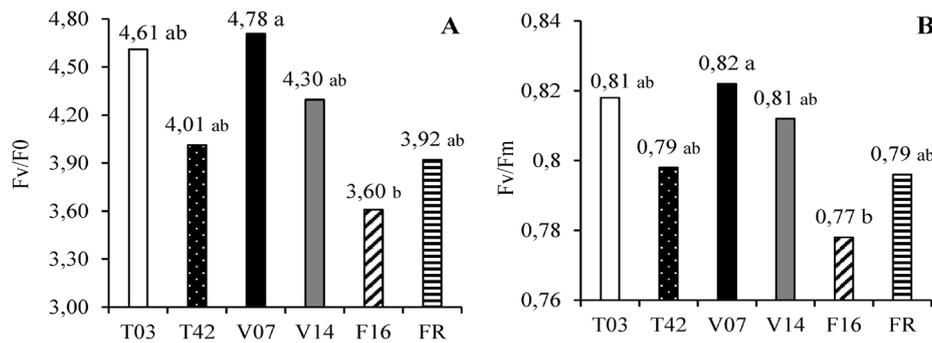
A Fv é o resultado da diferença entre Fm e F0, assim, a dinâmica desses valores representa uma relevante adaptação do tecido fotossintetizante ao escuro.

Nesse contexto, quanto mais elevada a Fv, maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos fotossintéticos para formação do redutor NADPH e ATP. Como resultado, será maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese (Roháček 2002, p. 16). Os menores índices obtidos pelas plantas de F16 apontam para reduções na capacidade de transferência de elétrons, constituindo-se em um indicativo da menor estabilização deste genótipo ao ambiente de cultivo (Nunes et al. 2017, p. 175).

A relação Fv/F0 (**Figura 3A**) mostrou-se inferior apenas para o genótipo F16 (3,60 elétrons quantum<sup>-1</sup>), esta razão é considerada como um indicador de maior sensibilidade às variações nas taxas de conversão fotossintética, por responder imediatamente a qualquer variação nos valores de F0 e/ou Fv. Dessa forma, um decréscimo na razão Fv/F0 pode advir de um aumento em F0 ou redução de Fv (Silva et al. 2015, p. 949). Vale



**Figura 2. Fluorescência inicial (A) máxima (B) e variável (C) de genótipos de palma forrageira** (Fluorescence initial (A) maximum (B) and variable (C) of forage spineless cacti genotypes).



**Figura 3.** Relação Fv/F0 e rendimento quântico potencial (Fv/Fm) de genótipos de palma forrageira (Figure 3. Fv/F0 ratio and potential quantum yield (Fv/Fm) of forage spineless cacti genotypes).

ressaltar ainda, que reduções nesses valores em resposta às condições de menor crescimento e/ou capacidade de absorção e conversão da energia luminosa, podem indicar dano fotoinibitório às plantas.

O rendimento quântico potencial apresentou a mesma tendência da relação Fv/F0, onde as plantas do F16 demonstraram-se menos eficientes na captura de energia de excitação pelos centros de reação do FSII (0,77 elétrons quantum<sup>-1</sup>), através da redução de sua atividade fotoquímica (Konrad et al. 2005, p. 344). Segundo Reis e Campostrini (2011, p. 291) plantas com valores de Fv/Fm entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum<sup>-1</sup> estão com o aparelho fotossintético intacto e as que apresentam valores inferiores a 0,75 elétrons quantum<sup>-1</sup> tem seu potencial fotossintético reduzido, indicando que os genótipos utilizados neste trabalho apresentavam rendimento quântico em valores adequados.

Observa-se na **Tabela II** que os genótipos T03, T42, F16, V07, V14 não diferenciaram-se quanto ao acúmulo de água, entretanto quando comparados aos resultados obtidos pelo genótipo FR, estes propiciaram incremento de 254,3; 501,8; 699; 647,3 e 647,1 %, ou seja, elevaram o acúmulo hídrico de 26.384 litros ha<sup>-1</sup> para 93.493, 158.794, 210.875, 197.175 e 197.126, respectivamente, ou de 2,64 litros m<sup>2</sup> para 9,34; 15,86; 21,08; 19,71 e 19,07. Estes resultados estão diretamente ligados à produtividade de massa verde, com consequente elevação do teor de água no suco celular das plantas.

Para condições de cultivo de plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> esses acúmulos podem representar pouco, mas para uma

região que sofre déficit hídrico na maior parte do ano e em se tratando do cultivo de uma cactácea representam muita coisa, potencializando o aproveitamento das poucas chuvas (Ramos et al., 2017). Nesse contexto, vale ressaltar, que apesar do baixo teor de matéria seca presente na palma forrageira, seu expressivo conteúdo de água é um fator primordial em regiões semiáridas, nos períodos de estiagem, quando essa cultura funciona também como reserva desse “nutriente” para os animais ruminantes (Cavalcante et al. 2014, p. 431).

Com relação à eficiência do uso da chuva (EUC), os genótipos V07, V14 e F16 se destacaram em comparação aos demais, obtendo respectivamente EUC de 38,40, 52,64 e 42,07 kg MS ha<sup>-1</sup>/mm<sup>-1</sup>, incrementos superiores a 50 % em relação ao genótipo T03, T42 e FR. Perazzo et al. (2013, p. 1775) ressaltam que a EUC pelas plantas em ambientes semiáridos é extremamente importante, haja vista que esta reflete a capacidade da cultura em acumular fitomassa, mesmo em condições de baixa precipitação e distribuição irregular.

A pegada hídrica na agricultura contabiliza o consumo hídrico por unidade de biomassa produzida em sistemas de produção vegetal (Hoekstra e Chapagain 2008, p. 173). Neste estudo observou-se maior pegada hídrica quando do cultivo do genótipo FR, 1.368 m<sup>3</sup> Mg MS ha<sup>-1</sup>, implicando dizer que este exigiu mais água por Mg de matéria seca produzida. Os demais genótipos não diferenciaram-se entre si, entretanto a menor média foi obtida pelo V14 (202,9 m<sup>3</sup>/Mg MS ha<sup>-1</sup>), este resultado são consequência da EUC, tendo em vista que estas variáveis são inversamente proporcionais.

**Tabela II.** Valores médios de acúmulo de água, eficiência do uso da chuva e pegada hídrica cultural em função de diferentes genótipos de palma (Mean values of water accumulation, efficiency of use of rain and cultural hydric cultural of different forage spineless cacti genotypes).

Genótipo	ACA (Litros ha <sup>-1</sup> )	ACA (Litros m <sup>2</sup> )	EUC (kg MS ha <sup>-1</sup> /mm <sup>-1</sup> )	PHC (m <sup>3</sup> Mg MS ha <sup>-1</sup> )
T03	93.493 <sup>ab</sup>	9,34 <sup>ab</sup>	21,07 <sup>bc</sup>	487,1 <sup>b</sup>
T42	158.794 <sup>ab</sup>	15,87 <sup>ab</sup>	24,96 <sup>b</sup>	595,2 <sup>b</sup>
V07	197.175 <sup>a</sup>	19,07 <sup>a</sup>	38,40 <sup>ab</sup>	268,9 <sup>b</sup>
V14	197.126 <sup>a</sup>	19,71 <sup>a</sup>	52,64 <sup>a</sup>	202,9 <sup>b</sup>
F16	210.875 <sup>a</sup>	21,08 <sup>a</sup>	42,07 <sup>ab</sup>	319,9 <sup>b</sup>
FR	26.384 <sup>b</sup>	2,64 <sup>b</sup>	7,30 <sup>c</sup>	1.368 <sup>a</sup>
EPM	77234,2	7,72	15,33	228,2
CV(%)	52,43	52,43	49,42	42,23

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Carvalho e Menezes (2014, p. 146) calcularam a pegada hídrica de diferentes variedades de palma forrageira e encontraram consumo de água distinto para ambas, onde o clone IPA-20 destacou-se por apresentar menor pegada hídrica ( $177,2 \text{ m}^3 \text{ Mg MS}^{-1}$ ). Isto correspondeu a reduções de 40,2; 31,8 e 16,3 % em relação às variedades miúda, redonda e gigante, que obtiveram 296,3; 260 e 211,7  $\text{m}^3 \text{ Mg MS}^{-1}$ . Estudos que visam a quantificação do consumo hídrico por culturas xerófitas na região semiárida, ainda são escassos, sobretudo quando se avaliam diferentes genótipos, resultados desta natureza são indispensáveis para a escolha do material menos sujeito aos efeitos de estresses abióticos, como o hídrico, o que possivelmente conduzirá a um melhor desenvolvimento e rendimento produtivo.

## CONCLUSÃO

O genótipo F16 Oreja de Elefante mostrou-se menos eficiente quanto à atividade fotoquímica do fotossistema II, entretanto, este e os materiais V07 Negro Michoacan e V14 Califórnia foram mais eficientes quanto ao acúmulo e eficiência do uso da água durante o período experimental, sendo recomendados para o cultivo na região semiárida.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvares, C, Stape, J, Sentelhas, P, Gonçalves, J e Sparovek, G 2013, 'Köppen's climate classification map for Brazil', *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, no. 6, pp. 711-728.
- Association of Official Agricultural Chemists, 1990, AOAC. Official Methods of the association of the agricultural chemists. 15.ed. Washington.
- Baker, N, e Rosenqvst, E 2004, 'Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities', *Journal of Experimental Botany*, vol. 55, no. 403, pp. 1607-1621.
- Carvalho, A e Menezes, R 2014, 'Pegadas hídricas em sistemas agropecuários na região semiárida do Nordeste do Brasil', *Revista Agro@mbiente On-line*, vol. 8, no. 1, pp. 142-148.
- Cavalcante, L, Santos, G, Silva, L, Fagundes, J e Silva, M 2014, 'Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo', *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 44, no. 4, pp. 424-433.
- Coutinho, M, Carneiro, M, Edvan, R e Pinto, A 2013, 'A pecuária como atividade estabilizadora no Semiárido Brasileiro', *Revista de Veterinária e Zootecnia*, vol. 20, no. 3, pp. 9-17.
- Dias, D e Marengo, R 2006, 'Photoinhibition of photosynthesis in *Minquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* inferred by monitoring the initial fluorescence', *Photosynthetica*, vol. 44, no. 2, p. 235-240.
- Freire, J, Dias, T, Cavalcante, L, Fernandes, P e Lima Neto, A 2014, 'Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta', *Revista Ciência Agronômica*, vol. 45, no. 1, pp. 82-91.
- Hoekstra, A e Chapagain, A 2008, 'Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources', Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
- Konrad, M, Silva, J, Furlani, P e Machado, E 2005, 'Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio', *Bragantia*, vol. 64, no. 3, pp. 339-347.
- Lira, M, Santos, M e Dias, F 2017, 'Histórico e Importância da palma', In: M Lira (ed.), *Palma Forrageira: Cultivo e Usos (Caderno 7)*, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco, Pernambuco, PE.
- Lopes, M 2016, 'Ecofisiologia, nutrição e análise econômica da palma forrageira sob diferentes manejos no Semiárido Brasileiro', Tese de Doutorado, visto em 20 de Março, <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17107>
- Maxwell, K, Johnson, G, 2000, 'Chlorophyll fluorescence – a practical guide', *Journal of Experimental Botany*, vol. 51, no. 345, pp. 659-668.
- Nunes, J, Cavalcante, L, Pereira, W, Souza, J, Almeida, D, Oresca, D e Fernandes, P 2017, 'Gas exchange and productivity of yellow passion fruit irrigated with saline water and fertilized with potassium and biofertilizer', *Ciencia & Investigación Agraria*, vol. 44, no. 2, pp.168-183.
- Perazzo, A, Santos, E, Pinho, R, Campos, F, Ramos, J, Aquino, M, Silva, T e Bezerra, H 2013, 'Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no Semiárido', *Ciência Rural*, vol.43, no.10, p.1771-1776.
- Ramos, J, Souza, J, Santos, E, Pimenta Filho, E e Ribeiro, O 2017, 'Crescimento e Produtividade de *Nopalea Cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina', *Revista Eletrônica de Veterinária*, vol. 18, no.8, pp. 1-12.
- Reis, F e Campostrini, E 2011, 'Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro', *Revista Brasileira Agrociência*, vol. 17, no. 3, pp. 284-295.
- Roháček, K 2002, 'Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning and mutual relationships', *Photosynthetica*, vol. 40, no. 1, pp. 13-29.
- Santos, D, Lira, M, Dubeux Júnior, J, Santos, M e Mello, A 2008, 'Recomendação de adubação para a palma forrageira', In: F Cavalcanti (ed.), *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª Aproximação*, Instituto Agronômico de Pernambuco, Recife, PE.
- Santos, M, Silva, A, Fonseca, V, Campos, A e Lisboa, M 2017, 'Irrigação na palma forrageira', *Informe Agropecuário*, vol. 38, no. 296, pp. 76-90.
- Statiscal Analisis Systems, 2010, SAS version 9.2 para windows, User's Guide Statics, Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC
- Silva, E, Ribeiro, R, Ferreira-Silva, S, Viégas, R e Silveira, J 2011, 'Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants', *Scientia Agricola*, vol. 68, no. 1, pp. 62-68.
- Silva, F, Dutra, W, Dutra, A, Oliveira, I, Figueiras, L e Melo, A 2015, 'Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação', *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 19, no. 10, pp. 946-952.
- Suassuna, J, Melo, A, Costa, F, Fernandes, P, Ferreira, R e Sousa, M 2011, 'Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação', *Semina*, vol.32, no. 4, pp.1251-1262.
- Tester, M & Bacic, A 2005, 'Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants', *Plant Physiology*, vol. 137, pp. 791-799