



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Victor Hugo Freitas Gomes

**PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DA PEREIRA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS E SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO  
SÃO FRANCISCO**

JUAZEIRO-BA  
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Victor Hugo Freitas Gomes

**PRODUÇÃO E FISILOGIA DA PEREIRA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS E SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO SÃO  
FRANCISCO**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito da obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Marlon da Silva Garrido

Co-orientador: Dr. Welson Lima Simões

JUAZEIRO-BA  
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

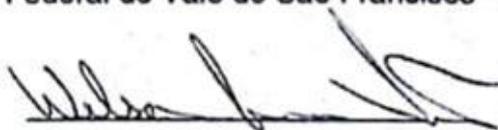
Victor Hugo Freitas Gomes

**PRODUÇÃO E FISILOGIA DA PEREIRA SOB DIFERENTES  
LÂMINAS E SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DO SUBMÉDIO SÃO  
FRANCISCO**

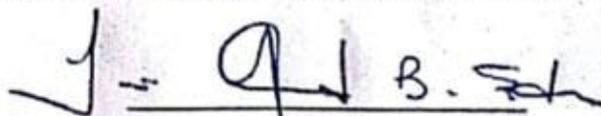
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.



Professor Dr. Marlon da Silva Garrido  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF



Pesquisador Dr. Welson Lima Simões  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA SEMIÁRIDO



Professor Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Juazeiro 31 de Agosto de 2018

	Gomes, Victor H F
G633p	Produção e fisiologia da pereira sob diferentes sistemas e lâminas de irrigação no Submédio São Francisco / Victor Hugo Freitas Gomes. -- Juazeiro-BA, 2018.
	v, 79 f. : il. ; 29 cm.
	Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA, 2018.
	Orientador: Prof. Dr. Marlon da Silva Garrido. Co-orientador: Dr. Welson Lima Simões
	1. Manejo de água. 2. Microirrigação 3. Pyrus. I. Título. II. Garrido, Marlon da Silva. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco
	CDD 631.587

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF  
Bibliotecário: Márcio Pataro

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu a vida e me permitiu chegar até aqui.

Aos meus pais Creuzenir de Jesus Freitas e Josival Ferreira Gomes pelos ensinamentos, dedicação, amor e pelo apoio. Serei eternamente grato por estar aqui neste momento, principalmente a minha mãe na qual sempre me apoiou e educou.

Aos meus irmãos Jandir, Lucas e Carlaíse por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e pelo amor incondicional.

À minha amada namorada Leane pelo apoio dado durante o mestrado, pelos momentos de distração e por dividir os momentos alegres.

À família da minha namorada pelo apoio incondicional que de maneira direta ou indireta durante o mestrado.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e infraestrutura oferecida para a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Marlon da Silva Garrido (orientador) e ao Prof. Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva, pela oportunidade e orientação recebida, amizade e conselhos.

Ao pesquisador Welson Lima Simões (coorientador), pela paciência, incentivos, amizade, críticas e por nunca ter negado compartilhar os seus valiosos conhecimentos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo projeto da dissertação, infraestrutura e pessoal para a execução da pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À Fazenda Frutos do Sol pela concessão da área experimental, fornecimento de dados e todo o apoio durante os trabalhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos prestados.

À Secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Carolina Torres, pelo apoio e amizade.

A todos os amigos e colegas da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UNIVASF, em especial aos meus amigos Suzanny, Valécia, Iure, Maria, Gimara,

Maraísa, Luan Thiago, Priscila e Daíse. À Fabiana pelo apoio dado durante as análises laboratoriais.

Aos meus amigos Alisson e Miguel pela sua amizade, incentivo, lealdade e troca de conhecimento.

A minha amada equipe de trabalho da EMBRAPA sem vocês teria sido muito mais difícil, a Moisés, Emanuel, Keila, Alexandre (Xandão), Bruno, Bruna, Jair, Jeferson, Jamerson. Fernanda, Kaline e Wesley. Além desses, faço um agradecimento em especial à Vinícius o qual me ajudou bastante durante o experimento. Por todos os momentos que compartilhamos juntos, vou sentir muita falta de vocês.

A todos do Laboratório de Fisiologia Vegetal/Juazeiro/UNIVASF em especial a Vanusa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o presente estudo.

Meu muito obrigado!

Dedicatória.....

*À Deus e a minha família*

GOMES, V.H.F. **Produção e fisiologia da pereira sob diferentes lâminas e sistemas e de irrigação no Submédio São Francisco**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

## RESUMO

Pesquisas tem demonstrado a viabilidade socioeconômica para o cultivo da pereira (*Pyrus communis*) em pleno semiárido brasileiro, com frutos de qualidade e médias de produtividade que superam outras regiões produtoras do país, como o Sul e Sudeste. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes sistemas (gotejamento e microaspersão) e lâminas de irrigação sob os aspectos produtivos, de qualidade dos frutos e nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos da pereira no Submédio São Francisco. Nesse contexto, no primeiro ciclo as lâminas de irrigação estimadas em 93,62; 96,04; 86,42; 82,90 e 94,18% da ETc proporcionaram, respectivamente, as maiores produtividades total (50,03 t ha<sup>-1</sup>), comercial (43,48 t ha<sup>-1</sup>), eficiência do uso de água (EUA) da produtividade total (106,69 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), EUA da produtividade comercial (87,07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e a massa do fruto comercial (235,64 g). No segundo ciclo as lâminas de irrigação estimadas em 93,13; 94,84; 89,35; 88,78 e 95,96% da ETc propiciaram, nessa ordem, as maiores produtividade total (38,82 t ha<sup>-1</sup>), produtividade comercial (26,55 t ha<sup>-1</sup>), EUA da produtividade total (99,94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), EUA da produtividade comercial (59,18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e a massa do fruto comercial (230,64 g). Os tratamentos não comprometeram a qualidade de pós-colheita dos frutos da pêra 'Triunfo'. Além disso, lâminas de irrigação proporcionaram uma alteração nas trocas gasosas e bioquímicas da pereira, em que os níveis de água estimados em 91,2; 92,1; 94,3; 93,3; 85,64; 92,64; 98,5 e 91,8% da ETc, proporcionaram, respectivamente, as maiores médias de concentração interna de carbono (282,5 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (0,35 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (8,1 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), fotossíntese (23,0 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>), eficiência intrínseca de uso de água (68,47 mmol<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O), proteínas totais solúveis (2,85 mg g<sup>-1</sup>), aminoácidos totais (0,0052 mg g<sup>-1</sup>) e produção por planta (18,49 kg). Para a temperatura foliar, teores de açúcares redutores e não redutores observou-se redução dos seus valores conforme a disponibilidade hídrica. Não há diferença das trocas gasosas, bioquímicas da pereira quando irrigada com diferentes sistemas de irrigação.

**Palavras-chave:** Manejo de água. Microirrigação. *Pyrus*.

GOMES, V.H.F. **Production and physiology of pear tree under different irrigation leaves and systems in the Sub-São Francisco**. 2018. 79 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

### ABSTRACT

Research has demonstrated the socioeconomic viability for the cultivation of pear tree (*Pyrus communis*) in the Brazilian semiarid region, with quality fruits and productivity means that surpass other producing regions of the country, such as the South and Southeast. The objective of this study was to evaluate the effect of different systems (drip and microsprinkler) and irrigation leaves under the productive, fruit quality and physiological and biochemical parameters of the pear tree in Submédio São Francisco. In this context, in the first cycle the irrigation leaves estimated at 93.62; 96.04; 86.42; 82.90 and 94.18% of ET<sub>c</sub> provided, respectively, the highest total yields (50.03 t ha<sup>-1</sup>), commercial (43.48 t ha<sup>-1</sup>), water use efficiency (106.69 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), water use efficiency commercial yield (87.07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) and commercial fruit mass (235.64 g). In the second cycle the irrigation leaves estimated at 93.13; 94.84; 89.35; 88.78 and 95.96% of ET<sub>c</sub> provided the highest total productivity (38.82 t ha<sup>-1</sup>), commercial productivity (26.55 t ha<sup>-1</sup>), water use efficiency (99.94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), water use efficiency commercial yield (59.18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) and commercial fruit mass (230.64 g). The treatments did not compromise the post-harvest quality of 'Triunfo' pears. In addition, irrigation leaves provided a change in gaseous and biochemical changes of pear tree, where water levels estimated at 91.2; 92.1; 94.3; 93.3; 85.64; 92.64; 98.5 and 91.8% of ET<sub>c</sub>, respectively, provided the highest mean internal carbon concentration (282.5 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), stomatal conductance (0.35 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiration (8.1 mmol of H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), photosynthesis (23.0 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>), intrinsic water use efficiency (68.47 mmol<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> of H<sub>2</sub>O), total soluble proteins (2.85 mg g<sup>-1</sup>), total amino acids (0.0052 mg g<sup>-1</sup>) and yield per plant (18.49 kg). For leaf temperature, reducing and non-reducing sugars contents were reduced according to water availability. There is no difference between the gaseous and biochemical changes of the pear tree when irrigated with different irrigation systems.

**Key words:** Water management. Microirrigation. *Pyrus*.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. A CULTURA DA PEREIRA .....</b>	<b>12</b>
2.1.1. Aspectos socioeconômicos da pereira.....	12
2.1.2. Origem, distribuição, caracterização botânica e morfológica da pereira	13
2.1.3. Cultivares adaptadas à condições de pouco frio hibernal da pereira.....	14
<b>2.2. CULTIVO DA PEREIRA NO SEMIÁRIDO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. CULTIVO IRRIGADO DA PEREIRA .....</b>	<b>18</b>
2.3.1. Manejo da irrigação baseado nos atributos climáticos.....	19
2.3.2. Manejo da irrigação baseado no balanço hídrico do solo.....	21
2.3.3. Sistemas de irrigação .....	22
<b>2.4. EFEITO DA ÁGUA NOS ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA PLANTA.....</b>	<b>24</b>
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>
<b>4. ARTIGO 1 - MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA UM CULTIVO EFICIENTE DA PEREIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>	<b>35</b>
RESUMO .....	35
ABSTRACT.....	36
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS .....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
<b>5. ARTIGO 2 - TROCAS GASOSAS E BIOQUÍMICAS DA PEREIRA SOBRE DIFERENTES SISTEMAS E REGIMES DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....</b>	<b>59</b>
RESUMO .....	59
ABSTRACT.....	60
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS .....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	65
CONCLUSÕES .....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
<b>6. CONCLUSÕES GERAL .....</b>	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A pereira é uma espécie pertencente à família das Rosaceae e do gênero *Pyrus communis* e é originária de terras temperadas da Ásia e Europa (FRANCESCHI, DONDINI e SANZOL, 2012). Essa fruteira é largamente cultivada em todo o mundo, tanto que no ano de 2016 a área plantada mundialmente foi de 1.584.956 hectares, produzindo 27.345.930 toneladas de frutos (FAOSTAT, 2018).

No Brasil, a pereira foi introduzida no Sul por imigrantes europeus durante o período colonial, sendo essa região responsável por 95,72% da produção nacional, com o Sudeste responsável pelo restante da produção (IBGE, 2018). No entanto, a quantidade produzida não supre a demanda do mercado interno, pois representa apenas 8,72% do que é consumido, precisando importar em 2017 cerca de 156.000 toneladas de frutos da Argentina e de Portugal (FAOSTAT, 2018; AGROSTAT, 2018).

O fato da região Sul ser a maior produtora não se deve apenas ao tamanho da área plantada (1309 ha) (IBGE, 2018), mas também, por este local obter médias superiores a 810 horas de frio abaixo de 7,2°C, durante o inverno (WREGGE, HERTER e FRITZSONS, 2016). Essas condições edafoclimáticas possibilitam que a pereira reduza o seu metabolismo, sendo esta etapa a mais importante na produção de frutas de clima temperado, pois é fundamental para a formação de ramos estruturais e frutíferos bem distribuídos ao longo da planta, possibilitando a exploração do seu máximo potencial produtivo (CARVALHO et al. 2010). Nesse estágio fenológico, a pereira exige de 21 a 63 dias de frio para poder superar a fase de endodormência (NAKASU; FAORO, 2003).

Durante muito tempo as características edafoclimáticas e fisiológicas da pereira limitavam o seu cultivo apenas nas regiões mais frias do país, principalmente devido as baixas temperaturas obtidas neste local. No entanto, têm-se utilizado tratamentos culturais como, o melhoramento genético, o estresse hídrico, o uso de fitorreguladores de crescimento e o manejo da poda, tem possibilitado o cultivo dessa fruteira em outras regiões do país (LOPES & OLIVEIRA, 2012).

Nesse sentido, em estudos realizados no Submédio São Francisco foi constatado que algumas cultivares de pereira com menor exigência de frio, apresentaram grande capacidade de adaptação e alta produção nesse ambiente (LOPES et al., 2013; LOPES; OLIVEIRA e SILVA-MATOS et al., 2015). Nessa região a exploração de

algumas plantas cultivadas só é possível em função da técnica da irrigação, devido principalmente a fatores climáticos como altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e má distribuição de chuvas (LOPES et al., 2017).

Diante dessas características, o manejo correto da irrigação torna-se um elemento fundamental para o ciclo de produção economicamente viável e sustentável. Assim, a demanda hídrica da cultura depende da relação: solo-água-planta-atmosfera. Nesse sentido, o volume de água exigido em uma determinada cultura pode variar de acordo com a região.

Para a cultura da pereira a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) recomenda valores de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) que variam de 0,45 a 1,2 ao longo do seu ciclo fenológico (ALLEN et al., 2006). Entretanto, na maioria das situações essas estimativas nem sempre condizem com o que a cultura realmente necessita em um determinado ambiente.

Nesse contexto, o manejo do sistema de irrigação em pereiras pode ser comprometido, devido a aplicação de lâminas em excesso ou até mesmo em quantidade insuficiente para a demanda hídrica da planta, prejudicando o a sua produção. Além disso, o tipo de sistema de irrigação é um outro aspecto importante no sistema de produção agrícola, principalmente em ambientes de clima Semiárido.

Assim, a irrigação localizada torna-se também uma ferramenta fundamental na produção de frutas em ambiente Semiárido, visto que é o sistema de aplicação de água mais eficiente na distribuição de água no solo o que favorece a economia dos recursos hídricos (MAIA et al., 2010).

Nesse contexto, é de suma importância a realização de pesquisas que tenham o intuito de aprimorar o manejo da irrigação em culturas exploradas em habitats Semiárido, à fim de possibilitar um sistema de produção socioeconomicamente viável e sustentável para os agricultores dessas regiões.

Diante desses fatores, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas (gotejamento e microaspersão) e lâminas de irrigação sob os aspectos: fisiológico, bioquímicos, e de produtividade da pereira cultivada na região do Submédio São Francisco.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A CULTURA DA PEREIRA

#### 2.1.1. Aspectos socioeconômicos da pereira

A pereira (*Pyrus communis* L.) tem sido amplamente cultivada em todo o mundo há pelo menos 3.000 anos (WHANG et al., 2017). A *Pyrus communis* L. é a terceira fruteira mais cultivada em regiões de climas temperado e subtropical, o que a torna uma fruta de grande aceitação e importância no mercado mundial (SEZERINO & ORTH, 2015).

A produção mundial de peras no ano de 2016 ultrapassou a casa das 27 milhões de toneladas, sendo a China responsável por aproximadamente 71,3% desse valor, seguida pelo bloco econômico da União Europeia (8,3%) (FAOSTAT, 2018). Na América do Sul a Argentina é o país que mais produz pêras com uma produção de 905.605 t de frutos.

O mercado brasileiro consome mais de 170 mil toneladas de frutos frescos de pera, cerca de 93% desse valor é importado de países como Argentina e Portugal (IBGE, 2018; AGROSTAT, 2018). De acordo com os indicadores do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), no ano de 2017 o Brasil importou mais de 156 milhões kg de frutos.

Dentre as regiões do Brasil o Sudeste é o que mais importa, seguida pelo Sul é a maior produtora e o Nordeste na terceira posição. De um modo geral, a pera foi a fruta mais importada pelo país representando um gasto total em mais de US\$ 151 milhões (AGROSTAT, 2018).

No panorama nacional, a produção de pêras no Brasil, ainda é bastante imperceptível, visto que esse valor é em torno de 14.905 toneladas, sendo o Sul maior região produtora (14.267 t) (IBGE, 2018). A *Pyrus comunis* é a única pomácea de clima temperado, cuja área cultivada ainda não está inteiramente desenvolvida no Brasil (FAORO & ORTH, 2010).

A maioria dos pomares brasileiros têm desempenho produtivo e qualidade de frutos aquém do que essa cultura é realmente capaz, devido à escassez de variedades adaptadas às condições de pouco frio hibernal existente no país, além da baixa

tecnologia empregada nos sistemas de produção (BETIOL NETO, 2014; FAORO & ORTH, 2010).

Por outro lado, a pereira possui um elevado potencial de expansão no Brasil, principalmente na região Sul (PASA et al., 2011). Esse sucesso pode ser alcançado, principalmente pelas infraestruturas que são utilizadas pela cultura da macieira, na qual podem ser adequadas para o sistema de produção da pereira (HERTER & PEREIRA, 2008).

De uma maneira geral, a expansão da pereira para outras fronteiras agrícolas ainda é limitada devido à um conjunto de fatores, dentre os quais, destacam-se a falta de material genético apropriado, o abortamento floral, a insuficiência de frio hibernal e a deficiência de tecnologias de manejo (FACHINELLO et al., 2011).

Outra razão importante para a expansão dessa cultura para outras regiões, é o fato de que o Brasil possui uma vasta extensão territorial, apresentando grande diversidade de climas. As pomáceas de clima temperado estão distribuídas em 11 dos 26 estados brasileiros (FACHINELLO et al., 2011; FAORO & ORTH, 2010). Diante desse paradigma, nota-se que a pereira constitui uma importante janela de mercado para os produtores brasileiros (PASA, et al., 2011).

Para tanto, é necessário aprimorar o sistema de produção utilizando tecnologias que auxiliem o agricultor (MACHADO et al., 2013), principalmente em regiões mais quentes, em virtude da escassez de estudos nessas condições.

### **2.1.2. Origem, distribuição, caracterização botânica e morfológica da pereira**

A espécie *Pyrus communis* é uma árvore que apresenta em média 10 m de altura, o seu tronco é ereto e de coloração marrom-avermelhada. As suas folhas são alternas, simples, elíptico/ovalada com uma margem finamente serrilhada, que circundam as gemas em seu entorno (FAORO, 2009).

Os pecíolos são estipulares e os botões são evolventes, com escamas imbricadas. A flor é de inflorescência do tipo corimbo, contendo 5-7 vistosas flores brancas, com ovário epígeno ou inferior, apresentando brotos mistos, aparecendo antes ou com as folhas. O fruto é de formato piriforme, com cálice persistente ou decíduo, 4-12 cm de comprimento, de cor esverdeada, apresentando no máximo 10 sementes. A semente é enegrecida com uma fina camada de endosperma (ORWA, 2009).

A maioria das suas cultivares são alógamas, ou seja, de polinização cruzada, e necessitam de mais de uma variedade plantada a cada 12 ou 15 m um do outro, para obter frutificação de maiores produtividade e tamanho dos frutos (NAKASU & FAORO, 2003). Algumas cultivares podem produzir partenocarpicamente (autopolinização), entretanto nesse sistema de polinização os seus frutos são de menor qualidade e sem sementes. A floração acontece entre os meses de março e abril, já a frutificação ocorre entre julho e setembro (ORWA, 2009).

A pereira é uma espécie vegetal da família Rosaceae e subfamília Pomoidae (SOUZA & LORENZI, 2008). Essa fruteira possui dois locais de origem: China predominando as espécies *P. pyrifolia*, *P. ussuriensis* e *P. calleryana*; e Oriente Médio onde é considerado o berço da *P. communis* (SAWAZAKI, BARBOSA e COLOMBO, 2002). A pereira possui mais de vinte espécies cultivadas todas oriundas da Europa e da Ásia, regiões onde o clima é temperado (WHANG et al., 2017).

Grande parte do gênero *Pyrus* distinguiu-se no período Terciário em terras montanhosas do oeste da China, espelhando-se de leste a oeste, e adaptando-se as condições climáticas de acordo com o território, diferenciando assim a espécie que hoje é conhecida (FIDEGHELLI & LORETI, 2009).

No Brasil, a pereira foi introduzida no Sul trazida por povos europeus, nessa região até hoje o seu cultivo é predominante. Onde, as pereiras do tipo europeia (*P. communis* L.), japonesa [*P. pyrifolia* (Burn.) Nak.] e chinesa (*P. bretschneideri* Rehd.) são utilizadas como cultivares-copa, enquanto a *P. calleryana* (Dcne.) é empregada como porta-enxerto (PASA et al., 2011).

Assim, existem dois grupos de frutos de pera que são exploradas economicamente as pereiras europeias e asiáticas. As espécies europeias os seus frutos têm formato piriforme, polpa amarelada quando madura e succulenta (NAKASU, 2007). A pera asiática apresenta frutos de formato piriforme-ovulado, cor de película que varia do verde ao marrom, com sabor acentuado (FIDEGHELLI & LORETI, 2009).

### **2.1.3. Cultivares adaptadas à condições de pouco frio hibernal**

A pereira é uma espécie oriunda de regiões temperadas que entra em estado de paralisação aparente, no inverno, esse mecanismo fisiológico é conhecido como endodormência (PETRI et al., 1996). Esse fenômeno fisiológico, ocorre em condições

que desfavorecem o desenvolvimento da planta, como as baixas temperaturas e o déficit hídrico (HAWERROTH, 2011).

Nesse contexto, a pereira necessita entre 21 e 63 dias de frio abaixo de 7,2°C para poder superar a fase de endodormência e iniciar um novo ciclo vegetativo (PETRI & LEITE, 2008). No entanto, existem cultivares híbridas que são adaptadas ao clima subtropical conhecidas como pereiras resistentes ao pouco frio hibernal que exige de 15 a 23 dias de frio (OLIVEIRA et al., 2015).

Dessa forma, a partir de programas de melhoramento genético realizados no país, foi possível obter cultivares que suportam baixo requerimento de frio (BETTIOL NETO et al., 2014; TECCHIO et al., 2011). Essas variedades foram obtidas através do cruzamento entre pereiras europeias e asiáticas, a primeira possui alta exigência de frio e excelente qualidade de frutos, enquanto, que a segunda possui baixa exigência de frio e qualidade de frutos inferior (SEIFERT et al., 2009).

Em virtude disso, para que uma cultivar de pereira tenha aptidão em produzir frutos de qualidade em regiões mais quentes, é necessário que ela possua baixo requerimento de frio para inativar a dormência durante o inverno (FAORO & ORTH, 2010). Esse requerimento só é possível quando a planta apresenta capacidade de adaptação ao meio, para a quebra da dormência, do florescimento, da fixação de frutos e crescimento da planta (HAUAGGE & CUMMINS, 2000).

Sendo assim, destacam-se as cultivares 'Centenária', 'Primorosa', 'Seleta', 'Tenra' e 'Trinfo', que são produzidas em regiões subtropicais do Brasil especialmente no sudeste (BETTIOL NETO et al., 2014). Dessa forma, à partir do melhoramento genético, sejam eles conduzidos pelo modelo convencional ou molecular devem ter como principal intuito a obtenção de cultivares de pereiras mais adaptadas às variações climáticas das regiões do Brasil (BETTIOL NETO et al., 2014).

Nesse sentido, estudos realizados no Submédio São Francisco, foi constatado que cultivares como 'Triunfo', 'Princesa', 'Housui' e 'Kousu', apresentaram grande capacidade de adaptação e alta produção nas condições de semiaridez da região (LOPES et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015). Esses autores, demonstraram que o cultivo dessa cultura é bastante promissor, sendo que as suas atividades metabólicas ao longo do ano, além das condições edafoclimáticas da região, permitiram que a pereira apresentasse uma tendência a manter crescimento vegetativo vigoroso.

Aliado a isso, esses pesquisadores definiram que é necessário a utilização de práticas de manejo adequado e tecnologias, que auxiliem o sistema de produção dessa fruteira, para que ela possa atingir elevada produtividade.

## 2.2. CULTIVO DA PEREIRA NO SEMIÁRIDO

A água é um dos principais atributos que limitam a produção das culturas em regiões áridas e semiáridas, devido a sua escassez e a irregularidade pluviométrica em determinadas épocas do ano. Assim, a deficiência hídrica é o principal estresse abiótico, responsável por diminuir a produtividade de biomassa em plantas cultivadas em diversas regiões do mundo (TURNER & RAO, 2013).

Além disso, fatores como a baixa capacidade de armazenamento de água no solo e a alta demanda evapotranspirométrica da atmosfera são situações que agravam ainda mais a exploração dos cultivos, especialmente em zonas áridas e semiáridas tropicais (SILVA et al., 2012).

Nesse contexto, a técnica da irrigação tem sido uma ferramenta amplamente explorada em sistemas de produção agrícola no Semiárido brasileiro, principalmente ao longo da bacia do São Francisco (ANA, 2015). Assim, o Submédio São Francisco é reconhecido mundialmente pelo seu potencial de exportação de frutas *in natura* em sistema de cultivo irrigado (SOUZA LEÃO; MOUTINHO; CAMPOS, 2014).

Segundo dados do IBGE (2018) no ano de 2015 o produto interno bruto no setor agrícola desta região foi de R\$ 878.588.000,00, sendo grande a agricultura irrigada responsável por grande parte deste valor. Atualmente, o Submédio São Francisco possui uma área irrigada de 120 mil hectares, sendo que as principais culturas exportadas são a mangueira (125 mil toneladas) e a videira (47 mil toneladas) (BARBOSA; CAVALCANTE; LIMA, 2016; CEPEA, 2015).

Ademais, outras fruteiras de grande aporte econômico também são exploradas na região, como é o caso do coqueiro, da bananeira, da goiabeira e a da aceroleira (IBGE, 2018). Assim, é evidente que a fruticultura irrigada nesta região resume-se a produção dessas culturas, o que pode ocasionar em problemas de comercialização devido ao aumento da área plantada e a maior oferta dessas culturas (LOPES; OLIVEIRA, 2012).

Diante disso, pesquisas tem sido realizadas, sobre a viabilidade do cultivo de espécies vegetais de climas subtropical e temperado (LOPES et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013; LOPES et al., 2015), como forma de melhorar as condições socioeconômicas dos produtores rurais da região.

Nesse sentido, culturas como a macieira, a pereira e o caqui, tem demonstrado bom desempenho agrônômico, bem como elevado potencial econômico para os perímetros irrigados nesta região. A pereira é pouco explorada no Brasil, destacando-se como principais polos produtores as regiões Sul e Sudeste (IBGE, 2018).

Esse baixo interesse na produção dessa pomácea se deve a fatores como a falta de material genético apropriado e ao baixo emprego de tecnologia (FAORO & ORTH, 2010). Entretanto, o consumo desta fruta no país é bastante elevado, tendo em vista que no ano de 2017 o Brasil precisou importar mais de 156 mil toneladas de frutos *in natura*, havendo um aumento de 6,4% nas importações em relação ao ano anterior (AGOSTAT, 2018). Portanto, o cultivo da pereira representa uma grande oportunidade de mercado a ser explorado nacionalmente (FACHINELLO et al., 2011).

A fim de suprir a demanda interna de consumo desta fruta, faz-se necessário à expansão e/ou introdução dessa espécie em outras regiões do país. As condições climáticas do Nordeste brasileiro, como altas temperaturas e intensidade solar não limitam o cultivo da pereira. As suas atividades metabólicas ao longo do ano, apresentam uma tendência a manter um crescimento vigoroso vegetativo, principalmente quando se mantém a aplicação frequente de lâminas de irrigação (LOPES et al., 2015).

Em tais circunstâncias, as plantas tendem a produzir mais fotoassimilados em função da abertura dos estômatos, implicando no aumento da produtividade devido a produção de carbono durante as trocas gasosas (TAIZ & ZEIGER, 2017). Em estudos realizados com a pereira 'Triunfo' irrigada no Submédio São Francisco, observou-se uma produtividade de 26,33 t ha<sup>-1</sup>, sendo essa média muito superior a nacional (11,81 t ha<sup>-1</sup>) (LOPES et al., 2015).

Diante do exposto, observa-se a importância da existência de pesquisas para o manejo da irrigação no cultivo da cultura no Semiárido brasileiro, trazendo assim uma nova alternativa sustentável, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, para os produtores rurais da região.

### 2.3. CULTIVO IRRIGADO DA PEREIRA

A água é um recurso indispensável para a produção agrícola, por participar ativamente no funcionamento das células e tecidos vegetais (SILVA et al., 2016). Assim, a disponibilidade hídrica está intimamente relacionada com o aumento produtivo das culturas.

Nesse contexto, a irrigação é uma técnica milenar em que a água é aplicada de maneira artificial na planta, suprimindo a sua demanda hídrica no momento certo e em quantidades suficientes para assegurar a produtividade e sobrevivência da produção (LORENSI et al., 2010).

No cenário mundial, a agricultura é o setor da economia que mais consome água doce de rios, lagos, e aquíferos subterrâneos, através da irrigação (DANTAS et al., 2014). No mais recente relatório publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) a irrigação foi responsável pelo consumo de 72% da água no Brasil (ANA, 2015). Sendo assim, é importante que os produtores adotem técnicas para o uso mais eficiente da água de irrigação.

A eficiência do uso da água em irrigação está estritamente relacionada ao seu manejo aplicado à cultura e que, por sua vez, depende do tipo de sistema de irrigação adotado e do conjunto solo-água-planta-atmosfera (COELHO; SILVA; MIRANDA, 2010).

Assim, o momento certo para se realizar a irrigação é quando a tensão de retenção da água do solo atinge um valor limite, sendo que a partir desse ponto a absorção de água pelas raízes poderá ser comprometida. Esse fenômeno é conhecido como ponto de murcha permanente e acontece pelo fato de que a força com que o solo retém água aumenta à medida que o teor de umidade do solo diminui (KLEIN & KLEIN, 2015).

Em tais circunstâncias, a planta sofrerá deficiência hídrica e conseqüentemente o seu desenvolvimento e a produtividade serão comprometidos (ZHOU et al. 2017). Para tanto, existem diversos métodos que tem o intuito de auxiliar o manejo da irrigação, como os baseados nos atributos climáticos da região e a umidade do solo.

Para a cultura da pereira ainda são inexistentes informações sob o manejo adequado da irrigação, baseando-se apenas nos valores de coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) proposto pelo FAO (ALLEN et al., 2006). Entretanto, na grande maioria das vezes esses números não condizem com a realidade de cada região, aplicando-se lâminas de irrigação em excesso ou em quantidades que não satisfazem a demanda hídrica da cultura (SARAIVA et al., 2013).

Diante disso, o manejo eficiente da irrigação objetiva-se à atender as necessidades hídricas dos cultivos, proporcionando água no tempo certo e na quantidade correta, evitando o desperdício (PEREIRA, 2004).

### 2.3.1. Manejo da irrigação baseado nos atributos climáticos

O manejo de irrigação das culturas pode ser baseado de acordo com informações atmosféricas do local e nos diferentes estádios fenológicos da cultura (SILVA et al., 2011). Nesse contexto, a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) é tomada como base para a aplicação correta da lâmina de irrigação (SOUSA et al. 2010).

Nesse sentido, existem diversos métodos que podem estimar a evapotranspiração e são divididos em cinco categorias: balanço hídrico, transferência de massa, métodos combinados, radiação e temperatura. Sendo assim, adota-se no mundo como método padrão para a estimativa da evapotranspiração de referência, o modelo proposto por Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006).

O modelo de Penman-Monteith fornece melhores resultados de estimativa da  $ET_o$  para o caso de qualquer cultura hipotética de referência, atendendo tanto à definição original de evapotranspiração potencial de Penman quanto ao conceito de  $ET_o$  proposto pela FAO (GOMIDE & MAENO, 2008).

Diante do elevado número de informações para mensurar a  $ET_o$  este método, possui grande aplicabilidade em estações automáticas no Submédio São Francisco tornando uma ferramenta de grande importância para os produtores de frutas da região (MOURA, 2007). A determinação diária da  $ET_o$  (Equação 1) pode ser calculada da seguinte forma:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma[990U_2]/(T+273)](e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34v_2)} \quad (1)$$

Em que  $R_n$  é o saldo de radiação ( $\text{MJ.m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), medido através do saldo radiômetro;  $G$  é o fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$  é a temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) à 2 metros de altura;  $v_2$  é a velocidade do vento à 2 metros de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $e_s$  é a pressão de saturação de vapor (KPa);  $e$  é a pressão atual de vapor (Kpa);  $\Delta$  é a inclinação da curva de pressão de vapor ( $\text{KPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $\gamma$  é a constante psicrométrica ( $\text{KPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) (ALLEN et al., 2006).

A determinação da evapotranspiração da cultura ( $\text{ET}_c$ ,  $\text{mm dia}^{-1}$ ) é realizado à partir do valor da  $\text{ET}_o$  obtido pela equação 1 e os coeficientes da cultivo ( $K_c$ ) para cada estágio fenológico da cultura, utilizando-se a seguinte equação 2.

$$\text{ET}_c = \text{ET}_o \times K_c \quad (2)$$

A FAO recomenda para o cultivo da pereira valores de  $K_c$  que variam entre 0,45 e 1,2, entretanto esses valores podem sub ou superestimar a lâmina de irrigação. Conceição et al. (2011) observaram que os valores de  $K_c$  propostos pelo FAO para a cultura da macieira (o mesmo usado para a pereira) superestimariam os valores da  $\text{ET}_c$  no município de Vacaria-RS, ocasionando em desperdício de água e energia, caso esses  $K_c$ s fossem utilizados no manejo da irrigação.

Por outro lado, a deficiência de irrigação pode causar prejuízos na cultura, tanto sob o ponto de vista produtivo como na qualidade dos frutos. Em trabalhos realizados com macieira no Submédio São Francisco, observou-se reduções no peso médio do fruto, no número de flores e frutos, na frutificação efetiva e no percentual brotações conforme a restrição hídrica (OLIVEIRA et al. 2017 a; OLIVEIRA et al., 2017b).

Entretanto, nesses mesmos estudos observou-se uma queda nos teores de sólidos solúveis totais (SST) nos frutos com o aumento da lâmina de irrigação, uma vez que menores quantidades de água no fruto ocasiona no aumento da concentração dos teores de SST.

O déficit hídrico geralmente reduz significativamente o desenvolvimento dos ramos vegetativos. Porém, o déficit controlado pode ser benéfico em determinadas fases do ciclo de desenvolvimento da planta, provocando melhorias na qualidade dos frutos, devido a suspensão dos meristemas vegetativos contribuindo no aporte de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos da planta (HAWERROTH, 2011).

Ao longo da fase de crescimento vegetativo a pereira é capaz de resistir a períodos de redução hídrica sem sofrer danos, mas a falta de água próximo do fim do florescimento e durante o crescimento rápido da fruta pode reduzir o tamanho da fruta e a produtividade (NAKASU, 2007). Dessa maneira, a irrigação deve suprir as necessidades para potencializar a produção, particularmente, em regiões onde ocorre deficiência hídrica durante esses períodos.

Dessa forma, é de suma importância o ajuste do manejo da irrigação em condições específicas de cada local, pois só assim, a cultura conseguirá expressar o seu potencial produtivo de maneira sustentável.

### **2.3.2. Manejo da irrigação baseado no balanço hídrico do solo**

O solo é conhecido pelo seu elevado potencial de armazenamento de água, sendo que as suas características físico-químicas afetam na disponibilidade hídrica para as culturas (KLEIN & KLEIN, 2015). A água do solo refere-se a solução do solo, visto que as substâncias minerais e orgânicas essenciais para o desenvolvimento das plantas encontram-se dissolvidas neste solvente (COELHO FILHO et al, 2011).

Nesse sentido, os fatores que contribuem para a retenção de água no solo são: a estrutura do solo, por determinar o arranjo das partículas e por consequência, a distribuição do diâmetro dos poros; a textura; o tipo e a quantidade de argila; e o teor de matéria orgânica (KLEIN; LIBARDI, 2000). Assim, é de grande importância o conhecimento sobre os atributos físicos para a compreensão do movimento de água no solo, para que sejam tomadas práticas de manejo do solo, possibilitando um bom desempenho da planta.

As propriedades físicas do solo atuam diretamente no crescimento das plantas, por afetar fatores, como a água, oxigênio, temperatura e resistência mecânica, sendo que o conjunto desses agentes afetam diretamente à emergência das plantas e o crescimento radicular. A condição de solo não saturado é a mais frequente encontrada nos sistemas de produção agrícola, visto que a saturação do solo afeta o desenvolvimento da planta, diminuindo o crescimento radicular e da parte aérea, seja pela inibição do alongamento ou da iniciação da expansão foliar dos entrenós (LENHARD et al., 2010).

De uma maneira geral, a retenção e o movimento de água no solo, a sua absorção e translocação nas plantas, e a sua perda para a atmosfera são fenômenos

relacionados à energia (BRADY; WEIL, 2010). Entre os processos relacionados ao fluxo de água no solo, a umidade do solo e os potenciais de água nele são de fundamental importância (SIMÕES, 2007).

A umidade é um dos índices utilizados para aferir a quantidade de água no solo, sendo de grande importância para os sistemas de cultivo, pois influencia diretamente na produção. Assim, a umidade é imprescindível para absorção de nutrientes, pela forte dependência do fluxo de massa e da difusão da umidade do solo e pelo fato das raízes terem maior crescimento em condições adequadas de nutrientes e umidade (COELHO FILHO et al., 2011).

A água ao ser aplicada no solo o seu estado de saturação entra em equilíbrio, quando a gradiente é igual a zero, ou seja, o potencial total ( $\Psi_t$ ) é constante no sistema. Todavia, os componentes do  $\Psi_t$  podem ser diferentes a depender do local, em um sistema em equilíbrio (ANDRADE; BORGES JÚNIOR; COUTO, 2008). A água como qualquer corpo da natureza, sempre vai migrar de um estado de maior energia para um menor (BRADY; WEIL, 2010; REICHARDT; TIMM, 2012).

Assim, água ao ser aplicada ao solo infiltra-se e passa por um processo de redistribuição e movimentação, tendendo a equilibrar as diferenças de potenciais existentes, resultantes das forças matriciais e gravitacionais (COELHO FILHO et al., 2011). Dessa forma, torna-se necessário conhecer os níveis de energia em diferentes pontos no solo, com o intuito de conhecer a direção do movimento de água na matriz do solo.

De um modo geral, o manejo da irrigação tem como objetivo principal elevar a eficiência do uso da água, além de manter uma umidade do solo favorável para o desenvolvimento das plantas, levando em consideração fatores como o clima da região, a cultura e suas características (SARAIVA et al., 2017).

### **2.3.3. Sistemas de irrigação**

A irrigação é a prática agrícola que mais conserva a umidade do solo, e outras medidas ajudam a manter esta umidade, como a eliminação de ervas espontâneas que consomem água, fator este que limita a produção da cultura de interesse econômico. Além da adoção de outras técnicas de manejo que ajudam na retenção de água no solo, possibilitando o crescimento radicular (GIL, 2006).

Mediante avanços tecnológicos sofrido na agricultura irrigada, que busca a utilização de métodos de irrigação que contribuam para a redução dos custos de produção e consumo de água e energia, o uso da irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) tem sido recomendado para a maioria das culturas, e nos últimos anos tem se expandido no setor agrícola (NOGUEIRA et al., 1998; RIBEIRO & PATERNIANI, 2013).

Na irrigação localizada, a água é aplicada diretamente no sistema radicular da planta em pequenas intensidades e alta frequência, mantendo assim o solo constantemente úmido (MANTOVANI et al., 2012). Os sistemas de irrigação localizada proporcionam uma maior eficiência quando se comparado a aspersão convencional, pois o escoamento superficial e as perdas por percolação profunda são minimizadas, devido ao maior controle do volume de água aplicado (OSROOSH et al., 2016).

Além disso, no perfil do solo nutrientes e água são igualmente distribuídos (SANTANA et al., 2012). Vários autores recomendam o sistema de irrigação localizada por proporcionar uma melhoria na qualidade e rendimento dos frutos em culturas de clima temperado, quando se comparado com a aspersão convencional (CETIN; OZER, KUSCU, 2004; FALLAHI et al. 2010; OSROOSH et al., 2016).

Também, o tipo de sistema de irrigação pode influenciar nos aspectos bioquímicos e fisiológicos da planta. Em sistemas por gotejamento a aplicação de água é mais próxima ao sistema radicular, e nesse cenário a planta gasta menos energia em busca de água e nutrientes, direcionando esse esforço para a sua produção (COELHO et al, 2001; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Por outro lado, na microaspersão a superfície molhada é maior, quando comparado com o gotejamento, o que favorece para o aumento do volume de raízes no perfil do solo, ocasionando em uma maior zona de absorção de água e nutrientes, diminuindo o estresse hídrico (FRIZZONE et al., 2012).

Ademais, esse tipo de sistema pode proporcionar um microclima agradável para o desenvolvimento das plantas, tendo em vista que nessa situação umidade relativa do ar pode se tornar alta devido as partículas de água em suspensão, diminuindo a temperatura do ambiente, influenciando nos processos de fotossíntese, e transpiração, refletindo na produção de fotoassimilados (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Portanto, o manejo adequado e a escolha do sistema de irrigação mais apropriado para a cultura são vertentes que podem contribuir de maneira significativa para o ciclo de produção agrícola.

#### **2.4. EFEITO DA ÁGUA NOS PROCESSOS FISIOLÓGICOS DA PLANTA**

A água é um dos recursos mais importantes da terra, sendo essencial para a existência dos seres vivos. Nos vegetais esse líquido exerce um papel de grande relevância participando diretamente no metabolismo celular (TEARE & PEET, 1983).

Assim, o conteúdo celular de água constitui entre 80 e 90% do peso fresco de uma planta herbácea e 50% em uma lenhosa. Esse líquido participa ativamente dos processos fisiológicos da planta, no qual destacam-se a fotossíntese e a hidrólise do amido em açúcar. Ademais, por ser um solvente universal possibilita que em meio aquoso ocorra o processo de difusão de gases, solutos celulares, minerais e entre outras substâncias que permitem o funcionamento dos órgão vegetativos (TEARE & PEET, 1983; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Dessa forma, a diminuição no conteúdo de água na célula ocasiona mudanças estruturais e, em último caso, a morte da célula (TEARE & PEET, 1983). Também, o déficit hídrico ocasiona em diminuições nas taxas de crescimento e produtividade, em virtude da redução do potencial hídrico das folhas, fechamento estomático e consequente diminuição das trocas gasosas (RODRIGUES et al., 2018; ZHOU et al. 2017).

Esses fatores inibem diversos processos bioquímicos e fisiológicos, como a fotossíntese, respiração, divisão celular, síntese de proteínas, acúmulo de solutos e absorção de íons. Outrossim, a deficiência de água diminui a absorção de nutrientes e água pela raiz, provocando assim baixo crescimento radicular, e consequentemente diminuição no transporte de solutos para a parte aérea (NEMESKÉRI et al. 2015; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Em virtude disso, a absorção efetiva de água pelas raízes depende do contato entre a superfície radicular e o solo, das condições física do movimento de água para a planta, bem como também, a relação entre estes elementos e a necessidade hídrica da planta nos diferentes estádios fenológicos (ALBUQUERQUE & DURÃES, 2008).

De uma maneira geral, a transpiração das espécies vegetais, é determinada pela ação do clima, mecanismos fisiológicos relacionados com respostas estomáticas a fatores ambientais, índice de área foliar e disponibilidade de água no solo (TAIZ & ZEIGER, 2017). Assim, o déficit de água no solo provoca a queda do rendimento da cultura, principalmente pelo fechamento dos estômatos que diminui a absorção de CO<sub>2</sub>, reduzindo a fotossíntese (KOFIDIS et al., 2004; MACHADO et al., 2010).

Em condições de períodos secos a ação dos fatores afeta a difusão de CO<sub>2</sub>, por conta da redução da condutância estomática e mesofílica. A condutância estomática é um evento fisiológico que as plantas possuem para o controle da transpiração (FLEXAS et al., 2004; MESSINGER et al., 2006; MACHADO et al., 2010).

Os estômatos se fecham em consequência da diminuição da turgescência das células, devido à alta deficiência de pressão de vapor na atmosfera ou a sinais químicos gerados pelas raízes (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009). Os mesmos autores afirmam que a redução da condutância mesofílica pode ser causada através de dois modos, uma por alterações físicas na estrutura da folha e a outra por fatores bioquímicos e/ou permeabilidade da membrana.

A restrição da concentração interna de CO<sub>2</sub> em função do fechamento estomático pode ocasionar a fotoinibição, em virtude do declínio no transporte de elétrons para a fotossíntese (ROLAND et al., 2006). Assim, o excesso de energia produzido durante a fase fotoquímica pode ser aproveitado na fotorrespiração, blindando o processo fotossintético (SANCHEZ-RODRIGUEZ et al., 2011).

As plantas de um modo geral, apresentam mecanismos de defesa que minimizam o seu desenvolvimento em condições adversas, como: redução da superfície foliar e diminuição do número de folhas, acúmulo de solutos, aceleração da senescência e abscisão das folhas e o aumento da relação raiz-parte aérea (BIANCHI et al., 2007; RODRIGUES et al., 2018; TAIZ & ZEIGER, 2017). Dessa forma, essas estratégias de defesa impostas pela planta limitam o consumo de água, evitando-se o gasto de energia durante o seu metabolismo (NEMESKÉRI et al. 2015).

Outro mecanismo de defesa é o acúmulo de solutos, essa ação metabólica permite que se diminua o potencial osmótico da folha, mantendo a parte aérea hidratada, nos momentos de escassez de água no solo. Dessa forma, é mantido o turgor celular fazendo com que os estômatos continuem abertos, assim, é possível a realização de trocas gasosas durante a falta de água, não afetando o desenvolvimento da planta (CHAVES et al. 2009).

As plantas sob deficiência de água evidenciam alterações morfofisiológicas, como a redução nas taxas de transpiração, de condutância estomática, da fotossíntese, da modificação da atividade de enzimas do responsável pelo metabolismo do carbono, além de mudanças nos teores de oxidantes (COSTA & MARENCO, 2007; RIBEIRO et al., 2013; MARENCO et al., 2014).

O manejo da irrigação é muitas vezes comprometido também, por aplicar-se lâminas de irrigação em excesso, ocasionando em uma série de fatores que inibem o crescimento da planta (SARAIVA et al., 2013). Dentre essas causas podem-se citar, a baixa disponibilidade de oxigênio no solo limitando a atividade microbiana e o crescimento radicular (OLIVEIRA & GUALTIERI, 2017).

A água é um recurso imprescindível para o cultivo das árvores frutíferas, pois disponibiliza as reações bioquímicas e os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Assim, o manejo eficiente da irrigação busca à atender as necessidades hídricas da cultura, proporcionando água no tempo certo e na quantidade correta, evitando o desperdício (PEREIRA, 2004)

### 3. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2013**. Brasília: ANA, 2014.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURAES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, p. 227-252, 2008.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and Drainage Paper, n.56).

ANDRADE, C. L. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; COUTO, L. **Características físico hídricas e dinâmica de água no solo**. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 403-419.

BARBOSA, L. F. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; LIMA, A. M. N. Physiological disorders and fruit yield of mango cv. Palmer associated to boron nutrition: boron fertilizing management. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 1-9, 2016.

BETTIOL NETO, J.E. et al. Production and postharvest quality of pear tree cultivars in subtropical conditions at eastern of São Paulo state, Brazil. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1740-1746, 2014.

BIANCHI, C. A. M et al. Condutância da folha em milho cultivado em plantio direto e convencional em diferentes disponibilidades hídricas. **Revista Ciência Rural**, v. 37, n. 2, 2007.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookwan Companhia Editora, 2010. 716 p.

CARVALHO, R. I. N. D. et al. Endodormência de gemas de pessegueiro e ameixeira em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 769-777, 2010.

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. Dezembro de 2014/Janeiro de 2015 -HORTIFRUTI BRASIL [internet]. [acesso em 20 out. 2016]. Disponível em: <http://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/141/manga.pdf>.

CETIN, B.; OZER, H.; KUSCU, H. Economics of drip irrigation for apple orchards. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 32, p.349-354, 2004.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551- 560, 2009.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J.; MIRANDA, J. H. D. Definição do posicionamento de sensores para monitoramento da água no solo em bananeira irrigada por diferentes sistemas de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 608-618, 2010.

COELHO E. F. et al. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 250-256, 2001.

COELHO FILHO, M. A; et al. Relação solo-planta-atmosfera. In: In: SOUSA, V. F. de; et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p. 27-90.

CONCEIÇÃO, M. A. F. et al. Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 459-462, 2011.

COSTA, G. F; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, 2007.

DANTAS, I. L. A. et al. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, 2014.

FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n.1, p. 109-120, 2011.

FALLAHI, E. et al. Efficient Irrigation for Optimum Fruit Quality and Yield in Apples. **Hortscience**, v. 45, n. 11, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: statistics data base** [internet]. [acesso em: 22 mar. 2018]. Disponível em: <http://apps.fao.org>.

FAORO, I. D. **Biologia reprodutiva da pereira japonesa (*Pyrus pyrifolia* var. *culta*) sob o efeito do genótipo e do ambiente**. 2009. 219p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FAORO, I. D.; ORTH, A.I. A cultura da pereira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, 2010.

FRANCESCHI, P.; DONDINI, L.; SANZOL, J. Molecular bases and evolutionary dynamics of self-incompatibility in the Pyrinae (Rosaceae). **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4015–4032, 2012.

FIDEGHELLI, C.; LORETI, F. **Monografia dei portinnesti dei fruttiferi**. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Roma, Itália. 239 p. 2009.

FLEXAS, J et al. Difusive and metabolic limitations on photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, p. 1-11, 2004.

FRIZZONE, J. A. et al. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão**. 1. ed. Maringá: Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2012. v.1. 356p.

GIL, G. F. **Fruticultura: La producción de fruta, fruta de climas templado y subtropical y uva de vino**. 3 ed. Santiago: Ed. Universidad Católica de Chile, 590p. 2006.

GOMIDE, R.L.; MAENO, P. Requerimento de água pelas culturas. In: ALBUQUERQUE, P.E.P. de; DURÃES, F.O.M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.225-253.

HAUAGGE, R.; CUMMINS, J. N. Pome fruit genetic pool for production in warm climates. In: EREZ, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p 267- 303.

HAWERROTH, F.J. **Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da fertilização em macieira e pereira**. 2010. 154p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas

HERTER, F.G.; PEREIRA, J. F. M., 2008. Tecnologias para o aumento da produtividade e regularidade da produção de pera na região Sul do Brasil. In: **Anais da II Reunião Técnica da Cultura da Pereira**, p. 33 e37. Lages, SC.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra: produção agrícola municipal** [internet]. [acesso em 21 jun. 2018]. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**, v. 19, p. 21-29, 2015.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P.L. A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo. **Ciência Rural**, v. 30, p. 959-964, 2000.

LENHARD, N. R.; et al. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul). **Ciência agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LOPES, I. et al. Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. **Revista Irriga**, v.22, n.3, p.443-457, 2017.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M. Produção de pera no Vale do São Francisco. **Reunião técnica da cultura da pereira**, p. 56-65, 2012.

LOPES, P. R. C. et al. Caracterização fenológica de pereiras 'Housui' e 'Kousui' cultivadas sob clima semiárido no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 105-110, 2013.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. D. M.; SILVA-MATOS, R. R. S. Avaliação fenológica da pereira 'triumfo' cultivada em clima semiárido no nordeste do Brasil na safra de 2012. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 261-266, 2015.

LORENSI, R. P. et al. A utilização dos recursos hídricos no sistema de irrigação por superfície (inundação) na cultura do arroz mediante as normatizações. **Ambiência**, v.6, n.2, p. 355-364, 2010.

MACHADO, B. D. et al. Cultivares e porta-enxertos sobre o vigor de plantas de pereira europeias. **Ciência Rural**, v. 43, n.9, p.1542-1545, 2013.

MAIA, C. E. et al. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n. 1, p. 149-158, 2010.

MANTOVANI, E. C.; MONTES, D. R. P.; VIEIRA; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina-G, para lâminas de irrigação como função de uniformidade de aplicação. **Engenharia Agrícola**, v.32, n. 1, p. 110-120, 2012.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROSTA - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro** [internet]. [acesso em: 17 abr. 2018]. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>

MARENCO R. A, et al. Physiology of Amazon tree species: photosynthesis, respiration and water relations. **Revista Ceres**, v. 61, p. 786-799, 2014.

MOURA, M. S. B. (2007) **Dados Climáticos Estação Meteorológica Automática do Campo Experimental de Bebedouro, 2005**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido.

NAKASU, B. H.; FAORO, I. D. Cultivares. Frutas do Brasil-46. **Pêra Produção**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-36, 2003.

NAKASU, B. H.; et al. **A Cultura da Pêra**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 58p.

NEMESKÉRI, E et al. Responses of apple tree cultivars to drought: carbohydrate composition in the leaves. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, p. 949-957, 2015.

NOGUEIRA, L.C.; NOGUEIRA, L.R.Q.; MIRANDA, F.R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A.(Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. Ed. Rev. E ampl. Brasília: EMBRAPA/SPI; Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1998. p.159-187.

OSROOSH, Y.; PETERS, R. T.; CAMPBELL, C. Daylight crop water stress index for continuous monitoring of water status in apple trees. **Irrigation Science**, v.34, n.3, p. 209–219, 2016.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J. Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Paratudo) submetidas a alagamento. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 181-191, 2017.

OLIVEIRA, C. P. M et al. Quality of irrigated apples in the semiarid region of the northeast of Brazil. **Revista Caatinga**, v.30, n.3, p.760-767, 2017a.

OLIVEIRA, C. P. M. et al. Flowering, fruiting and physiology of apple tree under different irrigation levels in the Brazilian semiarid region. **Comunicata Scientiae**, v. 8, p. 99-108, 2017b.

OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; MATOS, R. R. S. S. Avaliação fenológica da pereira 'Triunfo' cultivada em clima semiárido no Nordeste do Brasil na safra de 2012. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.261-266, 2015.

ORWA et al. **Pyrus communis L. Rosaceae**. Agroforestry Database 4.0. 2009.

PASA, M. D. S. et al. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 873-880, 2012.

PEREIRA, L. S. **Necessidades de água e métodos de rega**. Europa e América. 1. ed. Lisboa-Portugal. 2004. 300 p.

PETRI, J. L. et al. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p. (Boletim técnico, 75).

REICHARDT, R.; TIMM, L. C. **Solo Planta Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2012, p. 524.

RIBEIRO, R.V. et al. Revealing drought-resistance and productive patterns in sugarcane genotypes by evaluating both physiological responses and stalk yield. **Experimental Agriculture**, v. 49, p. 212-224, 2013.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Comparação de elementos filtrantes no grau de obstrução em irrigação por gotejamento. **Engenharia. Agrícola**, v.33, n. 3, p. 488-500, 2013

RODRIGUES, E. V. et al. Tolerance of  $f_2$  populations of cowpea to water deficit. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 48-55, 2018.

ROLAND, P. et al. Lateral diffusion of CO<sub>2</sub> from shaded to illuminated leaf parts affects photosynthesis inside homo baric leaves. **The New Phytologist**, v. 169, n. 4, p. 779–788, 2006.

SANCHEZ-RODRIGUEZ, E. et al. Ammonia production and assimilation: its importance as a tolerance mechanism during moderate water deficit in tomato plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, n. 8, p. 816–823, 2011.

SANTANA, J. D. V. et al. Distribuição de raízes de bananeira ‘Prata-Anã’ no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 124-133, 2012.

SARAIVA, K. R. et al. Aplicação do “ISAREG” no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 53-60, 2013.

SARAIVA, K. R. et al. Regulated deficit irrigation and different mulch types on fruit quality and yield of watermelon. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 437-446, 2017.

SAWAZAKI, H. E.; BARBOSA, W.; COLOMBO, C. A. Caracterização e identificação de cultivares e seleções de pereiras através de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 447-452, 2002.

SEIFERT, K. E et al. A. Mudanças de pêra produzidas por dupla enxertia em marmeleiro utilizando o porta-enxerto ‘Japonês’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1631- 1635, 2009

SILVA, A. C. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, p. 1215–1221, 2011.

SILVA, Á. F. S. et al. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas/Bacteriological analysis of horticultural irrigation water. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.2, p.428-439, 2016.

SILVA, B. B. et al. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n. 9, p. 1218-1226, 2012

SIMÕES, W. L. **Influência de diferentes sistemas de microaspersão na distribuição de água no solo e nas respostas morfofisiológicas do Citrus latifolia Tanaka sobre o porta-enxerto Citrus limonia Osbeck**. 2007. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

SOUSA, I. F et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 633-644, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005, 640 p.

SOUZA LEÃO, E. L.; MOUTINHO, L. M. G.; CAMPOS, L. H. R. Arranjo produtivo local da fruticultura irrigada do vale do Submédio do São Francisco, Pernambuco/Bahia: fluxos comerciais e dinamismo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13. n. 3, p. 829-858, 2014.

TEARE, I.D.; PEET, M.M. **Crop water relations**. New York: John Wiley, 1983. 547p.

TURNER, N.C.; RAO, K.P.C. Simulation analysis of factors affecting sorghum yield at selected sites in eastern and southern Africa, with emphasis on increasing temperatures. **Agricultural Systems**, v. 121, p. 53-62, 2013.

VALEXPOR. **Valexport comemora: exportações de manga do Vale do São Francisco crescem 20% em 2015**, Petrolina-PE: Valexport, 2016.

WANG, L. et al. Construction of a high-density genetic linkage map in pear (*Pyrus communis* × *Pyrus pyrifolia nakai*) using SSRs and SNPs developed by SLAF-seq. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 198–204, 2017

WREGGE, M. S.; HERTER, F. G.; FRITZSONS, E. Regiões com similaridade de horas de frio no outono-inverno no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 108-121, 2016.

ZHOU, H. et al. Peach yield and fruit quality is main tained under mild deficit irrigation in semi-arid China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 5, p. 1173-1183, 2017.

#### 4. ARTIGO 1

### MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA UM CULTIVO EFICIENTE DA PEREIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Victor Hugo Freitas Gomes<sup>1</sup>, Welson Lima Simões<sup>2</sup>, Marlon da Silva Garrido<sup>3</sup>, Paulo Roberto Coelho Lopes<sup>2</sup>, Vinícius Gonçalves Torres Júnior<sup>4</sup>, Jefferson Rodrigues da Silva<sup>4</sup>

#### RESUMO

Visando a busca de uma nova alternativa para os produtores, objetivou-se com este estudo identificar o sistema e a lâmina de irrigação ideal para o cultivo sustentável da pereira na região do Submédio São Francisco. Os tratamentos foram constituídos de quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120%, da evapotranspiração da cultura - ETc), sob dois sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão) em dois ciclos de cultivos da pereira ‘Triunfo’. Nesse contexto, no primeiro ciclo as lâminas de irrigação estimadas em 93,62; 96,04; 86,42; 82,90 e 94,18% da ETc proporcionaram, respectivamente, as maiores produtividades total (50,03 t ha<sup>-1</sup>), comercial (43,48 t ha<sup>-1</sup>), eficiência do uso de água (EUA) da produtividade total (106,69 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), EUA da produtividade comercial (87,07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e a massa do fruto comercial (235,64 g). No segundo ciclo as lâminas de irrigação estimadas em 93,13; 94,84; 89,35; 88,78 e 95,96% da ETc propiciaram, nessa ordem, as maiores produtividade total (38,82 t ha<sup>-1</sup>), produtividade comercial (26,55 t ha<sup>-1</sup>), EUA da produtividade total (99,94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), EUA da produtividade comercial (59,18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e a massa do fruto comercial (230,64 g). Os tratamentos não comprometeram a qualidade de pós-colheita dos frutos da pêra ‘Triunfo’.

**Palavras-chave:** Gotejamento. Microaspersão. Evapotranspiração da cultura. *Pyrus*.

<sup>1</sup>Mestrando em engenharia agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 - Santo Antônio CEP: 48902-300 – Juazeiro, Bahia, Brasil, victorhfg@hotmail.com

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, s/n - Zona Rural, CEP: 56302-970, Petrolina, Pernambuco, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 - Santo Antônio CEP: 48902-300 – Juazeiro, Bahia, Brasil

## **IRRIGATION MANAGEMENT FOR AN EFFICIENT CULTIVATION OF PEREIRA IN THE BRAZILIAN SEMIARID**

### **ABSTRAT**

Aiming at the search for a new alternative for the producers, this study aimed to identify the system and the ideal irrigation leaves for the sustainable cultivation of pear tree in the region of Submédio São Francisco. The treatments consisted of four irrigation leaves (60, 80, 100 and 120%, of crop evapotranspiration - ET<sub>c</sub>), under two irrigation systems (drip and microsprinkler) in two crop cycles of 'Triunfo' pear tree. In this context, in the first cycle the irrigation leaves estimated at 93.62; 96.04; 86.42; 82.90 and 94.18% of ET<sub>c</sub> provided higher values of total productivity (50.03 t ha<sup>-1</sup>), commercial productivity (43.48 t ha<sup>-1</sup>), water use efficiency of total productivity (106.69 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), commercial water use efficiency (87.07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) and commercial fruit mass (235.64 g). In the second cycle the irrigation leaves estimated at 93.13; 94.84; 89.35; 88.78 and 95.96% of ET<sub>c</sub> provided higher values of total productivity (38.82 t ha<sup>-1</sup>), commercial productivity (26.55 t ha<sup>-1</sup>), water use efficiency of total productivity (99.94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), commercial use water efficiency (59.18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) and commercial fruit mass (230.64 g). The treatments did not compromise the post-harvest quality of 'Triunfo' pears.

**Key words:** Drip. Microsprinkler. Evapotranspiration of culture. *Pyrus*.

### **INTRODUÇÃO**

A pereira é uma espécie pertencente ao gênero *Pyrus* e a família Rosaceae, originária de zonas temperadas da Ásia e Europa e apresenta grande valor socioeconômico no mundo (Franceschi; Dondini; Sanzol, 2012). Além disso, é considerada a terceira pomácea mais

cultivada em regiões de clima temperado e subtropical no mundo, devido principalmente a sua grande aceitação no mercado consumidor (Sezerino e Orth, 2015).

O mercado brasileiro consome 169 mil t de frutos de pêra, porém, a produção nacional é insuficiente para atender a demanda do consumo interno, necessitando no ano de 2016 a importação de aproximadamente 147 mil t de frutos da Argentina e de Portugal (AGROSTAT, 2018; IBGE, 2018). A baixa produção de pêra no Brasil pode ser atribuída a escassez de variedades adaptadas às condições de pouco frio hibernal, e ao uso limitado de tecnologia nos sistemas de produção (Faoro e Orth, 2010).

No Brasil, o Sul é a maior região produtora responsável por colocar no mercado 10 mil t de frutos (FAOSTAT, 2017). O sucesso dessa produção pode ser atribuído à sua característica climática, uma vez que as principais variedades cultivadas desta planta necessita de 500 e 1500 horas de frio para superar a fase de endormência (abertura de gemas) (Carvalho et al. 2010).

Entretanto, a partir de programas de melhoramento genético realizados no país, foi possível obter cultivares que suportam baixo requerimento de frio (Bettiol Neto et al., 2014; Tecchio et al., 2011). Nesse sentido, em estudos realizados no Semiárido brasileiro, foi observado que as cultivares de pereira ‘Triunfo’, ‘Princesa’, ‘Housui’ e ‘Kousu’, apresentaram grande capacidade de adaptação e alta produção neste local (Lopes et al., 2013; Lopes et al., 2015).

Considerando-se as características edafoclimáticas, a escassez de recursos hídricos e a falta de informação técnica para o cultivo eficiente desta cultura na região, o manejo correto da irrigação torna-se ferramenta fundamental para sustentabilidade das propriedades produtoras. Embora já existam valores de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para a pereira, recomendado pela FAO, variando de 0,45 a 1,2 ao longo do seu ciclo fenológico (Allen et al., 2006), nem sempre esses números condizem com o que a cultura e/ou variedade realmente precisa em uma determinada região (Conceição et al., 2011).

A maior eficiência do uso da água pela cultura pode estar também associada à sua adaptabilidade ao sistema de irrigação utilizado. Apesar da irrigação localizada em fruteiras no Brasil ter se expandido em virtude da sua maior eficiência de aplicação, quando comparada com os outros métodos (Maia et al., 2010), a escolha do uso de microaspersores ou gotejadores para irrigação tem proporcionado diferença da produção e na qualidade dos frutos para fruteiras como a mangueira Keitt, na região do Submédio São Francisco (Simões et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de sistemas e das lâminas de irrigação na produtividade e qualidade dos frutos da pereira ‘Triunfo’ na região do Submédio São Francisco.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no pomar comercial da fazenda Frutos do Sol, no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho Núcleo 5 (9°21'27.65" de latitude sul e 40°37'56.07" de longitude oeste), localizado no município de Petrolina – PE. O trabalho foi realizado com a pereira (*Pyrus communis*), com quatro anos de idade propagada por enxertia (porta-enxerto ‘*P. calleryana* L.’ e enxerto ‘Triunfo’), com espaçamento de 3,5 x 1,25 m.

O clima predominante da região é o Semiárido, com temperatura média anual de 26,5°C, classificado como BSwH por Köppen, apresentando os maiores picos entre outubro e dezembro, enquanto julho é o mês mais frio (Lopes et al., 2017).

O delineamento experimental foi em blocos ao caso em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições, dois sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) e quatro lâminas de irrigação (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ETc), sendo o estudo foi realizado em dois ciclos de cultivo. Cada parcela foi constituída por 10 plantas, sendo úteis as três centrais.

Realizou-se no início de cada ciclo de cultivo uma poda de limpeza das plantas,

retirando-se os ramos ladrões, mal posicionados, doentes e excessivamente vigorosos. O primeiro ciclo iniciou-se no mês de outubro de 2016 e teve término em abril de 2017, enquanto que o segundo começou em maio de 2017 finalizando em novembro do mesmo ano.

Na figura 1 encontram-se os dados meteorológicos referente, a precipitação acumulada e a média da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), no período do experimento.

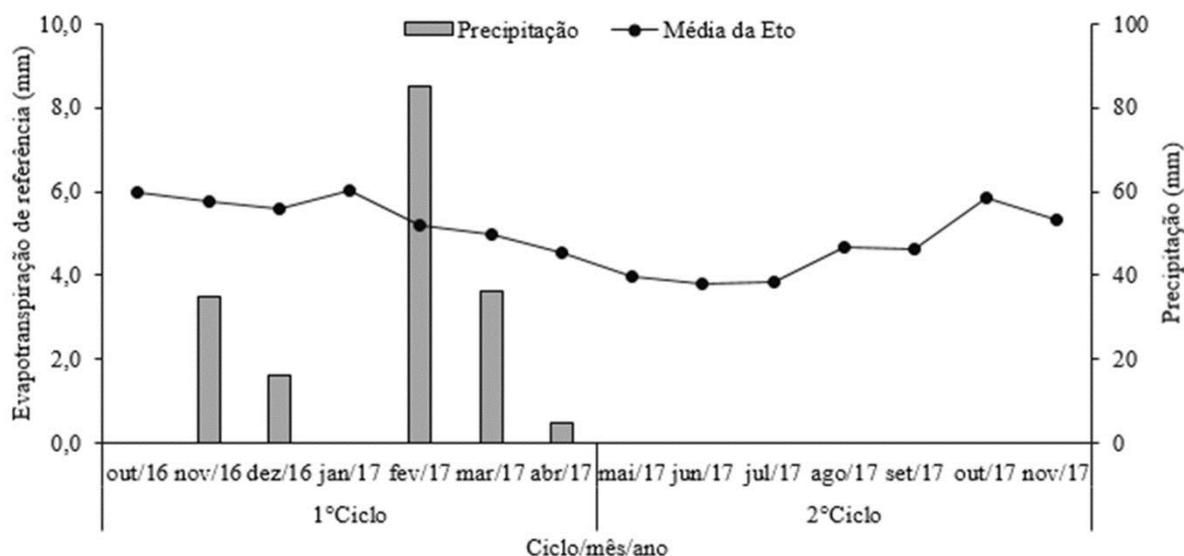


Figura 1 – Precipitação e média da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) nos dois ciclos do experimento.

Durante o primeiro ciclo registrou-se uma radiação global média de  $25,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , temperatura do ar média de  $29 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo a mínima registrada de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  e a máxima de  $38,8 \text{ }^\circ\text{C}$ , e a média da umidade relativa do ar foi de 47%. No segundo ciclo, a média da radiação global foi de  $20,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , a temperatura média foi de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , com mínima de  $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$  e máxima de  $36,3 \text{ }^\circ\text{C}$  e a média da umidade relativa do ar apresentou 57,3%. A classificação textural do solo da área experimental é arenosa, conforme observado na tabela 1.

Tabela 1. Análise física do solo: Densidade do solo (D<sub>s</sub>), densidade de partícula (D<sub>p</sub>), Porosidade total (Pt), teores de areia, silte, argila e classificação textural da área experimental da pereira no Submédio São Francisco.

Profundidade (cm)	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	Pt (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0-20	1,55	2,39	35,31	82,5	12,9	4,6	Arenosa
20-40	1,62	2,58	37,24	83,0	12,1	4,9	Arenosa
40-60	1,62	2,56	37	80,1	15,6	4,3	Arenosa

Para a irrigação por gotejamento foram instalados duas linhas de gotejadores por fileira de planta, espaçadas de 1,0 m entre elas e 0,5 m entre gotejadores, com vazão de 2 L h<sup>-1</sup>, formando uma dupla faixa molhada contínua. Na irrigação por microaspersão, foram utilizados quatro difusores por parcela, com vazão de 27,0 L h<sup>-1</sup>, espaçados a 3,1 m um do outro.

As irrigações foram realizadas diariamente à partir de dados da ET<sub>c</sub>, sendo os valores da ET<sub>o</sub> estimado pelo método de Penman-Monteith, conforme descrito por Allen et al. (2006) obtidos por uma estação meteorológica instalada próxima a área experimental e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) usado, também pelos mesmos autores.

Os frutos das plantas úteis de cada tratamento foram coletados, quantificados e pesados quando atingiram a sua maturação fisiológica comercial. Além disso, os frutos foram classificados em comerciais e não comerciais seguindo a especificação do Instituto em Agrônômico de Capinas (IAC), em que a massa dos frutos da pereira Triunfo oscilam entre 180 e 250 g (Nakasu e Faoro, 2003).

Os frutos coletados foram acondicionados em sacos plásticos e encaminhados para o laboratório de pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde realizou-se análises da firmeza da polpa, do teor de sólido solúveis (SS), da acidez titulável (AT), da relação SS/AT (*ratio*) e cor da epiderme dos frutos. As análises de SS, AT e relação SS/AT foram efetuadas seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2008). A firmeza da polpa foi determinada com

o auxílio de um penetrômetro manual com ponteira de 11 mm de diâmetro. A cor da epiderme foi mensurada utilizando um aparelho colorímetro 400 (Konica Minolta, Brasil) utilizando as escalas luminosidade (L), croma (C) e ângulo de cor (h).

Os resultados foram submetidos a análise de variância, estudando a interação entre os fatores quando foi significativa, comparando as médias através do teste de Tukey para os atributos qualitativos e a análise de regressão para os fatores quantitativos, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Além disso, foram realizados contrastes não ortogonais através do teste de Scheffé a 5% de probabilidade de erro, onde  $y = +1$  e  $-1$  para avaliação entre os ciclos estudados.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Através da análise de variância observou-se diferença significativa para as lâminas de irrigação das variáveis produtividades total e comercial, não apresentando interação entre os sistemas e as lâminas de irrigação. Nas figuras 2A e 2B encontram-se os modelos de equações quadráticas para a produtividades total e comercial para o primeiro e segundo ciclo.

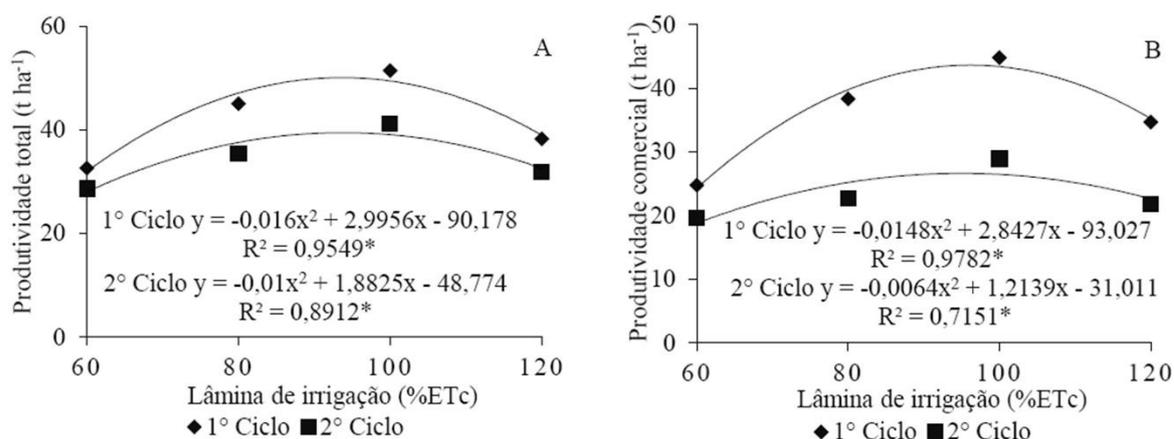


Figura 2 –Produtividades total (A) e comercial (B) no cultivo de pereira Triunfo na região do Submédio São Francisco, submetido a diferentes lâminas de irrigação em dois ciclos de cultivo.

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de regressão.

De acordo com os modelos de equações ajustadas, as lâminas de irrigação estimadas em 93,62 e 96,04% da ET<sub>c</sub> permitiram as maiores médias de produtividades total (Figura 2A) e comercial (Figura 2B), com valores de 50,03 e 43,48 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o primeiro ciclo. No segundo ciclo os níveis de água estimados em 93,13 e 94,84% da ET<sub>c</sub> permitiram as maiores médias de produtividades total (Figura 2A) e comercial (Figura 2B), com valores de 39,82 e 26,55 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Esta alta produtividade da cultura, quando comparada com sua média na região sul (11,98 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2018), pode estar associado às condições climáticas da região do Submédio São Francisco, que favorecem a brotação da pereira, principalmente devido à alta radiação solar e a aplicação de água frequente (Oliveira et al., 2015).

Deste modo, quando a planta encontra-se em condições de boa disponibilidade hídrica no solo, não há redução nas suas atividades metabólicas como a produção de fotoassimilados, que influenciam na produção de carboidratos favorecendo o aumento da produtividade da cultura. Esses fatores permitem um alto fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na folha favorecendo a abertura dos estômatos, minimizando a resistência estomática à difusão do CO<sub>2</sub> (Taiz & Zeiger, 2017).

Os resultados obtidos no presente trabalhos corroboram com os encontrados por Lopéz et al. (2011) e Lepaja et al. (2016), em que estudando diferentes regimes hídricos na cultura da pereira em regiões de clima temperado, relataram que os tratamentos submetidos a plena irrigação (100% da ET<sub>c</sub>) apresentaram maiores valores na produção por planta, quando comparado com os tratamentos que receberam menores lâminas d'água.

Conforme descrito nas figuras 2A e 2B o excesso de água reduziu as produtividades total e comercial, respectivamente, nos dois ciclos de cultivo. No primeiro ciclo, quando foi comparado as maiores médias estimadas com a lâmina de 120% da ET<sub>c</sub>, observou-se reduções

de aproximadamente 30,69 e 25,16%, para as produtividades total e comercial, respectivamente. Enquanto no segundo ciclo essa redução foi de 24,98 e 21,79% nas produtividades total e comercial, nessa ordem.

Essa redução pode ser atribuída as características físicas do solo da área experimental, tendo em vista que a sua classe textural é arenosa. Em solos arenosos a drenagem da água do solo é um componente relevante para o balanço hídrico do solo. Lâminas de irrigação em excesso levam a lixiviação de nutrientes para as águas subterrâneas resultando em declínio na produtividade (Silva; Campos; Azevedo, 2009). Assim, os resultados do presente trabalho indicam que os solos com teor de água inadequado durante todo o ciclo produtivo pode resultar em baixa produtividade.

A análise de variância também demonstrou diferença significativa entre sistemas de irrigação no segundo ciclo para as produtividades total e comercial, em que o sistema de irrigação por gotejamento apresentou a maior média para as características avaliadas, como destacado na figura 3.

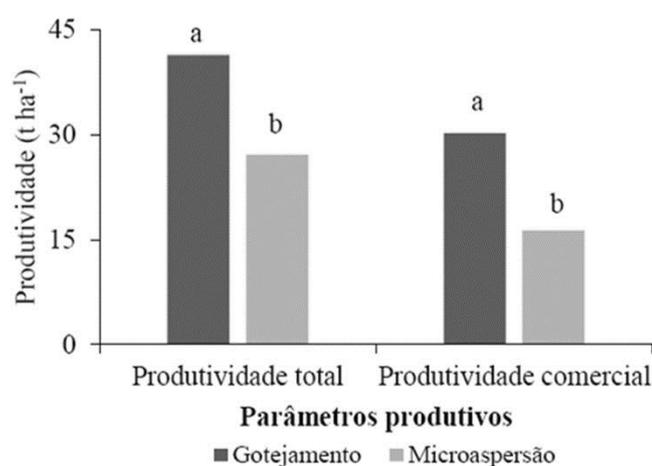


Figura 3 – Produtividades total e comercial para pereira ‘Triunfo’ em diferentes sistemas de irrigação no segundo ciclo de cultivo na região do Submédio São Francisco. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O sistema de irrigação por gotejamento proporcionou acréscimos de 34,48 e 45,93% nas

produtividades total e comercial, respectivamente, quando comparado com a microaspersão. Esse aumento nos aspectos produtivos da cultura pode estar relacionado a maior eficiência do sistema por gotejamento que o da microaspersão, uma vez que em sistemas por gotejamento as perdas por evaporação são menores o que pode estar relacionado com a menor perda por evaporação (Waller e Yitayew, 2016)

As produtividades (total e comercial) no primeiro ciclo não sofreram a influência dos sistemas de irrigação, apresentando uma média de 41,86 e 35,68 t ha<sup>-1</sup>, para as produtividades total e comercial, respectivamente entre os sistemas de irrigação. Os resultados não significativos neste ciclo podem estar atribuídos as condições meteorológicas dessa época, uma vez que a fase de frutificação coincidiu com a estação chuvosa da região, precipitando durante este período um volume total de 126,6 mm (Figura 1), que provavelmente permitiu uma uniformização da distribuição de água no perfil do solo.

De modo geral, os valores da produtividade encontrados neste trabalho superaram aos obtidos por Oliveira et al. (2015), que avaliaram o ciclo fenológico da pereira ‘Triunfo’ na mesma região do presente estudo alcançando uma produtividade média de 26,33 t ha<sup>-1</sup>. Neste contexto, observa-se que o manejo adequado da irrigação pode contribuir para o aumento dos aspectos produtivos da pereira na região semiárida brasileira.

Através da análise dos contrastes ortogonais observou-se diferença significativa entre ciclos de cultivo nas produtividades total e comercial. No primeiro ciclo, esses valores foram superiores com médias de 41,86 e 35,68 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que, no segundo ciclo nas produtividades total e comercial as médias observadas foram de 34,30 e 23,28 t ha<sup>-1</sup>, nessa ordem.

Esse aumento da produtividade do primeiro ciclo pode estar relacionado com as condições ambientais da época, em que, neste período, a demanda evapotranspirométrica (Figura 1) foi maior do que no segundo ciclo, podendo ter gerado um aumento da fotossíntese,

favorecendo positivamente na produtividade da cultura.

A eficiência do uso de água (EUA) pela cultura, que mensura a relação entre a produção frutos frescos e o volume de água gasto durante o ciclo da cultura, apresentou diferença significativa entre as lâminas de irrigação, não havendo interação significativa entre os fatores estudados.

A maior eficiência do uso de água da produtividade total (EUAT) no primeiro ciclo de cultivo foi alcançada para uma lâmina de 84,92% ETC, com um valor estimado em 106,69 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, como destacado na figura 3A. No segundo ciclo o maior valor da EUAT foi obtido na lâmina estimada em 89,35% da ETC, com média de 99,94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (Figura 3B).

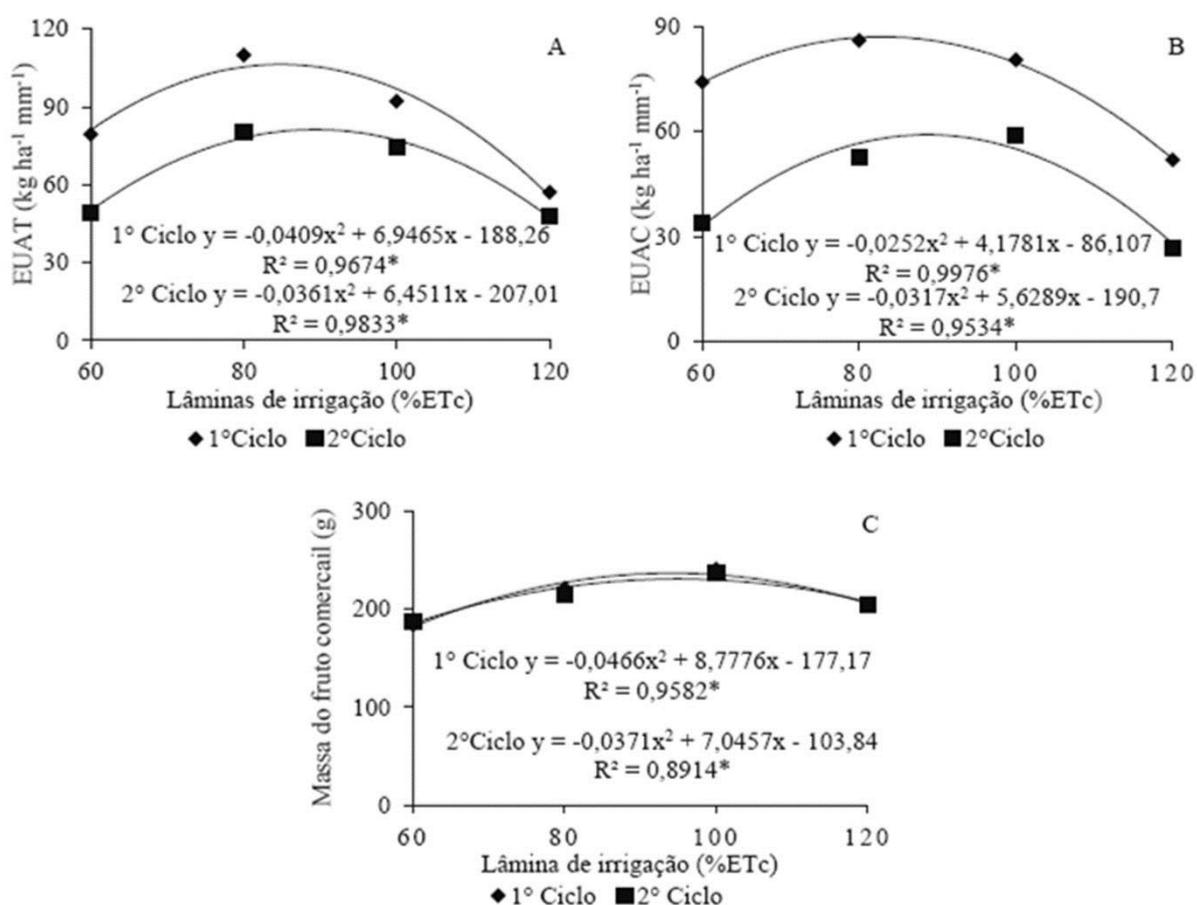


Figura 4 – Eficiência do uso de água da produtividade total (EUAT) (A); Eficiência do uso de água da produtividade comercial (EUAC) (C) e peso médio do fruto comercial (B) da pereira Triunfo no Submédio São Francisco, submetida a diferentes lâminas de irrigação e dois ciclos

de cultivo. \*Significativo a 5% de probidade pelo teste de regressão.

Para a eficiência do uso de água da produtividade comercial (EUAC) no primeiro ciclo, a lâmina estimada em 82,90% ETc alcançou um valor de 87,07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. Enquanto que no segundo ciclo o maior valor da EUAC foi encontrado na lâmina estimada em 88,78% da ETc, que proporcionou a maior EUAC (59,18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>).

Apesar das maiores produtividades total e comercial no primeiro e segundo ciclo terem sido alcançadas nas lâminas entre 93,13 e 96,04% da ETc, a maior EUA para o cultivo da pereira na região do Semiárida brasileira se deu com as lâminas abaixo de 90% da ETc. Esse comportamento corrobora em estudos com déficit controlado e diferentes disposições de gotejadores na cultura da macieira, onde a maior EUA foi nos tratamentos que receberam menores quantidades de água. Por outro lado, os aspectos produtivos dessas parcelas foram menores, quando comparados com aquelas que receberam maiores volumes de água (Girona et al., 2010).

A análise de variância também indicou diferença significativa entre sistemas de irrigação para as variáveis EUAC e EUAT, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, como descrito na figura 5. A maior EUA no sistema por gotejamento pode ser relacionado pela maior eficiência de aplicação de água, quando comparado com a microaspersão.

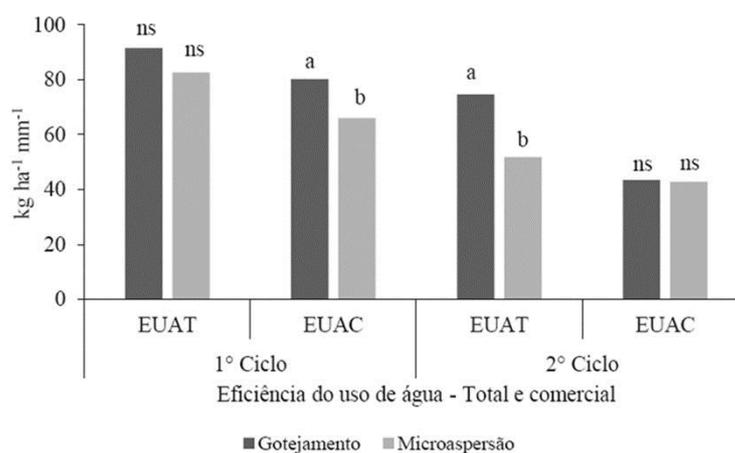


Figura 5 – Eficiência do uso de água da produtividade total (EUAT); Eficiência do uso de água

da produtividade comercial (EUAC) no cultivo da pereira ‘Triunfo’ em diferentes sistemas de irrigação em dois ciclos de cultivo na região do Submédio São Francisco. \*Significativo a 5% de probidade pelo teste de Tukey.

Além disso, a análise dos contrastes ortogonais constatou diferença significativa entre os ciclos de cultivo para a EUAT e EUAC. No primeiro ciclo os valores de EUAT e EUAC foram superiores, quando comparados com a segunda etapa do experimento, obtendo médias de 84,75 e 73,09 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que, no segundo ciclo EUAT e EUAC as médias observadas foram de 63,17 e 43,11 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, nessa ordem. Os maiores valores de EUA no primeiro ciclo estão relacionados com as médias de produtividade superiores encontradas nesse ciclo, quando comparado com o segundo ciclo fator que contribui para otimização de água no primeiro ciclo.

Constatou-se também o efeito das lâminas de irrigação sob a massa do fruto comercial (Figura 3C). Para tanto, os modelos de equações para este atributo são polinomiais do segundo grau em ambos os ciclos de cultivo, estimando-se que as lâminas de 94,18 e 95,96% da ETc, foram responsável pelos maiores valores da massa do fruto comercial, com médias de 235,64 e 230,64 g, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

Em trabalhos realizados com diferentes regimes de irrigação e desbastes de frutos, constatou-se que os maiores volumes de água favoreceram também aumento do peso médio do fruto (López et al., 2011). Em estudos com macieira submetida a diferentes sistemas e lâminas de irrigação no Semiárido mexicano, observou-se que os sistemas de irrigação localizada influenciaram no ganho de pesos médios dos frutos (Rumayor-Rodriguez e Bravo-Lozano, 1991).

A redução do nível de água durante o crescimento dos frutos, principalmente nas fases 2 (alongação celular) e 3 (maturação), tende a diminuir a produtividade da cultura devido à

redução do número e, principalmente, do tamanho e peso dos frutos (Oliveira et al., 2017; Yao; Neilsen; Neilsen, 2001). Por outro lado, assim como a produtividade comercial (Figura 2B) o excesso de água também comprometeu a massa do fruto comercial, o que provavelmente estar relacionado com a lixiviação de nutrientes responsáveis pelo crescimento do fruto.

Para a variável resistência da polpa observa-se na figura 6A diferença significativa para lâminas de irrigação com uma equação polinomial quadrática, para o primeiro ciclo de cultivo, sendo esse efeito insignificativo no segundo ciclo, com uma média de  $11,59 \text{ N cm}^{-2}$ . A lâmina estimada em de 104,87% da ETc, proporcionou a menor resistência da polpa do fruto ( $7,84 \text{ N cm}^{-2}$ ). A concentração de materiais de parede celular e a resistência da polpa podem diminuir com o aumento do tamanho dos frutos, devido ao alongamento celular (Taiz e Zeiger, 2017).

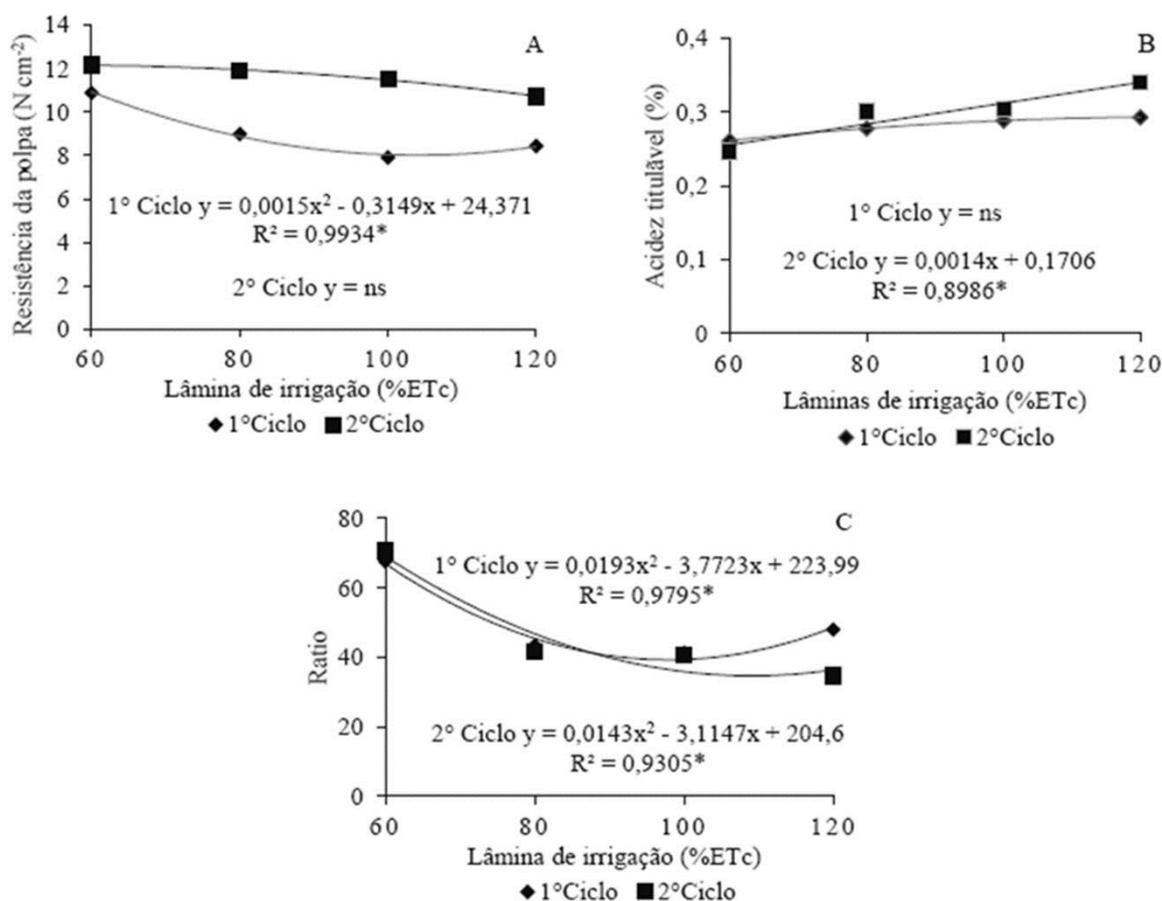


Figura 6 – A- Resistência da polpa do fruto; B – Acidez titulável; C – Ratio (Sólido solúveis/Acidez titulável) em frutos da pereira ‘Triunfo’ sobre diferentes lâminas de irrigação

em dois ciclos de cultivo na região do Submédio São Francisco. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em trabalhos realizados com cultivares de macieira submetida a diferentes regimes hídricos no ambiente semiárido brasileiro, observou-se que a redução da firmeza da polpa foi em função do aumento do tamanho do fruto (Oliveira et al. 2017). O acúmulo de amido e a turgidez proporcionada pela adequada disponibilidade de água favorecem a resistência da polpa (Taiz e Zeiger, 2017), possibilitando em vantagem para os procedimentos de manejo de colheita e pós-colheita (Simões et al., 2018).

Além disso, a restrição hídrica pode limitar a divisão e a expansão das células, aumentando a densidade da cadeia celular e a espessura do tecido paliçádico (Zhou et al., 2017), justificando maiores valores para a resistência da polpa em parcelas menos irrigadas.

Ainda referente a resistência da polpa observou-se também diferença significativa entre os ciclos de cultivo, pela análise de contraste ortogonal, sendo o segundo ciclo maior (11,59 N cm<sup>-2</sup>) do que o primeiro (9,06 N cm<sup>-2</sup>). A menor média obtida no primeiro ciclo pode estar vinculado a ocorrência de precipitação durante o período da frutificação, que possibilitou um aumento no teor de água nos frutos, diminuindo a conteúdo de matéria seca.

Apesar do regime hídrico ter afetado na resistência da polpa no primeiro ciclo, os valores obtidos no presente trabalho não comprometeram as especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a comercialização, na qual instrui que a resistência mínima da polpa deve ser entre 6,86 e 14,47 N cm<sup>-2</sup> (MAPA, 2006), estando os resultados desse estudo dentro dessa margem.

Na característica acidez titulável observou-se diferença significativa das lâminas de irrigação no segundo ciclo (Figura 6B), em que o aumento do conteúdo de água do solo resultou no acréscimo na acidez do fruto. Esse comportamento foi insignificativo no segundo ciclo

apresentando uma média de 0,30% para este parâmetro. Wu et al. (2013) relataram que o déficit hídrico no solo diminuiu significativamente o teor de ácidos tituláveis em frutos de pêra melhorando a qualidade do fruto.

A acidez titulável é um atributo que indica a qualidade no sabor do fruto e essa característica pode estar diretamente relacionada com o teor de solúveis, pois a medida que o °Brix aumenta o teor desses ácidos orgânicos diminui (Chitarra e Chitarra, 2005). Apesar das lâminas de irrigação não terem influenciado de maneira significativa no teor dos sólidos solúveis, o nível de acidez no fruto reduziu conforme a restrição hídrica.

A análise de variância também demonstrou que o sistema de irrigação influenciou de maneira isolada no teor de acidez no fruto, conforme destacado na figura 7B. As parcelas constituídas por sistema por microaspersão apresentaram maiores concentrações de ácido, tendo aumentos de 17,42 e 15,88%, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, em relação a irrigação por gotejamento.

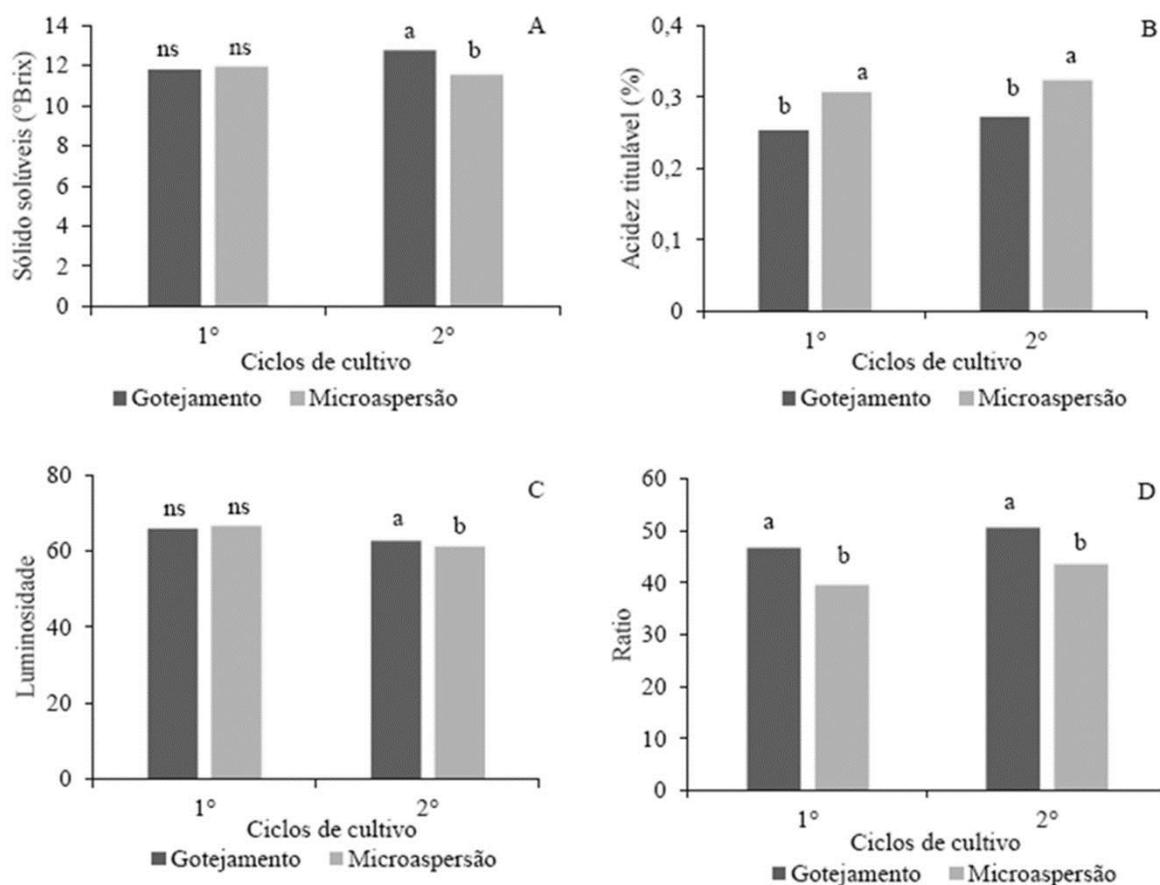


Figura 7 – A- Sólido solúveis Resistência da polpa do frito; B – Acidez titulável; C – Luminosidade D – Ratio (Sólido solúveis/Acidez titulável) em frutos da pereira ‘Triunfo’ sobre dois sistemas de irrigação em dois ciclos de cultivo na região do Submédio São Francisco. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os maiores valores de acidez obtidos no sistema por microaspersão podem estar relacionado com a sua baixa eficiência de aplicação de água, quando comparado com o sistema por gotejamento. Simões et al. (2018) notaram esse mesmo efeito na cultura da mangueira no Semiárido brasileiro, em que as parcelas constituídas pelo sistema de microaspersão apresentaram maiores teores de ácido nos frutos.

De modo geral, os valores de acidez encontrados no presente trabalho foram menores do que os obtidos por Bettiol Neto et al. (2014) para a cv. Triunfo com uma média de 0,42%,

na Zona Subtropical do Leste Paulista. Hamadziripi et al. (2014) afirmam que os frutos com maior exposição a luz solar tendem a apresentar uma menor teor de acidez, justificando a menor acidez em frutos de pêra nas condições edafoclimáticas no presente estudo, devido a maior intensidade da luz solar.

Para a variável sólidos solúveis observou-se diferença significativa apenas entre os sistemas de irrigação (Figura 7A). No segundo ciclo de cultivo, o sistema de gotejamento apresentou o maior teor de sólidos solúveis (12,75 °Brix), tendo um aumento de 9,46% com relação as parcelas submetidas ao sistema de microaspersão.

Esse efeito pode ser justificado pelo fato de que as plantas quando irrigadas sob sistemas de irrigação de alta eficiência de aplicação, como é o caso do gotejamento, tendem a ter uma maior taxa fotossintética, produzindo mais açúcares para as frutas, do que em situações onde a aplicação de água é menos eficiente (Fallahi et al., 2017; Rumayor-Rodriguez e Bravo-Lozano, 1991).

Os resultados encontrados no presente trabalho para a característica sólido solúveis são superiores ao encontrado por Bettiol Neto et al. (2014), que obtiveram uma concentração de 9,17°Brix para a pêra ‘Triunfo’. O teor de sólido solúveis pode variar conforme a variedade, o clima, a posição do fruto na copa e a época da colheita (Bettiol Neto et al., 2014; Feng et al., 2014; Flores-Cantilhano e Oteiza, 2003). A elevada radiação solar do Semiárido brasileiro também pode ser um dos fatores que contribuíram para o aumento do teor dos sólidos solúveis. De modo geral, os teores de sólido solúveis encontrados para os frutos de pêra no presente trabalho estão de acordo com as especificações para os padrões de comercialização, que devem variar entre 11 e 14 °Brix (Flores-Cantillano e Oteiza, 2003).

Com relação a característica *ratio* (Sólido solúveis/Acidez titulável) (Figura 6C), observa-se que houve resposta das lâminas, evidenciando-se um modelo de equação polinomial quadrática (Figura 6C). As lâminas de irrigação estimadas em 97,73 e 108,91% da ETc,

proporcionaram valores mínimos de 39,66 e 35,00, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, para essa característica. Além disso, observou-se o efeito dos sistemas de irrigação sobre o *ratio* (Figura 7D), nos dois ciclos de cultivo, sendo que esses valores foram maiores no sistema por gotejamento, em ambas as etapas do experimento. Para o primeiro ciclo no sistema por microaspersão houve uma redução de 15,34% no *ratio*, quando comparado com as parcelas com gotejamento, enquanto que no segundo ciclo esse decréscimo foi de 15,89%.

O *ratio* é um índice que indica a maturidade e o sabor do fruto de pêra e esse parâmetro pode sofrer influência de atributos climáticos, como a luminosidade, e temperatura, além do conteúdo de água no solo (Coutinho et al., 2003; Chitarra e Chitarra, 2005; Oliveira et al. 2017).

Apesar dos resultados sugerirem que os frutos que receberam a restrição hídrica ou submetidos ao sistema de irrigação por gotejamento terem influenciado no sabor do fruto (*ratio*), seus valores foram superiores aos encontrados por Bettioli Neto et al. (2014), que obtiveram uma média para o *ratio* de 21,81, para a pereira ‘Triunfo’.

Para as características relacionadas a cor da epiderme do fruto de pereira apenas a luminosidade foi significativa entre os sistemas de irrigação no primeiro ciclo de cultivo (Figura 7C). O sistema por gotejamento foi o que obteve a maior média (62,65) tendo acréscimo de 2,42% em relação ao tratamento com microaspersão.

Entre ciclos de cultivo, a análise de contrastes ortogonais para as características luminosidade e ângulo de cor da epiderme sofreram influência das épocas do experimento, com valores médios 66,55 e 61,14, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente, no atributo luminosidade.

Para o ângulo de cor da epiderme a média foi maior no segundo ciclo, com um valor de 109,73, enquanto que no primeiro a média foi de 106,21. Na característica cor não houve resposta significativa entre os tratamentos obtendo uma média de 45,43.

O maior valor de luminosidade no primeiro ciclo de cultivo, pode estar associado com

a ocorrência de maiores médias de temperatura e da radiação solar, quando comparado com a segunda etapa do experimento, uma vez que a luminosidade está relacionada com a maior quantidade de pigmentos clorofilados no fruto (Coutinho et al., 2003).

Já para o parâmetro *h*, o menor valor encontrado no primeiro ciclo pode estar ligado também a fatores ambientais, uma vez que essa característica mensura a tonalidade mais amarelada da epiderme (Chitarra e Chitarra, 2005), sendo um atributo que é inversamente proporcional a luminosidade.

De modo geral, os valores de luminosidade, cromacidade e ângulo de cor da epiderme no presente trabalho são superiores aos encontrados por Bettiol Neto et al. (2014), que avaliaram a produção e qualidade pós-colheita da pereira ‘Triunfo’ nas condições subtropicais do leste paulista.

Para todos os tratamentos, os valores observados para essas variáveis, bem como para o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, *ratio* e resistência da polpa, são coerentes com o estágio de maturação dos frutos no momento da colheita.

## CONCLUSÕES

O manejo adequado da irrigação no Submédio São Francisco influencia diretamente nos aspectos produtivos da pereira, sobrepujando a média dos pomares brasileiros em 11,94 t ha<sup>-1</sup>;

As lâminas de irrigação estimadas em 96,04 e 94,84% da ETc proporcionam os maiores valores sob os aspectos produtivos do cultivo da pereira ‘Triunfo’, do primeiro e segundo ciclo, respectivamente;

O sistema de irrigação por gotejamento no período mais quente proporciona os maiores valores produtivos (produtividades total e comercial);

Os tratamentos testados não comprometem a qualidade de pós-colheita dos frutos da pêra ‘Triunfo’.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G et al. **Evapotranspiración del cultivo**. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Food & Agriculture Org. 2006. 298p.

BAYONA-PENAGOS, L. V.; VÉLEZ-SÁNCHEZ, J. E.; RODRIGUEZ-HERNANDEZ, P. Effect of deficit irrigation on the postharvest of pear variety Triunfo de Viena (*Pyrus communis* L.) in Sesquile (Cundinamarca, Colombia). **Agronomía Colombiana**, 35(2): 238-246, 2017

BETTIOL NETO, J. E et al. Produção e qualidade pós-colheita de cultivares de pereira nas condições subtropicais da região leste paulista. **Ciência Rural**, 44 (10): 1740-1746, 2014.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 3 de 2 de fevereiro de 2006. Decreta o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Pêra; as Disposições Complementares e a Amostragem, Conformação da Amostra e Análise, Brasília, DF, nº3, 2 de fevereiro de 2006.

CARVALHO, R. I. N. D. et al. Endodormência de gemas de pessegueiro e ameixeira em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32(3): 769-777, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CONCEIÇÃO, M. A. F. et al. Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS. **Ciência Rural**, 41(3): 459-462, 2011.

COUTINHO, E.F et al. Qualidade pós-colheita da pêra (*Pyrus communis*L.) cultivar Carrick submetida a diferentes condições de armazenamento **Revista Brasileira de Fruticultura**, 25(3): 417-420, 2003.

FALLAHI, E. Long-term influence of irrigation systems on Postharvest fruit quality attributes in mature ‘Autumn Rose Fuji’ apple trees. **International Journal of Fruit Science**, 18(10): 1-11, 2017.

FAORO, I. D.; ORTH, A.I. A cultura da pereira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: statistics data base**. Available in: <<http://apps.fao.org>>. Access in: March, 22, 2018.

FENG, F. et al. Effects of location within the tree canopy on carbohydrates, organic acids, amino acids and phenolic compounds in the fruit peel and flesh from three apple (*Malus x domestica*) cultivars. **Horticulture Research**, 1(14019), 2014.

FLORES-CANTILLANO, R. F.; OTEIZA, E. Fisiologia e manejo pós-colheita. In: FLORES-CANTILLANO, R. F.; MARTINS, C. R.; OTEIZA, E.; MADAIL, J. C. M.; FORTES, J. F.; LUCHSINGER, L. (Org.). **Pêra: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 2003. 39p.

FRANCESCHI, P.; DONDINI, L.; SANZOL, J. Molecular bases and evolutionary dynamics of self-incompatibility in the Pyrinae (Rosaceae). **Journal of Experimental Botany**, 63 (11): 4015–4032, 2012.

HAMADZIRIPI, E. T. et al. Apple Compositional and Peel Color Differences Resulting from Canopy Microclimate Affect Consumer Preference for Eating Quality and Appearance. **Horticulture Science**, 49(3):384–392, 2014.

GIRONA, J. et al. Exploring six reduced irrigation options under water shortage for ‘Golden Smoothie’ apple: Responses of yield components over three years. **Agricultural Water Management**, 98 (2): 370-375, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra: produção agrícola municipal**. Available in: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> .Access in: March, 22, 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise alimentos**. 4.ed. São Paulo: Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

LEPAJA, L. et al. The ratio between leave and Fruit parameters on ‘William’ pear orchard affected by regulated deficit irrigation and mulching. **Agricultural University of Tirana**, 15 (1): 8-12, 2016.

LOPES, I. et al. Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. **Revista Irriga**, 22(3): 443-457, 2017.

LOPES, P. R. C et al. Caracterização fenológica de pereiras 'Housui' e 'Kousui' cultivadas sob clima semiárido no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(2): 105-110, 2013.

LÓPEZ, G. et al. Fruit thinning in 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. **Scientia Horticulturae**, 129: 64-70, 2011.

MAIA, C. E. et al. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agrônômica**, 41(1): 149-158, 2010.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROSTA - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro** Available in: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Access in: April, 17, 2018.

NAKASU, B. H.; FAORO, I. D. Cultivares. In. NAKASU, B. H.; CENTELHAS-QUEZADA, A.; HERTER, F. G. **Pêra produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.29-36.

OLIVEIRA, C. P. M. et al. Quality of irrigated apples in the Semiarid region of the Northeast of Brazil. **Revista Caatinga**, 30(3): 760-767, 2017.

OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; SILVA-MATOS, R. R. S. Avaliação fenológica da pereira 'Triunfo' cultivada em clima Semiárido no nordeste do Brasil na safra de 2012. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(1): 261-266, 2015.

RUMAYOR-RODRIGUEZ, A., BRAVO-LONZANO, A. Effects of three systems and levels of irrigating apple trees. **Scientia Horticulturae**, 47: 67-75, 1991.

SEZERINO, A. A.; ORTH, A. I. Pollination of the portuguese pear in Bom Retiro-SC, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(4): 943-951, 2015.

SILVA, V. P.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. C. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, 120(4): 467-472, 2009.

SIMÕES, W. L. et al. Produção e respostas fisiológicas da mangueira cv. Keitt sob diferentes sistemas de irrigação no Submédio do São Francisco. **Revista Irriga**, 23(1): 34-43, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TECCHIO, M. A. et al. Evolution and perspective of the temperate fruit crops in São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33: 150-157, 2011.

WALLER, P.; YITAYEW, M. **Irrigation and Drainage Engineering**. 1. ed. New York: Extra Materials, 2016. 742p.

WU, Y. et al. Yield and growth of mature pear trees under water deficit during slowfruit growth stages in sparse planting orchard. **Scientia Horticulturae**, 164: 189-195, 2013.

YANG, W. et al. Yield and growth of mature pear trees under water deficit during slow fruit growth stages in sparse planting orchard, **Scientia Horticulturae**, 164: 189-195, 2013.

YAO, S.; NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Effects of water stress on growth and mineral composition of 'Gala' apple fruit. **Acta Horticulturae**, 564: 449-490, 2001.

ZHOU, H. et al. Peach yield and fruit quality is maintained under mild deficit irrigation in semi-arid China. **Journal of Integrative Agriculture**, 16(5): 1173-1183, 2017.

## 5. ARTIGO 2

### **Trocas gasosas e bioquímicas da pereira sobre diferentes sistemas e regimes de irrigação no semiárido brasileiro**

Victor Hugo Freitas Gomes<sup>1</sup>, Welson Lima Simões<sup>2</sup>, Marlon da Silva Garrido<sup>3</sup>, José Aliçandro Bezerra da Silva<sup>3</sup>, Fabiana Torres Gomes<sup>1</sup> e Wesley Oliveira da Silva<sup>4</sup>

#### **Resumo**

Trabalhos têm demonstrado que o cultivo bem manejado da pereira nos polos irrigados do Nordeste brasileiro pode ser uma nova alternativa para sustentabilidade das propriedades. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos fisiológicos, bioquímicos e produtivos da pereira sob diferentes sistemas e das lâminas de irrigação no semiárido brasileiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com o fatorial 2 x 4, sendo dois sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão) e quatro lâminas d'água (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ET<sub>c</sub>), com quatro repetições. As lâminas de irrigação proporcionaram uma alteração nas trocas gasosas e bioquímicas da pereira, em que os níveis de água estimados em 91,2; 92,1; 94,3; 93,3; 85,64; 92,64; 98,5 e 91,8% da ET<sub>c</sub>, proporcionaram, respectivamente, as maiores médias de concentração interna de carbono (282,5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (0,35 mol de H<sub>2</sub>O  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (8,1 mmol de H<sub>2</sub>O  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), fotossíntese (23,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>), eficiência intrínseca de uso de água (68,47  $\text{mmol}^{-1} \text{s}^{-1}$  de H<sub>2</sub>O), proteínas totais solúveis (2,85 mg  $\text{g}^{-1}$ ), aminoácidos totais (0,0052 mg  $\text{g}^{-1}$ ) e produção por planta (18,49 kg). Para a temperatura foliar, teores de açúcares redutores e não redutores observou-se redução dos seus valores conforme a disponibilidade hídrica. Não há diferença das trocas gasosas, bioquímicas e produtivas da pereira quando irrigada com diferentes sistemas de irrigação.

**Palavras-chave:** microirrigação, manejo, fisiologia, *Pyrus*.

## **Gaseous changes and biochemical of pear tree on different systems and irrigation regimes in the Brazilian semi-arid region**

### **Abstract**

Studies have shown that pear cultivation in the irrigated poles of the Brazilian Northeast can be a new alternative for the sustainability of properties. Thus, the objective of this study was to evaluate the physiological and productive effect of pear tree on different systems and irrigation leaves in the Brazilian semi-arid region. The experimental design was a randomized complete block design with 2 x 4 factorial, with two irrigation systems (drip and micro sprinkler) and four water leaves (60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration - ETc) repetitions. Irrigation slides provided a change in the gas and biochemical changes of pear tree, where water levels estimated at 91.2; 92.1; 94.3; 93.3; 85.64; 92.64; 98.5 and 91.8% of ETc, provided the highest mean internal carbon concentration ( $282.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiration ( $8.1 \text{ mmol of H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), photosynthesis ( $23.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ CO}_2$ ), intrinsic efficiency of water use ( $68.47 \text{ mmol}^{-1} \text{s}^{-1}$  of H<sub>2</sub>O), total soluble proteins ( $2.85 \text{ mg g}^{-1}$ ) and total amino acids ( $0.0052 \text{ mg g}^{-1}$ ) and yield per plant ( $18.49 \text{ kg}$ ), respectively. For leaf temperature, reducing and non-reducing sugars contents were reduced according to water availability. Irrigation systems did not influence gas exchange and biochemical and productive attributes in pear tree culture.

**Key words:** microirrigation, management, physiology, *Pyrus*.

## **INTRODUÇÃO**

A pereira (*Pyrus communis* L.) é oriunda de zonas temperadas da Europa e da Ásia (Faoro & Orth, 2010) e o seu cultivo no Brasil está concentrado nas regiões Sul e Sudeste, produzindo em 2016 cerca de 22 mil t de frutos (FAOSTAT, 2018).

Entretanto, essa quantidade é insuficiente para o consumo interno necessitando, a importação de aproximadamente 147 mil t de frutos da Argentina e de Portugal (AGROSTAT, 2018). Assim, a baixa produção de pêra no Brasil é atribuída a escassez de variedades adaptadas às condições de pouco frio hibernal, o que limita a expansão da área de cultivo, e ao baixo emprego de tecnologia nos sistemas de produção (Faoro & Orth, 2010).

Estudos realizados no Semiárido brasileiro tem demonstrado a viabilidade socioeconômica do cultivo desta pomácea em que, segundo Oliveira et al. (2015) sua frutificação pode ocorrer em qualquer época do ano, utilizando variedades tolerantes ao ambiente e técnicas de manejo de irrigação eficiente.

Diante da grande demanda evapotranspirométrica do Semiárido brasileiro, a produção das culturas pode ser comprometida se a compensação de água não for suficiente para o seu consumo. As espécies vegetais normalmente sofrem com o déficit hídrico, que acarreta em decréscimos das taxas fotossintéticas e bioquímicas (proteínas e aminoácidos), resultando em baixa produtividade (Oliveira et al, 2017b; Zhou et al. 2017).

O excesso de água também pode ocasionar fatores que inibem a fisiologia da planta. Dentre essas causas podem-se citar, as perdas por lixiviação de nutrientes no solo, tais como o nitrogênio (nitrato) e o magnésio no solo, elementos de suma importância para o processo fotossintético (Silva et al., 2015). Além disso, o uso demasiado de água pode provocar a redução na concentração de oxigênio dificultando a respiração da raiz (Andrade et al., 2017).

Considerando-se que o manejo de irrigação ideal pode proporcionar melhoria nas características fisiológicas da planta, para que ela possa alcançar o seu topo de produção e a falta de informações técnicas e científicas para cultura da pereira no semiárido brasileiro, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos fisiológicos, bioquímicos e produtivos da pereira sob diferentes sistemas e das lâminas de irrigação no semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho Núcleo 5 (9°21'27.65" de latitude sul e 40°37'56.07" de longitude oeste), situado no município de Petrolina – PE. A cultura estudada foi a pereira (*Pyrus communis*), com quatro anos de idade propagada por enxertia (porta-enxerto ‘Pirus (*P. calleryana* L.)’ e enxerto ‘Triunfo’), com espaçamento de 3,5 x 1,25 m.

O clima da região é o semiárido, com temperatura média anual de 26,5°C, classificado como BSwH por Köppen, apresentando os maiores picos entre outubro e dezembro, sendo julho é o mês mais frio (Lopes et al., 2017). A classificação textural do solo da área experimental é arenosa, conforme observado na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas e granulometria do solo da área experimental.

Profundidade	CE	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+AL	SB	CTC	V
cm	dS cm <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>								%
0 – 20	0,25	6,2	13,86	0,02	0,01	2,3	0,90	0,00	0,5	3,2	3,7	87,0
20 – 40	0,19	6,1	12,30	0,02	0,01	1,3	0,70	0,00	0,5	2,0	2,5	80,7
40 – 60	1,55	6,1	16,05	0,03	0,01	1,5	0,60	0,00	0,2	2,1	2,3	89,7

Profundidade	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )		Porosidade total	Areia	Silte	Argila
Cm	Solo	Partícula	%	g kg <sup>-1</sup>		
0-20	1,55	2,39	35,31	825	129	46
20-40	1,62	2,58	37,24	830	121	49
40-60	1,62	2,56	37,00	801	156	43

CE = condutividade elétrica no extrato de saturação; P = fósforo extraído pelo método de Mehlich-1; K = potássio trocável; Na= sódio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; Al = alumínio trocável; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha permanente.

Durante o experimento, a média da radiação global foi de 20,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, a umidade relativa do ar apresentou uma média de 57,3%, e a precipitação acumulada foi de 15,2 mm. Na Figura 1 encontram-se os dados de temperatura média do ar e da evapotranspiração de

referência (ET<sub>o</sub>), no período do experimento.

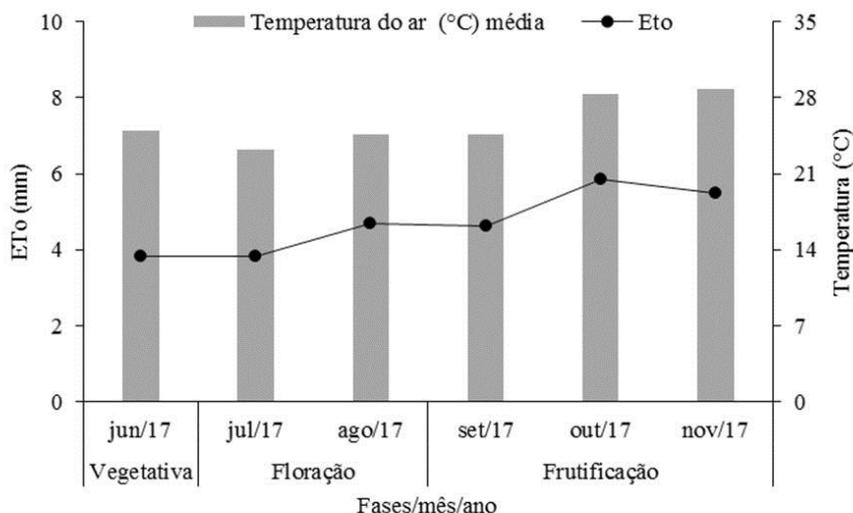


Figura 1. Temperatura média do ar e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) durante o período experimental com a pereira, no município de Petrolina – PE

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com o fatorial 2 x 4, sendo dois sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão) e quatro lâminas d'água (60; 80; 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ET<sub>c</sub>), com quatro repetições. Cada parcela foi composta por 10 plantas, sendo úteis as três centrais.

Para influenciar na uniformização da floração e da produção do pomar realizou-se no início do experimento uma poda de limpeza, retirando-se os ramos ladrões, mal posicionados, doentes e excessivamente vigorosos. O estudo iniciou-se no mês de maio de 2017 findando em novembro do mesmo ano.

Para a irrigação por gotejamento foram instaladas duas linhas de mangueira gotejadora, espaçadas, 0,8 m uma da outra, com espaçamento de 0,5 m entre emissores, e vazão de 2 L h<sup>-1</sup>, formando uma dupla faixa contínua molhada por fileira de planta. Na microaspersão, foram utilizados quatro difusores por parcela, cada um com vazão de 27,0 L h<sup>-1</sup>, espaçados a 3,1 m um do outro.

As irrigações foram realizadas diariamente a partir de dados da ET<sub>c</sub>, sendo os valores da

ETo estimado pelo método de Penman-Monteith, conforme descrito por Allen et al. (2006) obtidos por uma estação meteorológica instalada próxima a área experimental sendo o coeficiente da cultura (Kc) indicado também pelos mesmos autores.

Avaliou-se as trocas gasosas e os teores foliares de açúcares e proteínas da planta durante a frutificação com medições pontuais, entre 8 e 10 horas do dia, em folhas totalmente expandidas e completamente formadas. As leituras foram feitas com a utilização do medidor de trocas gasosas (IRGA – Modelo Li 640 Licor).

Foram mensuradas a temperatura foliar, taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática, temperatura foliar e concentração interna de carbono. A partir dos dados de trocas gasosas foram determinadas a eficiência instantânea de uso da água e a eficiência intrínseca do uso da água.

Para determinação do teor de carboidratos e proteínas foram selecionadas e coletadas folhas expostas a luz solar, totalmente expandidas, sem sinais de senescência e saudáveis. As folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas segundo sua procedência, mergulhadas em nitrogênio líquido à -180°C, acondicionadas em gelo e posteriormente armazenadas em freezer com temperatura à -20°C, até as análises bioquímicas.

Foram avaliados os teores foliares de açúcares redutores, quantificados pelo método Dinitrossalicilato – DNS, que quantifica a glicose, frutose e manose nos tecidos vegetais (Miller, 1959); açúcares totais segundo metodologia descrita por Yemm & Willis (1954); e proteínas, seguindo o método descrito por Bradford (1976), usando como proteína padrão albumina de soro bovina (BSA, Sigma, USA). Além disso, foi avaliado a produção de frutos por planta, mensurados por uma balança de precisão.

Os resultados foram submetidos a análise de variância, estudando a interação entre os fatores sistemas e lâminas de irrigação quando significativa, comparando as médias através do teste de Tukey para os atributos qualitativos e a análise de regressão para os fatores quantitativos ao

nível de 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, não houve interação significativa entre os sistemas e as lâminas de irrigação para os fatores avaliados. No entanto, observou-se efeito das lâminas de irrigação ( $p < 0,05$ ) para as variáveis fisiológicas: Concentração interna de carbono ( $C_i$ ); Condutância estomática ( $g_s$ ); Transpiração ( $E$ ); Fotossíntese ( $A$ ); Temperatura foliar ( $T_f$ ), Eficiência intrínseca de água ( $A/g_s$ ) e produção por planta. Na Figura 2A observa-se que para a  $C_i$  a equação ajustada é uma polinomial do segundo grau.

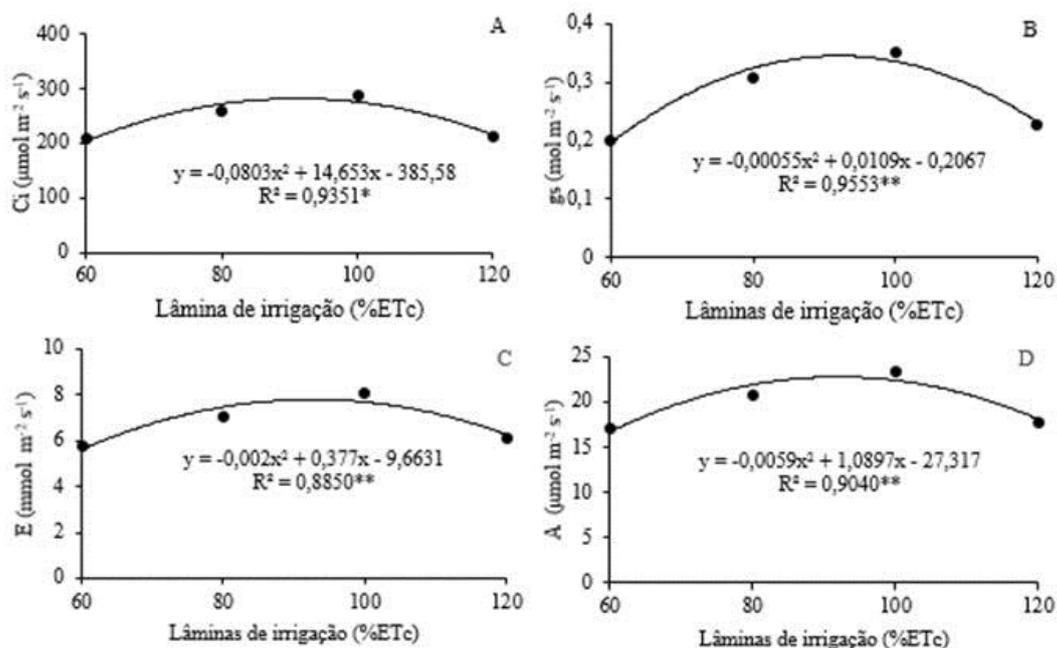


Figura 2. Efeito das lâminas de irrigação sobre: A – Concentração interna de carbono ( $C_i$ ); B – Condutância estomática ( $g_s$ ); C – Transpiração ( $E$ ); D – Fotossíntese ( $A$ ) na pereira cv. ‘Triunfo’ no Submédio São Francisco.

A lâmina estimada em 91,2% da ETc proporcionou o valor máximo de  $282,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para a  $C_i$ . A menor média observada entre os tratamentos foi representado pela lamina de 60% ( $208,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), indicando que o déficit hídrico provocou redução nos valores de  $C_i$ .

Por outro lado, pode-se notar também que o excesso de água também ocasionou redução na  $C_i$  como representado na figura 2A. As lâminas superiores a 91,2% da  $ET_c$  resultaram na diminuição da  $C_i$ . Esse decréscimo foi de aproximadamente 25%, quando compararam-se as médias da lâmina de 91,2% ( $282,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com a de 120% ( $221,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) da  $ET_c$ .

Na figura 2B nota-se que para a  $g_s$ , a equação ajustada é uma polinomial do segundo grau. Neste caso, estima-se que a disponibilidade hídrica para a lâmina de 92,1% da  $ET_c$  propiciou uma maior abertura estomática ( $0,35 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Além disso o excesso de água também provocou uma redução nos valores  $g_s$ , sendo esse decréscimo de 34,29% quando comparam-se o valor máximo estimado ( $0,35 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), com a maior lâmina d'água (120% da  $ET_c$ ).

Com relação a  $E$ , observa-se na figura 2C que o modelo de equação ajustada foi polinomial do segundo grau, sendo seu valor máximo estimado para a lâmina de 94,3% da  $ET_c$  ( $8,1 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), comportamento este semelhante ao observado para  $g_s$ . Observa-se que com o conteúdo de água superior a 94,3% da  $ET_c$  há decréscimo nos valores da  $E$ , com uma diminuição de aproximadamente 31% até o tratamento de 120% da  $ET_c$  ( $6,2 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Para fotossíntese líquida ( $A$ ) (Figura 2D), o modelo de equação ajustada também foi polinomial quadrático, sendo seu valor máximo alcançado de  $23,0 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ , para a lâmina de 93,3% da  $ET_c$ . Além disso, nota-se que a lâmina de 120% da  $ET_c$  proporcionou uma redução de 29,2% para a variável  $A$ , quando comparado com a lâmina de 93,3% da  $ET_c$ .

Diante do exposto, pôde-se notar que as características fisiológicas avaliadas correlacionam-se entre si, visto que as plantas quando submetidas a uma boa disponibilidade hídrica obtiveram uma maior abertura estomática, proporcionando aumento nas taxas de concentração interna de carbono ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ) e fotossíntese líquida ( $A$ ) na cultura da pereira.

Em trabalhos realizados com cultivares de macieira irrigada no semiárido brasileiro, observou-se que o aumento do regime hídrico resultou no acréscimo da  $C_i$  (Oliveira et al., 2017b), a qual correlaciona-se com a  $g_s$ , sendo assim também, um fator limitante para a eficiência fotossintética.

Os maiores valores das características  $g_s$ ,  $E$  e  $A$  encontrados nas lâminas estimadas em 91,2; 92,1 e 94,3% da  $ET_c$ , respectivamente, pode ser justificado pelo fato de que quando as plantas se encontram em condições de boa disponibilidade hídrica, isto é, em situações onde o solo se encontra próximo a capacidade de campo, os vegetais tendem a apresentar altas taxas transpirométricas (Oliveira et al., 2017b).

Nesse contexto, a regulação estomática estabelece os níveis da quantidade de água transpirada pelas folhas. Este fato ocorre uma vez que as folhas estão potencialmente sujeitas a controlar a perda de água para a atmosfera, utilizando mecanismos de defesa como o fechamento ou abertura dos estômatos (Zhao et al., 2015; Morandi et al., 2014).

Os menores valores das características fisiológicas encontrados nas lâminas d'água abaixo do estimado, acontece pelo fato de que as plantas quando submetidas ao déficit hídrico, transportam ácido abscísico das raízes para as folhas, estimulando o fechamento estomático, com o intuito de minimizar a perda de água para atmosfera, economizando a água disponível no solo (Morandi et al., 2014; Silva et al., 2015; Taiz & Zeiger, 2017).

Os valores de  $g_s$  encontrados no presente estudos corroboram com os obtidos por Morandi et al. (2014), que trabalhando com a pereira irrigada em clima temperado seco na Itália observaram que o estresse hídrico (25% da  $ET_c$ ) reduziu mais de 80% da  $g_s$ , quando comparado com a lâmina de 100% da  $ET_c$ , no período da manhã.

Em pesquisas realizadas em ambiente semiárido com a cultura da macieira, observou-se também reduções nas taxas de  $g_s$  e conseqüentemente de  $E$ , conforme a restrição hídrica (Oliveira et al., 2017b). Diante disso, observa-se que esses fatores influenciam na fotossíntese

líquida ( $A$ ), visto que com a abertura dos estômatos há maiores trocas gasosas e uma maior produção de fotoassimilados (Melo et al., 2010). Assim, percebe-se que a água e o  $\text{CO}_2$  são um dos principais agentes responsáveis pelo processo fotossintético.

Os resultados encontrados no presente trabalho demonstraram que o excesso de água também reduziu as taxas de  $C_i$ ,  $g_s$ ,  $E$  e  $A$ . Andrade et al. (2017), e Oliveira et al. (2017b) relatam que o excesso ou escassez de água pode induzir o fechamento dos estômatos influenciando negativamente no processo fotossintético.

Nessa situação, um dos fatores a ter contribuído para esse efeito pode ter sido o fato de que as lâminas de irrigação em excesso causaram a lixiviação de nutrientes, no qual elementos como o nitrogênio sob a forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e magnésio, são lixiviados para as camadas mais profundas do solo, permanecendo fora da zona de absorção das raízes (Silva et al., 2013).

Esses elementos participam ativamente no processo fotossintético e a deficiência desses pode ocasionar na clorose das folhas, influenciando de maneira significativa na fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2017). Em solos arenosos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), como o do experimento em questão, a retenção de cátions será baixa. O  $\text{NO}_3^-$ , além de não ser retido pela CTC do solo, é muito solúvel em água sendo portanto, mais facilmente lixiviado (Bolzani et al., 2012).

De uma maneira geral, as médias da  $g_s$  encontradas no presente trabalho são superiores aos obtidos por Zhao et al (2015), em que esses autores encontram valores de  $g_s$  inferiores a  $0,18 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e as taxas fotossintéticas não ultrapassaram  $14,00 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ , em zona semiárida da China.

Zarafshar et al. (2014) relatam que a fisiologia da pereira depende de características bióticas (espécie e cultivar) e abióticas (clima). Dessa maneira, a região do presente estudo está inserida em zona semiárida tropical e os vegetais tendem a apresentar alta demanda evapotranspirométrica (Oliveira et al. 2017b), justificando os maiores valores nas

características fotossintéticas obtidos no presente trabalho quando comparados com outros estudos.

Com relação a temperatura foliar ( $T_f$ ), pode-se notar na figura 3A que o modelo de equação ajustada foi linear, havendo redução à medida que houve aumento do volume de água aplicada. A restrição hídrica acarreta no aumento da temperatura foliar limitando a fotossíntese (Oliveira et al, 2017b).

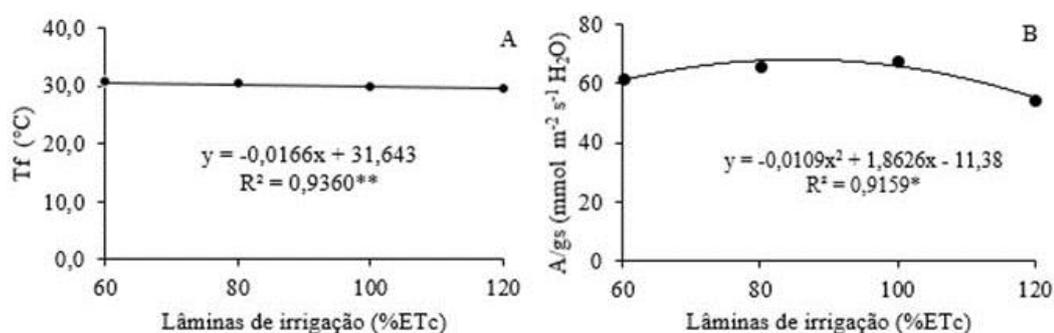


Figura 3 – Efeito das lâminas de irrigação sobre: A – Temperatura foliar ( $T_f$ ); B – Eficiência intrínseca de água ( $A/g_s$ ) na pereira cv. ‘Triunfo’ no Submédio São Francisco.

O processo fotossintético pode ser prejudicado quando há um aumento da temperatura do ambiente, ocasionado pela redução da umidade relativa do ar, o que pode resultar no fechamento estomático, havendo assim uma diminuição das trocas gasosas da cultura (Silva et al., 2013). Diante disso, esses atributos inibem procedimentos bioquímicos e fisiológicos, como a fotossíntese, respiração, divisão celular, síntese de proteínas, acúmulo de solutos e absorção de íons (Nemeskéri et al. 2015).

Para a característica eficiência intrínseca de uso da água ( $A/g_s$ ) observa-se na figura 3B que houve influência significativa ( $P < 0,01$ ) das lâminas de irrigação. Dessa forma, o fechamento dos estômatos contribuiu com a eficiência do uso da água. Nesse parâmetro, percebe-se que o modelo de equação ajustada é um polinomial quadrático (Figura 3B), estimando um valor máximo de  $68,47 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  para a lâmina de 85,64% da ETC.

Neste caso, quanto menor a disponibilidade de água menores serão a abertura estomática, transpiração e fotossíntese, implicando na diminuição da  $A/g_s$ . A condutância hidráulica da raiz diminui com a redução do teor de água no solo quando as plantas sofrem com o estresse hídrico no solo (Yang et al., 2011), minimizando assim a  $A/g_s$ .

Para a característica da eficiência intrínseca de água ( $A/E$ ) não observou-se a influência significativa das lâminas de irrigação, apresentando uma média de  $2,89 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  para a  $A/E$ , com coeficiente de variação de 19,1%.

No que diz respeito às características bioquímicas, houve efeito significativos apenas das lâminas de irrigação com relação as características referentes aos aminoácidos totais (AT), as proteínas totais solúveis (TPT), aos açúcares redutores (AR) e aos açúcares não redutores (ANR).

Nas figuras 4A e 4B se encontram os modelos de equações polinomiais para as características TPT e AT, respectivamente. O valor máximo alcançado para TPT correspondeu a  $2,85 \text{ mg g}^{-1}$  com a lâmina de irrigação estimada em 92,64% da  $ET_c$ .

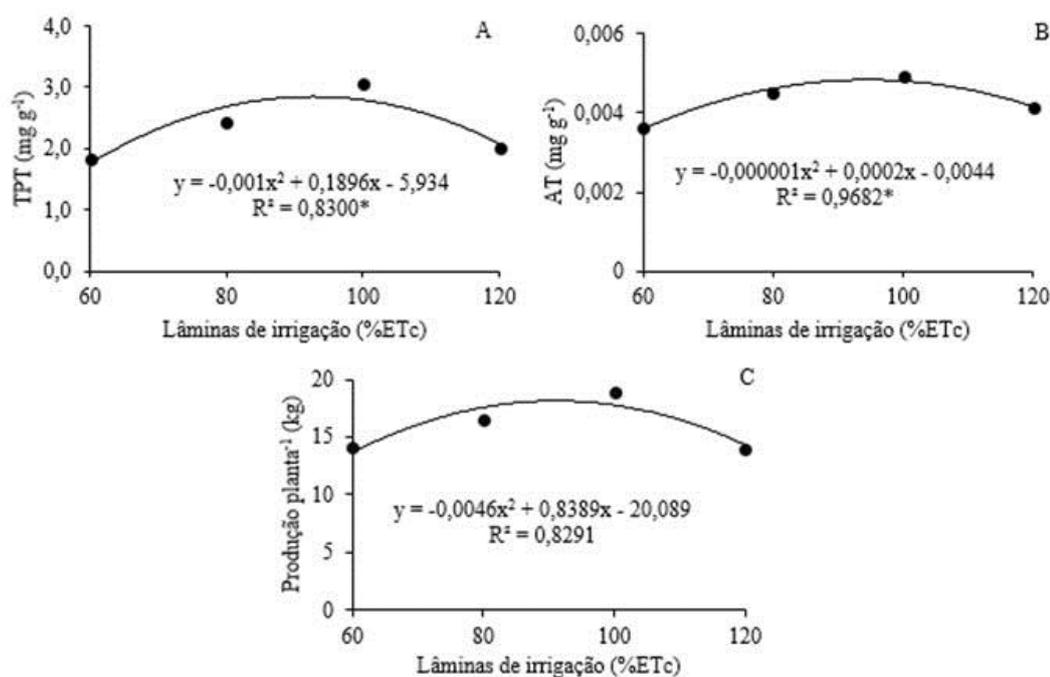


Figura 4 - Efeito das lâminas de irrigação sobre os teores de: A – Aminoácidos Totais (AT); B – Proteínas Totais Solúveis (PTP) em folhas; e C – a produção por planta da pereira ‘Triunfo’ no Submédio São Francisco.

Na característica AT a estimativa foi de  $0,0052 \text{ mg g}^{-1}$ , para o volume de água correspondente 98,5% da ETc. Os aminoácidos e proteínas são de suma importância para o crescimento e desenvolvimento da pereira, e apresentam forte ligação com as taxas fotossintéticas, tendo em vista que a produção dos fotoassimilados é decorrente do aumento da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2017).

Para os teores de proteínas os resultados encontrados no presente trabalho corroboram com Kala & Godora (2011), que relataram que as concentrações de TPT podem sofrer decréscimo em função da redução hídrica, principalmente pela ação da enzima protease.

Diante disso, fatores como fotossíntese e transpiração influenciaram de forma direta no aumento dos valores de PTP e AT. Nesse contexto, o valor da lâmina de 95% da ETc, aproximadamente, também proporcionou maiores médias de A e E (figura 2).

A ação de fatores como a incidência solar nas folhas e a boa disponibilidade hídrica no solo, elevam a atividade fotossintética, permitindo alto fluxo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na folha, favorecendo a abertura dos estômatos, minimizando a resistência estomática à difusão do  $\text{CO}_2$ , permitindo uma maior produção de carboidratos e proteína.

Ainda referente as características PTP (figura 4A) e AT (figura 4B), pode-se observar também um declínio dos valores dessas variáveis, quando aplicou-se na lâminas de irrigação em excesso (120% da ETc).

O decréscimo dessas médias pode estar relacionado com a lixiviação de nutrientes como o nitrogênio, tendo em vista que durante o metabolismo desse elemento ocorre a redução do nitrato em nitrito, tendo como enzima responsável a nitrase (Maraghni et al., 2011).

Nesse contexto, com a lixiviação do nitrogênio há a diminuição na produção de aminoácidos,

proteínas e clorofilas, diminuindo o crescimento e o desenvolvimento da planta (Taiz & Zeiger, 2017). Assim, a atividade fotossintética pode ser uma característica que reflete no aumento produtivo da planta.

Para característica produção por planta (figura 4C) observou-se também interação significativa em que a equação ajustada é uma polinomial do segundo grau, e o valor máximo para essa característica foi estimado em 18,40 kg planta<sup>-1</sup>, para a lâmina de irrigação de 91,8 % da ETc.

A maior produção de frutos nesse regime hídrico, pode estar relacionado com o aumento dos teores de carboidratos por planta, que por sua vez esses estão ligados com as características fotossintéticas, como o aumento das taxas de *A* e de *E* (Mesa et al., 2016). Cabe ressaltar que as interações entre estes fatores são essenciais para as culturas em zonas semiáridas, pois a abertura estomática contribui para maiores trocas gasosas e conseqüentemente produção de fotoassimilados.

Essa condição é importante para a produção dos cultivos oriundos de clima temperado, conforme relatado por Oliveira et al. (2017a), que notaram um aumento do peso médio dos frutos de macieiras em função do acréscimo da lâmina de irrigação no semiárido brasileiro.

Entretanto, o excesso de água pode prejudicar o desempenho produtivo no solo, como observado na lâmina de 120% da ETc. Como já mencionado, solos arenosos possuem baixa CTC e os nutrientes são facilmente lixiviados, resultando no declínio da produção.

Quanto a produção de açúcares, pode-se notar nas figuras 5A e 5B uma redução de maneira linear nos valores de AR e ANR, respectivamente, conforme o aumento das lâminas de irrigação. Nesse contexto, observa-se que as parcelas que sofreram deficiência hídrica as concentrações nos teores de AR e ANR foram maiores.

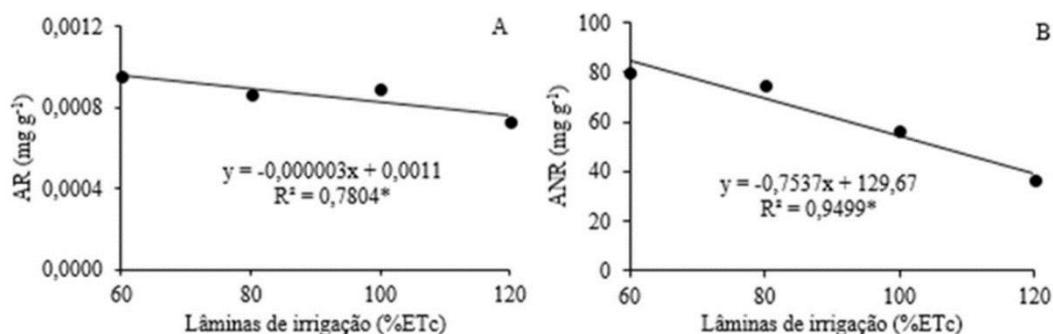


Figura 5 – Efeito das lâminas de irrigação sobre: A – Açúcares redutores (AR); B – Açúcares não redutores (ANR); em folhas da pereira cv. ‘Triunfo’ no Submédio São Francisco.

Esse fenômeno pode ser explicado sob duas principais vertentes, sendo a primeira que o acúmulo de açúcares livres nas partes foliar e radicular ocorre em função da inibição e da síntese de proteínas e da hidrólise das reservas de amido pela ação da enzima amilase (Chaves Filho & Stacciarini-Seraphin, 2001). A segunda hipótese é de que os tecidos do floema quando sofrem com o déficit hídrico, reduzem a translocação de açúcares para outros órgãos vegetais como a folha (Subbarao et al., 2000). De uma maneira geral, as plantas se ajustam osmoticamente com o intuito de acumular solutos orgânicos nos seus tecidos vegetais.

Os resultados do presente trabalho corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (2017b) que avaliando diferentes lâminas de irrigação em duas variedades de macieira no Submédio São Francisco relataram a mesma redução nos teores de açúcares nas folhas.

## CONCLUSÕES

As taxas fotossintéticas e bioquímicas e a produção por planta na cultura da pereira não sofrem efeitos significativo entre os sistemas de irrigação, no Submédio São Francisco.

As lâminas de irrigação influenciam de maneira significativa nas características fotossintéticas da pereira no Submédio São Francisco, sendo que o valor médio de 92,7% da ETc proporciona os maiores valores de Ci, g<sub>s</sub>, A, E.

A lâmina média de 95,6% da ET<sub>c</sub> proporcionou os melhores resultados bioquímicos de AT e PTP.

Os teores de AR e ANR reduziram com aumento da lâmina de irrigação.

A lâmina de 91,4% proporcionou o maior valor de produção da pereira (18,40 kg planta<sup>-1</sup>).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Food & Agriculture Org., 2006. 298p.

Andrade, V. P. M. de; Silva, J. A. B.da; Souza, J. S. C. de; Oliveira, F. F.; Simões, W. L. Physiological characteristics of grapevine under irrigation and fertilization management. Pesquisa Agropecuaria Tropical (Online), v. 47, n; 4. p. 390-398, 2017.

Bolzani, H. R.; Oliveira, D. L. do A.; Lautenschlager, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 4, p. 385-392, 2012.

Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, v. 72, p. 248, 1976.

Chaves Filho, J. T.; Stacciarini-Seraphin, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. Revista Brasileira de Botânica, v.24, p.199-204, 2001.

Dias-Filho, M. B.; C.J. Carvalho. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.10, p.1959-1966, 2000.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: statistics data base [internet]. [acesso em: 22 mar. 2018]. Disponível em: <http://apps.fao.org>.

Faoro, I. D.; Orth, A.I. A cultura da pereira no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, 2010.

Kala, S.; Godora, A. K. Effect of moisture stress on leaf total proteins, proline and free amino acid content in commercial cultivars of *Ziziphus mauritiana*. *Journal of Scientific Research*, v.55, p.65-69, 2011.

Lima, M. de A.; Bezerra, M. A.; Gomes Filho, E.; Pinto, C. M. de; Enéas Filho, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.654-663, 2010.

Lopes, I.; Guimarães, M. J. M.; Melo, J. M. de; Ramos, C. M. C. Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. *Revista Irriga*, v.22, n.3, p.443-457, 2017.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROSTA - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro [internet]. [acesso em: 17 abr. 2018]. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>

Maraghi, M.; Gorai, M.; Neffati, M. The Influence of water-deficit stress on growth, water relations and solute accumulation in wild jujube (*Ziziphus lotus*). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, v. 1, n. 2, p. 63-72, 2011.

Mesa, K; Serrab, S; Masia, A.; Gagliardia, F.; Buccia, D.; Musacchi, S. Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. *Scientia Horticulturae*, v. 211, p.60-69, 2016.

Melo, A. S. de; Suassuna, J. F.; Fernandes, P. D.; Brito, M. E, B.; Suassuna, A. F.; Aguiar Netto, A. de. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta Agronomy*, v.32, n.1, p.73-79, 2010.

Miller, E. L. Use of dinitrosalicylic and reagent determination of sugar. *Analytical Chemistry*, v.31, n.3, p. 426-428, 1959.

Morandi, B; Losciale, P.; Manfrini, L.; Zibordi, M.; Anconelli, S.; Galli, F.; Pierpaoli, E.; Grappadellia, L. C. Increasing water stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. *Journal of Plant Physiology*, v.171, p.1500–1509, 2014.

Nemeskéri, E.; Kovács-Nagy, E.; Nyéki, J.; Sárdi, E. Responses of apple tree cultivars to drought: carbohydrate composition in the leaves. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v.39, p.949-957, 2015.

Oliveira, C. P. M. de; Simões, W. L.; Silva, J. A. B.; Lopes, P. R. C.; Assis, J. S. Quality of irrigated apples in the semiarid region of the northeast of Brazil. *Revista Caatinga*, v.30, n.3, p.760-767, 2017a.

Oliveira, C. P. M. de; Simões, W. L.; Silva, J. A. B.; Lopes, P. R. C.; Araujo, E. F. J.; Cavalcante, B. L. da S. Flowering, fruiting and physiology of apple tree under different irrigation levels in the Brazilian semiarid region. *Comunicata Scientiae*, v. 8, p. 99-108, 2017b.

Oliveira, I. V. de M.; Lopes, P. R. C.; Matos, R. R. S. da S. Avaliação fenológica da pereira ‘Triunfo’ cultivada em clima semiárido no Nordeste do Brasil na safra de 2012. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.37, n.1, p.261-266, 2015.

Silva, A. R. A. da; Bezerra, F, M, L.; Lacerda, C. F de; Pereira Filho, J. V.; Freitas, C. A. S. de. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.1, p.86-93, 2013.

Soares, V. N.; Szarecki, V. J.; Demari, G. H.; Martinazzo, E. G.; Villela, F.A.; Carvalho, I. R.; Nardino, M.; Souza, V. Q.; Aumonde, T. Z. Stress due to soil flooding and differential physiological responses to initial growth of wheat plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 10, p. 260-266, 2016.

Subbarao, G. V; Nam, N. H.; Chauhan, Y. S.; Johansen, C. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. *Journal of Plant Physiology*, v.157, n.6, p.651-659, 2000.

Wang, Y.; M.G. Bertelsen, M. G.; K. K.; Petersen, K. K.; Liu, F. Effect of root pruning and irrigation on growth, water relations and gas exchange in pear trees. *Acta Horticulture*, v. 1038, v. 471-478, 2014.

Yang, Q.; Zhang, F. Li, F. Effect of different drip irrigation methods and fertilization on growth, physiology and water use of young apple tree. *Scientia Horticulturae*, v.129, p.119–126, 2011.

Yemm, E. W.; Willis, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrona. *The Biochemical Journal*, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

Zarafshar, M.; Akbarinia, M.; Askari, H.; Hosseini, S. M.; Rahaie, M.; Struve, D.; Striker, G. G. Morphological, physiological and biochemical responses to soil water deficit in seedlings of three populations of wild pear tree (*Pyrus boissieriana*). *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, v. 18, n.3, p.353-366, 2014.

Zhao, Z.; Wang, W.; Wu, Y.; Xu, M.; Huang, X.; Ma, Y.; Ren, D. Leaf physiological responses of mature pear trees to regulated deficit irrigation in field conditions under desert climate. *Scientia Horticulturae*, v.187, p. 122–130, 2015.

Zhou, H.; Zhang, F.; Wu, K. R. L.; Gong, D.; Zhao, N.; Yin, D.; Xiang, Y.; Li, Z. Peach yield and fruit quality is maintained under mild deficit irrigation in semi-arid China. *Journal of Integrative Agriculture*, v.16, n. 5, p.1173-1183, 2017.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

O manejo adequado da irrigação no Submédio São Francisco influencia diretamente nos aspectos produtivos da pereira.

As lâminas de irrigação estimadas em 96,04 e 94,84% da ETc proporcionam os maiores valores sob os aspectos produtivos do cultivo da pereira 'Triunfo', do primeiro e segundo ciclo, respectivamente. O sistema de irrigação por gotejamento no período mais quente proporciona os maiores valores produtivos (produtividades total e comercial).

Os tratamentos testados não comprometem a qualidade de pós-colheita dos frutos da pêra 'Triunfo', estando de acordo com os padrões aceitos pelo mercado consumidor.

As condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro não limitam a atividade fotossintética e bioquímica da pereira.