



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

Marcello Henryque Costa de Souza

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA AUXILIAR O MANEJO DE  
IRRIGAÇÃO VIA SOLO EM VIDEIRA DE VINHO**

JUAZEIRO – BA  
2016

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

Marcello Henryque Costa de Souza

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA AUXILIAR O MANEJO DE  
IRRIGAÇÃO VIA SOLO EM VIDEIRA DE VINHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, Campus Juazeiro, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi.

Co-Orientador: Prof. Dr. Clóvis Manoel Carvalho Ramos

JUAZEIRO – BA  
2016

	Souza, Marcello Henryque Costa de .
S729p	Planilha eletrônica para auxiliar o manejo de irrigação via solo em videira de vinho./ Marcello Henryque Costa de Souza. -- Juazeiro, 2016.
	56f. ; 29 cm
	Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2016.
	Orientador : Dr. Luís Henrique Bassoi..
	1. Irrigação agrícola - manejo. 2. Uva. 3. Solo. I. Título. II. Bassoi, Luís Henrique. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 631.587

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

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Marcello Henryque Costa de Souza

**PLANILHA ELETRÔNICA PARA AUXILIAR O MANEJO DE  
IRRIGAÇÃO VIA SOLO EM VIDEIRA DE VINHO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre.



---

Luis Henrique Bassoi, Prof. D.Sc.  
Embrapa Instrumentação – UNIVASF



---

Pedro Robinson Fernandes de Medeiros, Prof. D.Sc.  
UNIVASF



---

Welson Lima Simões, D.Sc.  
Embrapa Semiárido

Juazeiro, 25 de Janeiro de 2016.

À minha mãe Luci Maria da Silva Costa, a  
minha esposa Roberta Santos, aos meus  
familiares e amigos que me incentivaram  
e ajudaram para a conclusão deste  
trabalho.

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sem ele nada seria possível.

A minha mãe Luci Maria, pelo apoio incondicional e dedicação em toda minha vida, e principalmente nessa fase pela qual passei por algumas dificuldades, e que sem ela seria impossível prosseguir nessa caminhada.

A minha amada esposa Roberta Santos, que acima de tudo é a pessoa que mais me incentivou e batalhou ao meu lado para que eu pudesse concluir este trabalho, que ao longo dos anos dentro da universidade e após, se tornou a pessoa a qual amo e pretendo continuar ao seu lado até o resto de minha vida e que me ajudou ser o homem que sou hoje. A nossa filha Cristal, pela alegria, amor e companheirismo proporcionados durante todos os dias de convivência desde a sua chegada.

Ao meu irmão que apesar das impicâncias entre nós, me ajudou sempre que possível, e aos meus sobrinhos Augusto Hawdani, Alice Pains e Luís Gustavo, pelo carinho dedicado.

A minha segunda mãe, Maria Edilza (Biza), pelo carinho, amor e apoio a mim dedicado, em todos os momentos.

À minha família, pelo amor, que foi e sempre será fundamental na minha caminhada. E por estarem sempre ao meu lado, dando-me forças para a realização dos meus sonhos.

Aos amigos e colegas da pós-graduação da UNIVASF, pela conveniência agradável diante das adversidades e alegrias vividas durante a obtenção dos créditos. Em especial, Simone, Osvaldo e Danielle (que me acompanham desde a graduação).

As grandes amizades que conquistei durante a graduação e que sem essas amizades seria impossível continuar, Cristiane, Tayron, Anne, Vanderléia, Naedja, Maria Raquel, José Antunes, Fellipe, Uldérico, Juliana Maria e Reinaldo.

Aos amigos da Embrapa Semiárido, Bruno Djvan, Henrique Oldoni, Diogo, Juliana, Paloma, Juliano, Bruno Ricardo, pelo apoio nas pesquisas, pois sem eles não seria possível à realização deste trabalho.

Aos amigos da Embrapa Semiárido, Emerson, Jacqueline, Inaracy, Gilberto, Laís e Danise, que mesmo sem fazer parte da minha pesquisa, me apoiaram e ajudaram no que foi preciso durante minha passagem pela Embrapa.

A UNIVASF, pelo aprendizado e incentivos nos anos de luta e trabalho. Obrigado por fazer parte da minha vida profissional.

À Embrapa Semiárido, pela concessão do uso de suas instalações e pelo apoio financeiro para a execução dos experimentos.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao corpo docente da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, pela contribuição na minha formação.

Ao meu orientador Dr. Luís Henrique Bassoi e ao meu co-orientador Dr. Clóvis Manoel Carvalho Ramos, pela paciência e por me auxiliar no que fosse necessário para realização desse trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa, Dr. Davi José Silva, pelo apoio em minha pesquisa.

Enfim, a todos que colaboraram de alguma forma para realização dessa conquista. Muito obrigado!

“Dificuldades preparam pessoas comuns  
para destinos extraordinários.”

C.S Lewis.



SOUZA, M.H.C. **Planilha eletrônica para auxiliar o manejo de irrigação via solo em videira de vinho**. 2016. 55f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Juazeiro – BA.

## RESUMO

A aplicação de água por um sistema de irrigação sem critérios para o seu manejo, como é praticada por grande parte dos produtores rurais, é apontado como um dos fatores que contribui para o desperdício de água na agricultura irrigada. Assim, este trabalho teve como objetivo validar o uso de uma planilha eletrônica para o auxílio à tomada de decisão quanto ao manejo de irrigação em um ciclo de produção da videira de vinho cv. Syrah sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, entre março e julho de 2015. O plantio da videira foi realizado no espaçamento de 3 x 1 m, em 30 de abril de 2009, em um Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média, no Campo Experimental de Bebedouro, na Embrapa Semiárido, em Petrolina - PE. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com emissores de vazão de 2,5 L h<sup>-1</sup> espaçados em 0,5 m na linha de plantas. A planilha eletrônica foi elaborada para inserção de leituras de tensímetro digital em tensiômetros de punção instalados na linha de plantas, a 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m e 1,0 m de profundidade, para determinação do potencial matricial da água no solo. A planilha foi previamente preenchida com dados referentes a curva de retenção de água no solo, umidade de manejo a ser estabelecida (porcentagem da capacidade de água disponível que desejava-se atingir na camada de solo da profundidade efetiva do sistema radicular – 0,6 m), e nas características do sistema de irrigação. Assim, a lâmina bruta e o tempo de irrigação foi determinado automaticamente. A avaliação da planilha foi feito em 3 tratamentos de manejo de irrigação dispostos em um delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições: irrigação plena (IP) - irrigação durante todo o ciclo da cultura; irrigação com déficit controlado (IDC) - irrigação até a fase fenológica de cacho fechado, e posteriormente irrigações eventuais foram realizadas quando a porcentagem de água disponível na zona radicular atingisse entre 60 a 70 % de sua capacidade; e irrigação com déficit (ID) - irrigação até a fase fenológica de cacho fechado, e posterior interrupção da aplicação de água até a colheita. Ao se aplicar o manejo da irrigação pela planilha, com dados de umidade do solo, a lâmina de irrigação calculada foi menor que a lâmina de irrigação estimada com base na evapotranspiração da cultura, obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (estimada por Penman-Monteith FAO, em estação agrometeorológica a 60 m da área experimental) e de coeficientes de cultura para cada estágio fenológico da videira. A planilha eletrônica avaliada foi considerada uma ferramenta de fácil manuseio, inclusive para a aplicação de estratégias de irrigação com déficit, visto que só necessita de inserção de dados de tensiometria para o auxílio à tomada de decisão de quando e quanto irrigar.

**Palavras-chave:** Semiárido, água disponível no solo, déficit hídrico.

SOUZA, M.H.C. **Spreadsheet to assist the soil based irrigation management of wine vine**. 2016. 55f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Federal University of São Francisco Valley – UNIVASF. Juazeiro – BA.

## ABSTRACT

The irrigation water application without management criteria, as practiced by most farmers, is considered as one of the contributing factors to the water waste in irrigated agriculture. Thus, this study aimed to validate the use of a spreadsheet to aid farmer's decision-making regarding the irrigation management during a growing season (March to July 2015) of wine vine cv. Syrah grafted on Paulsen 1103. The vine planting was held at spacing of 3 x 1 m, on April 30, 2009, in a Argissolo Vermelho Amarelo, medium texture, at Bebedouro Experimental Field, Embrapa Tropical Semi-Arid, in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil. Water was applied by a drip irrigation with 2.5 L h<sup>-1</sup> flow emitters spaced at 0.5 m in the row. The spreadsheet was set up for to be filled up with readings of digital tensiometer installed in the plant rows, at 0.2 m, 0.4 m, 0.6 m, 0.8 m, 1.0 m depth, to determining the soil water matric potential. The spreadsheet was previously filled up with data about soil water retention curve, management criteria (percentage of available soil water in the effective rooting depth of 0.6 m), and irrigation system features. Then, gross depth and time of irrigation were determined automatically. The spreadsheet was evaluated in 3 irrigation management treatments arranged in a randomized block design with four replications: full irrigation (FI) - irrigation throughout the growing season; regulated deficit irrigation (RDI) - irrigation until the phenological stage of close cluster, and later only with eventual irrigations when 60-70% of soil water availability was reached in the effective rooting zone); and deficit irrigation (ID) - irrigation until the phenological stage of closed cluster, followed by irrigation interruption until harvesting. When applying irrigation management based on spreadsheet, the water depth was less than the one estimated based on crop evapotranspiration, obtained by multiplying the reference evapotranspiration (estimated by Penman- Monteith FAO in weather station 60 m from the experimental area) and crop coefficients for each vine phenological stage. The spreadsheet was considered an easy handling tool, including for the application of deficit irrigation strategies, since only tensiometer readings are required to aid decision making on when and how much to irrigate.

**Keywords:** Semiarid, soil water availability, water deficit.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cultivar Syrah enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.....	25
Figura 2: Bateria de tensiômetros para determinação do potencial matricial da água no solo nas profundidades de 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m e 1,0 m.....	26
Figura 3: Fluxograma de funcionamento da planilha eletrônica para o manejo da irrigação pela tensiometria. ....	27
Figura 4: Planilha de auxílio à tomada de decisão no manejo da irrigação: inserção dos dados oriundos da curva de retenção de água no solo e leituras tensiométricas realizadas na área.....	28
Figura 5: Croqui da área experimental, onde cada cor representa um tratamento manejo de irrigação (preto: irrigação plena – IP; azul: irrigação com déficit controlado – IDC; e vermelho: irrigação com déficit – ID). Os pontos entre os blocos representam as bordaduras. ....	36
Figura 6: Valores de precipitação pluvial em função dos dias após a poda de produção (dapp) da videira cv. Syrah, em Petrolina-PE, entre 23 de março a 13 de julho de 2015.....	37
Figura 7: Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) estimada pelo método de Penman-Monteith FAO e evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ) em função do número de dias após a poda de produção da videira cv. Syrah em Petrolina – PE entre 23 de março a 13 de julho de 2015.....	38
Figura 8: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,20 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	41
Figura 9: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,40 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	41
Figura 10: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,60 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	42
Figura 11: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,80 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	43

Figura 12: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 1,00 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físicas das camadas do solo da área experimental. ....	24
Tabela 2: Parâmetros da curva de retenção de água no solo. ....	28
Tabela 3: Valores de umidade do solo correspondente a diferentes percentagens de água disponível (% AD) nas diferentes profundidades.....	30
Tabela 4 – Valores médios do número de cacho e peso total dos cachos (Kg.planta-1), para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).....	45
Tabela 5 – Valores médios do peso de 100 bagas, volume de mosto, teor de sólidos solúveis totais (SST) do mosto, pH e acidez total titulável (ATT), para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID). ....	46
Tabela 6 – Eficiência do Uso de Água (EUA), calculada levando em consideração a precipitação ou não, durante todo o ciclo de produção da videira.....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1. VITIVINICULTURA NO VALE DO SÃO FRANCISCO .....	17
2.2. A ÁGUA IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DA VIDEIRA .....	19
2.3. IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO EM VIDEIRA DE VINHO .....	20
2.4. MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO .....	21
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1. ÁREA DO EXPERIMENTO .....	24
3.2. MANEJO DE IRRIGAÇÃO .....	25
3.3. REALIZAÇÃO DOS CÁLCULOS PELA PLANILHA .....	26
3.4. COMPARAÇÃO ENTRE A LÂMINA BRUTA DE IRRIGAÇÃO COM BASE NA TENSIOMETRIA E NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA. ....	32
3.5. DETERMINAÇÃO DE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DA PRODUÇÃO DE UVAS .....	34
3.6. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA .....	35
3.7. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO .....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
4.1. LÂMINA BRUTA DE IRRIGAÇÃO .....	39
4.2. UMIDADE DO SOLO .....	40
4.3. ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DA PRODUÇÃO DAS UVAS .....	44
4.4. EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA .....	46
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	48
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao elevado consumo hídrico das diferentes culturas existentes no Brasil, a irrigação é a atividade que mais usa água no país. Sampaio et al. (2010), citaram que a agricultura utiliza cerca de 69% de toda a água no país, enquanto que os outros setores, como industrial, doméstico e outros, utilizam o restante. Mesmo tendo uma elevada utilização, a irrigação é uma técnica eficiente para o aumento da produção de alimentos.

O manejo inadequado da irrigação adotado por boa parte dos produtores rurais é apontado por Nascimento (2009) como um dos fatores de maior contribuição para o desperdício desse recurso natural, pois de toda a água aplicada a cultura, somente de 40 a 60%, é realmente usada pela cultura e o restante é transferido pelos componentes do sistema solo-atmosfera (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2001).

Fereres e Soriano (2007), afirmam que a agricultura irrigada, em diversas regiões do mundo, continua a ser praticada de forma inadequada, sem controle dos princípios básicos da conservação e sustentabilidade dos recursos naturais.

Nesse contexto a prática da irrigação depende da quantidade de água empregada, da cultura, do clima e das características do solo. Portanto, o manejo da água em sistemas irrigados deve considerar ao menos um desses fatores para um manejo da irrigação adequado.

Mesmo com a disponibilidade de vários métodos para a realização da irrigação, ainda é pequena a adoção de um manejo adequado pelos agricultores, ocasionando, em alguns casos, em uma irrigação apenas com a experiência do produtor, a partir da visualização do solo “molhado”, sem o uso de nenhuma estratégia para manejo racional da água (COSTA, 2006).

Em muitos casos as irrigações são feitas baseadas através da percepção de sintomas visuais de déficit hídrico, que quando identificado tardiamente, tem um efeito que compromete a produção e a qualidade do produto. A falta de assistência técnica e o desconhecimento de práticas de irrigação têm gerado insucesso de projetos de irrigação (RESENDE e ALBUQUERQUE, 2002).

O manejo da irrigação é considerado uma técnica importante tanto economicamente como ambientalmente na atividade agrícola, pois tem como objetivo a eficiência do uso da água, redução do uso de energia, favorecer o

aumento da produtividade e melhorar a qualidade do produto. Isso se torna mais importante em regiões áridas e semiáridas, por apresentarem baixa disponibilidade hídrica e valores elevados de evapotranspiração da cultura (BERNARDO et al., 2006).

Dessa forma, o déficit de água severo induz a uma redução da produção e/ou da qualidade do produto, enquanto que o excesso de água pode contribuir com a perda de água e energia, na redução da qualidade e na lixiviação do solo. No caso de regiões onde a água é considerada um recurso escasso, seu uso deve ser gerido adequadamente para melhorar o rendimento da cultura e evitar grave estresse hídrico (RESENDE e ALBUQUERQUE, 2002; De la HERA-ORTS et al., 2004).

As pesquisas e a inserção de novas tecnologias vêm favorecendo a agricultura irrigada, com a disponibilização de equipamentos mais eficientes para solucionar alguns problemas relatados por produtores e técnicos, referente à tomada de decisão do “quanto” e “quando” irrigar, favorecendo a uma estimativa da quantidade de água mais precisa, otimizando a aplicação e elevando a eficiência do sistema. Dentre as técnicas mais usadas na agricultura irrigada para estimativa da irrigação destacam-se o uso da estimativa da evapotranspiração e o balanço de água no solo (BRAGA e CALGARO, 2010).

Dentre os diversos métodos existentes para estimativa do “quanto” e “quando” irrigar, o tensiômetro é um dos instrumentos mais utilizados e recomendados para o monitoramento da água no solo, considerando que tal medição é feita próximo do sistema radicular da cultura (NASCIMENTO, 2009). A tensiometria tem por objetivo, estimar o potencial da água no solo e vem sendo amplamente utilizado por resultar em determinações rápidas, precisas e de baixo custo (MORAES et al., 2006).

O tensiômetro é composto por uma cápsula porosa conectada a um tubo preenchido com água, no interior deste tubo é formada uma tensão através da “força” com que a água é retirada do equipamento, e esta força é medida por um tensímetro (BERNARDO et al., 2006).

O manejo via solo leva em consideração a umidade do solo na faixa em que o tensiômetro opera (até -70 kPa), na zona radicular da cultura. A instalação dos equipamentos deve ser cuidadosa pelo fato de ser uma medida pontual, evitando assim possíveis erros (NASCIMENTO, 2009).

É notável a dificuldade para a determinação do melhor manejo da irrigação, devido à complexidade e dinamismo das relações da água com a planta, o solo e a



atmosfera. Por isso, os cálculos são muitas vezes considerados difíceis pelos produtores, sendo então necessário o fornecimento de procedimentos mais simples no manejo da irrigação e ao mesmo tempo com boa precisão do momento e da quantidade ideal de água a ser aplicada.

Aliado a tensiometria, a planilha eletrônica, tem como finalidade auxiliar a determinação rápida e precisa no que diz respeito à quantidade de água a ser aplicada à cultura, e o momento ideal desta aplicação, facilitando os cálculos necessários para esta estimativa. Quando feitas sem o auxílio de ferramentas adequadas, tais estimativas podem ser trabalhosas e apresentar erros, superestimando ou subestimando a quantidade de água e o momento ideal para aplicação.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo validar o uso de uma planilha eletrônica no manejo da irrigação pela tensiometria em videira de vinho, incluindo estratégias de irrigação com déficit, no Vale do Submédio São Francisco, com o intuito de facilitar a determinação do quando e quanto irrigar.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Vitivinicultura no Vale do São Francisco

Há relatos que a viticultura iniciou no nordeste brasileiro no século XVI, na Bahia e em Pernambuco, passando a ter destaque econômico nas ilhas de Itaparica e Itamaracá. A partir desse destaque a videira (*Vitis vinífera* L.) começou a ser levada para o Agreste e para o Sertão, voltada principalmente para o consumo doméstico e, quando em excesso, era vendida para comercialização em áreas próximas (LEÃO, 2013).

Segundo Camargo et al. (2011), até o fim da década de 50, a viticultura brasileira se concentrava na região sul, no leste de São Paulo e no Sul de Minas. Ainda nesta década, ocorreu a expansão da fronteira agrícola, a partir do desenvolvimento de atividades na região do Vale do São Francisco, devido a investimentos públicos e privada. Isso deu início ao cultivo nessa região, onde o clima favorecia a produção de uva sem grandes variações climáticas, garantindo assim certa vantagem quando comparada com outras áreas produtivas.

Com condições favoráveis de desenvolvimento, nesta mesma década, iniciou-se a vitivinicultura em escala industrial, na cidade de Floresta - PE, com a introdução de variedades de videiras para produção de vinho para vinagre (VITAL, 2009; CAMARGO et al., 2011; VINHOVASF, 2015).

Na década de 1960 houve a introdução da cultivar Itália (*Vitis vinífera* L.) no Semiárido brasileiro, o que alavancou o crescimento da vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco (FARIAS, 2011). Uma das características que influenciaram o crescimento da produção no Semiárido, foi à possibilidade de mais de um ciclo de produção por ano, pois em regiões onde apresentam estações climáticas mais definidas e, conseqüentemente, índices maiores de precipitação, acarretam na interrupção do processo de maturação, levando a planta à dormência (FAVERO et al., 2008).

Segundo Dantas et al., (2007), o Vale do São Francisco é uma das regiões pioneiras na produção de uvas para vinhos em regiões semiáridas, localizada entre os paralelos 9° e 10° Sul, com um clima classificado "BSh" na classificação

Köppen, tendo como uma das características favoráveis a permanência da temperatura sempre acima de 12°C, evitando assim a dormência da videira.

Levando-se em consideração que as altas temperaturas e a baixa pluviosidade da região prejudicariam o desenvolvimento das culturas, o fator preponderante para a elevada produção da fruticultura foi à irrigação e o seu manejo adequado baseado em técnicas a partir de vários parâmetros, como a tensiometria e evapotranspiração. Visto que sem a irrigação, o clima seco e quente durante a maior parte do ano seriam condições desfavoráveis ao sucesso (ÁVILA NETTO et al., 2000; ASSIS et al., 2004).

Já a produção de vinhos finos começou na década de 80, com a importação de variedades de videiras vindas da Europa e dos Estados Unidos, do mesmo modo, que algumas variedades vieram do Rio Grande do Sul, sendo as principais cultivares tintas Syrah e Alicante Boushet, e as cultivares brancas Chenin Blanc e Moscato Canelli (VITAL, 2009; LIMA, 2011; VINHOVASF, 2015).

Silva et al. (2009), afirmaram que dentre as cultivares existentes no Semiárido, a Syrah (*Vitis vinifera* L.) foi a que melhor se adaptou as condições dessa região. Tal variedade tem por características a formação de grandes cachos, cilíndricos e apresenta um sabor neutro, sendo usada principalmente na produção de vinhos tintos.

O desempenho da vitivinicultura no Vale do São Francisco vem crescendo, apesar do curto período de produção, quando comparado com outras regiões produtoras, pois as características climáticas e o emprego da irrigação estão favorecendo tanto o escalonamento como o aumento na produção, podendo-se atingir de 2 a 3 safras anuais, dependendo do manejo empregado (FARIAS, 2011).

Um dos fatores determinantes para um vinho de boa qualidade é a composição da uva. Baseados nisso os produtores do Vale do Submédio São Francisco buscam cada vez mais o aprimoramento das práticas de cultivo da videira nessa região, principalmente através de estratégias no manejo da irrigação, objetivando a máxima eficiência no uso da água e um aumento na qualidade do fruto (BASSOI et al., 2011).

## 2.2. A importância da água na produção da videira

O conhecimento da demanda hídrica da videira é de grande importância para manejar o desenvolvimento da videira e a qualidade dos seus frutos. Desta maneira o estresse hídrico imposto durante determinados períodos de tempo tem influência na qualidade do fruto; além disso, essa estratégia ajuda a aumentar a eficiência do uso da água (De la HERA-ORTS et al., 2004).

Em se tratando do contexto de desenvolvimento e a qualidade de uma produção vitícola, tanto o clima quanto o solo são considerados elementos fundamentais para uma boa qualidade do produto final, o vinho. No entanto, atrelado a essas características, a condição hídrica da videira vem a ser um dos fatores primordiais para a elevada qualidade desse produto final, pois já é possível associar moderados déficits hídricos a elevada qualidade da produção (CHAVARRIA et al., 2008; CHAVARRIA et al., 2011).

Vale ressaltar que cada fase do desenvolvimento da videira pode ser influenciada de maneira distinta, dependendo das condições climáticas do local de instalação do parreiral e das características da cultura, variando em função do genótipo entre as espécies (SILVA et al., 2011).

Em regiões semiáridas, o suprimento hídrico adequado não só favorece a qualidade do produto, mas também favorece ao uso racional da água, aumentando a eficiência do seu uso e reduzindo os riscos de salinização em alguns solos. Além disso, em alguns casos, o suprimento hídrico correto melhora o acúmulo de açúcares e compostos fenólicos na baga, beneficiando a elaboração de vinhos de qualidade (SANTOS et al., 2013; ÁVILA NETTO et al., 2000).

Segundo Silva et al. (2006), o comportamento fisiológico da videira no Semiárido é diferente daquele das regiões subtropical e temperado, sendo controlada principalmente pela irrigação e época de poda. Com isso a determinação da necessidade hídrica da cultura, nos seus diferentes estádios de desenvolvimento é extremamente necessária para planejar e manejar adequadamente a água na agricultura irrigada. No entanto só é possível estimar a necessidade hídrica a partir de uma condição específica, considerando a evapotranspiração máxima da cultura no período de cultivo, observada em campo, além de fatores como sistema de irrigação, configuração de plantio e das condições meteorológicas locais (TEIXEIRA et al., 1999; MOURA et al., 2007).

### 2.3. Irrigação com déficit hídrico em videira de vinho

Atualmente, a irrigação com déficit controlado é uma prática comum em diversas áreas do mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Em regiões assim tal estratégia pode favorecer o produtor maximizando a produtividade da cultura, reduzindo os custos de irrigação e de produção (FERERES e SORIANO 2007; SANCHEZ et al., 2010; SANTESTEBAN et al., 2011).

Esta prática é uma estratégia proposta há muito tempo, como forma de melhorar a eficiência do uso da água, com aplicação inferior ao necessário para satisfazer, por completo, as necessidades da cultura. No entanto, se faz necessário o conhecimento aprofundado sobre a cultura, visto que tal estratégia influenciará diretamente na evapotranspiração, conseqüentemente nas taxas de crescimento e assimilação de carbono (CHAVES et al., 2010).

Segundo Souza et al. (2009), os produtores do Vale do São Francisco procuram estratégias a fim de melhorar a qualidade do vinho produzido na região, utilizando o déficit hídrico controlado, buscando um equilíbrio no desenvolvimento entre a fase vegetativa e a fase reprodutiva, visto que a água, quando em demasia favorece a perda de água e a proliferação de fungos, podendo resultar em efeitos negativos a produção (SANTOS et al., 2007; CHAVES et al., 2010).

Para Chaves et al. (2007), um leve estresse hídrico pode reduzir o vigor e a competição por carboidratos na videira, além de promover alterações na divisão dos fotoassimilados. Entretanto, essas mudanças, quando bem aplicadas, favorecem um aumento na qualidade da baga, e, conseqüentemente, do vinho.

De acordo com Santos et al. (2005), a restrição hídrica moderada no período de maturação, altera o desenvolvimento celular podendo haver um aumento na relação película/polpa, favorecendo uma concentração maior de açúcares e compostos fenólicos importantes para elaboração de vinhos de alta qualidade, além de proporcionar cachos menores, mais soltos e conseqüentemente mais sadios.

Acevedo-Opazo et al. (2010) e Lategan (2011), afirmam que diversos estudos mostram que a alteração na quantidade de água disponível para as videiras tem um efeito direto na composição da uva e atributos de qualidade, influenciando o crescimento vegetativo, no rendimento e no metabolismo de fruta, com isso a aplicação do déficit hídrico pode resultar em consideráveis melhorias da qualidade dos frutos porem acarretam uma redução do rendimento e tamanho da baga.

O déficit hídrico, quando moderado, pode influenciar positivamente características químicas do fruto, aumentando a concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos, fatores extremamente importantes na produção de vinhos de elevada qualidade. Entretanto, essa interrupção do fornecimento de água, pode apresentar efeitos negativos como a redução das bagas, fator este que influenciará no processo de maceração para obtenção de vinhos tintos (BASSOI et al., 2011; BASSOI et al., 2015).

#### **2.4. Métodos de estimativa da lâmina de irrigação**

Para Chagas et al. (2013), uma das formas de reduzir a perda de água na agricultura irrigada é a determinação do suprimento de água adequado durante o ciclo produtivo da cultura. Para isso é levado em consideração a relação solo-água-planta-atmosfera, sistema este que irá influenciar toda a distribuição, perda e consumo de água durante seu ciclo.

As estimativas das lâminas necessárias para as culturas são de grande importância no que diz respeito ao planejamento e o manejo da irrigação. Levando-se em consideração que a medida direta é muito complexa, os métodos de estimativas podem ser precisos e eficientes além de serem, em alguns casos, mais simples, evitando assim o uso inadequado dos recursos hídricos (ARAÚJO et al., 2007).

Um dos métodos é a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Camargo e Camargo (2000) consideram que a evapotranspiração da cultura é o processo de transferência no qual a água presente no solo passa para a atmosfera, podendo essa transferência ocorrer através da evaporação da água no solo e da transpiração do vapor d'água pelas plantas. Esse método leva em consideração o sistema solo-atmosfera-planta.

A ET<sub>c</sub> pode ser obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e o coeficiente de cultura (k<sub>c</sub>). Dentre os métodos utilizados para estimativa da ET<sub>o</sub>, é possível destacar o tanque classe A, onde é medida a evaporação da água em um tanque padrão sobre uma cultura de referência (grama), conforme padrões estabelecidos pela Food and Agriculture Organization - FAO, e o método empírico de Penman-Monteith, que considera variáveis climáticas, e que foi parametrizado no

Boletim FAO de Irrigação e Drenagem nº 56, como o modelo padrão para estimativa da ETo (ALLEN et al., 1998). Neste caso o sistema levado em consideração é o atmosférico, pois para utilização da equação de Penman-Monteith, são necessários dados climáticos completos de radiação líquida total do gramado ( $R_n$ ), densidade do fluxo de calor no solo ( $G$ ), temperatura média diária do ar ( $T_{mar}$ ), velocidade do vento média diária a 2 m de altura ( $u_2$ ), pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ), pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) e o coeficiente psicrométrico ( $\gamma$ ). Entretanto, é possível estimar dados que não forem fornecidos por estações meteorológicas de referência (SILVA et al., 2013). Já o coeficiente de correção da cultura ( $K_c$ ), leva em consideração o estágio de desenvolvimento da planta para as diferentes condições empregadas. Seus valores são determinados experimentalmente, por meio da relação entre ETC e ETo.

O uso do tensiômetro destaca-se como uma ferramenta para determinação do “quando” e “quanto” irrigar. Entretanto, deve-se tomar cuidado com o horário para leitura, visto que em determinados períodos há um maior consumo de água pela planta. Este cuidado é necessário, pois neste instrumento são feitas medidas em intervalos pontuais e quando determinados em horários próximos ao meio dia, por exemplo, podem apresentar picos maiores indicando deficiência hídrica para as plantas (MARINHO et al., 2011).

Tais leituras servem para entender melhor o comportamento das reais condições hídricas na faixa de solo no qual está instalado o equipamento, através da tradução do comportamento das forças de ligação atuantes no solo, que se resume como a ligação entre as moléculas polares da água (polo positivo e negativo) e as cargas presentes na matriz gerando este potencial (BRAGA e CALGARO, 2010).

Além disso, também é de extrema importância o conhecimento da curva de retenção de água no solo, pois a partir dela é possível estimar o potencial matricial, a umidade do solo, a quantidade de água disponível, a umidade de reposição e a lâmina e o tempo de irrigação.

Este tipo de manejo apresenta resultados precisos, rápidos e com baixo custo, além de não necessitar de dados climatológicos que na maioria dos locais de cultivo não tem acesso a informações climatológicas de estações próximas, o que pode gerar erros na estimativa (LOPES et al., 2004; HOPPULA e SALO, 2007 ).

## 2.5. Planilha eletrônica

A utilização dos métodos para estimativa e manejo adequado da irrigação, caso não sejam simplificados, não são entendidas muitas vezes pelos produtores. Para melhorar e facilitar o entendimento quanto ao uso de tais métodos, são criadas planilhas eletrônicas para a inserção de dados, muitas vezes disponíveis, para estimar de forma mais rápida e precisa a quantidade de água necessária para irrigação.

Segundo Nascimento (2009), o manejo também requer a instrução do produtor rural em relação à operacionalidade dos equipamentos, fazendo-se obrigatório a apresentação das técnicas. A difusão de meios complexos no que diz respeito ao uso das equações empíricas e a adoção de simples planilhas possibilita a realização do uso racional e efetivo no cálculo da estimativa da lâmina para irrigação.

O uso da planilha também pode auxiliar o produtor a realizar ajustes na quantidade de água a ser aplicada quando o manejo de irrigação for baseado apenas na evapotranspiração da cultura (NASCIMENTO, P.S. et al., 2012). Gondim et al. (2000) e Lopes et al. (2004) também observaram uma redução do tempo de aplicação de água quando o manejo de irrigação baseou-se na tensiometria, em relação ao manejo de irrigação baseado na evapotranspiração da cultura.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área do experimento

O estudo foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, na cidade de Petrolina-PE, localizado na latitude S 09° 08' 08,09", longitude O 40° 18' 33,6" e altitude 373m.

O clima dessa região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, correspondente a uma região árida, com uma estação chuvosa compreendida entre os meses de janeiro a abril, com distribuição irregular e uma precipitação média anual de 530 mm (RAMOS et al, 2011). Além disso, no verão geralmente ocorre um período de escassez hídrica, necessitando assim de aplicações complementares de água as culturas implantadas na região.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (SILVA, 2005). A tabela 1 mostra as características físicas do solo.

Tabela 1: Características físicas das camadas do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Granulometria			Retenção de água	
	Areia	Silte (%)	Argila	60kPa	1500kPa m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>
0,00 – 0,20	81	13	6	0,200	0,090
0,20 – 0,40	74	12	14	0,245	0,121
0,40 – 0,60	75	9	16	0,220	0,111
0,60 – 0,80	67	15	18	0,220	0,116
0,80 – 1,00	72	2	19	0,234	0,117

Fonte: Adaptado Silva (2005).

A videira (*Vitis vinífera* L.) utilizada no experimento foi a cultivar Syrah (Figura 1), enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, sendo as mudas do porta-enxerto obtidas por meio de estaquia. O plantio foi realizado em 30 de abril de 2009, no espaçamento de 1 m entre plantas e de 3 m entre fileiras. A condução das plantas foi feita no sistema de espaldeira, com três fios de arame. O presente estudo foi

realizado no oitavo ciclo de produção do parreiral, com a poda de produção realizada em 23 de março de 2015 e a colheita em 14 de julho de 2015.



Figura 1: Cultivar Syrah enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.

### 3.2. Manejo de irrigação

O sistema de irrigação implantado foi o gotejamento, com um emissor a cada 0,5 m na fileira de plantas, totalizando 2 emissores por planta. Antes do início dos tratamentos foi realizado um teste para determinação da vazão dos emissores.

A determinação do coeficiente de uniformidade de aplicação da água foi obtida através do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), que adota o desvio médio como medida de dispersão. Cada linha de irrigação foi dividida em 4 partes selecionando-se o primeiro emissor, um emissor a 1/3 do início da linha, um emissor a 2/3 do início da linha e o último emissor linha, utilizando um minuto para o tempo de coleta. O valor encontrado para CUC foi igual a 95,6% e a vazão média determinada foi de 2,5 L h<sup>-1</sup>.

Na área experimental, foram aplicados três tratamentos de manejo de irrigação:

1 - irrigação plena (IP), onde a lâmina de irrigação calculada pelo método da tensiometria foi aplicada para elevar a umidade na camada superficial de solo de 0,6

m (profundidade efetiva do sistema radicular da videira) até 100% da água disponível no solo (AD, %), por meio de 3 irrigações semanais, sem a restrição de água às videiras durante todo o ciclo de produção;

2 - irrigação com déficit controlado (IDC), onde a lâmina de irrigação calculada pelo método da tensiometria foi aplicada para elevar a umidade na camada superficial de solo de 0,6 m até 100% da AD, por meio de 3 irrigações semanais, até os 49 dias após a poda de produção - dapp, na fase fenológica de cacho fechado; posteriormente, a irrigação foi realizada quando a umidade do solo na mesma camada de solo estivesse entre 60 e 70% da AD;

3 - irrigação com déficit (ID), onde a lâmina de irrigação calculada pelo método da tensiometria foi aplicada para elevar a umidade na camada superficial de solo de 0,6 m até 100% AD, por meio de 3 irrigações semanais, até os 49 dapp, com posterior interrupção da irrigação até a colheita.

A profundidade efetiva do sistema radicular da videira considerada para o manejo de irrigação foi a de 0,6 m, pois é a profundidade do solo com maior porcentagem de raízes de videira para as condições do Vale do Submédio São Francisco (BASSOI et al., 2002; BASSOI et al., 2007; SILVA, 2005).

Foram instaladas 6 baterias de tensiômetros para determinação do potencial matricial da água no solo, nas profundidades de 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m e 1,0 m (figura 2).



Figura 2: Bateria de tensiômetros para determinação do potencial matricial da água no solo nas profundidades de 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m e 1,0 m.

### 3.3. Realização dos cálculos pela planilha

O funcionamento da planilha no auxílio à tomada de decisão para o manejo de irrigação é apresentado por meio de um fluxograma (Figura 3), que mostra a

sequencia de cálculos realizados. A Diante disto, a inserção de dados de entrada favorece a elaboração da planilha, a qual pode ser utilizada em diferentes culturas e/ou sistemas de irrigação.

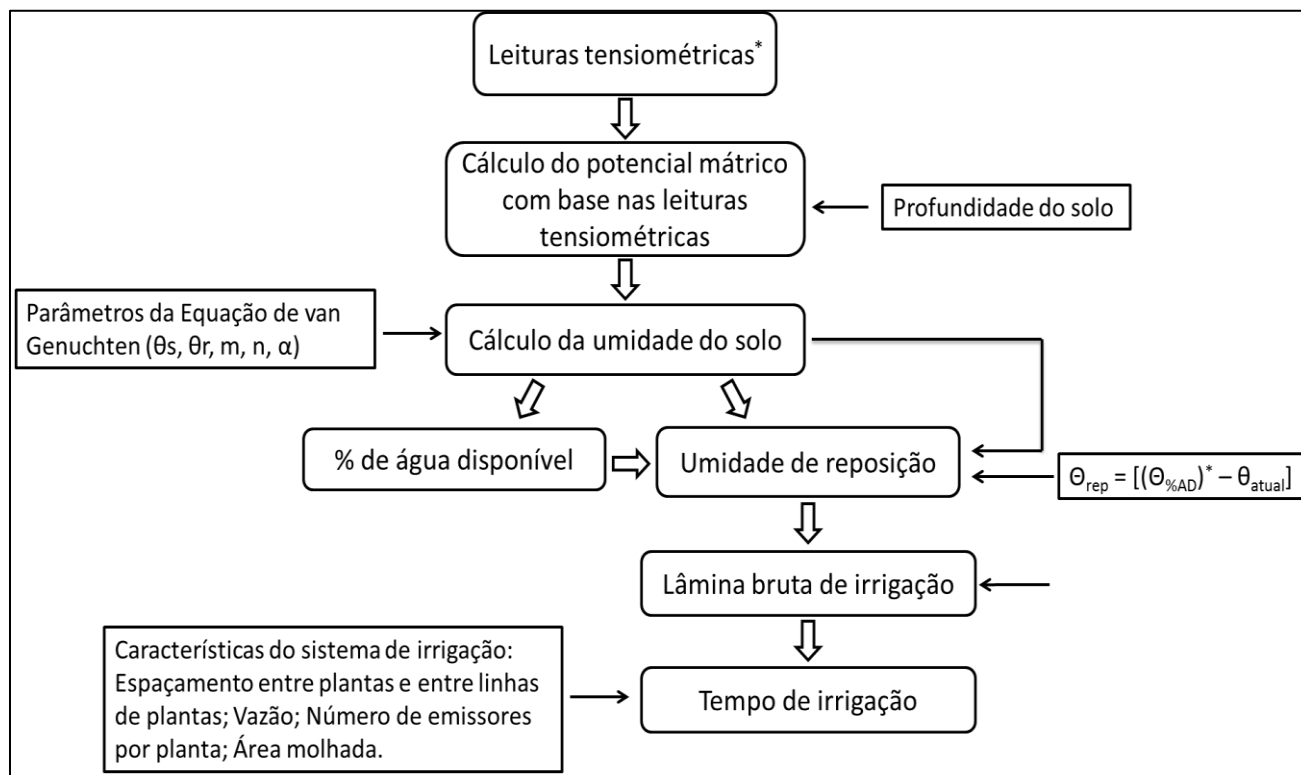


Figura 3: Fluxograma de funcionamento da planilha eletrônica para o manejo da irrigação pela tensiometria.

Inicialmente, a planilha foi preenchida com informações referentes a curva de retenção de água no solo (tabela 2). Também são previamente inseridas a data da poda de produção da videira, datas de leitura, que são convertidas em dias após a poda de produção (dapp), conforme demonstrado na Figura 4.



Tabela 2: Parâmetros da curva de retenção de água no solo.

Profundidade (m)	$\theta_s$	$\theta_r$	A	n	m	$\theta_s - \theta_r$
0,20	0,599	0,082	0,3315	1,4921	0,330	0,517
0,40	0,596	0,116	0,1507	1,5933	0,372	0,480
0,60	0,638	0,103	0,3692	1,4888	0,328	0,535
0,80	0,642	0,107	0,5094	1,4545	0,313	0,535
1,00	0,612	0,114	0,1303	1,6842	0,4063	0,498

$\theta_s$  é o conteúdo de água saturada;  $\theta_r$  o conteúdo de água residual a -1500 KPa;  $\alpha$ , n e m são os parâmetros empíricos da equação de van Genuchten.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Dados obtidos da análise de regressão do modelo de van Genuchten																			
prof (cm)		$\theta_s$	$\theta_r$	$\alpha$	n	m	sat - res												
20		0,599	0,082	0,3315	1,4921	0,330	0,517												
40		0,596	0,116	0,1507	1,5933	0,372	0,480												
60		0,638	0,103	0,3692	1,4888	0,328	0,535												
80		0,642	0,107	0,5094	1,4545	0,313	0,535												
100		0,612	0,114	0,1303	1,6842	0,4063	0,498												
Dados utilizados para a construção dos gráficos																			
potencial matricial (kPa)																			
prof (cm)		60	100	300	600	1000	15000												
20		0,200	0,174	0,136	0,120	0,112	0,090												
40		0,245	0,212	0,166	0,149	0,140	0,121												
60		0,220	0,195	0,157	0,141	0,133	0,111												
80		0,220	0,197	0,161	0,147	0,138	0,116												
100		0,234	0,199	0,154	0,139	0,132	0,117												
umidade a % CAD																			
		100	95	90	85	80	75	70	65	60	55								
		0,200	0,195	0,189	0,184	0,178	0,173	0,167	0,162	0,156	0,151								
		0,245	0,238	0,232	0,226	0,220	0,214	0,207	0,201	0,195	0,189								
		0,220	0,215	0,209	0,204	0,198	0,193	0,187	0,182	0,177	0,171								
		0,220	0,215	0,209	0,204	0,199	0,194	0,189	0,184	0,178	0,173								
		0,234	0,229	0,223	0,217	0,211	0,205	0,199	0,193	0,187	0,181								
bateria 1 - fileira 21 - ID																			
dia	DAP	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm													
24/mar/15	1	59,7	86,2	120,0	-	206,0													
25/mar/15	2	73,2	91,9	135,8	128,9	492,3													
26/mar/15	3	83,0	97,3	138,9	97,6	541,0													
27/mar/15	4	84,3	93,8	131,4	56,7	540,9													
30/mar/15	7	83,6	103,5	160,6	23,2	601,2													
bateria 2 - fileira 20 - IDC																			
		20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm													
		71,3	76,7	609,7	152,2	-													
		89,4	126,0	533,6	648,0	-													
		89,2	117,0	536,9	633,3	-													
		95,2	121,7	574,4	684,8	-													
bateria 3 - fileira 18 - IP																			
		20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm													
		62,9	102,0	826,2	307,7	207,1													
		68,5	105,2	94,1	318,3	418,9													
		74,6	110,8	100,2	195,8	525,7													
		81,1	105,3	140,1	299,9	550,8													
		78,0	119,8	163,1	267,6	156,6													

Figura 4: Planilha de auxílio à tomada de decisão no manejo da irrigação: inserção dos dados oriundos da curva de retenção de água no solo e leituras tensiométricas realizadas na área.

A partir dos dados de leitura de tensiômetros inseridos, a planilha executa o cálculo do potencial matricial da água no solo com base na equação (1), a 0,20 m, 0,40 m, 0,60 m, 0,80 m e 1,00 m de profundidade.

$$-\Psi_m = -L + H_1 + H_2 \quad (1)$$

Em que:

$\Psi_m$  – potencial matricial da água no solo (mbar);

L – leitura do tensiômetro digital (mbar);

$H_1$  – altura entre a superfície do solo até o nível de água no tubo de acrílico na parte superior do tensiômetro (cm);

$H_2$  – profundidade entre a superfície do solo e o meio da cápsula porosa, correspondendo a profundidade de instalação (cm).

Na sequência o cálculo da umidade do solo (equação 2) de cada camada avaliada foi realizado utilizando-se os parâmetros empíricos demonstrado na tabela 2, de acordo com análise de regressão do modelo de Van Genutchen (1980) e o potencial mátrico estimado anteriormente.

$$\theta = \theta_r + \left( \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + |\alpha \Psi_m|^n]^m} \right) \quad (2)$$

Em que:

$\theta_r$  – umidade Volumétrica residual,  $m^3 m^{-3}$ ;

$\theta_s$  – umidade Volumétrica de saturação,  $m^3 m^{-3}$ ;

$\Psi_m$  – potencial matricial da água no solo, kPa;

$\alpha$ ,  $m$  e  $n$  – parâmetros empíricos da equação de van Genutchen.

A partir disso a planilha determinou a percentagem de água disponível (AD, %) através da equação (3):

$$AD = \left( \frac{\theta_{\text{atual}} - \theta_{\text{pmp}}}{\theta_{\text{cc}} - \theta_{\text{pmp}}} \right) * 100 \quad (3)$$

Em que:

$\theta_{\text{atual}}$  – umidade volumétrica atual,  $m^3 m^{-3}$ ;

$\theta_{\text{pmp}}$  – umidade volumétrica ponto de murcha permanente,  $m^3 m^{-3}$ , correspondente a pressão de - 1500 kPa;

$\theta_{\text{cc}}$  – umidade volumétrica capacidade de campo,  $m^3 m^{-3}$  correspondente a pressão de - 60 kPa.

Vale ressaltar que os valores referentes à umidade do solo na capacidade de campo são também são calculados a partir dos dados oriundos da curva de retenção do solo estudado, e que foram inseridos anteriormente na planilha.

A diferença da umidade volumétrica correspondentes a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente resulta na água disponível no solo.

Ainda com base na curva de retenção do solo, foi realizado pela planilha o cálculo da umidade do solo ( $\theta\%$  AD, equação 4) correspondente às percentagens de água disponível (100, 95, 90, 85, etc.) (tabela 3).

$$\theta_{\%AD} = \theta_{cc} - \left[ \frac{(\theta_{cc} - \theta_{pmp}) * (100 - Pe)}{100} \right] \quad (4)$$

Em que:

$\theta\%$ AD – umidade volumétrica correspondente à percentagem de água disponível definida pelo produtor,  $m^3 m^{-3}$ ;

$\theta_{pmp}$  – umidade volumétrica ponto de murcha permanente,  $m^3 m^{-3}$ ;

$\theta_{cc}$  – umidade volumétrica capacidade de campo,  $m^3 m^{-3}$ ;

Pe – percentual de água disponível estipulado pelo produtor.

Tabela 3: Valores de umidade do solo correspondente a diferentes percentagens de água disponível (% AD) nas diferentes profundidades.

Profundidade (m)	% AD				
	100	90	80	70	60
0,20	0,200	0,189	0,178	0,167	0,156
0,40	0,245	0,232	0,220	0,207	0,195
0,60	0,220	0,209	0,198	0,187	0,177
0,80	0,220	0,209	0,199	0,189	0,178
1,00	0,234	0,223	0,211	0,199	0,187

Na sequência, foi calculada pela planilha a umidade de reposição (equação 5), com base no percentual de água disponível de cada camada de solo, estimando a quantidade de água a ser repostada para suprir a necessidade hídrica da cultura, em função do estágio fenológico. Para este experimento, foi definido que quando houvesse a necessidade de irrigação, esta deveria elevar o solo a capacidade de

campo (100% AD) até o estágio fenológico de cacho fechado, por meio de 3 irrigações semanais.

Após os 49 dapp, o manejo de irrigação permaneceu o mesmo no tratamento IP, e não ocorreram mais irrigações no tratamento ID. No tratamento IDC, as irrigações só foram efetuadas a partir do momento em que os valores de %AD correspondentes a  $\theta_{\text{atual}}$  nas profundidades de 0,20 m, 0,40 m e 0,60 m se encontrassem entre 60 e 70% da %AD.

Vale ressaltar que quando a  $\theta_{\text{atual}}$  foi maior que a  $\theta_{\text{rep}}$ , seu valor foi negativo, indicando que não houve necessidade de irrigação.

$$\theta_{\text{rep}} = (\theta_{\%AD} - \theta_{\text{atual}}) \quad (5)$$

Em que:

$\theta_{\text{rep}}$  – umidade volumétrica de reposição,  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;

$\theta_{\%AD}$  – umidade volumétrica correspondente à percentagem de água disponível definida pelo produtor,  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;

A  $\theta_{\text{rep}}$  foi multiplicada pela espessura da camada de solo correspondente, a partir da equação (6), resultando na lâmina líquida de irrigação de cada camada de solo.

$$LL_i = \theta_{\text{rep}} * Z_i \quad (6)$$

Em que:

$LL_i$  – lâmina líquida a ser repostada em cada camada  $i$ , mm;

$Z_i$  – espessura da camada  $i$ , em mm.

A  $LL_i$  foi dividida pela eficiência do sistema de irrigação utilizado para gerar a lâmina bruta de irrigação (equação 7), corrigindo assim a quantidade de água a ser aplicada. Na sequência foi feita a soma das lâminas estimadas em cada profundidade, o que resulta na lâmina bruta total a ser irrigada (equação 8).

$$LB = \frac{LL_i}{E_i} \quad (7)$$



$$LB = \sum LB_i \quad (8)$$

Em que:

$LB_i$  – lâmina bruta a ser repostada em cada camada  $i$ , mm;

$E_i$  – eficiência de irrigação (0,9);

$LB_t$  – lâmina bruta total a ser repostada, mm;

$\sum LB_i$  – somatório da lâmina bruta a ser repostada nas três camadas (0-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m).

Por fim determina-se o tempo de irrigação da cultura, calculado a partir da seguinte equação 9.

$$TI = \frac{LB \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot k_r}{n \cdot q} \quad (9)$$

Em que:

TI - tempo de irrigação (h);

$E_1$  - espaçamento entre plantas (m);

$E_2$  - espaçamento entre linhas de plantas (m);

$K_r$  = fator de redução (0,5);

$n$  - número de emissores (gotejador) por planta;

$q$  - vazão do emissor (gotejador) ( $L \cdot h^{-1}$ ).

### **3.4. Comparação entre a lâmina bruta de irrigação com base na tensiometria e na evapotranspiração da cultura.**

Atualmente existem diversos métodos para a estimativa da lâmina de irrigação, entretanto a maioria dos métodos leva em consideração ao menos um fator de influência (atmosfera, solo e/ou a cultura) para o cálculo da mesma. No entanto ainda não é possível afirmar qual método é o melhor para o cálculo da lâmina de irrigação, pois o ideal é que se possa calcular a mesma considerando os três fatores de influência.

Para se chegar a um resultado aceitável, são feitas comparações entre as lâminas determinada por tais métodos. Ao final do ciclo foram estimadas as lâminas possíveis de serem aplicadas caso o manejo fosse através da evapotranspiração da cultura.

Tais estimativas levaram em consideração a evapotranspiração de referência calculadas pelo método de Penman-Monteith FAO. As lâminas de irrigação corresponderam aos mesmos dias considerados para o manejo de irrigação com base na umidade do solo, sem a influência da precipitação. A partir dessas estimativas foram feitas comparações entre as lâminas de irrigação com base na tensiometria e na evapotranspiração da cultura calculada pelo método empírico.

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , mm) foi estimada com base nos parâmetros medidos pela estação agrometeorológica automática instalada a 60 metros da área experimental), utilizando-se o método de Penman-Monteith, equação (10), (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (10)$$

Em que:

$ET_o$  – evapotranspiração de referência, mm.dia<sup>-1</sup>;

$R_n$  – saldo de radiação, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>;

$G$  – fluxo de calor no solo, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>;

$T$  – temperatura média diária, °C;

$U_2$  – velocidade do vento a 2 m de altura, m.s<sup>-1</sup>;

$e_s$  – pressão de saturação de vapor, kPa;

$e_a$  – pressão atual de vapor, kPa;

$\Delta$  – declividade da curva de pressão de vapor, kPa.°C<sup>-1</sup>;

$\gamma$  – constante psicrométrica, kPa.°C<sup>-1</sup>.

Com base nos valores de coeficiente de cultura ( $k_c$ ) para a videira de vinho, determinados por Bassoi et al. (2007), foi obtida a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm), pela equação 11:

$$ET_c = ET_o \cdot k_c \quad (11)$$

Em que:

ETc – Evapotranspiração da cultura (mm);

ETo – Evapotranspiração de referência (mm) e;

kc – Coeficiente da cultura.

Os valores de kc para a videira cv. Syrah/Paulsen 1103, determinados por Bassoi et al. (2007) pelo método do balanço hídrico no solo na mesma área experimental, foram: 0,7, da poda ao início da brotação; 1,0, do início da brotação ao início da floração; 1,0, do início da floração ao pegamento do fruto; 0,8, do pegamento do fruto ao início da maturação; e 0,5, do início da maturação à colheita.

### **3.5. Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas**

Ao final do ciclo de produção da videira aos 113 dapp (14 de julho de 2015), foi avaliada a produção de cada parcela (15 plantas), por meio do número de cachos por planta (NC), peso total (PT) de cachos por planta e pelo peso médio dos cachos por planta, obtido pela relação entre PT/NC.

Amostras de bagas foram transportadas para o Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido, em sacolas plásticas identificadas pelo bloco, tratamento e repetição. A partir disso, foi separado um total de 100 bagas por amostra para a extração do mosto, para verificação do seu volume em proveta graduada.

A partir deste mosto foi avaliado também o teor de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável (ATT). Para obtenção do teor de sólidos solúveis totais foi utilizado o refratômetro manual digital de marca ATAGO (Modelo Pocket PAL-1), sendo a leitura expressa em °Brix. Para aferição do pH utilizou-se um volume de 5 mL do mosto para diluição em 50 mL de água destilada, para posterior imersão dos eletrodos e leitura com o pHmetro digital TEC-3MP (marca TECNAL). Na sequência foi feita a titulação do mosto com a adição de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, até o pH da solução se aproximar do valor 8,2, indicando a estabilização dos ácidos (SATO et al, 2011). O volume gasto de NaOH é utilizado para o cálculo da acidez total titulável, representando o teor de ácidos orgânicos,

presentes na polpa com seus resultados expressos em porcentagem de ácido tartárico, conforme equação 12.

$$ATT = \frac{v \cdot N(\text{NaOH}) \cdot 1000}{5} \cdot 0,075 \quad (12)$$

Em que:

ATT - acidez total titulável, g L<sup>-1</sup> de ácido tartárico;

v - volume gasto da amostra, mL;

N - normalidade do hidróxido de sódio (NaOH) igual a 0,1.

### **3.6. Eficiência do uso da água.**

Para a determinação da eficiência de utilização da água (EUA, kg.m<sup>-3</sup>) foi feita uma relação entre o rendimento total de frutos (kg) e a quantidade de água inserida (m<sup>3</sup>) em duas situações: a primeira a EUA foi calculada levando em consideração a precipitação que ocorreu durante o desenvolvimento da videira e uma segunda situação onde essa precipitação foi desconsiderada, determinando assim a EUA apenas com a lâmina aplicada a cultura.

### **3.7. Delineamento estatístico**

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 tratamentos (IP - irrigação plena, IDC - irrigação com déficit controlado, ID - irrigação com déficit). A área (Figura 5) foi dividida em blocos, constituindo um total de 4 blocos. Em cada bloco foi implantado os 3 tratamentos. Cada parcela foi composta por 2 fileiras de plantas, em cada fileira foram utilizadas 15 plantas úteis escolhidas aleatoriamente para a realização das avaliações de produção. O software utilizado para as análises estatísticas foi o SISVAR, através do teste de Tukey, a 5 % de probabilidade (SILVA ; AZEVEDO, 2006).

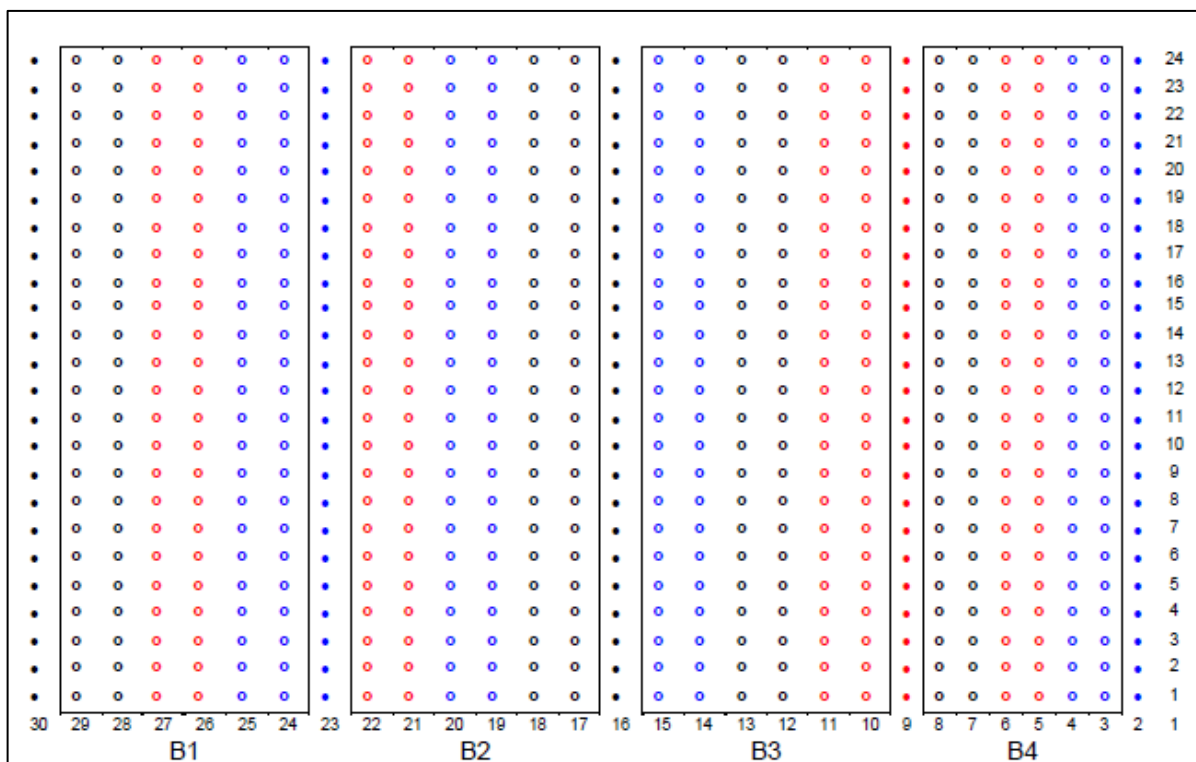


Figura 5: Croqui da área experimental, onde cada cor representa um tratamento manejo de irrigação (preto: irrigação plena – IP; azul: irrigação com déficit controlado – IDC; e vermelho: irrigação com déficit – ID). Os pontos entre os blocos representam as bordaduras.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do ciclo de produção da videira, foi verificada uma precipitação total de 141,5 mm (Figura 6), sendo necessária a irrigação para complementar a demanda hídrica da cultura durante quase todo o ciclo, pois as necessidades hídricas da videira podem variar de 500 a 1200 mm, dependendo do clima, do estágio de desenvolvimento, do solo, do cultivar e do manejo cultura entre outras características (ÁVILA NETTO et al., 2000; MOURA et al., 2007). Deste total 122,4 mm ocorreram no período inicial, antes da fase fenológica de cacho fechado, aos 49 dapp, quando a irrigação foi interrompida nos tratamentos IDC e ID, e 13,0 mm nos dias posteriores.

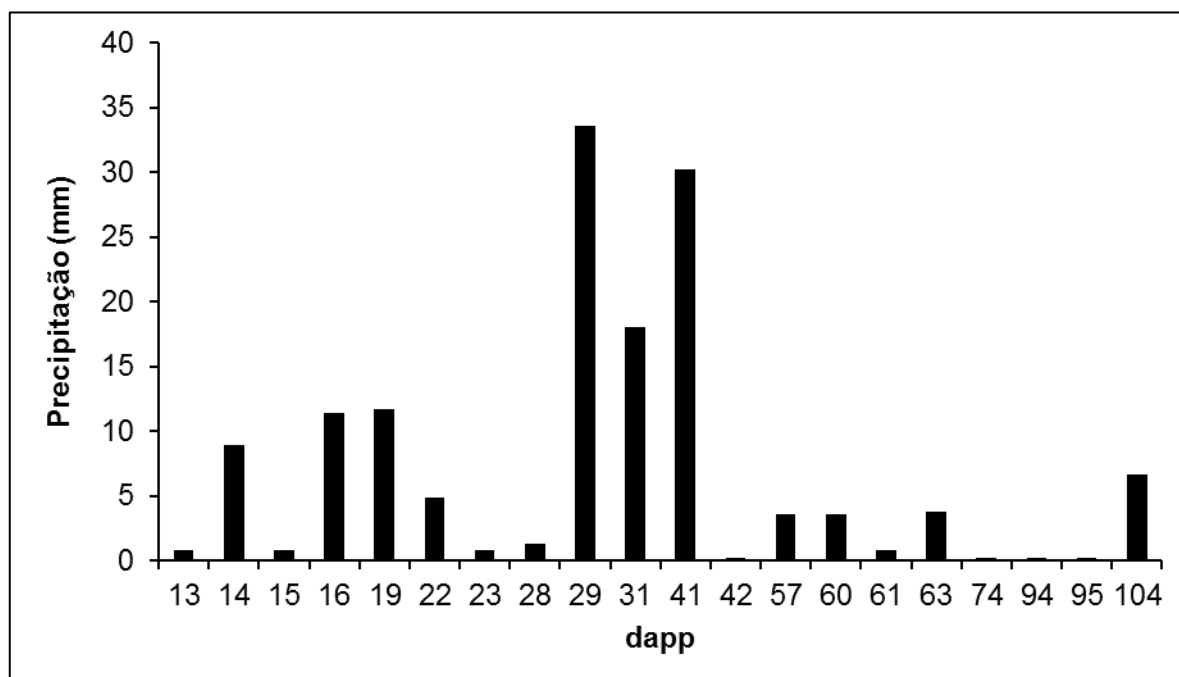


Figura 6: Valores de precipitação pluvial em função dos dias após a poda de produção (dapp) da videira cv. Syrah, em Petrolina-PE, entre 23 de março a 13 de julho de 2015.

Durante todo o ciclo de produção, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Figura 7) totalizou 473,7 mm, enquanto a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi de 362 mm para um período de 113 dias, com média de 3,9 e 3,2 mm dia<sup>-1</sup> para ET<sub>o</sub> e ET<sub>c</sub>, respectivamente. Nesse período os maiores valores diários foram 5,4 mm dia<sup>-1</sup> (4 de abril de 2015, 12 dapp) tanto para ET<sub>o</sub> quanto para ET<sub>c</sub>, visto que nesse período a cultura encontrava-se no estágio fenológico F2 (início da brotação ao início da floração), com kc igual a 1 (BASSOI et al., 2007).

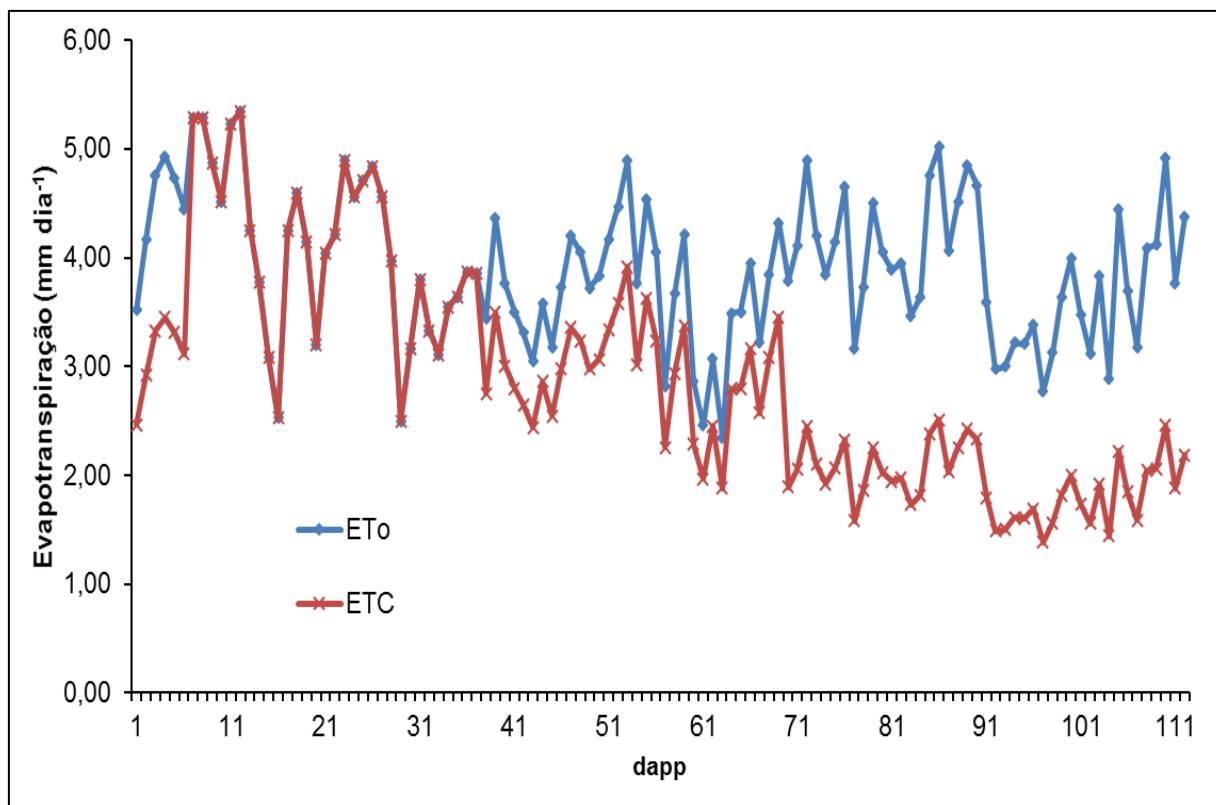


Figura 7: Evapotranspiração de referência (ETo) estimada pelo método de Penman-Monteith FAO e evapotranspiração da cultura (ETC) em função do número de dias após a poda de produção da videira cv. Syrah em Petrolina – PE entre 23 de março a 13 de julho de 2015.

Basso et al. (2011) relataram valores de ETC acumulada de 241,1 mm (115 dapp), estes abaixo dos valores aqui determinados, porém Basso et al. (2015) observaram valores superiores para ETC acumulada (424,4 mm, 110 dapp), ressaltando que todos os trabalhos foram realizados na mesma área e com a mesma cultura.

No Vale do Submédio São Francisco (Petrolina – PE / Juazeiro – BA), a videira é cultivada em condições ambientais onde há baixa pluviosidade e uma elevada demanda evapotranspiratória, necessitando assim da aplicação de água pela irrigação. Mesmo com o advento da irrigação a videira pode sofrer um estresse, pois em determinadas horas do dia seu sistema radicular não consegue equilibrar o fluxo de entrada com o de saída da água na planta (ASSIS et al., 2004).

#### 4.1. Lâmina bruta de irrigação

Apesar da ocorrência de precipitações (Figura 6), as irrigações não foram interrompidas até 28 dapp, pois no cálculo da lâmina efetuado pela planilha a precipitação não foi suficiente para elevar a umidade do solo próximo à umidade de capacidade de campo (100% AD). Entretanto, entre 29 e 48 dapp, ocorreram as maiores precipitações que totalizaram 83,3 mm, sendo a maior de 33,5 mm aos 29 dapp. Neste caso foi necessária a interrupção da irrigação por 7 dias, a qual foi monitorada pelas leituras tensiométricas.

A lâmina bruta para o tratamento IP foi de 212,8 mm, totalizando 35 dias de irrigação e uma média de 6,1 mm dia<sup>-1</sup> de irrigação. Para o tratamento IDC a lâmina bruta foi de 170,0 mm, com 20 dias de irrigação e valor médio de 8,5 mm dia<sup>-1</sup> de irrigação. Já no tratamento ID a lâmina bruta total foi de 58,3mm, com 12 dias de irrigação, e média 4,9mm dia<sup>-1</sup> de irrigação. Até os 49 dapp (fase fenológica de cacho fechado), os tratamentos foram irrigados com uma lâmina bruta total de 58,3 mm a partir da umidade média dos tratamentos às profundidades de 0,20m, 0,40 m e 0,60 m.

Caso a irrigação fosse baseada na evapotranspiração da cultura a lâmina bruta a ser aplicada seria de 402,2 mm, com uma média de irrigação diária de 3,2 mm dia<sup>-1</sup>, considerando a ETc diária, enquanto que na tensiometria foi aplicada uma lâmina bruta de 212,8 mm para o tratamento IP, apresentando uma redução de 47% na quantidade de água aplicada. Ressalta-se que a quantidade de água estimada pela tensiometria visa o preenchimento do espaço poroso do solo e a ETc busca aplicar uma quantidade de água para repor o que foi evapotranspirado.

No tratamento IDC, a lâmina de irrigação prevaleceu em maior quantidade durante a fase de maturação, com uma lâmina média de 13,9 mm, sendo a maior 26,2 mm aos 58 dapp e a menor 4,5 mm aos 65 dapp, ressaltando que foi feita 1 irrigação semanal neste tratamento. Como a lâmina visava elevar a umidade do solo até 100% AD em uma única irrigação, os valores aplicados se tornavam superiores aos dos aplicados no IP (três vezes por semana).

Os valores da LB para os três tratamentos diferiram dos observados por Bassoi et al. (2011) e Bassoi et al. (2015) em experimentos na mesma área. Esse fato deve-se aos critérios utilizados no manejo da irrigação empregado, pois nos trabalhos dos autores citados foi realizado o manejo da irrigação com base na ETc,



ao contrário deste que utilizou o manejo de irrigação com base na umidade do solo. Gondim et al. (2000) e Nascimento et al. (2012) também observaram uma menor lâmina de irrigação determinada com base na tensiometria, em relação à lâmina de irrigação determinada com base na ETc.

Ainda, o uso da tensiometria, a partir da planilha, apresenta a vantagem na obtenção do momento e da quantidade para se irrigar, visto que os métodos climáticos muitas vezes não são obtidos nas áreas de cultivo, necessitando de dados de áreas próximas, o que muitas vezes não refletem a realidade da área cultivada, além da possível variabilidade do solo (GONDIM et al., 2000). Segundo Nascimento et al. (2012), o uso da planilha pode complementar o manejo de irrigação com base na evapotranspiração da cultura, no que diz respeito ao conhecimento sobre a umidade do solo após a ocorrência de chuvas além de antes e após irrigações.

#### **4.2. Umidade do solo**

A umidade do solo à profundidade de 0,20m (Figura 8) permaneceu acima de 60% da AD. A partir dos 58 dapp, quando foi apresentada a menor umidade após o período de precipitação anteriormente citado (29 a 48 dapp), a umidade do tratamento IP ficou sempre próxima a 100% da AD. O IDC também apresentou variação, pelo fato da irrigação ser realizada quando as leituras tensiométricas indicavam valores próximos a 60% de AD. Após os 49 dapp, a umidade no tratamento ID apresentou forte redução, seguida de variações muito pequenas até o final do ciclo de produção da videira.

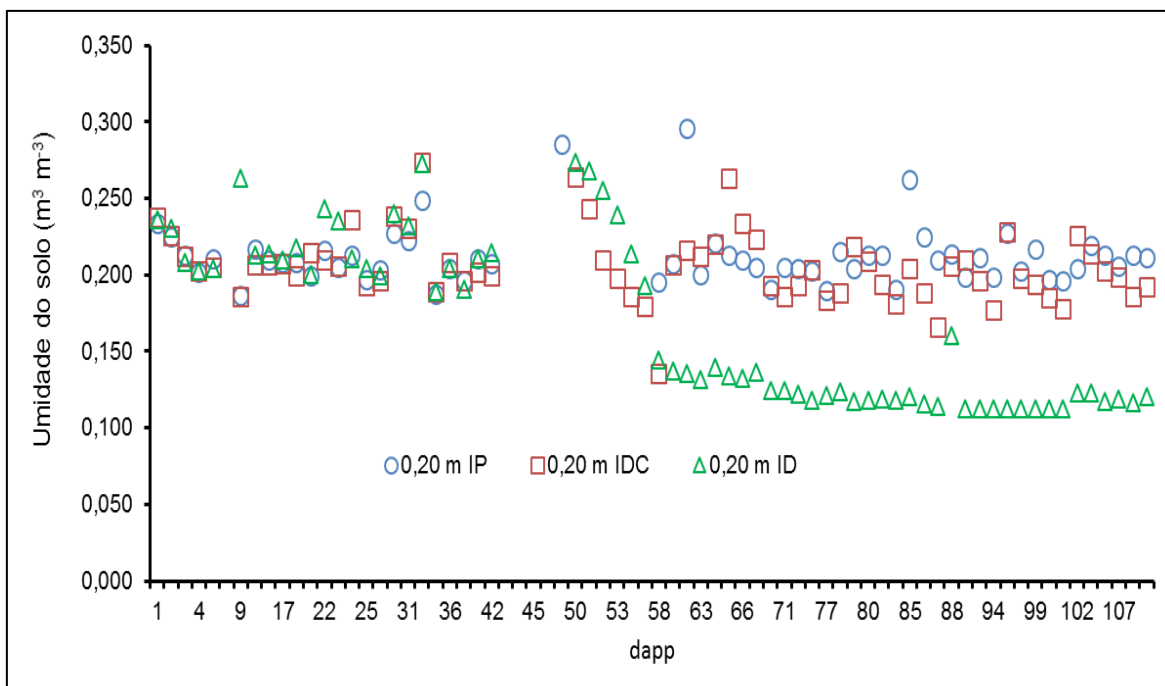


Figura 8: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,20 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Na profundidade de 0,40m (Figura 9), a umidade do solo apresentou um comportamento similar ao da profundidade 0,20 m.

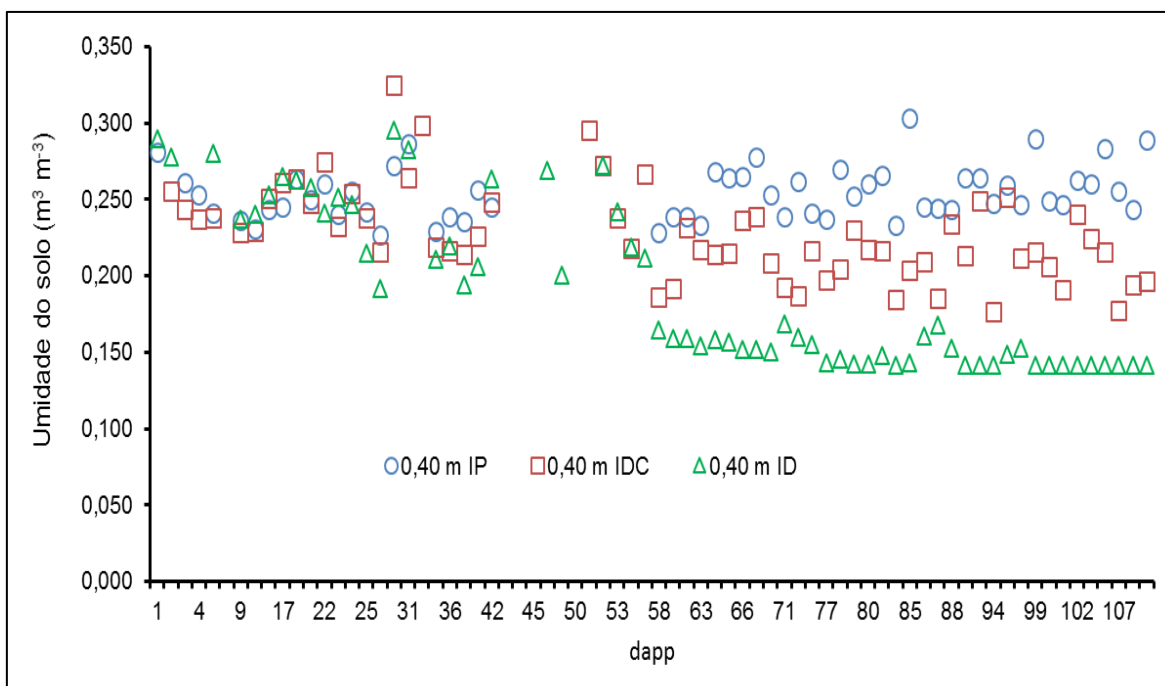


Figura 9: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,40 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Apesar de a irrigação ser feita para se elevar a umidade do solo até a capacidade de campo (100% da água disponível) no IP, e quando necessário ao IDC, o volume de água aplicado não foi suficiente para elevar a camada a 100% da AD em algumas das irrigações feitas na profundidade de 0,60 m (Figura 10). Nota-se também uma similaridade do comportamento de  $\theta$  entre as profundidades 0,20 m, 0,40 m e 0,60 m, mas com uma maior diferença entre os tratamentos ID em relação ao IP e IDC na profundidade mais superficial.

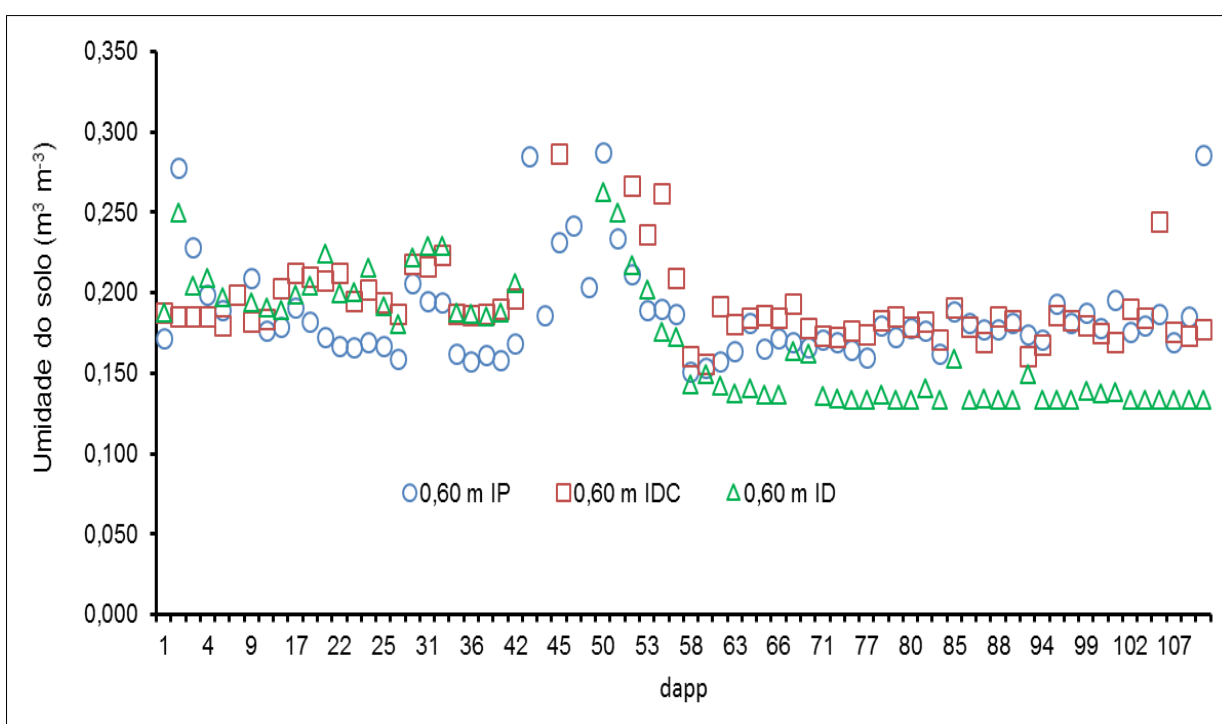


Figura 10: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,60 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Na profundidade de 0,80 m (Figura 11), as irrigações também não possibilitaram a elevação da umidade do solo até 100% da AD, indicando que não houve uma aplicação de água excessiva, pois a profundidade de manejo definida foi a de 0,60 m. Os valores de  $\theta$  permaneceram próximos aos 60% da AD, com pequena diferença entre os tratamentos.

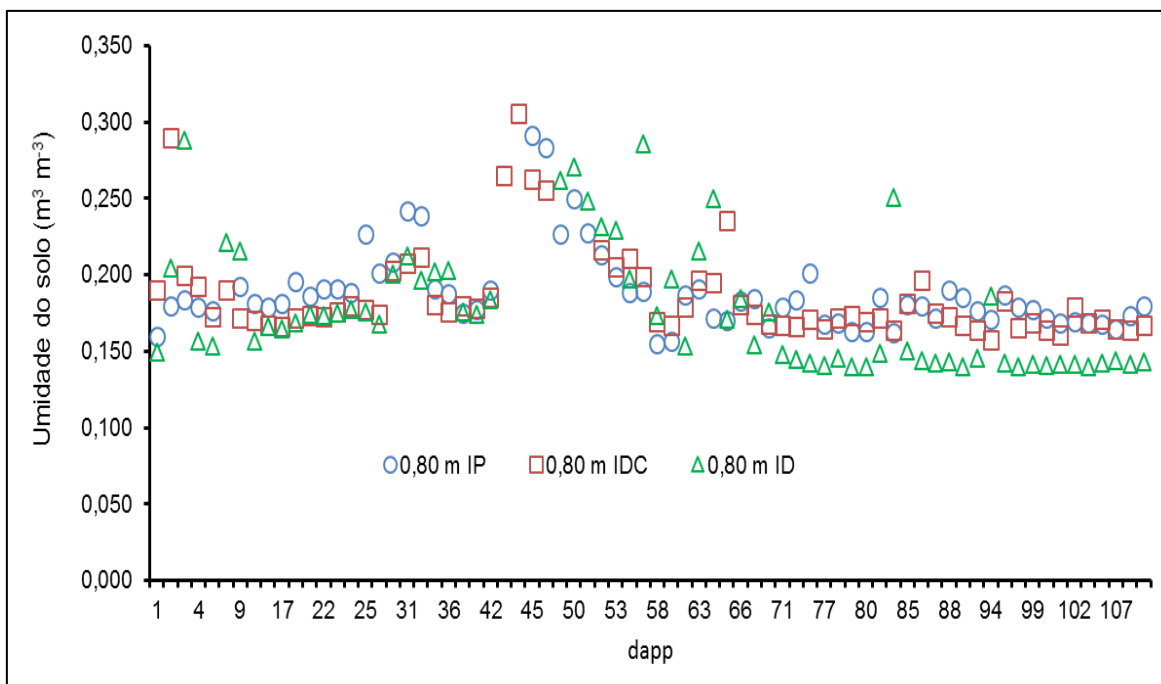


Figura 11: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 0,80 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Já na profundidade de 1,00 m (Figura 12), a irrigação não foi suficiente para diferenciar a umidade do solo entre os tratamentos, e a exemplo do ocorrido a 0,80 m, indica que a aplicação de água não foi excessiva. Os valores de  $\theta$  permaneceram abaixo de 60% da AD.

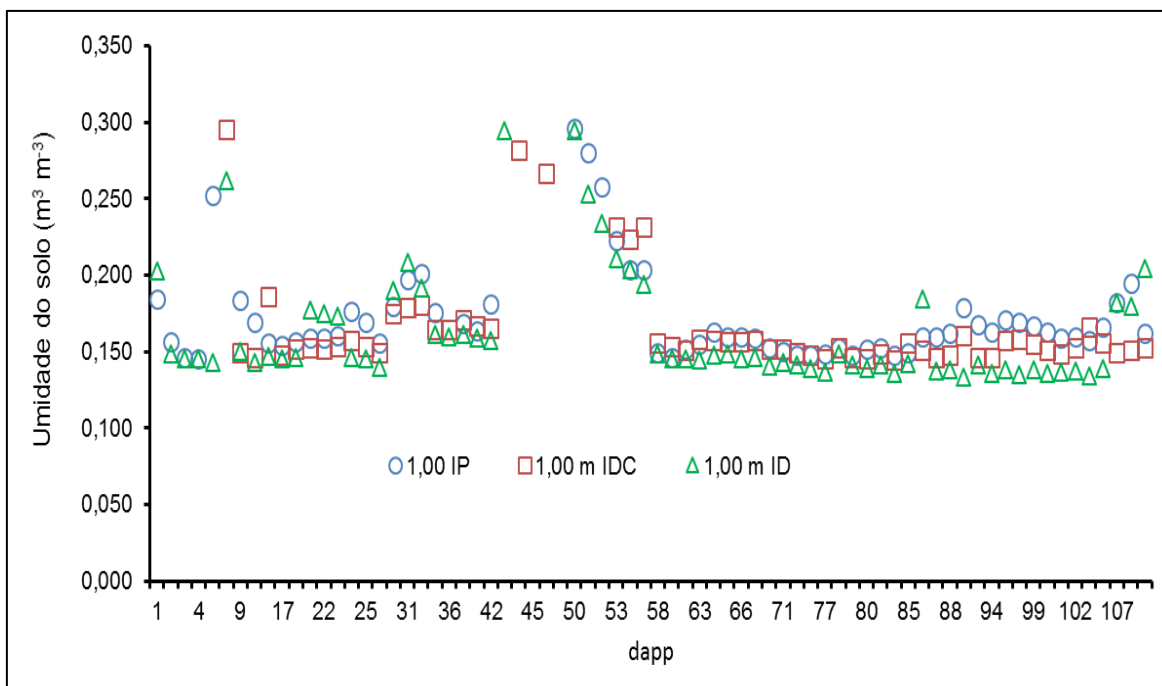


Figura 12: Valores médios da umidade do solo na profundidade de 1,00 m, em função dos dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Pelas Figuras 8 a 12, evidencia-se que as maiores varrições de umidade do solo ocorreram a 0,20 m, 0,40 m e 0,60 m, com uma redução gradual da profundidade superficial para baixo. Isso é decorrência da profundidade efetiva de 0,60 m, conforme determinado por Silva (2005) nessa mesma área, para o mesmo porta-enxerto (Paulsen 1103) e cultivar copa (Syrah). Bassoi et al. (2011) e Bassoi et al. (2015) também na mesma área, observaram uma maior variação da umidade do solo na camada superficial de solo de 0,6 m, com o emprego dos mesmos tratamentos de irrigação.

### 4.3. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção das uvas

Na avaliação quantitativa da produção de uvas (Tabela 4), o número de cachos por planta e peso total dos cachos ( $\text{Kg planta}^{-1}$ ) não foram observados diferenças significativas entre o tratamento IP e o tratamento IDC, no entanto não foram observadas diferenças significativas entre o tratamento IDC em relação ao tratamento ID, porém estatisticamente o tratamento IP é diferente do ID. A

produtividade média, levando-se em consideração 3333 plantas.ha<sup>-1</sup> foi de 1,37 T. ha<sup>-1</sup>, 0,88 T. ha<sup>-1</sup> e 0,71 T. ha<sup>-1</sup> para os tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente.

Tabela 4 – Valores médios do número de cacho e peso total dos cachos (Kg.planta<sup>-1</sup>), para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Número de cachos por planta	Peso total dos cachos (Kg planta <sup>-1</sup> )
IP	9,0 a	0,412 a
IDC	6,5 a b	0,264 a b
ID	6,1 b	0,213 b
CV (%)	17,19	29,19

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em se tratando de produtividade os valores obtidos neste experimento foram inferiores quando comparados ao relatado por outros trabalhos na mesma área ressaltando que o manejo da irrigação empregado foi utilizando a ETc, onde a produção do foi de 6,60 t.ha<sup>-1</sup>, 5,13 t.ha<sup>-1</sup> e 4,0 t.ha<sup>-1</sup>, 4,89 t.ha<sup>-1</sup>, 5,06 t.ha<sup>-1</sup> e 4,96 t.ha<sup>-1</sup>; e 7,21 t.ha<sup>-1</sup>, 5,7 t.ha<sup>-1</sup> e 6,4 t.ha<sup>-1</sup> para os tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente (BASSOI et al., 2011; BASSOI et al.; 2015), considerando o numero de cachos por planta e uma densidade de 3333 plantas.ha<sup>-1</sup>. Essa redução da produtividade pode estar relacionada a problemas fitotécnicos, como redução do número de cachos por planta; a problemas fitossanitários, como a ocorrência de podridões nos cachos, favorecendo ainda mais a redução da produção; e à demora na realização da colheita por problemas operacionais no campo experimental.

Na avaliação qualitativa (Tabela 5), os valores das variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Mesmo com déficit da irrigação, para o tratamento ID, o mesmo apresentou valores iguais para as variáveis qualitativas.

Tabela 5 – Valores médios do peso de 100 bagas, volume de mosto, teor de sólidos solúveis totais (SST) do mosto, pH e acidez total titulável (ATT), para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Peso de 100 Bagas (g)	Volume de mosto (mL)	SST (Brix °)	pH	ATT (g.L <sup>-1</sup> )
IP	183,84 a	100,48 a	21,90 a	3,62 a	7,80 a
IDC	178,27 a	104,03 a	22,98 a	3,64 a	7,20 a
ID	174,21 a	102,38 a	22,13 a	3,53 a	7,54 a
CV (%)	7,49	4,15	2,95	2,33	5,79

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Silva (2013), o pH do mosto para produção de vinhos no Vale do Submédio São Francisco varia entre 3,5 e 4,0, com isso as uvas produzidas com o manejo da irrigação pela tensiometria alcançam os valores mencionados, independente do tratamento, pois não houve diferença significativa.

Dias et al. (2012) encontrou valores próximos de SST (22,13° e 20,04° Brix) e ATT (7,05 e 7,37 g L<sup>-1</sup>) em estudos em videira cv. Syrah sob o mesmo porta enxerto em Minas Gerais, nos anos de 2008 e 2010, os quais são considerados bons indicativos de maturação fenólica para a produção de vinhos tintos finos.

#### 4.4. Eficiência do Uso de Água

A quantidade de água aplicada foi utilizada para o cálculo da eficiência do uso de água (EUA), onde a lâmina bruta, considerando a precipitação ou não, durante todo o ciclo de produção da videira. O tratamento ID apresentou maior EUA, 1,24 kg m<sup>-3</sup>, sem considerar a precipitação ocorrida durante o ciclo (Tabela 6). Quando não se leva em consideração a precipitação, o tratamento IP apresentou maior EUA, mas estatisticamente os dois tratamentos apresentaram valores iguais nesta situação.

Para o tratamento ID, na situação sem precipitação, foi verificada uma maior EUA quando comparado a outro trabalho realizado na mesma área, Correia (2012) que para esta situação encontrou 1,00 kg m<sup>-3</sup> (sem chuva). No entanto, os outros resultados citados foram superiores aos relatados neste trabalho, assim como os valores relatados por Bassoi et al. (2015), que foram 1,27; 1,98 e 2,02 kg.m<sup>-3</sup> (sem

precipitação) e 0,77; 1,00 e 1,00 kg.m<sup>-3</sup> com precipitação (ID, IDC e DI, respectivamente) na estação chuvosa e 3,02; 4,93 e 4,64 kg.m<sup>-3</sup> (sem precipitação) e 2,34; 3,05 e 2,66 kg.m<sup>-3</sup> com precipitação (ID, IDC e DI, respectivamente) na estação seca, ressaltando que ambos os trabalhos o manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração da cultura.

Em possíveis períodos de limitação de fornecimento de água para irrigação, esses valores demonstram a possibilidade da redução na quantidade de água aplicada, mesmo com a redução da produtividade, mas mantendo a qualidade da produção e aumentando a eficiência do uso da água.

Tabela 6 – Eficiência do Uso de Água (EUA), calculada levando em consideração a precipitação ou não, durante todo o ciclo de produção da videira.

	EUA (Kg.m <sup>-3</sup> )	
	Sem precipitação	Com precipitação
IP	0,65 ab	0,39 a
IDC	0,52 b	0,28 a
ID	1,24 a	0,35 a
CV (%)	36,00	28,19

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.



## 5. CONCLUSÕES

1. A planilha desenvolvida para o manejo da irrigação com base na tensiometria foi de fácil adaptação de seu uso para diferentes estratégias de irrigação em videira de vinho.
2. A facilidade no manuseio da planilha mostrou ser eficiente quanto à manutenção da umidade do solo desejada, tornando possível uma decisão criteriosa relacionada ao “quando” e “quanto” irrigar, otimizando o tempo e a quantidade de irrigações ao longo do ciclo produtivo.
3. A lâmina de irrigação calculada com base na tensiometria foi menor que a lâmina de irrigação calculada com base na evapotranspiração da cultura.

## 6. REFERÊNCIAS

ACEVEDO-OPAZO, C.; ORTEGA-FARIAS, S.; FUENTES, S. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**. 2010.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. **Planilha Eletrônica para a Programação da Irrigação de Culturas Anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. Circular Técnica, 10.

ALLEN R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, W.F.; COSTA, S.A.A.; SANTOS, A.E. Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para Boa Vista – RR. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.84-88, julho/setembro 2007.

ASSIS, J.S. de; LIMA FILHO, J.M.P.; LIMA, M.A.C. de. Fisiologia da Videira. In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA - FENAGRI, 2004, Petrolina. Minicursos: apostilas. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004.

ÁVILA NETTO, J.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; SOARES, J.M.; TEIXEIRA, A.H.C. Exigências Hídricas da Videira na Região do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.8, p.1559-1566, ago. 2000.

BASSOI, L. H.; DANTAS, B.F.; LIMA FILHO, J.M.P.; LIMA, M.A.C.; LEÃO, P.C.S. ; SILVA, D.J. ; MAIA, J.L.T.; SOUZA, C.R.; SILVA, J.A.M.; RAMOS, M.M.. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in Sao Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, n.. 754, p. 275-282, 2007.

BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M. E.; SILVA, E. E. G. D. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 35-38, 2002.

BASSOI, L.H.; CORREIA, J.S.; SANTOS, A.R.L.; SILVA, J.A.; COSTA, B.R.S. Deficit irrigation in grapevine cv. Syrah during two growing seasons in the Brazilian Semiárid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.430-441, maio/jun. 2015.

BASSOI, L.H.; GONÇALVES, S.O.; SANTOS, A.R.L.; SILVA, J.A.; LIMA, A.C.M. Influência de Manejos de Irrigação Sobre Aspectos de Ecofisiologia e de Produção da Videira Cv. Syrah / Paulsen 1103. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, outubro-dezembro, 2011.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BRAGA, M. B.; CALGARO, M. Uso da tensiometria no manejo da irrigação. **Documentos 235**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

CAMARGO, A.P. e CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**. Campinas, 59, Julho, 2000.

CAMARGO, U.A.; TONIETTO, J. HOFFMANN, A. Progressos na Viticultura Brasileira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 144-149, Outubro, 2011.

CHAGAS, R.M.; FACCIOLI, G.G.; AGUIAR NETTO, A.O.; SOUSA, I.F.; VASCO, A.N.; SILVA, M.G.. Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) no município de rio Real - Ba. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 351-363, abril-junho, 2013.

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L.C.; SANTOS H.P.; MANDELLI, F.; GUERRA, C.C.; FLORES, C.A.; TONIETTO, J. Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.481-487, 2011.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P.; FELIPPETO, J.; MARODIN, G.A.B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L.S.; FIALHO, F.B. Relações Hídricas e Trocas Gasosas em Vinhedo sob Cobertura Plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1022-1029, Dezembro, 2008.

CHAVES, M.M.; SANTOS, T.P.; SOUZA, C.R.D.; ORTUÑO, M.F.; RODRIGUES, M.L.; LOPES, C.M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J. S. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v. 150, n. 2, p. 237-252, 2007.

CHAVES, M.M.; ZARROUK, O.; FRANCISCO, R.; COSTA, J.M.; SANTOS, T.; REGALADO, A.P.; RODRIGUES, M.L.; LOPES, C.M. Grapevine under deficit

irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of botany**, v. 105, n. 5, p. 661-676, 2010.

CORREIA, J. S. **Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no Semiárido**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus Botucatu, Botucatu, SP. 2012.

COSTA, M. B.. **Avaliação da irrigação por pivô central na cultura do café (Coffea canephora L.) e na cultura do mamoeiro (Carica papaya L.) no município de Pinheiros – ES**. 2006. 89 f. Tese Doutorado. Piracicaba: ESALQ. 2006.

DANTAS, B.F.; RIBEIRO, L.S.; PEREIRA, M.S. Teor de açúcares solúveis e insolúveis em folhas de videiras, cv. Syrah, em diferentes posições no ramo e épocas do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 42-47, 2007.

DE LA HERA-ORTS, M. L.; MARTÍNEZ-CUTILLAS, A.; LÓPEZ-ROCA, J. M.; GÓMEZ-PLAZA, E. Effects of moderate irrigation on vegetative growth and productive parameters of Monastrell vines grown in semiarid conditions. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 273-281, 2004.

DIAS, F.A.N.; MOTA, R.V.; FAVERO, A.C.; SHIGA, T.M.; SOUZA, C.R.; PIMENTEL, R.M.A.; REGINA, M.A. Videira 'Syrah' sobre diferentes porta-enxertos em ciclo de inverno no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.2, p.208-215, fev. 2012.

FARIAS, T.F. **Viticultura e enologia no semiárido brasileiro (Submédio do Vale do São Francisco)**. 2011. Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis / SC - Junho de 2011.

FAVERO, A.C.; AMORIM, D.A.; MOTA, R.V.; SOARES, A.M.; REGINA, M.A. Viabilidade de produção da videira 'syrah', em ciclo de outono inverno, na região sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 685-690, Setembro 2008.

FERERES, E.; SORIANO, M.A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of experimental botany**, v. 58, n. 2, p. 147-159, 2007.

GONDIM, R.S.; AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.T. Estratégias de manejo de água em caupi irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, p.14-18, 2000.

HOPPULA, K.I.; SALO, T.J. Tensiometer-based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. **Irrigation Science**, v. 25, n. 4, p. 401-409, 2007.

LATEGAN, E.L. **Determining of optimum irrigation schedules for drip irrigated Shiraz vineyards in the Breede River Valley**. 2011. Tese de Doutorado. Stellenbosch University. 2011.

LEÃO, P.C.S. Breve histórico da vitivinicultura e a sua evolução na região semiárida brasileira. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 7, p. 81-85, 2013.

LIMA, M.V.D.O. **Perfil Enológico de Uvas Viníferas cultivadas no Vale do Submédio São Francisco**. 2011. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco. 2011.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.89-100, 2004.

MARINHO, L.B.; RODRIGUES, J.J.V.; SOARES, J.M.; SANTOS, I.S.; BRANDÃO, E.O.; LIMA FILHO, J.M.P. Potencial de água no solo e na folha da videira “Sugraone” sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. 2011.

MORAES, N. B. de; MEDEIROS, J. F. de; LEVIEN, S. L. A.; OLIVEIRA, A. M. de S. Avaliação de cápsulas de cerâmica e instrumentos de medida de tensão usados em tensiômetros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.10, p.58–63, 2006.

MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., GURGEL, M. T., LEITÃO, M., & DE OLIVEIRA, G. M. Evapotranspiração e Coeficiente de Cultivo da Videira em Ambiente Protegido. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2007.

NASCIMENTO, E. F.; SILVA, J. A., COSTA, B. R. S.; CORREIRA, J. D. S.; CAMPECHE, L. D. S.; BASSOI, L. H. Consumo hídrico da videira de vinho determinado por lisímetro de pesagem em Petrolina. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, V. 22., 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: SBF, 2012.

NASCIMENTO, P.S. **Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos em planilha de manejo de irrigação**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2009.

NASCIMENTO, P.S.; BASSOI, L.H.; PAZ, V.P.S.. Planilha eletrônica para auxílio à tomada de decisão em manejo de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 1-15, janeiro-março, 2012.

RAMOS, C.M.C.; SILVA, A.F.; SARTORI, A.A.C.; ZIMBACK, C.R.L.; BASSOI, L.H. Modelagem da variação horária da temperatura do ar em Petrolina, PE, e Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.9, p.959–965, 2011.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Métodos e estratégias de manejo de irrigação**. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 19. 10p. 2002.

SAMPAIO, A. H. R.; FILHO, M. A. C.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; JUNIOR, E. B. S.. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1141- 1148, 2010.

SÁNCHEZ, R., DOMINGO, R., & CASTEL, J. R. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. **Spanish Journal of Agricultural Research** (España), 2010.

SANTESTEBAN, L. G.; MIRANDA, C.; ROYO, J. B. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 7, p. 1171-1179, 2011.

SANTOS, C. M. G.; MOREIRA, M. M.; RODRIGUES, J. D. Metabolismo da videira 'syrah' no semiárido nordestino sob três estratégias hídricas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3611-3624, 2013.

SANTOS, T. P.; LOPES, C. M.; RODRIGUES, M. L.; DE SOUZA, C. R.; RICARDO-DA-SILVA, J. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J.S.; CHAVES, M. M. Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grown Castelão grapevines. **VITIS-Journal of Grapevine Research**, v. 44, n. 3, p. 117, 2005.

SANTOS, T.P.; LOPES, C.M.; RODRIGUES, M.L.; SOUZA, C.R.; RICARDO-DA-SILVA, J. M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S.; CHAVES, M.M. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 3, p. 321-330, 2007.

SATO, A.J.; ASSIS, A.M.; YAMAMOTO, L.Y.; MIOTTO, L.C.V.; CLEMENTE, E.; ROBERTO, S.R. Fenologia e produção das videiras 'Alicante' e 'Syrah' em safra fora de época. **Ciência Rural**, v.41, n.8, Santa Maria, RS. 2011.

SILVA, J.A.M. **Irrigação lateralmente alternada e com deficit hídrico na videira cv. Petite Syrah**. 99 f. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2005.

SILVA, J.A. **Estratégias de irrigação para economia de água em videira cv. Syrah no Vale do Submédio São Francisco**. 2013. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Juazeiro, Juazeiro, BA. 2013.

SILVA, L.C.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A.; MARCON FILHO, J.L.. Raleio de cachos em vinhedos de altitude e qualidade do vinho da cultivar Syrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.148-154, fev. 2009.

SILVA, M.C.; BRANDÃO, L.S.; COSTA, B.R.S.; SILVA, J.A.; ROCHA, M.G.; SANTOS, A.R.L.; BASSOI, L.H. Caracterização fenológica e exigência térmica da videira cv. Syrah no Semiárido. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 6., 2011, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

SILVA, M.G.; ARRAES, F.D.D.; LEDO, E.R.F.; SANTOS, N.T.; SILVA FILHO, J.A.. Avaliação da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith usando dados climáticos mínimos no sertão do Ceará. **Revista Agroambiente**, On-line, v. 7, n. 3, p. 284-293, setembro-dezembro, 2013.

SILVA, R.P.; DANTAS, G.G.; NAVES, R.V.; CUNHA, M.G. Comportamento fenológico de videira, cultivar patricia em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.399-406, 2006.

SILVA, F. de A. S. e. ; AZEVEDO, C. A. V. de. A. New Version of The Assisat-Statistical Assistance Software. **In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.

SOUZA, C.R.D.; BASSOI, L.H.; LIMA FILHO, J.M.P.; SILVA, F.F.S.D.; VIANA, L.H.; DANTAS, B.F.; RIBEIRO, P.R.D.A. Water relations of field-grown grapevines in the São Francisco Valley, Brazil, under different rootstocks and irrigation strategies. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 4, p. 436-446, 2009.

TEIXEIRA, A.H.C.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; SOARES, J.M. Consumo Hídrico e Coeficiente de Cultura da Videira na Região de PETROLINA, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.3, n.3, p.413-416, 1999.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VINHOVASF - Instituto do Vinho do Vale do São Francisco. Notas Técnicas. Disponível: <<http://www.vinhovASF.com.br/site/internas/valetecnico.php>> acesso em: 18/05/2015.

VITAL, T. Vitivinicultura no Nordeste do Brasil: Situação recente e perspectivas. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 3, p. 499-524, 2009.