

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM VIDEIRA DE VINHO CV. SYRAH  
DURANTE O PERÍODO CHUVOSO NO SEMIÁRIDO**

**JOSELINA DE SOUZA CORREIA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Julho – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM VIDEIRA DE VINHO CV. SYRAH  
DURANTE O PERÍODO CHUVOSO NO SEMIÁRIDO**

**JOSELINA DE SOUZA CORREIA**

**Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Julho – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C824i Correia, Joselina de Souza, 1978-  
Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no semiárido / Joselina de Souza Correia. - Botucatu : [s.n.], 2012  
x, 64 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012

Orientador: Luís Henrique Bassoi  
Inclui bibliografia

1. Potencial hídrico foliar de base. 2. Solos - Umidade. 3. Uva. 4. Videira. 5. Vinho e vinificação. I. Bassoi, Luís Henrique. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM VIDEIRA DE VINHO CV.SYRAH  
DURANTE O PERÍODO CHUVOSO NO SEMIÁRIDO

ALUNA: JOSELINA DE SOUZA CORREIA

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS HENRIQUE BASSOI

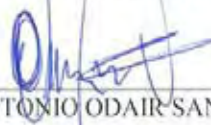
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUÍS HENRIQUE BASSOI



PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



PROF. DR. ANTONIO ODAÍR SANTOS

Data da Realização: 31 de julho de 2012.

“Um ‘sim’ concedido, agiliza o trabalho, mas um ‘não’ imposto motiva a busca por novos desafios!”

**SALMOS 91**

Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo, à sombra do Onipotente descansará.  
Direi do SENHOR: Ele é o meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei.  
Porque Ele te livrará do laço do passarinho, e da peste perniciososa.  
Ele te cobrirá com as suas penas, e debaixo das suas asas te confiarás; a sua verdade será o teu escudo e broquel.  
Não terás medo do terror de noite nem da seta que voa de dia,  
Nem da peste que anda na escuridão, nem da mortandade que assola ao meio-dia.  
Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua direita, mas não chegará a ti.  
Somente com os teus olhos contemplarás, e verás a recompensa dos ímpios.  
Porque tu, ó SENHOR, és o meu refúgio. No Altíssimo fizeste a tua habitação.  
Nenhum mal te sucederá, nem praga alguma chegará à tua tenda.  
Porque aos seus anjos dará ordem a teu respeito, para te guardarem em todos os teus caminhos.  
Eles te sustentarão nas suas mãos, para que não tropeces com o teu pé em pedra.  
Pisarás o leão e a cobra; calcarás aos pés o filho do leão e a serpente.  
Porquanto tão encarecidamente me amou, também eu o livrarei; pô-lo-ei em retiro alto, porque conheceu o meu nome.  
Ele me invocará, e eu lhe responderei; estarei com Ele na angústia; dela o retirarei, e o glorificarei.  
Fartá-lo-ei com longura de dias, e lhe mostrarei a minha salvação.

**OFEREÇO**

Aos meus pais Lêda Maria e José Correia pela dedicação, carinho e entusiasmo durante toda minha vida.

Aos meus irmãos de sangue e a família que conquistei em Juazeiro-BA, pelo apoio, companheirismo e motivação.

**DEDICO**

Ao meu querido Jandison Souza e família; mesmo longe sei que posso contar com o carinho e atenção de vocês.

Aos meus sobrinhos Isabela Moreira (Conquista), Luiz Fernando e Alice Correia, pela ternura e momentos de descontração.

## AGRADEÇO

A Deus pela força e determinação para enfrentar de forma ética os obstáculos encontrados durante essa jornada, com os quais venho aprendendo e amadurecendo a cada dia.

Ao Prof. e Orientador Dr. Luís Henrique Bassoi, pela receptividade, confiança, incentivo, conhecimentos partilhados e exemplo de profissionalismo.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCA, campus de Botucatu – SP, em especial ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de continuar a minha formação profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A Embrapa Semiárido, pela viabilização da infraestrutura para o desenvolvimento dos trabalhos.

Aos meus orientadores durante e após a graduação, os doutores Grécia Cavalcanti da Silva, Bárbara França Dantas, Carlos Alberto Aragão e Marcos Brandão Braga, pelos ensinamentos e motivação pessoal e profissional.

Aos Professores Antônio Evaldo Klar, Antônio Pádua de Sousa, Célia Regina Lopes Zimback, João Carlos Cury Saad, João Zocoler, Raimundo Leite Cruz, Rodrigo Maximo Sánchez Román, dentre outros.

Aos funcionários e amigos do Campo Experimental do Bebedouro Hélio Macedo, João Filho, Expedito, Luiz Oliveira, Manoel Cícero, Raimundo, entre outros pelo apoio e esclarecimentos durante a realização das atividades de campo.

Aos funcionários da sede da Embrapa Semiárido, Carlos, Deusemar, Joabe Almeida, Herbet Targino, Oli Adão, Sr. Pedro, Robson, dentre muitos outros.

Aos pesquisadores Carlos Alberto Tuão Gava, Davi José Silva, José Mauro da Cunha e Castro, Magna Soelma Beserra de Moura, Marcelo Calgaro, Rita de Cássia Souza Dias, Tarcízio Nascimento, dentre outros, pela atenção e elucidações.

Aos amigos de longa data, Cláudia Mota, Eleodoro Chavéz, Lígia Marinho, Magnus Deon, Marcio Paz, Sirando Seido, Tamires Nunes, Thieres George, pelo apoio, conselhos e as boas vibrações.



Aos novos amigos Alexsandro Oliveira, Aline Sandim, Ana Guirra, Ana Rita Leandro, Bianca Tavares, Bruna Soldera, Bruno Ricardo, Dayane Bressan, Eliel Nascimento, Géssica Lima, José Francisco Alves, Juliano Athayde, Laís Lorena, Lucas Santos, Lucileide Brandão, Marlon Rocha, Míriam Klébia, Patrícia Nascimento, Rai Monteiro, Renata Coscolin, Rigléia Brauer e Simone Oliveira, pelo auxílio durante as atividades e excelente convivência.

A todos os amigos estagiários e bolsistas da Embrapa Semiárido, pelo companheirismo.

As pessoas não mencionadas, porém não esquecidas, que em algum momento da vida percorreram comigo o caminho para chegar aqui.

A todos, meu muitíssimo obrigada, pelos momentos compartilhados, pois vocês foram e são de fundamental importância para minha evolução.

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Vitivinicultura no mundo .....	7
2.2 Vitivinicultura no Brasil.....	8
2.3 Vitivinicultura do Vale do São Francisco .....	10
2.4 Relações hídricas da videira de vinho .....	11
2.5 Manejos de irrigação para videira de vinho .....	15
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Localização da área experimental .....	19
3.2 Instalação da área experimental .....	20
3.3 Sistema e manejo de irrigação.....	20
3.4 Determinação da umidade do solo .....	23
3.5 Determinação do potencial hídrico foliar de base.....	23
3.6 Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas.....	24
3.7 Eficiência de uso da água.....	25
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
4.1 Precipitação pluvial.....	28
4.2 Evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e lâmina bruta de água aplicada .....	29
4.3 Variação da umidade no solo .....	31
4.5 Aspectos qualitativos das bagas .....	42
4.6 Aspectos quantitativos da produção de uvas.....	52
4.7 Eficiência do uso da água.....	55
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Croqui da área experimental.....	27
2	Valores da precipitação pluvial (mm) registrados durante o ciclo de produção da videira cv. Syrah.....	28
3	Lâmina bruta de água aplicada (mm) nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediária) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp) da videira cv. Syrah.....	30
4	Valores médios de umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediária) e irrigação com déficit (inferior), até 64 dias após a poda de produção (dapp).....	33
5	Valores médios de umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), até 64 dias após a poda de produção (dapp).....	34
6	Valores médios de umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45, e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), entre 68 e 110 dias após a poda de produção (dapp).....	35
7	Valores médios de umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior) entre 68 e 110 dias após a poda de produção (dapp).....	38
8	Potencial hídrico foliar de base ( $\Psi$ foliar, MPa) da videira cv. Syrah aos 77, 84, 91, 98 e 105 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação déficit com controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	41

## LISTA DE TABELAS

		Página
1	Análise de variância do potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{\text{foliar}}$ , MPa) da videira cv. Syrah aos 77, 84, 91, 98 e 105 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	40
2	Análise de variância da massa de 100 bagas (g) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	42
3	Análise de variância do volume do mosto de 100 bagas (ml) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	43
4	Análise de variância do teor de sólidos solúveis totais (° brix) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	44
5	Análise de variância do pH aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	45
6	Análise de variância da acidez total titulável ( $\text{g.L}^{-1}$ ácido tartárico) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	46
7	Valores médios da massa de 100 bagas (g), teor de sólidos solúveis totais (°brix), pH e acidez total titulável ( $\text{g.L}^{-1}$ ácido tartárico) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	47
8	Análise de variância do número total de cachos por planta, número total de cachos por parcela, massa média do cacho (g), massa dos cachos por planta (kg) e massa dos cachos por parcela (kg), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) .....	53

- 9 Valores médios do número total de cachos por planta, número total de cachos por parcela, massa média do cacho (g), massa dos cachos por planta (kg) na colheita, aos 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID)..... 54
10. Análise de variância da eficiência de uso da água, sem e com chuva, para os tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), expresso em  $\text{kg.m}^{-3}$ ..... 55
11. Valores médios da eficiência de uso da água (EUA,  $\text{kg.m}^{-3}$ ), sem chuva e com chuva, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID)..... 55

## RESUMO

As disponibilidades de radiação solar e de água para irrigação contribuem para a produção de uvas ao longo do ano no Vale do Submédio São Francisco. Diante da expansão da vitivinicultura nesta região, a demanda por pesquisas em relação ao manejo adequado e prático da videira para a região semiárida brasileira tem aumentado. Desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a influência de estratégias de irrigação na cultura da videira de vinho, e suas possíveis influências na produtividade e qualidade das uvas. O experimento foi conduzido na Embrapa Semiárido, em Petrolina -PE, entre 10 de novembro de 2010 a 28 de fevereiro de 2011, com a videira cv. Syrah/Paulsen 1103, plantada em espaçamento de 1 x 3 m, em um Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com emissores espaçados em 0,5 m na linha de plantio, com vazão de 2,5 L.h<sup>-1</sup>. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: 1- irrigação plena (IP), irrigação realizada com base na reposição da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), durante todo o ciclo de produção; 2 - irrigação com déficit controlado (IDC), irrigação interrompida aos 65 dias após a poda de produção (dapp), porém com irrigações aos 91, 92 e 93 dapp; e 3 - irrigação deficitária (ID), irrigação interrompida aos 65 dapp até a colheita aos 110 dapp. A ET<sub>c</sub> foi estimada pela relação entre evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), e o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). O potencial hídrico foliar ( $\Psi_{\text{foliar}}$ ) foi medido em cada tratamento, do estágio fenológico de maturação até o estágio de cachos maduros. Durante o experimento, ocorreu uma precipitação total de 252 mm. A ET<sub>c</sub> durante o ciclo em questão foi de 424,4 mm, enquanto que a lâmina bruta de água aplicada totalizou 416,6 mm, 290,5 mm e 282,1mm para IP, IDC e ID, respectivamente. Diferenças entre os tratamentos quanto ao  $\Psi_{\text{foliar}}$  ocorreram em todas as

avaliações. O número de cachos, a produtividade e a massa média do cacho não apresentaram diferenças entre os tratamentos; no entanto, na colheita, a massa e o volume de mosto de 100 bagas foram maiores no tratamento IP, seguidos pelos tratamentos ID e IDC. O pH e o teor de sólidos solúveis totais também não apresentaram diferenças significativas. O manejo com déficit, sob tais circunstâncias, não causou redução na produção de uva, podendo assim reduzir a aplicação da água pelo sistema de irrigação.

---

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., potencial hídrico foliar de base, umidade do solo, uva de vinho.

DEFICIT IRRIGATION IN WINE GRAPE CV. 'SYRAH' DURING THE RAINY SEASON  
IN THE SEMIARID. Botucatu, 2012. 64 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências  
Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSELINA DE SOUZA CORREIA

Adviser: LUÍS HENRIQUE BASSOI

## SUMMARY

The availability of solar radiation and water for irrigation contribute to the wine grape production throughout the year in the Lower Middle São Francisco Valley. In consequence of increase of vine growing area in this region, the research demand about suitable and feasible vine water management in the Brazilian semi-arid region has increased. Thus, this study aimed to evaluate the influence of irrigation strategies in vineyards, and their possible effects on yield and quality of wine grapes. The experiment was carried out at Embrapa Tropical Semi-arid, in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, from November 10, 2010, to February 28, 2011. The grapevine cv. Syrah, grafted on Paulsen 1103, was planted at a spacing grid of 1 x 3 m, in a Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico. Drip irrigation was used, with emitters spaced 0.5 m within the plant row, with 2.5 L.h<sup>-1</sup> flow. The design was a randomized complete block with three treatments and four replications. The treatments were: 1 - full irrigation (FI), where irrigation was performed based on crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>, mm) during all growing season, without water restriction to the vines; 2 - regulated deficit irrigation (RDI), where irrigation was performed based on ET<sub>c</sub> until 65 days after pruning (dap), but performed at 91, 92, and 93 dap and 3 - deficit irrigation (ID) - where irrigation interrupted at 65 dap until harvest at 110 dap. The ET<sub>c</sub> was estimated by the relationship between reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), and crop coefficient (k<sub>c</sub>) for each phenological phase of vine. The leaf water potential ( $\Psi_{pd}$ ) was measured in each treatment, from maturation phase. During this experiment, there was a total rainfall of 252



mm. The ETC during the growing season was 424.4 mm, while the gross irrigation depth applied was 416.6 mm, 290.5 mm, and 282.1 mm, respectively, at FI, RDI, and DI treatments. Differences on  $\Psi_{pd}$  among treatments have occurred in all evaluations. The number and cluster weight and yield did not differ among treatments, however, weight and volume of 100 berries were higher in the FI treatment, followed by ID and IDC. The pH and total soluble content did not present significant differences. According to the soil and weather conditions of this study, the practice of deficit irrigation in vines did not cause reduction in quality and yield of wine grapes, and thus can reduce the water irrigation application through irrigation system.

---

Keywords: *Vitis vinifera* L., leaf water potential, soil water content, wine grape.

## **1 INTRODUÇÃO**

No Vale do Submédio São Francisco, a área de cultivo de videira para produção de vinho tem merecido destaque pela produtividade agrícola e pela qualidade dos vinhos.

No entanto, devido às particularidades desse sistema de produção, como a possibilidade de cultivo durante todo o ano devido à alta disponibilidade de radiação solar, e a necessidade de irrigação durante todo o ciclo de produção devido à alta demanda de evapotranspiração da cultura, as práticas de manejo ainda são objeto de estudos visto que são recentes as pesquisas com videira de vinho nessa região.

Apesar de ser uma região semiárida, em Petrolina ocorre uma precipitação pluvial cujo valor normal é de 540 mm, entre dezembro e março. Ainda, alguns solos sob irrigação em Petrolina – PE apresentam drenagem lenta, em consequência de sua gênese (presença de camadas adensadas). Aliado ao fato desses solos serem irrigados durante todo o ano e há vários anos, surge a oportunidade da prática de irrigação com déficit na videira de vinho, uma vez que a restrição de água para esse cultivo é prática comum em várias regiões produtoras sob condição irrigada, como EUA (Califórnia) e Austrália, para obtenção de qualidades desejáveis da uva para a vinificação.

Desde a consolidação da vitivinicultura na região, na década de 2000, até os dias atuais, algumas pesquisas foram realizadas quanto ao manejo de irrigação em videira de vinho, mas algumas informações ainda continuam sem um nível de detalhe satisfatório. Já existem informações para a região de Petrolina sobre o cultivo da videira de vinho sob irrigação com déficit (aplicação de menor volume de água do que o demandado pela cultura), porém não ficou evidenciado o estresse hídrico (decorrente do déficit ou excesso de água) da videira mesmo com a interrupção de irrigação após o florescimento e emissão de cachos, porém, houve redução da massa do cacho. No entanto, durante o período chuvoso, há necessidade de maiores detalhes sobre a quantidade e a qualidade das uvas produzidas sob restrição hídrica.

Diante do exposto, a hipótese desse trabalho é que existe a possibilidade da prática de irrigação deficitária na videira de vinho durante o período chuvoso em Petrolina, PE, sem que haja redução na quantidade e qualidade da uva para vinificação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Vitivinicultura no mundo

Agrupada entre as *Vitaceaes*, a videira, fruto de origem temperada, perene e aclimatérica, cujo espécies ultrapassam o número de 90, destaca - se por seu valor econômico (LAHVE; JOHNSON, 1989). Bem adaptada ao Brasil devido às condições favoráveis para seu desenvolvimento, principalmente nas regiões de clima semelhante ao seu local de origem, a cultura também se sobressai em zonas de clima tropical, como o Semiárido nordestino, em virtude de seu sistema radicular profundo. Isso favorece sua adaptação em áreas de suprimento limitado de água e as novas tecnologias (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

A *Vitis vinifera* é a espécie mais cultivada no mundo, sendo considerada de alta qualidade, e suas uvas são destinadas a fins diversos, como uva de mesa, vinho, passas e outros derivados; contudo esta espécie apresenta grande sensibilidade às doenças fúngicas (OLIVEIRA, 2007).

A viticultura teve início nas planícies da Suméria e nas margens do Nilo, todavia foram os Fenícios e os Gregos que levaram o vinho a Europa, sendo consolidado na Europa Central a partir da ocupação romana. Desta forma as vinhas italianas são de origem grega, as espanholas de origem fenícia e as francesas de origem romana (OLIVEIRA, 2007)

O vinho consiste numa bebida extraída da fermentação alcoólica do mosto da uva fresca, sã e madura (BRASIL, 1988). Antes do século XIX, pouco era sabido a respeito desse processo e da deterioração do vinho, por esta razão a bebida era consumida até o ano seguinte da sua confecção, visto que as técnicas para conservação não eram eficientes.

Contudo, no século XVII, com o invento do saca-rolha e com a produção em larga escala de garrafas de vidro, os vinhos começaram a ser armazenados por vários anos, sendo, porém, apenas em meados do século XIX que a produção de vinho foi refinada cientificamente, por intermédio do químico francês Louis Pasteur, que elucidou a origem química da fermentação, identificando os agentes responsáveis por este processo. Pasteur também arquitetou um mecanismo titulado pasteurização que permite a eliminação das bactérias causadoras do deterioramento do vinho (OLIVEIRA, 2007).

A partir daí foram tomadas novas linhas de pesquisa, para produção e armazenamento do vinho, como estudos sobre a fisiologia da videira e intensificação do processo de fermentação, surgindo então os tanques de aço inoxidável, que além de serem de fácil higienização ainda permitem o controle da temperatura do vinho sem dificuldade (BRASIL, 1988).

## 2.2 Vitivinicultura no Brasil

O cultivo da videira *Vitis vinífera* teve início no Brasil, entre 1532 e 1535, realizado por colonizadores lusitanos, na então capitania de São Vicente, atualmente Estado de São Paulo, sendo dissipada para outras regiões do país até o século XIX (GALVÃO, 1992; BOTELHO; PIRES, 2009; POMMER, 2003). Ainda neste período passaram a importar videiras da América do Norte, a espécie rústica denominada *Vitis labrusca*. Junto à nova espécie foi introduzido nos parreirais uma doença fúngica, (POMMER, 2003; BOTELHO; PIRES, 2009), ocasionada por um inseto (Filoxera) que ataca às raízes da cultivar europeia de pé franco, levando-a a morte, o que levou a viticultura colonial à decadência (GIOVANNINI, 2005).

Houve então espaço para a exploração do ouro nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, e para a expansão da cana de açúcar e do café, até boa parte do século XIX (POMMER, 2003). Segundo Botelho e Pires (2009), a viticultura tropical brasileira foi efetivamente desenvolvida a partir de 1960, com o plantio de vinhedos comerciais de uva de mesa na região do Vale do São Francisco, no Semiárido nordestino.

Enquanto isso, mesmo que de modo lento, a cultivar norte americana, mais resistente que as viníferas e de fácil cultivo, alastrou-se por São Paulo e Rio Grande do

Sul, e posteriormente adquiriu força, através de incentivos governamentais. Paralelo a isso foram realizadas diversas medidas de controle a filoxera (BOTELHO; PIRES, 2009). Por meio de observações, foi verificado que o patógeno não expressava sintomas de ataque em seu local de origem; a partir daí alguns países da Europa começaram a testar o enxerto da videira europeia sobre as espécies norte-americanas resistentes, e em alguns casos o porta-enxerto deixou a desejar em determinados aspectos, mas em outros o resultado foi satisfatório (GIOVANNINI, 2005). Em seguida foram realizadas hibridizações entre as espécies americanas visando combinar suas características desejáveis.

Na década de 70, com a chegada de algumas multinacionais na região da Serra Gaúcha e na fronteira Oeste, ocorreu um desdobramento significativo da área de parreirais com a retomada da *Vitis vinífera*, porém enxertadas (BOTELHO; PIRES, 2009; GIOVANNINI; MANFROI, 2009). No mesmo período surgiu o pólo vitícola do Norte do Paraná e na década de 80 desenvolveram-se as regiões do Noroeste do Estado de São Paulo e Pirapora no Norte de Minas Gerais, todas voltadas à produção de uvas finas para o consumo in natura. Já em 1996, o Rio Grande do Sul, na Encosta Superior da Serra do Nordeste, tida como maior área vitícola do país, respondia por mais de 70% da produção nacional de uvas e em torno de 90% da produção de vinhos (GIOVANNINI, 2005).

Trazidas para o país pelos imigrantes italianos as agroindústrias, antigamente chamadas de cantinas, funcionavam de forma artesanal, as videiras eram cultivadas em pequenas propriedades e o vinho era confeccionado nos quintais. Algumas dessas cantinas expandiram, passaram a produzir um vinho mais popular (vinho de garrafão ou de mesa), contudo na década de 90, após abertura do mercado, pequenos agricultores, abdicaram da produção em larga escala, e passaram a produzir menos, contudo com maior qualidade, abrindo assim suas próprias empresas (RIZZON, 2006).

O cultivo da videira no Brasil constitui uma base de sustentação da exploração agroindustrial de algumas regiões, não somente pela produção de uvas de mesa, mas também de matéria-prima para a elaboração de vinhos e vários derivados (SILVA; CORREIA, 2004). No Brasil a área plantada com videira, de acordo com os dados fornecidos pelo IBGE, era de 59.838 hectares, sendo que 42.930 hectares estavam localizados na região Sul e 5.339 hectares no Nordeste. Destaca-se no Nordeste os municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, que juntos possuíam uma área cultivada, de 4.493 hectares (SILVA; CORREIA,

2004). Com cenário promissor a vitivinicultura é expandida e constitui alvo de pesquisas e estratégias de políticas públicas para promoção do vinho nacional no exterior, sendo grande geradora de emprego e renda, contudo enfrentando diversos entraves que persistem e devem ser ultrapassados (SILVA; VERDI; FRANCISCO, 2007).

De acordo com a legislação nacional os vinhos de mesa estão subdivididos em comuns ou de consumo corrente, elaborados a partir de uvas híbridas e americanas (*Vitis labrusca*), produzidos para atender as necessidades básicas de seus consumidores; e os finos, provenientes de uvas viníferas européias (*Vitis vinifera* L.), e enfocam consumidores de paladar mais apurado, com maior grau de informações acerca do produto. Seu consumo atribui 'status', prestígio social e ocorrem muitas vezes em eventos sociais, culturais e intelectuais, e está fortemente vinculado ao prazer da degustação (BOTELHO; PIRES, 2009).

Um grande vinho somente pode ser elaborado a partir de uvas de alta qualidade e com a aplicação dos melhores conhecimentos enológicos disponíveis. Desta forma faz-se necessário que o produtor de vinhos tenha o conhecimento necessário para obter a uva com a composição que melhor se adeque ao produto visado, bem como saiba de que forma trabalhar esta matéria-prima para produzir o vinho com as características desejadas.

No Brasil as uvas da espécie *vinifera* constituem cerca de 20% das uvas industrializadas, e constituem também considerável parcela da produção de uvas finas de mesa, especialmente nos Estados do Paraná, São Paulo, Bahia e Pernambuco. Muitas cultivares já foram plantadas comercialmente, principalmente no Sul do país, chegando-se, atualmente, a uma definição mais ou menos clara das melhores opções (OLIVEIRA, 2007).

### 2.3 Vitivinicultura do Vale do São Francisco

O Nordeste brasileiro apresenta características particulares de clima e solo, que favorecem a obtenção de alta produtividade, vinculada a colheitas durante praticamente todo o ano, uma vez que os parreirais podem ser adaptados a ciclos sucessivos, através do agendamento de podas de produção e controle da irrigação. Tal programação possibilita a administração da oferta, fazendo-a coincidir com as entressafras tanto das regiões

vitícolas tradicionais do país, quanto do exterior, esquivando - se, portanto, das limitações inerentes à sazonalidade (POMMER, 2003). Os níveis elevados de radiação e intensidade de luz solar, somados a altas temperaturas, reduzem o ciclo da cultura em cerca de 30 dias. A cultivar *Itália* tem o ciclo de produção, em São Miguel Arcanjo – SP, de 180 dias; em Jales, também no Estado de São Paulo, 150 dias (TERRA; PIRES; NOGUEIRA, 1998). Entretanto, no Semiárido nordestino, em virtude de sua peculiaridade, o ciclo varia em torno dos 120 dias após a poda de produção (GONÇALVES et al., 1996; LEÃO; SOARES, 2000; MURAKAMI et al., 2002). Contudo, devido a escassez e má distribuição das chuvas, nessas áreas, é imprescindível a utilização de um sistema de irrigação adequado, o que aliado a um manejo correto, corrobora para uma produção de excelente qualidade e elevada produtividade, com maior concentração de açúcares.

A produção de uva no Nordeste brasileiro, concentrada principalmente na região do Submédio São Francisco, em Pernambuco e Bahia (SILVA; CORREIA, 2004; GIOVANNINI; MANFROI, 2009).

Atualmente os municípios de Petrolina-PE, Santa Maria da Boa Vista-PE, Juazeiro-BA e Casa Nova-BA, responde por grande parte da elaboração de vinhos finos, sendo as variedades mais promissoras na região a *Syrah* e a *Moscato Canelli* (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). Segundo Oliveira (2007), o Vale do Submédio São Francisco representa uma das maiores regiões produtoras de vinhos finos do Brasil, ocupando 15% do mercado nacional, atrás apenas do Rio Grande do Sul. A atividade vitivinícola emprega direta e indiretamente aproximadamente 30 mil pessoas.

No Vale do Submédio do São Francisco, a vitivinicultura tem evoluído no sentido de aprimorar a aplicação de práticas agronômicas que visem melhorar a qualidade da produção vinícola, uma vez que a composição da uva é um fator determinante para a qualidade dos vinhos dessa região.

#### 2.4 Relações hídricas da videira de vinho

Cultivada sob condições ambientais distintas, a videira adapta-se bem em diferentes regiões do mundo, o que abrange áreas com pouca precipitação pluvial e elevada evapotranspiração, requerendo dessa forma o fornecimento de água pela irrigação.



Ainda assim, mesmo com a aplicação de água pela irrigação, a planta pode passar por um déficit hídrico moderado durante o período de maior demanda evapotranspiratória, visto que seu sistema radicular não mantém o fluxo da água perdida por ação da transpiração (HARDIE; CONSIDINE, 1976).

Todavia, o reservatório de água do solo pode ser reabastecido pela precipitação e/ou irrigação e, uma vez satisfeita a capacidade de armazenamento de água do solo, ocorre a percolação da água excedente para o lençol freático. O teor de umidade do solo é um fator essencial à composição do balanço hídrico, determinando, segundo a sua disponibilidade para as plantas, a lâmina de água a se aplicar em cada irrigação (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984). Segundo Winkler et al. (1974), na Califórnia o consumo hídrico da videira durante o ciclo oscila de 405 a 1370 mm. Contudo, Doorenbos e Kassam (1979), evidenciaram que as necessidades hídricas variam de 500 a 1200 mm, dependendo do clima, do solo, da cultivar e do manejo cultural.

A videira necessita de um período de repouso vegetativo para armazenar reservas para o ciclo seguinte, contudo, isto só é possível sob temperaturas inferiores a 12°C (MARRO, 1989). Como essa condição não ocorre no Semiárido do Brasil, seu repouso está condicionado à redução ou interrupção da irrigação. Giovannini e Manfroi (2009) evidenciam que o bom desenvolvimento da videira no período seco está relacionado ao tipo de solo e sua capacidade de armazenamento de água, do porta-enxerto e de sua capacidade de enraizamento, e da densidade de plantio, que se torna mais susceptível a seca quanto maior o número de plantas por área.

De acordo com Giovannini e Manfroi (2009), na Europa a demanda hídrica é de 4L/dia/planta e o consumo de 500L/kg de material lenhoso formado. Desta forma regiões com índice pluviométrico anual inferior a 450 mm somente permitem uma viticultura irrigada, como também locais com precipitações altas, porém mal distribuídas, a exemplo do Vale do Submédio do São Francisco, e Noroeste Paulista. O déficit hídrico na videira ocasiona diminuição da produtividade, em função de redução da massa dos cachos, e não pela redução no número de cachos por planta, o que ocorre em escala insignificante. Com a limitação hídrica ocorre uma inibição no desenvolvimento da polpa (KLIEWER, 1981).

A absorção e o movimento da água na videira sofrem influência basicamente do teor de água no solo e da transpiração, mas não se pode deixar de levar em

consideração a distribuição e a atividade do sistema radicular (BASSOI; ASSIS, 1996; SOARES; BASSOI, 1995). Sob condições de umidade adequadas, as raízes absorvem uma quantidade de água suficiente para satisfazer às necessidades da parte aérea.

A água é de considerável importância durante o processo da fotossíntese, pois além de ser um constituinte de reações químicas, responde pela manutenção da temperatura dos tecidos, e sua falta em menor volume que o requerido pela planta acarreta no murchamento das folhas (LAPOLLI et al., 1995). Diante da redução da água disponível no solo, a planta tem como mecanismo de defesa o fechamento dos seus estômatos, o que diminui sua taxa de transpiração, evitando assim perdas exageradas de água, e uma possível morte por dessecação (GLENN; SCORZA; BASSETT, 2000). Segundo Souza; Soares e Regina (2001), o fechamento dos estômatos é a resposta imediata à percepção de deficiência hídrica, o que decorre na redução do dióxido de carbono propagado para o mesófilo foliar, havendo deste modo uma limitação do processo fotossintético. Os efeitos da deficiência hídrica nas plantas são verificados por meio de avaliações fisiológicas.

A deficiência hídrica sinaliza que o volume de água na planta está abaixo do valor ideal para a realização, sem desgaste excessivo de energia, das funções metabólicas da planta (FITTER; HAY, 1983). Tal episódio pode ser averiguado a partir da avaliação do potencial hídrico de base ou potencial foliar, sendo determinado antes do amanhecer, o qual evidencia o estado hídrico da planta sem fluxo transpiratório, visto que os estômatos estão totalmente fechados, teoricamente em equilíbrio com o potencial matricial de água no solo (MARINHO, 2008). Esse monitoramento pode ser feito nas folhas, com auxílio da câmara de pressão do modelo descrito por Scholander et al. (1965).

Uma das mais importantes propriedades da água é a capacidade de dissolver grande parte das substâncias conhecidas, sendo por isso titulada de ‘solvente universal’, diluindo os sais minerais presentes nas plantas, conduzindo-os das raízes as folhas pelos xilemas, assim como a seiva elaborada, através do floema das folhas para as demais partes da planta. Gates, (1976) afirma que a água é também um eficiente meio de refrigeração das folhas durante a transpiração, protegendo-as da variação rápida de temperatura. Neste momento a água passa para a atmosfera através dos estômatos em forma de vapor. Segundo Blanke e Lehye (1988), uma folha de videira completamente expandida chega a apresentar de 200 a 300 estômatos por milímetro quadrado.

O potencial hídrico foliar apresenta significativa oscilação diurna, mesmo diante da ausência de déficit hídrico, pois decresce abruptamente do nascer do sol ao meio da tarde (CARLSON et al., 1979). Contudo, após o período sob déficit hídrico, a planta recupera-se, especialmente no período da noite, quando a perda por transpiração é quase nula. Sob déficit hídrico, a planta tem suas funções estomáticas temporariamente prejudicadas, pois os estômatos deixam de abrir, a fim de restaurar o potencial de água na folha. Responsável pelo fechamento dos estômatos, o ácido abscísico (ABA) é um hormônio que ocorre naturalmente na planta, todavia sob estresse hídrico os níveis do ABA são elevados inibindo a abertura dos estômatos, de forma que uma acumulação excessiva desse hormônio nas folhas pode prolongar os efeitos do estresse (LAPOLLI et al., 1995). Além do ABA, as citocininas também integram o grupo dos fitohormônios, sendo que a diminuição de sua concentração nas gemas, ramos e raízes acarreta na inibição do desenvolvimento dos ramos laterais e, por consequência, na redução da área foliar (STOLL; LOVEYS; DRY, 2000; DRY et al., 2001).

Ruhl e Alleweldt (1985) indicam que crescimento reprodutivo da videira é menos sensível ao estresse hídrico do que o crescimento vegetativo. A videira sofre maior interferência quando o estresse hídrico ocorre durante a fase de pré-amadurecimento do que durante a fase de amadurecimento propriamente dita (MATTHEWS; ANDERSON; SCHULTZ, 1987; MATTHEWS; ANDERSON, 1988). A deficiência hídrica antes e após o início de maturação pode afetar não só o desenvolvimento das bagas, mas também, os primórdios florais que vão dar origem às bagas do ciclo seguinte (MATTHEWS; ANDERSON, 1989). A transpiração da videira é baixa no início da brotação das gemas, mas aumenta com o desenvolvimento da superfície foliar e decresce nas últimas semanas do desenvolvimento dos frutos (LAPOLLI et al., 1995).

Um estresse moderado normalmente acelera a maturação das bagas e melhora a qualidade do vinho produzido (BRAVDO et al., 1985), pois aumenta a concentração de açúcares, antocianina e a redução da acidez das bagas, que são características desejáveis em uvas para produção de vinho.

A deficiência hídrica durante o período inicial de evolução da videira e no estágio de maturação das bagas decorre na inibição do desenvolvimento das bagas, limitando seu tamanho e retardando seu amadurecimento (GIOVANNINI, 2004). Em contrapartida o excesso de umidade do solo e altas temperaturas favorecem a incidência de

doenças fúngicas e pragas. Desta forma, tanto o excesso quanto a escassez de água são prejudiciais na fase de amadurecimento das bagas. O manejo de uma área cultivada sob irrigação deve objetivar o aumento da produção em quantidade e qualidade, estabelecendo uma razão ótima de custo/benefício. O volume de água a ser aplicado durante o ciclo de uma cultura deve ser o suficiente para atender as necessidades hídricas da cultivar em questão, de forma que a demanda hídrica aumenta com o desenvolvimento da área foliar, atinge um máximo e é reduzida a medida que se aproxima do final do ciclo vegetativo. Desta forma, inibindo o desenvolvimento vegetativo, a planta passa a direcionar maior concentração de suas reservas para a composição dos frutos, e especificamente no caso da videira a redução da lâmina de água favorece uma maior concentração dos compostos na baga, o que é de fundamental importância para produção de um vinho de qualidade.

## 2.5 Manejos de irrigação para videira de vinho

Um dos principais problemas encontrados pelo produtor de uva consiste no excesso do vigor vegetativo, ocasionando um desequilíbrio entre a área foliar e a produção dos frutos, onde sob contínua irrigação, a planta permanece vegetando, sendo suas reservas direcionadas tanto para os frutos quanto para os ramos e folhas. Dentre os vários mecanismos para contornar tal situação, ganha destaque o manejo da irrigação, pois segundo Loveys; Stoll e Davies, (2004), impera uma preocupação mundial quanto ao uso racional dos recursos hídricos, existindo uma pressão sobre os produtores agrícolas para que haja um controle mais efetivo sobre a água utilizada para irrigação.

Smart e Coombe (1983) afirmam que um estresse hídrico nas três primeiras semanas após o início da floração causa uma redução bastante significativa na produtividade da videira. Dry e Lovery, (1998) verificaram que com o manejo da irrigação é possível controlar o vigor vegetativo, visto que a composição da uva é fortemente influenciada pelo estado hídrico da planta. A deficiência hídrica severa poderá ocasionar reduções significativas na produção e na qualidade da uva. A partir daí, Assis; Lima Filho; Lima, (2004) salientam a necessidade de conhecer o comportamento da videira, a fim de desvendar os aspectos que regem sua produtividade em regiões secas, bem como, para o estabelecimento de manejo apropriado, buscando a melhoria da qualidade das uvas.

Alguns trabalhos apontam que a extensão do dano está vinculada à intensidade do estresse e a etapa da evolução das bagas em que ocorreu a interrupção do fornecimento de água, ou seja, questiona-se de quanto e quando deve ter início esse estresse e quais são os benefícios e danos causados à videira. Buscando elucidar tais questionamentos, algumas estratégias de irrigação têm sido testadas.

A irrigação plena consiste em aplicar ao solo 100% do que foi perdido com a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas, o que difere com o tipo de cultura, estágio fenológico, tipo de solo e local de cultivo, entre outros fatores. Contudo, essa plena e contínua reposição de água implica em alguns questionamentos relacionados ao custo, ao impacto ambiental e à disponibilidade de água para irrigação.

Segundo Saad e Libardi (1994), o manejo de irrigação consiste em otimizar a produção em função de um melhor aproveitamento da água à ser aplicada a cultura, fornecendo à planta apenas o requerido, para realização de suas atividades metabólicas, baseado no que fora evapotranspirado, visto que tanto o excesso quanto a falta de água interferem de maneira significativa no rendimento e qualidade das culturas irrigadas e, por consequência, no retorno financeiro dessa produção.

A irrigação com déficit pode ser definida como a aplicação de água a uma cultura em uma quantidade menor àquela que atenderia a necessidade hídrica das plantas por completo. Entre as razões para o uso dessa estratégia de irrigação, estão a escassez de água, projeto inadequado de sistemas de distribuição e aplicação de água, e aumento excessivo da área irrigada em relação à água disponível em uma bacia hidrográfica (FERRERES; SORIANO, 2007).

O secamento parcial do sistema radicular (*partial rootzone drying – PRD*) utiliza a resposta bioquímica da planta ao estresse hídrico para obter um balanço entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo, com possibilidade de aumento da eficiência do uso da água. Consiste na alternância do lado da planta a ser irrigado, e a parte do sistema radicular que está sem aplicação de água produz ácido abscísico, que ao ser levado até as folhas, atua no fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração da planta. Como seu efeito é transiente, há necessidade de alternar o lado a ser seco (MCCARTHY et al., 2002).

A irrigação com déficit controlado (IDC) é uma estratégia desenvolvida originalmente para o controle vegetativo de pomares com alta densidade de plantio, e para

otimizar o pegamento, tamanho e qualidade de fruto. Um estresse hídrico moderado aplicado durante o período de crescimento lento do fruto pode controlar o crescimento vegetativo excessivo, e até aumentar o rendimento e a eficiência de uso de água de irrigação. O período de aplicação do IDC, a distribuição das raízes no solo e a camada de solo umedecida são importantes fatores para o sucesso dessa estratégia (GOODWIN; BOLAND, 2002).

A cultura da videira (PEDRO JÚNIOR; SENTELHAS, 2003; PAVLOUSEK, 2011) apresentam maior ou menor tolerância à seca em função do porta-enxerto utilizado, e podem ser passíveis da prática da irrigação com déficit.

Uvas produzidas sob o manejo de déficit moderado apresentam um acréscimo na acidez e redução no pH, além de uma maior concentração de compostos fenólicos devido ao aumento da razão entre película e polpa (DRY et al., 2001; WAMPLE; SMTHYMAN, 2002). Essa estratégia de irrigação busca identificar o ponto ótimo do déficit, onde a planta tende a responder com as características desejadas em seu fruto, sem maiores danos a produção e ao desempenho da videira no próximo ciclo. Isso também ocasiona um aumento na eficiência do uso da água e na redução do vigor vegetativo, sem desta forma comprometer as características enológicas da cultivar.

Oncins et al. (2005) afirmam que a indução e controle de estresse hídrico sobre a planta pode consideravelmente apurar a qualidade da uva e por consequência de seu derivado. O estado hídrico da planta interfere em todos os aspectos do desenvolvimento e qualidade do fruto da videira, desta forma estratégias de controle do estresse hídrico são atualmente utilizados de modo extenso afim de induzir o aprimoramento da uva para produção de um vinho de qualidade (DRY et al., 2001). Deloire et al. (2004) certificam que um moderado estresse hídrico sob determinadas fases fenológicas ocasionam um resultado positivo sobre a concentração de compostos nas bagas. Desta forma várias pesquisas tem sido realizadas nas principais regiões vitícolas do mundo, buscando mensurar os danos de estratégias de irrigação que acarretem um estresse moderado, interferindo assim no desenvolvimento dos ramos e na elevação da concentração de taninos e antocianinas (pigmentos da uva) nas bagas (MCCARTHY, 1997).

Basso et al. (1999) em trabalho com interrupção da irrigação aos 2, 16, 22 e 30 dias antes da colheita, durante estágio fenológico da maturação da baga da uva Itália, no Vale do Submédio São Francisco, verificaram que a interrupção da irrigação dias antes da colheita não trouxe reduções significativas tanto na produtividade como na qualidade da baga.

Videiras de vinho cv. Syrah sobre porta-enxerto IAC 572 e 1103 P não apresentaram diferenças quanto ao efeito do IDC e PRD no rendimento de cachos, peso médio de cachos e de bagas em Argissolo Vermelho Amarelo, textura média, em Petrolina, PE (BASSOI et al., 2007). Nessa mesma área, as raízes da videira atingiram a profundidade de 1 m aos 18 meses após o plantio (SILVA, 2005), o que fez com que as diferenças de potencial hídrico foliar entre as videiras submetidas ao déficit hídrico e ao PRD não caracterizassem a presença de estresse hídrico nas plantas, apesar da redução da umidade do solo até a camada de solo superficial de 0,6 m (SOUZA et al., 2009). Outros trabalhos no Semiárido mostram que a videira tem profundidade efetiva de raízes entre 0,4 e 0,6 m, porém com raízes alcançando a profundidade de 1 m (BASSOI et al., 2002; BASSOI et al., 2003).

Em outro experimento, BASSOI et al. (2011) observaram que a prática do manejo de irrigação com déficit hídrico (ID), a partir da fase fenológica de cacho fechado, e em relação a irrigação com déficit controlado (IDC) e à irrigação em todo o ciclo da cultura, alterou o comportamento ecofisiológico da videira cv. Syrah, e reduziu a massa individual de cachos, a massa e o volume de 100 bagas, e a acidez total titulável do mosto. No entanto, o rendimento da videira, teor de sólidos solúveis totais e pH do mosto não foram influenciados pela ID e IDC.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (latitude  $9^{\circ} 8' 8,9''$  S, longitude  $40^{\circ} 18' 33,6''$  O, altitude 373 m)

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw<sub>h</sub>, que corresponde a uma região semiárida muito quente. A região é caracterizada pela escassez e distribuição irregular das chuvas, assim como a ocorrência de altas temperaturas, ocasionando elevada deficiência hídrica. A estação chuvosa ocorre de novembro a abril, com precipitação média anual em torno de 531 mm, o que pode ser influenciado pela temperatura dos oceanos e por fatores atmosféricos de escala global e regional. A temperatura média anual do ar é de  $26,1^{\circ}\text{C}$ , sendo os maiores valores ocorrendo entre os meses de outubro e dezembro, enquanto as menores temperaturas ocorrem no mês de julho. A umidade relativa média anual é de 66%, a insolação é de 7,3 h, a evapotranspiração média anual é de 7,4 mm e a velocidade do vento é de  $194,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (REDDY; AMORIM NETO, 1983; EMBRAPA, 2012).



### 3.2 Instalação da área experimental

A videira (*Vitis vinifera* L.) cultivar Syrah foi 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 3 m entre fileiras, a condução das parreiras foi feito no sistema de espaldeira, com 3 fios de arame, sendo o primeiro a 0,8 m do solo, e os demais espaçados em 0,5 m. Cada parcela foi composta por 48 plantas, divididas em 2 fileiras. O período de formação do parreiral (crescimento vegetativo) ocorreu até 13 de abril de 2010, quando ocorreu a poda para o início do primeiro ciclo de produção. Neste trabalho, foi utilizado o segundo ciclo de produção, tendo sua poda ocorrido em 10 de novembro de 2010 e a colheita em 28 de fevereiro de 2011. As medidas em campo foram executadas em uma pomar de videira de vinho cv. Syrah de 5400 m<sup>2</sup>, sendo a área do experimento de 2160 m<sup>2</sup>. O solo da área em questão é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (SILVA, 2005), apresentando relevo plano.

### 3.3 Sistema e manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com emissores espaçados em 0,5 m na linha de plantio, com vazão de 2,5 L.h<sup>-1</sup> verificado em teste de campo (equação 1), com pressão de serviço de 100 kPa, sendo 2 emissores por planta:

$$q = \frac{v}{1000} \cdot T \quad (1)$$

em que:

q - vazão do emissor, L.h<sup>-1</sup>;

v - volume coletado, mL;

T - tempo de coleta, h.

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ , mm) foi estimada diariamente pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (equação 2), por meio de parâmetros medidos pela estação agrometeorológica instalada no campo experimental, a cerca de 60 m da área experimental:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn-G) \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (es-ea)}{\Delta + \gamma (1+0,34 U_2)} \quad (2)$$

em que:

$ET_0$  - evapotranspiração de referência, mm.dia<sup>-1</sup>;

$Rn$  - 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>;

$es$  - pressão de saturação de vapor, kPa;

$ea$  - 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>.

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm) foi estimada por meio do produto entre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ , mm) e o coeficiente de cultura ( $kc$ ), para cada estágio fenológico. Os valores de  $kc$  utilizados foram os recomendados por Bassoi et al., (2007), observando-se a ocorrência das fases fenológicas de acordo com a escala de Baggiolini (1952): 0,7 da poda até quebra da dormência, permanecendo o mesmo valor durante a fase de desenvolvimento inicial das folhas, fase de cachos separados e início da floração; 1,0 do início das floração até o início da maturação; 0,8 do início da maturação até a fase cacho maduro, e 0,5 da fase de cacho maduro até a colheita.

Quando da ocorrência de precipitação pluvial, os valores de  $ET_c$  estimados foram corrigidos, considerando-se que toda a água da precipitação infiltrou no solo (equação 3).

$$ETc' = ETc - P \quad (3)$$

em que:

ETc' - evapotranspiração da cultura corrigida, mm.dia<sup>-1</sup>;

ETc - evapotranspiração da cultura por meio da equação 2, mm.dia<sup>-1</sup>;

P - precipitação pluvial, mm.dia<sup>-1</sup>;

A partir do conhecimento da ETc, o tempo de irrigação foi calculado pela (Equação 4).

$$TI = \frac{(ETc.E_1.E_2.kr)}{(E_i.nq)} \quad (4)$$

em que:

TI - tempo de irrigação, h;

ETc - evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;

E<sub>1</sub> - espaçamento entre gotejadores, m;

E<sub>2</sub> - espaçamento entre plantas, m;

Kr - fator de redução (0,5);

E<sub>i</sub> - eficiência do sistema de irrigação (0,9);

n - número de emissores por planta;

q - vazão de cada gotejador, L.h<sup>-1</sup>.

O fator ETc na equação 4 foi substituído pelo fator ETc' quando da ocorrência de precipitação pluvial.

Foram aplicados três tratamentos de manejo de irrigação: 1- irrigação plena (IP), em que a irrigação foi realizada com base na reposição da ETc, ou seja, sem restrição hídrica às plantas durante todo o ciclo de produção; 2- irrigação deficitária (ID), em que a irrigação foi realizada repondo-se a ETc até os 64 dias após a poda de produção (dapp), na fase fenológica de cacho fechado, em 13 de janeiro de 2011, e passando-se a ser interrompida de 65 dapp até a colheita aos 110 dapp (28 de fevereiro de 2011); 3- irrigação

com déficit controlado (IDC), em que a irrigação foi realizada repondo-se a ETc até os 64 dapp, e passando-se a ser interrompida aos 65 dapp, porém com irrigações eventuais aos 91, 92 e 93 dapp (9, 10 e 11 de fevereiro de 2011) para o aumento da umidade do solo ( $\theta$ ,  $\text{m}^3.\text{m}^3$ ) na profundidade efetiva do sistema radicular (0,6 cm), de acordo com Silva (2005), conforme os valores de  $\theta$  medidos semanalmente a 0,15, 0,30, 0,45, 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade, pela técnica de moderação de neutrons.

### 3.4 Determinação da umidade do solo

A umidade do solo ( $\theta$ ,  $\text{m}^3.\text{m}^3$ ) foi determinada por meio da técnica de moderação de neutrons antes e após a irrigação, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45, 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m. Foram instalados 12 tubos de alumínio para acesso da sonda de nêutrons CPN Hydroprobe 503, sendo 4 por tratamento de irrigação. Os tubos de acesso foram instalados na área durante mesmo período do plantio das mudas de videira em abril de 2009, sendo realizado com trado de diâmetro semelhante aos tubos, para melhor aderência do solo ao tubo. A calibração utilizada para a medida da umidade do solo pela sonda foi realizada por Silva (2005) na mesma área experimental, sendo obtida a Equação 5 com:

$$\theta = 0,1657 * Lr - 0,0537 \quad r^2 = 0,9427 \quad (5)$$

em que:

Lr - leitura relativa, obtida da relação entre leitura da sonda em cada profundidade e leitura da sonda na blindagem do equipamento, determinada antes do início de cada leitura de sonda de neutrons no campo.

### 3.5 Determinação do potencial hídrico foliar de base

O potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{\text{foliar}}$ , MPa) foi medido em cada tratamento de manejo de irrigação, entre 2:00 h a.m. e 4:00 h a.m., em 3 folhas adultas coletadas da porção mediana de ramos produtivos, e em cada uma das 4 repetições por tratamento de irrigação. As folhas coletadas foram armazenadas em sacos plástico para inibir a

desidratação do material coletado, para as imediatas medições do  $\Psi_{\text{foliar}}$ , fazendo uso da câmara de pressão de Scholander (PMS Instrument Co, model 1000) (SCHOLANDER et al., 1965). As medidas do  $\Psi_{\text{foliar}}$  foram realizadas aos 77, 84, 91, 98 e 105 dapp (respectivamente 26 de janeiro e 2, 9, 16 e 23 de fevereiro de 2011), do estágio fenológico de maturação (77 dapp) até o estágio de colheita de cachos maduros (105 dapp).

### 3.6 Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas

As avaliações referentes à curva de maturação foram realizadas por meio de amostragem representativa da área a ser colhida, com início aos 83 dapp (1 de fevereiro de 2011), quando 50% dos cachos presentes na área já estavam pintados (início da maturação ou *véraison*). As amostragens foram repetidas aos 90, 97, 104 e 110 dapp, respectivamente em 8, 15, 22 e 28 de fevereiro de 2011. Em cada data de amostragem, foram coletadas em cada bloco de cada tratamento, 100 bagas localizadas em lados opostos do cacho e nas regiões superior, mediana e basal, visto que em um mesmo cacho as bagas apresentam idades distintas. Após a coleta, as bagas foram acondicionadas em sacolas plásticas e em isopor com gelo, e transportados para o Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido. No laboratório, foi realizada a determinação da massa por meio de balança semianalítica. Em seguida, as bagas foram manualmente maceradas e peneiradas, para extração do mosto, cujo volume foi verificado em uma proveta. Esse mesmo mosto foi utilizado para realização de análises de suas características químicas, como teor de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável (ATT). Para verificação dos SST foi feito uso de refratômetro manual digital de marca ATAGO, sendo a leitura expressa em °Brix,

Para a medição do pH, uma alíquota de 5 mL do mosto foi diluído em 50 mL de água, para a imersão do eletrodo, medição realizada por meio de um peagâmetro marca TECNAL, previamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0 a temperatura de 20 °C.

Fazendo uso da alíquota com pH inicial, realizou-se a titulação do mosto, adicionando solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, até a solução atingir o pH de valor 8,2, que indica a estabilização dos ácidos. O volume gasto de NaOH é utilizado na equação 6, para o cálculo da acidez total titulável (ATT), que representa o teor de

ácidos orgânicos, principalmente de ácido tartárico da polpa, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido tartárico:

$$ATT = \frac{v \cdot N_{(NaOH)} \cdot 1000}{5} * 0,075 \quad (6)$$

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), (0,1)

Na colheita, efetuada em 28 de fevereiro de 2011 (110 dapp), foi determinado o número e a massa de cachos (kg) por planta e por parcela. A partir daí foi estimada a massa média do cachos (g). Em seguida, foram separadas 100 bagas do engaço, conservando-se o pedicelo, sendo esse material pesado em balança analítica digital e colocado em proveta graduada de 500 ml. As provetas foram aferidas com 300 ml de água. A variação do volume de água foi considerada como sendo o volume de 100 bagas. Após serem maceradas obteve-se o volume do mosto das mesmas 100 bagas por meio de proveta graduada. Utilizando ainda o mosto, foram realizadas análises de teor de sólidos totais (°Brix), fazendo uso de refratômetro portátil marca ATAGO modelo Pocket PAL 1, acidez total titulável expressa em g. L<sup>-1</sup> e ácido tartárico, conforme metodologia descrita por Pregnotatto; Pregnotatto (1985) e determinação do pH por meio de pHmetro digital marca TECNAL.

### 3.7 Eficiência de uso da água

A eficiência de uso da água foi determinada pela relação entre a produtividade total dos frutos e a quantidade de água aplicada pela da irrigação, conforme a equação:

$$EUA = \frac{Pt}{w} \quad (7)$$

em que:

EUA – eficiência de uso da água,  $\text{kg.m}^{-3}$ ;

Pt – produtividade total,  $\text{kg, ha}^{-1}$ ;

W –  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ .

### 3.8 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos casualizados, com três tratamentos de manejo de irrigação (IP - irrigação plena, IDC - irrigação com déficit controlado, ID - irrigação com déficit), com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por 48 plantas, em 2 fileiras com 24 plantas cada, sendo considerado 12 o número de plantas úteis (Figura 1).

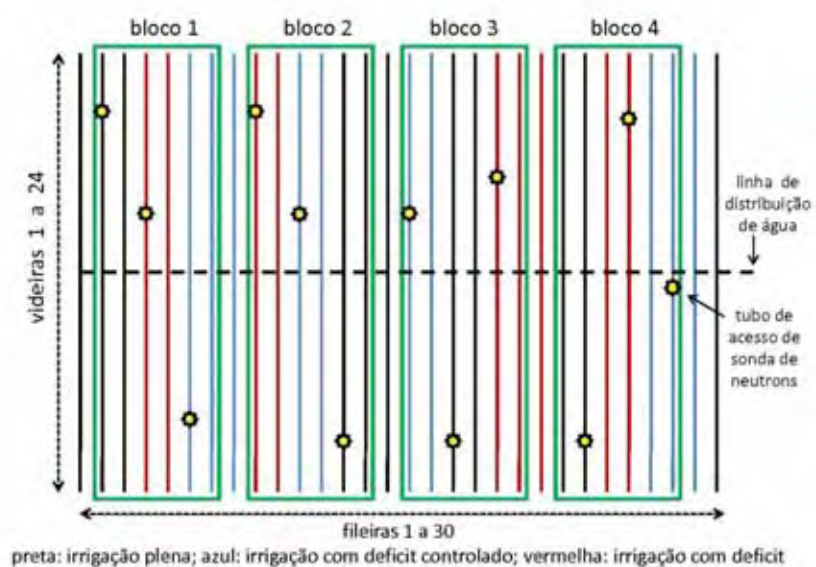


Figura 1. Croqui da área experimental.



## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação pluvial

A precipitação pluvial total ocorrida durante o período do experimento (novembro de 2010 a fevereiro de 2011) foi de 252 mm. Em dezembro de 2010 (estádios fenológicos de cachos visíveis - F, cachos separados - G e flores separadas – H e início da floração pela escala de Baggiolini), ocorreram 142,2 mm, e até o início dos tratamentos de irrigação, em 14 de janeiro de 2011 (65 dapp), ocorreram 146,6 mm. Entre 65 dapp e 110 dapp (colheita), ocorreram 105,4 mm, sendo que 80 mm precipitaram na madrugada do dia da colheita (Figura 2).

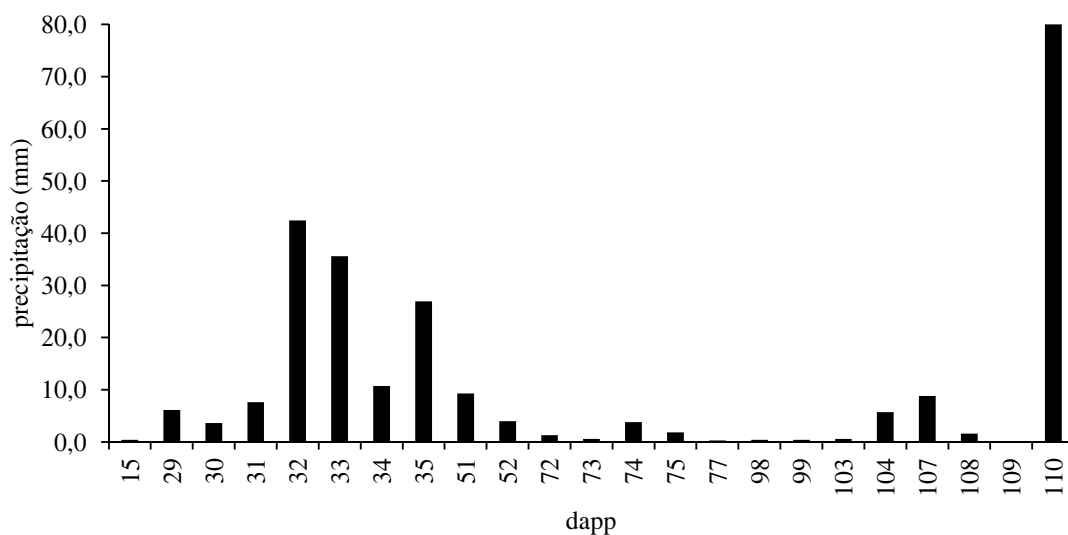
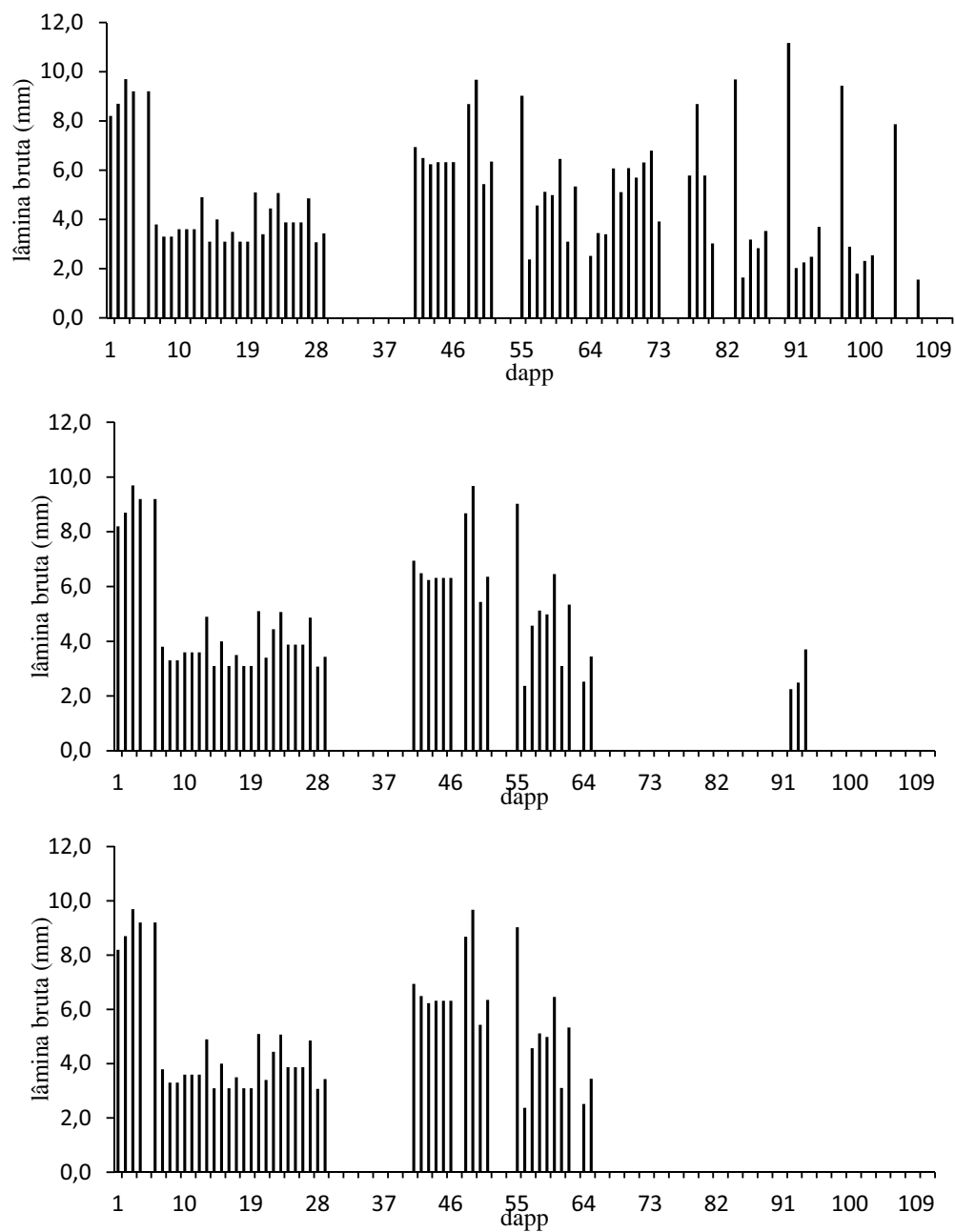


Figura 2. Valores da precipitação pluvial (mm) registrados durante o ciclo de produção da videira cv. Syrah.

#### 4.2 Evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e lâmina bruta de água aplicada

O valor total de  $ET_0$  foi de 584,2 mm. A  $ET_c$  durante o ciclo em questão foi de 424,4 mm, enquanto que a LB totalizou 385,4 mm para o tratamento IP, 256,2 mm para o tratamento IDC, e 247,8 mm para o tratamento ID (Figura 3). Gonçalves (2011), em experimento conduzido na mesma área, durante o ciclo de produção de 13 de abril a 6 de agosto de 2010 (115 dias), obteve o valor total de 241,1 mm para a  $ET_c$ , e os valores de LB total de 312,1 mm, 216,1 mm e 141,1 mm, respectivamente, para os tratamentos IP, IDC e ID.



**Figura 3.** Lâmina bruta de água aplicada (mm) nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp) da videira cv. Syrah.

A ausência de irrigação entre 29 e 39 dapp (9 e 19 de dezembro de 2010) deveu-se a elevada precipitação ocorrida neste período (132,9 mm), superior a demanda evapotranspirométrica (40,4 mm) para o mesmo intervalo de tempo.

Os valores médios de  $ET_0$  e  $ET_c$  para o período de 110 dias foram de 5,3 mm dia<sup>-1</sup> e 3,8 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto os maiores valores foram de 8,1 mm dia<sup>-1</sup> (11 dapp – 21 de novembro de 2010) e 6,1 mm dia<sup>-1</sup> (71 dapp, 20 de janeiro de 2011). A LB média foi de 5,0 mm.dia<sup>-1</sup> no tratamento IP, para 77 dias de irrigação; 5,0 mm.dia<sup>-1</sup> no tratamento IDC, para 51 dias de irrigação, e 5,2 mm.dia<sup>-1</sup> no tratamento ID, em 48 dias de irrigação.

De acordo com Winkler et al. (1974), o consumo hídrico da videira durante todo o seu ciclo varia de 405 a 1.370 mm, na Califórnia. De maneira geral, Doorenbos e Kassam (1979), por sua vez, afirmaram que os requerimentos hídricos variam de 500 a 1.200 mm, dependendo do clima, solo, cultivar e do manejo cultural. Em trabalhos desenvolvidos em Petrolina-PE, na área experimental desse estudo, Teixeira et al. (1999) afirma que a demanda hídrica da videira cv. Itália ao longo do ciclo foi de 503 mm, e Silva (2005) observou um consumo de 426 mm para a videira cv. Syrah sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.

#### 4.3 Variação da umidade no solo

A LB de 247,8 mm foi aplicada em todos os tratamentos até 64 dapp, antes da interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID, aos 65 dapp. Consequentemente, os valores médios de  $\theta$  em cada tratamento apresentaram-se próximos nas profundidades de solo de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m (Figura 4), e de 0,75 m, 0,90 m, 1,05 m e 1,20 m (Figura 5), porém os valores do tratamento IP foram um pouco inferiores aos demais nas primeiras profundidades. Observa-se um aumento de  $\theta$  até 6 dapp em todas as profundidades em função do início das irrigações. Outro aumento nos valores de  $\theta$  ocorreu em todas as profundidades do solo e em todos os tratamentos, em decorrência das precipitações ocorridas entre 31 e 37 dapp (132,9 mm), conforme apresentado na Figura 3. Consequentemente, as irrigações foram interrompidas entre 31 e 41 dapp, o que ocasionou uma redução de  $\theta$  entre 36 e 43 dapp em todas as profundidades. A redução de  $\theta$  entre 55 e 61 dapp, entre 0,15 m e 0,60

m de profundidade, pode ser explicada pela redução do valor de  $k_c$  de 1,0 para 0,8 aos 54 dapp. Deve-se ressaltar que a profundidade efetiva da videira Syrah sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 é de 0,6 m, avaliada nessa mesma área experimental por Silva (2005), o que contribui para uma maior absorção de água até essa profundidade.

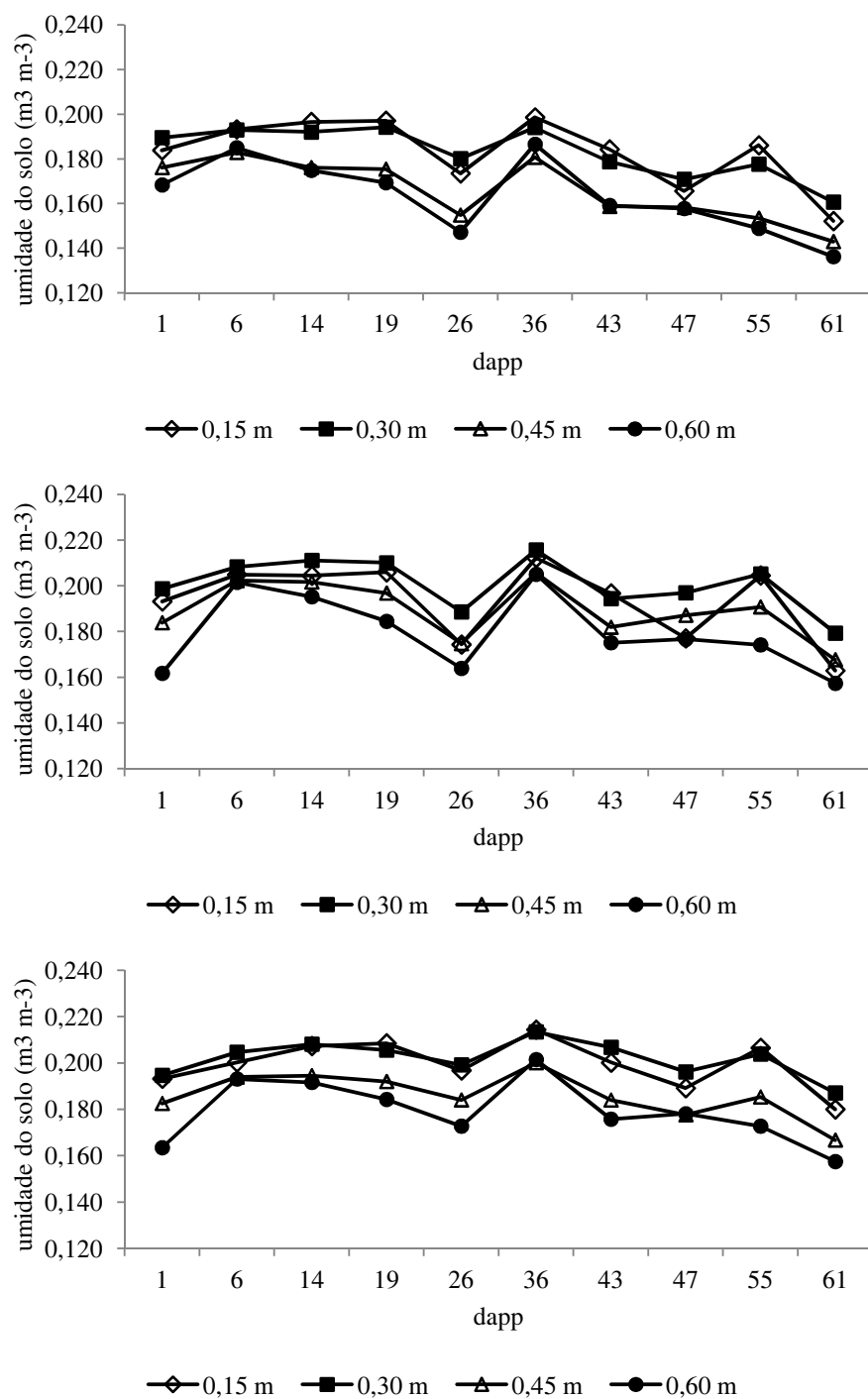


Figura 4. Valores médios de umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), até 64 dias após a poda de produção (dapp).

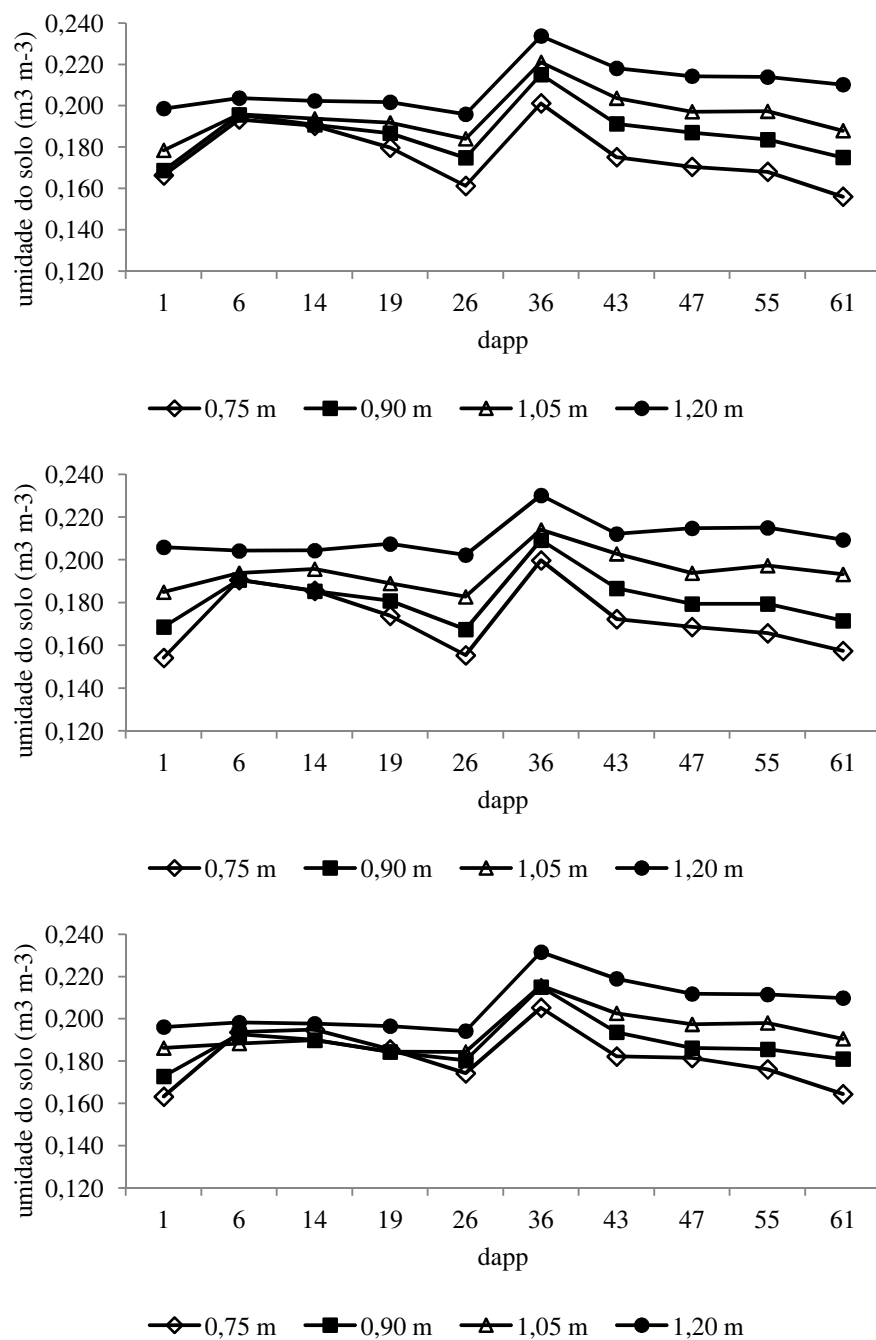


Figura 5. Valores médios de umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), até 64 dias após a poda de produção (dapp).

A partir de 65 dapp, foram evidenciadas alterações nos valores de  $\theta$  ao longo do perfil de solo monitorado (Figuras 6 e 7). Aos 68 dapp ocorreu uma elevação da  $\theta$  no tratamento IP, principalmente nas camadas de 0,15 m e 0,30m, em decorrência de uma precipitação de 7,5 mm, entre os dias 71 e 75 dapp, o que ocasionou a interrupção da irrigação de 73 a 75 dapp, o que culminou na queda da  $\theta$  a partir desta data, fator atribuído também a mudança do kc aos 78 dapp de 0,8 para 0,5, em virtude do início da maturação. Todavia, nos tratamentos IDC e ID, em decorrência da interrupção da irrigação (65 dapp), ocorreu um decréscimo da  $\theta$  até o 89 dapp, efeito esse evidente principalmente na profundidade de 0,15 m. Aos 93 dapp, o tratamento IDC teve um leve acréscimo em seus valores de  $\theta$ , evidente nas profundidades 0,15 e 0,30 m, em decorrência da irrigação realizada aos 91, 92 e 93 dapp. Todavia, o volume de água aplicado não foi suficiente para igualá-lo ao IP, devido ao déficit dos dias anteriores, visto que a irrigação foi realizada com base na demanda hídrica do dia. Ainda, no tratamento IP, houve um decréscimo de 27,3% em  $\theta$  na profundidade de 0,15 m, ocorrido entre 89 e 93 dapp, evidenciando uma alta demanda hídrica pela planta (Figura 6).



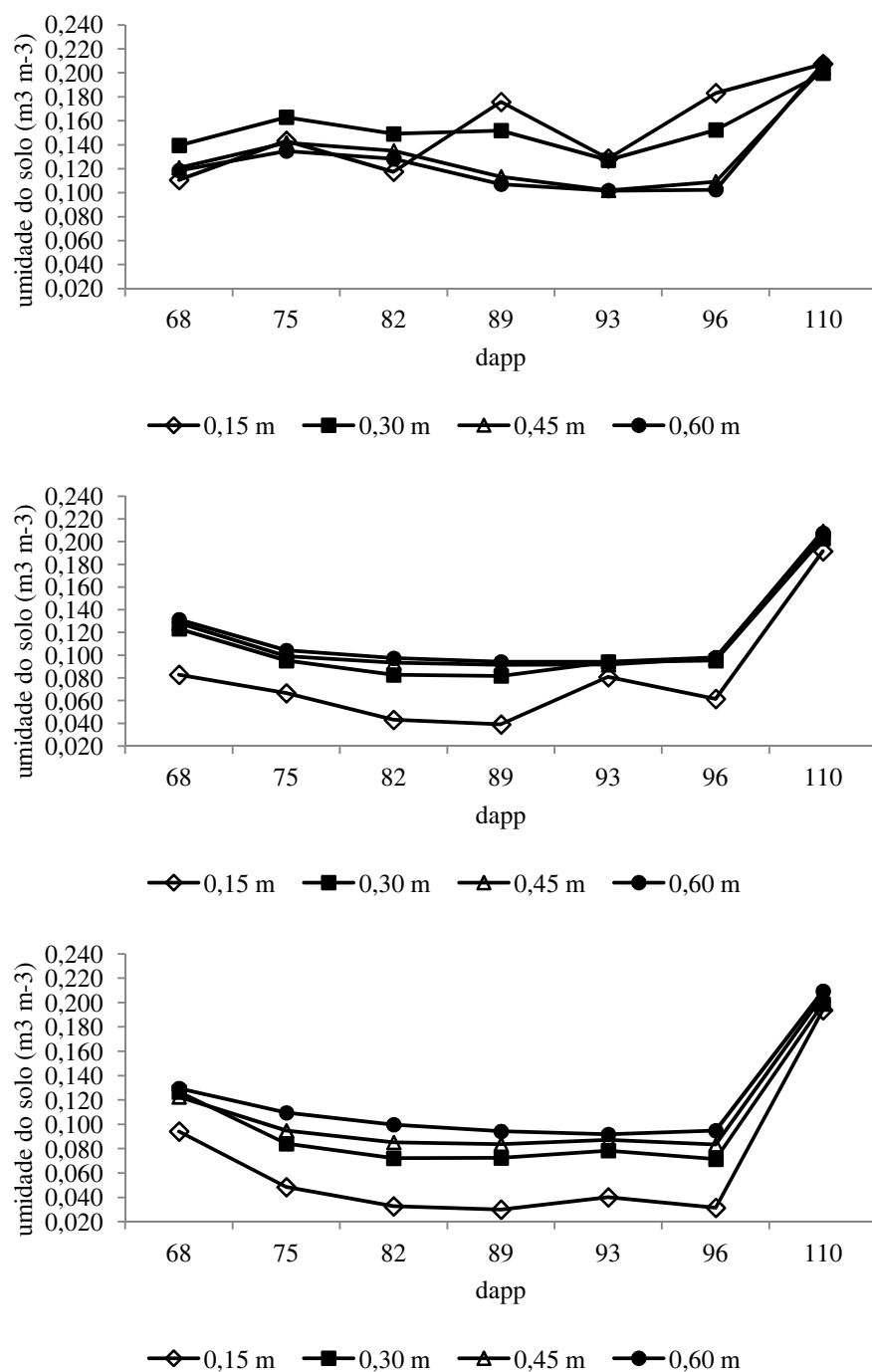


Figura 6. Valores médios de umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), entre 68 e 110 dias após a poda de produção (dapp).

Na Figura 7, as profundidades entre 0,75 m e 1,20 evidenciaram valores de  $\theta$  mais elevados que os encontrados nas profundidades superiores (0,15 a 0,60 m), para todos os tratamentos (Figura 6). No entanto, os seus valores não sofreram alterações ao longo do tempo, indicando que as irrigações em IP e IDC realizadas umedeceram principalmente a camada de solo de 0 a 0,6 m de profundidade. A única alteração observada na camada de 0,75 a 1,20 m de profundidade foi aos 110 dapp, em todos os tratamentos, como consequência das precipitações ocorridas entre 107 e 110, que totalizaram 90,5 mm. Os valores de  $\theta$  em todos os tratamentos elevaram-se, evidenciando que a água infiltrou e se redistribuiu no solo até 0,9 m de profundidade, até 110 dapp.

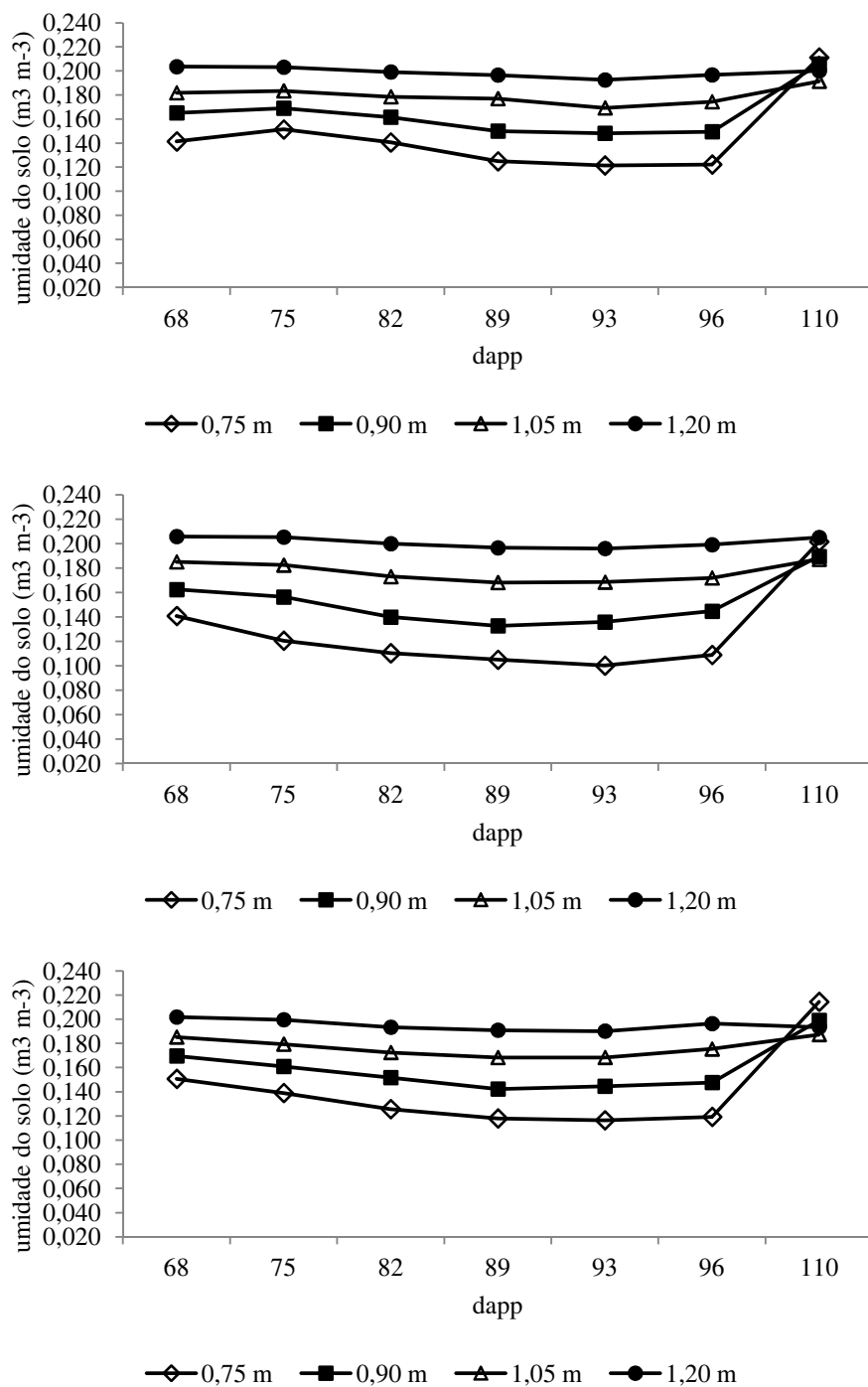


Figura 7. Valores médios de umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (intermediário) e irrigação com déficit (inferior), entre 68 e 110 dias após a poda de produção (dapp).

Os Tabuleiros Sertanejos, que constituem unidade geoambiental com potencial agrícola sustentável, e onde localiza-se o município de Petrolina – PE, são superfícies aplanadas relacionadas a recobrimento de material sedimentar argilo-arenoso do Terciário/Quaternário sobre rocha gnáissicas do Pré-Cambriano, ocupadas por solos de drenagem moderada a imperfeita, com restrições básicas de acidez, baixa fertilidade e sérias limitações físicas provocadas pela ocorrência marcante de horizontes subsuperficiais adensados (BURGOS; CAVALCANTI, 1990). A eluviação/iluviação da argila é o processo pedogenético que contribui com a diferenciação das características dos horizontes superficiais, em relação aos subsuperficiais e no adensamento (SILVA et al., 2002).

Considerável parte dos solos irrigados no Semiárido apresentam problemas relacionados à drenagem, que podem estar relacionadas à presença de camadas subsuperficiais adensadas, pequena a média profundidade do solo, baixa permeabilidade, e que aliado ao fato da prática da irrigação constante ao longo do ano, contribui para a presença de considerável quantidade de água em uma profundidade potencialmente explorável por algumas espécies frutíferas.

A videira, tanto a destinada para produção de uva de mesa como uva para vinho, apresenta um sistema radicular que atinge a profundidade efetiva de 0,4 – 0,6 m no Semiárido (BASSOI et al., 2002; 2003), mas já aos 16 meses após o plantio as raízes atingiram a profundidade de 1 m (BASSOI et al., 2007).

A presença de drenagem deficiente em solos irrigados intensivamente ao longo do ano pode levar a um armazenamento de água às maiores profundidades desse solo. Isso comumente ocorre em perímetros irrigados do Semiárido (RIBEIRO, 2010). Em consequência disso, durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, mesmo quando há a prática da irrigação com déficit em parte desse ciclo, a umidade do solo pode ocorrer em valores elevados em profundidades abaixo de 0,8 m. Silva (2005) e Bassoi et al. (2011) observaram tal comportamento. O mesmo ocorreu nesse ciclo de produção da videira de vinho cv. Syrah / Paulsen 1103 P, conforme apresentado nas Figuras 6 e 7.

## 4.4 Potencial hídrico foliar de base

A análise de variância para as medidas do potencial hídrico foliar de base nas 5 avaliações realizadas apresentou diferenças significativas entre os tratamentos de manejo de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância do potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{\text{foliar}}$ , MPa) da videira cv. Syrah aos 77, 84, 91, 98 e 105 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
77 dapp (26 de janeiro de 2011)				
Blocos	3	0,0290	0,0097	3,54 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0292	0,0146	5,35 <sup>*</sup>
Resíduos	6	0,0164	0,0027	
Total	11	0,0746		
84 dapp (2 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0008	0,0003	0,39 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0246	0,0123	18,24 <sup>**</sup>
Resíduos	6	0,0041	0,0007	
Total	11	0,0295		
91 dapp (9 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0212	0,0071	0,70 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,1075	0,0537	5,32 <sup>*</sup>
Resíduos	6	0,0606	0,0101	
Total	11	0,1892		
98 dapp (16 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0343	0,0114	6,86 <sup>*</sup>
Tratamento	2	0,0300	0,0150	9,02 <sup>*</sup>
Resíduos	6	0,0100	0,0017	
Total	11	0,0743		
105 dapp (23 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0043	0,0014	0,94 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0661	0,0330	21,70 <sup>**</sup>
Resíduos	6	0,0091	0,0015	
Total	11	0,0795		

Os valores médios do potencial hídrico foliar de base, medidos em cada tratamento e em 5 avaliações, estão apresentados na Figura 8. Aos 77 dapp (12 dias após a interrupção da irrigação em IDC e ID), o  $\Psi_{\text{foliar}}$  no tratamento IP foi maior que o do tratamento IDC, sem diferir do tratamento ID. Vale salientar que entre 73 e 75 dapp ocorreu

uma precipitação total de 7,5 mm e no dia da avaliação (77 dapp) ocorreu uma precipitação de 0,3 mm. Aos 84 e aos 91 dapp (19 e 26 dias após a interrupção da irrigação em IDC e ID), os tratamentos com restrição hídrica mantiveram potencial hídrico inferior, divergindo do tratamento IP. Neste período ocorreu uma queda nos valores médios de todos os tratamentos, e de forma mais acentuada no IDC, cuja variação foi de 71%, enquanto os demais variaram em 32% no IP e 41% no ID, o que aliado à avaliação de  $\theta$ , sinalizou a necessidade de irrigação em IDC, visto que esse tratamento consiste no déficit controlado. Assim, aos 91, 92 e 93 dapp, foi aplicado no tratamento IDC uma lâmina total de 8,4 mm. Aos 98 dapp, ocorreu uma precipitação de 0,4 mm, e em função da irrigação realizada no tratamento IDC, o valor do  $\Psi_{\text{foliar}}$  foi intermediário aos demais tratamentos, e não diferiu de ambos, mas IP diferiu de ID. Aos 105 dapp, os tratamentos IDC e ID apresentaram valor médio de  $\Psi_{\text{foliar}}$  semelhantes entre si e diferentes do tratamento IP. O aumento dos valores de  $\Psi_{\text{foliar}}$  nos 3 tratamentos nessa última avaliação foi devido à precipitação total de 6,3 mm aos 103 e 104 dapp. De modo geral, os valores apresentados de potencial hídrico foliar de base nas videiras dos tratamentos IP, IDC e ID condizem com o volume de água aplicado em cada estratégia.

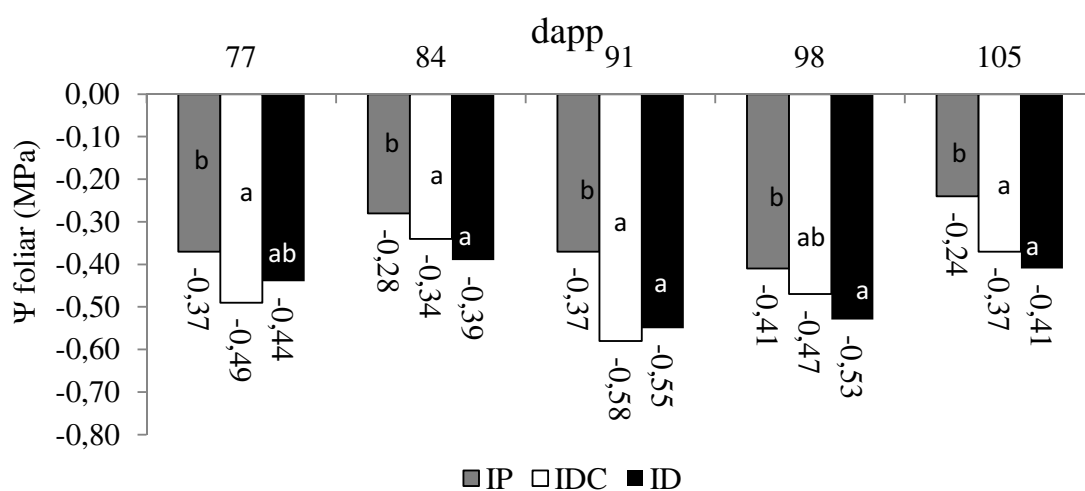


Figura 8. Potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{\text{foliar}}$ , MPa) da videira Syrah aos 77, 84, 91, 98 e 105 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

#### 4.5 Aspectos qualitativos das bagas

As Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam, respectivamente, a análise de variância da massa de 100 bagas, volume do mosto de 100 bagas, teor de sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável, em datas de coletas de bagas para a avaliação de suas características. As diferenças entre os tratamentos ocorreram somente nas duas últimas avaliações (104 e 110 dapp), para a massa de 100 bagas; na última avaliação para o volume de mosto de 100 bagas e acidez total titulável; e na segunda avaliação para o pH.

**Tabela 2.** - Análise de variância da massa de 100 bagas (g) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
83 dapp (1 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	1113,3884	371,1295	13,27 **
Tratamento	2	205,6261	102,8130	3,68 ns
Resíduos	6	167,8411	27,9735	
Total	11	1486,86		
90 dapp (8 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	1047,5347	349,1782	20,07 **
Tratamento	2	65,9013	32,9506	1,89 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	104,4059	17,4009	
Total	11	1217,8419		
97 dapp (15 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	851,5763	283,8588	3,90 ns
Tratamento	2	18,2509	9,1254	0,13 ns
Resíduos	6	437,1203	72,8534	
Total	11	1306,9475		
104 dapp (22 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	1370,1153	456,7051	31,48 **
Tratamento	2	247,6981	123,8490	8,54 *
Resíduos	6	87,0529	14,5088	
Total	11	1704,8663		
110 dapp (28 de fevereiro de 2011)				
Blocos	2	155,2988	77,6494	1,91 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	17102,6095	8551,3047	210,56 **
Resíduos	4	162,4454	40,6114	
Total	8	17420,3537		

**Tabela 3.** - Análise de variância do volume de mosto de 100 bagas (ml) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
83 dapp (1 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	62,9167	20,9722	0,98 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	63,5000	31,7500	1,49 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	127,8333	21,3056	
Total	11	254,2500		
90 dapp (8 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	149,6667	49,8889	0,87 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	320,6667	160,3333	2,80 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	343,3333	57,2222	
Total	11	813,6667		
97 dapp (15 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	147,0000	49,0000	0,52 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	240,6667	120,3333	1,28 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	566,0000	94,3333	
Total	11	953,6667		
104 dapp (22 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	252,9167	84,3056	0,49 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	888,0000	444,0000	2,56 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1039,3333	173,2222	
Total	11	2180,2500		
110 dapp (28 de fevereiro de 2011)				
Blocos	2	174,2222	87,1111	44,80 <sup>**</sup>
Tratamento	2	1560,8889	780,4444	401,37 <sup>**</sup>
Resíduos	4	7,7778	1,9444	
Total	8			



**Tabela 4.** - Análise de variância do teor de sólidos solúveis totais (°brix) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
83 dapp (1 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	2,0700	0,6900	0,38 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,7117	0,3558	0,20 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	10,9550	1,8258	
Total	11	13,7367		
90 dapp (8 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	6,7625	2,2542	6,13 <sup>*</sup>
Tratamento	2	0,2217	0,1108	0,30 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	2,2050	0,3675	
Total	11	9,1892		
97 dapp (15 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	3,2692	1,0897	4,74 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0950	0,0475	0,21 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1,3783	0,2297	
Total	11	4,7425		
104 dapp (22 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	1,4300	0,4767	1,98 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,4550	0,2275	0,95 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1,4450	0,2408	
Total	11	3,3300		
110 dapp (28 de fevereiro de 2011)				
Blocos	2	0,0289	0,0144	0,14 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,1089	0,0544	0,52 <sup>ns</sup>
Resíduos	4	0,4178	0,1044	
Total	8	0,5556		

**Tabela 5.** - Análise de variância do pH aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
83 dapp (1 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0025	0,0008	0,33 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0050	0,0025	1,00 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0150	0,0025	
Total	11	0,0225		
90 dapp (8 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0092	0,0031	2,20 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0317	0,0158	11,40 <sup>**</sup>
Resíduos	6	0,0083	0,0014	
Total	11	0,0492		
97 dapp (15 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0267	0,00889	4,00 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0000	0	2,96E <sup>-29ns</sup>
Resíduos	6	0,0133	0,0022	
Total	11	0,0400		
104 dapp (22 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,0092	0,0031	0,65 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0050	0,0025	0,53 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0283	0,0047	
Total	11	0,0425		
110 dapp (28 de fevereiro de 2011)				
Blocos	2	0,0022	0,0011	0,40 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0022	0,0011	0,40 <sup>ns</sup>
Resíduos	4	0,0111	0,0028	
Total	8	0,0156		

**Tabela 6.** Análise de variância da acidez total titulável (g. L<sup>-1</sup> ácido tartárico) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
83 dapp (1 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	38,7150	12,9050	0,92 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	8,4638	4,2319	0,30 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	84,5963	14,0994	
Total	11	131,7750		
90 dapp (8 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,1406	0,0469	0,03 <sup>*</sup>
Tratamento	2	2,0288	1,0144	0,62 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	9,8213	1,6369	
Total	11	11,9906		
97 dapp (15 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	5,1506	1,7169	3,71 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	1,0950	0,5475	1,18 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	2,7750	0,4625	
Total	11	9,0206		
104 dapp (22 de fevereiro de 2011)				
Blocos	3	0,3450	0,1150	0,78 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,2738	0,1369	0,93 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,8813	0,1469	
Total	11	1,5000		
110 dapp (28 de fevereiro de 2011)				
Blocos	2	0,0950	0,0475	0,54 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	1,2950	0,6475	7,30 <sup>*</sup>
Resíduos	4	0,3550	0,0888	
Total	8	1,7450		

O acompanhamento da evolução da maturação é de fundamental importância para determinar o momento ideal para realização da colheita da uva, o que assegura a ocasião de estabilização das características das bagas avaliadas. A Tabela 7 apresenta os valores médios de cada característica qualitativa das bagas para os 3 tratamentos de manejo de irrigação, nas 5 datas de coletas de bagas para avaliação.

Tabela 7. Valores médios da massa de 100 bagas (g), volume do mosto de 100 bagas (ml), teor de sólidos solúveis totais (°brix), pH e acidez total titulável ( $\text{g.L}^{-1}$  ácido tartárico) aos 83, 90, 97, 104 e 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Característica	Tratamento	Dias após a poda de produção (dapp)				
		83	90	97	104	110
Massa de 100 bagas	IP	147,55 a	172,91 a	184,63 a	182,50 a	188,66 a
	IDC	156,48 a	172,20 a	182,24 a	172,05 b	93,15 b
	ID	147,85 a	167,62 a	181,84 a	173,97 b	182,26 a
Volume do mosto de 100 bagas	IP	45,00 a	71,00 a	70,00 a	79,75 a	68,33 a
	IDC	50,00 a	68,50 a	59,50 a	70,75 a	37,67 c
	ID	45,25 a	59,00 a	62,00 a	58,75 a	61,67 b
Teor de sólidos solúveis totais	IP	13,55 a	17,10 a	19,65 a	20,10 a	20,43 a
	IDC	14,13 a	17,43 a	19,45 a	20,38 a	20,70 a
	ID	13,98 a	17,20 a	19,48 a	20,58 a	20,60 a
pH	IP	2,85 a	3,15 a	3,30 a	3,40 a	3,60 a
	IDC	2,90 a	3,10 ab	3,30 a	3,45 a	3,63 a
	ID	2,88 a	3,03 b	3,30 a	3,43 a	3,63 a
Acidez total titulável	IP	22,24 a	11,63 a	9,56 a	6,64 a	5,90 ab
	IDC	20,44 a	11,78 a	8,89 a	6,98 a	6,55 a
	ID	20,48 a	12,56 a	8,96 a	6,94 a	5,65 b

A massa de 100 bagas apresentou aumento contínuo de 83 até 97 dapp, sem diferenças entre os tratamentos, e com alguns decréscimos em seus valores aos 104 e 110 dapp. Acredita-se que a partir de 97 dapp os cachos já quase atingiram seu valor máximo de massa, razão pela qual seus valores apresentaram pequena variação nas avaliações seguintes. Deve-se salientar que na penúltima avaliação, os tratamentos IDC e ID foram semelhantes e inferiores ao tratamento IP. Quanto ao volume do mosto de 100 bagas, houve uma variação significativa entre os 3 tratamentos na última análise (110 dapp), onde o tratamento IP apresentou volume superior aos demais, em decorrência de sua irrigação contínua. Já o ID e IDC, tratamentos sob déficit hídrico também diferiram entre si, com o menor valor para o IDC (Tabela 7).

Segundo Dokoozlian, (2000) as bagas apresentam um crescimento que segue um comportamento sigmoidal duplo, como resultado de duas fases de crescimento intercaladas por uma fase intermediária, com pouco ou nenhum crescimento da baga. A primeira etapa caracteriza-se por um rápido crescimento da baga, por meio da divisão e aumento das células. O teor de açúcar do fruto é baixo, ao mesmo tempo em que ocorre um acúmulo de ácidos orgânicos. A textura da baga é firme, e a coloração verde é devido a presença de clorofila. Na segunda etapa, ocorre uma parada no crescimento da baga e a concentração de ácidos orgânicos atinge seu nível mais alto. A textura continua firme, mas as bagas começam a perder clorofila. Na terceira fase, há uma nova aceleração na expansão das bagas, tem o início a maturação, a textura torna-se macia (amolecimento da baga - veraisón) e as bagas perdem clorofila. No caso de baga de cor vermelha, o pigmento vermelho passa a ser acumulado na casca das bagas (pintor). O acúmulo de açúcar aumenta e a concentração de ácidos orgânicos diminui. A interrupção ou redução da irrigação, ocasionando o déficit hídrico na primeira etapa, pode reduzir o número de células por bagas, efeito que não é revertido posteriormente com o aumento da irrigação. O tamanho ou massa em potencial da baga é condicionado pelo número de células, volume de células, e conteúdo de solutos orgânicos.

Nesse trabalho, a interrupção da irrigação ocorreu aos 65 dapp, na fase de cacho fechado, antes do pintor, após a primeira fase de crescimento da baga. A irrigação deficitária (IDC e ID) pode ter contribuído para um menor volume e conteúdo das células das bagas nas duas últimas avaliações.

Isso pode levar a menor diâmetro de baga, todavia com película da casca mais densa, condição que, segundo Ojeda et al. (2001), Ojeda et al. (2002) e Conde et al. (2007), favorece uma melhor concentração dos aspectos enológicos no fruto. Bagas maiores evidenciam uma menor relação de massa entre casca e polpa, e os compostos requeridos para produção de um vinho de qualidade estão, em sua maior parte, localizados na casca. Ojeda et al. (2004) apontam em seu trabalho a necessidade em inibir a evolução do tamanho das bagas, pois isso pode ocasionar a redução do volume da polpa, o que favorece o acúmulo de substâncias como as antocianinas e os taninos, presentes principalmente na casca da uva.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) não apresentou diferença entre os tratamentos, em todas as 5 avaliações. Houve uma nítida tendência de aumento até 104 dapp (81 dias após o início do florescimento, aos 29 dapp), pois entre essa avaliação e a efetuada aos 110 dapp, os valores foram muito próximos para um mesmo tratamento, indicando a estabilização do SST (Tabela 7).

O desempenho observado está vinculado às características fisiológicas de desenvolvimento da baga, uma vez que no período inicial do ciclo uma maior concentração do açúcar produzido é destinada ao desenvolvimento vegetativo da planta (BLOUIN; GUIMBERTEAU, 2004), mas a partir do estágio inicial da maturação ocorre uma alteração neste mecanismo, onde uma maior quantidade de açúcar passa a ser direcionado para constituição dos frutos. Coombe (1992) salienta que ao iniciar o estágio de maturação, o teor de SST passa a aumentar de forma linear, paralelo ao aumento no tamanho da baga, até alcançar um ponto de equilíbrio, cujo valor depende da cultivar, diâmetro da baga, produção por planta, condições climáticas predominantes, estágio de maturação da baga que tende a aumentar com o avançar da maturação. Sato et al. (2009) sinalizam ainda a umidade do solo, justificando que uma redução ou interrupção da irrigação, ocasiona no aumento da tensão da água no solo, o que termina interferindo também no acúmulo de SST nas bagas. Tal fator pode ser favorecido com manejo da irrigação, onde a interrupção ou mesmo redução da lâmina a ser aplicada, inibe o desenvolvimento aéreo da planta, transmitindo desta maneira maior quantidade de produtos da fotossíntese para os cachos.

Ojeda, Deloire e Carbonneau (2001); Kennedy, Matthews e Waterhouse (2002); Roby et al. (2004); Gonçalves (2011) e Giovannini (2004) afirmam que uma maior concentração de açúcares e, por consequência aumento no teor de sólidos solúveis está associado a redução do tamanho das bagas, proveniente da limitação no fornecimento de água, principalmente entre a floração e o início da maturação. Os tratamentos não ocasionaram diferenças entre si quanto ao SST, o que gerou uma média entre os tratamentos de 18,3 °Brix, sendo superiores aos encontrados por Gonçalves (2011), no ciclo de produção anterior dessa mesma área experimental. Ainda, o mesmo autor afirma que a cv. Syrah, quando cultivada sob clima quente e seco, tem seus teores de açúcar, no final da maturação, vinculado à desidratação das bagas e não mais ao seu aumento de volume.

O pH apresentou semelhança estatística entre os tratamentos, exceção aos 90 dapp, quando o valor do tratamento ID foi menor que o do tratamento IP, mas sem diferir do tratamento IDC. A média dos tratamentos nas 5 datas de coletas, evidenciaram um aumento dos valores, de 2,9 em todos os tratamentos aos 83 dapp até 3,6 para todas as estratégias de irrigação utilizadas, na análise aos 110 dapp (Tabela 7). Durante a maturação, o avanço gradual do pH expressa a transformação dos ácidos em sais (WINKLER et al. 1974). Diniz et al. (2010) encontraram em seu trabalho com vinho Cabernet Sauvignon o valor do pH igual a 3,45, o qual classificaram como intermediário para a conservação do vinho. Rizzon e Miele (2002) salientam os fatores que interferem na variação do pH na vinificação estão relacionados com a liberação de ácidos orgânicos e minerais da película para o mosto, especialmente o potássio. Em harmonia com tal afirmação, Reynier (2007) evidencia em seu trabalho que o acréscimo nos valores de pH são diretamente proporcionais a quantidade de potássio assimilada pela videira, ou seja, quanto menos desse nutriente a planta absorver, mais fácil será a estabilização do pH. A estabilização do pH também pode ser alcançada em decorrência de uma redução da acidez durante o estágio fenológico de maturação. Reynier (2007) além de atribuir a condição do solo da região ao aumento do pH, concorda com Rizzon e Miele (2006), que conferem a absorção em demasia de água a uma maior assimilação do nutriente potássio, o que ocasiona uma diminuição da acidez total, em virtude da precipitação do cátion como ácido tartárico.

A variável acidez total titulável (ATT) apresentou um decréscimo, com o valor médio entre os tratamentos reduzindo de 21,05 g.L<sup>-1</sup> ácido tartárico aos 83 dapp para

6,85 g.L<sup>-1</sup> ácido tartárico aos 104 dapp. Aos 110 dapp, os dados apontaram para uma continuidade da redução, porém com diferença entre os tratamentos. O valor de ATT no ID foi inferior e diferiu do valor de IDC, mas não do valor de IP, que foi intermediário e sem diferenças em relação aos demais. Essas diferenças podem ser atribuídas às precipitações no final do ciclo, e às irrigações em IP e IDC (Tabela 7).

O ácido tartárico e o ácido málico são os principais ácidos orgânicos da uva, respondendo aproximadamente por 90% da acidez total dos frutos. A acidez total na baga aumenta progressivamente, atinge seu ápice próximo ao amolecimento (veráison), e decai como início da maturação (pintor) até sua estabilização (DOKOOZLIAN, 2000). Ruffner, Brem e Malipiero (1983) encontraram justificativa no decréscimo dos teores de ácidos orgânicos, pela combinação de fatores como aumento do volume de água, o que ocasiona na diluição e deterioração dos ácidos, e inibição da síntese e transformação desses ácidos em açúcares. Gonçalves (2011) explanou ainda que a interrupção na aplicação da irrigação a partir de determinado período do ciclo favoreceu a redução da ATT. Ressalta-se também que a evolução do teor da ATT do mosto principia com teores altos que vão decaindo gradualmente com o avançar da maturação, e de modo inversamente proporcional à evolução do teor dos SST, e que ambas tendem a uma estabilização e sinalizam, junto com outros fatores, o momento da colheita. Blouin e Guimberteau (2004) atribuem a evolução da ATT aos principais ácidos das videiras (tartárico e málico) serem sintetizados pelas folhas e bagas antes do início da maturação, o que explica o elevado teor de ATT no estágio inicial da maturação; em seguida, com a progressão da maturação, ocorre o aumento da demanda de energia, o que por consequência, decorre na redução do ATT, visto que em algumas ocasiões este ácido (málico) é usado como fonte de energia na respiração celular. Peynaud (1947) e Ruffner (1982) afirmam que os teores mais elevados de ácido málico (25 a 30 g.L<sup>-1</sup>) na baga da videira ocorrem no início da maturação, decorrendo a partir daí a degradação dessa concentração, que pode ocorrer de forma mais rápida conforme a temperatura do pomar. Em geral, frutos amadurecidos sob baixas temperaturas têm maior acidez total (especialmente de ácido málico) do que frutos maduros sob altas temperaturas (DOKOOZLIAN, 2000).

Em algumas regiões do Brasil, em decorrência da elevada temperatura, faz necessário elevar de forma artificial a concentração do ácido presente no mosto,



consequentemente reduzindo os sólidos solúveis totais, para produção do vinho de qualidade; contudo, em regiões temperadas, em virtude da baixa temperatura, é imprescindível em algumas ocasiões adicionar açúcar ao mosto, para reduzir os ácidos. A acidez excessiva na uva produz vinhos ácidos, entretanto sua ausência acarreta na produção de vinhos “chatos e de sabor desinteressante” (GIOVANNINI, 2004). Os resultados de SST e ATT encontrados estão de acordo com Giovannini (2004), que afirma que os teores de açúcares evoluem de forma inversa aos teores de ATT.

#### 4.6 Aspectos quantitativos da produção de uvas

A Tabela 8 apresenta a análise de variância para a quantidade de cachos por planta e por parcela, e para a massa média do cacho, massa de cachos por planta e por parcela. Não houve diferenças entre os tratamentos para essas características quantitativas dos cachos avaliadas.

Tabela 8 - Análise de variância do número total de cachos por planta, número total de cachos por parcela, massa média do cacho (g), massa dos cachos por planta (kg) e massa dos cachos por parcela (kg), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
número total de cachos por planta (unidade)				
Blocos	3	34,2447	11,4149	5,78*
Tratamento	2	1,8754	0,9377	0,46 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	11,8572	1,9762	
Total	11	47,9773		
número total de cachos por parcela (unidade)				
Blocos	3	78902,3333	26300,7778	5,78*
Tratamento	2	4332,6667	2166,3333	0,48 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	27312,6667	4552,1111	
Total	11	110547,6667		
massa média do cacho (g)				
Blocos	3	679,8075	226,6025	1,62 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	306,7838	153,3919	1,09 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	841,9085	140,3181	
Total	11	1828,4998		
massa de cachos por planta (kg)				
Bloco	3	0,5107	0,1702	3,59 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,0062	0,0031	0,07 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	0,2847	0,0475	
Total	11	0,8016		
massa dos cachos por parcela (kg)				
Bloco	3	1249,2949	416,4316	4,03 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	14,0782	7,0391	0,07 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	619,6918	103,2820	
Total	11	1883,0648		

Os valores médios de cada característica quantitativa dos cachos por tratamento estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores médios do número total de cachos por planta, número total de cachos por parcela, massa média do cacho (g), massa dos cachos por planta (kg) e massa dos cachos por parcela (kg) na colheita, aos 110 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Característica	Tratamento	110 dapp
número total de cachos por planta	IP	11,41 a
	IDC	10,54 a
	ID	11,36 a
número total de cachos por parcela	IP	547,50 a
	IDC	506,00 a
	ID	545,00 a
massa média do cacho (g)	IP	129,28 a
	IDC	141,66 a
	ID	135,52 a
massa de cachos por planta (kg)	IP	1,47 a
	IDC	1,52 a
	ID	1,49 a
massa dos cachos por parcela (kg)	IP	70,43 a
	IDC	73,03 a
	ID	72,18 a

Por ocasião da poda de produção, foram deixadas 3 gemas por ramo secundário, e 3 ramos secundários em cada ramo lateral, o que totalizou 18 gemas/planta. Mandelli e Miele (2003) afirmam que restringir o número de gemas favorece a regularização e harmonização da produção e do vigor, evitando assim ciclos de baixa produção, em decorrência do excesso de produção. Também pode ser considerada a precipitação de 252 mm durante o ciclo de produção, sendo 105,4 mm após a interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID. Tais resultados são contrários aos encontrados por Gonçalves (2011), onde os valores de massa individual de cachos/planta, obtidos para os tratamentos IP e IDC foram superiores ao tratamento ID, a 1% de probabilidade. Tal resultado foi atribuído à maior disponibilidade de água para a cultura nos tratamentos IP e IDC, o que favoreceu o maior desenvolvimento das bagas.

#### 4.7 Eficiência do uso da água

A análise de variância para a eficiência de uso da água (EUA,  $\text{kg.m}^{-3}$ ) só foi significativa quando não se considerou a quantidade de precipitação ocorrida em todo o ciclo de produção de uvas (Tabela 10). Levando em conta somente a lâmina bruta total de irrigação, os tratamentos IDC e ID obtiveram maiores valores de EUA (Tabela 11).

Tabela 10. Análise de variância da eficiência de uso da água, sem e com chuva, para os tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), expresso em  $\text{kg.m}^{-3}$ .

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
sem chuva				
Blocos	3	751411,5833	250470,5278	4,48 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	1433093,1667	716546,5833	12,82 <sup>**</sup>
Resíduo	6	335354,16667	55892,3611	
Total	11	2519858,9167		
com chuva				
Blocos	3	0,2062	0,06874	4,37 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,1451	0,07257	4,61 <sup>ns</sup>
Resíduo	6	0,09437	0,0157	
Total	11	0,4457		

Tabela 11. Valores médios da eficiência de uso da água (EUA,  $\text{kg.m}^{-3}$ ), sem chuva e com chuva, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

	IP	IDC	ID
EUA sem chuva	1,27 b	1,98 a	2,02 a
EUA com chuva	0,77 a	1,00 a	1,00 a

## 5. CONCLUSÕES

As estratégias irrigação com déficit e irrigação com déficit controlado, utilizadas no segundo ciclo de produção da videira de vinho cv. Syrah, a partir da fase fenológica de cacho fechado (65 dapp), durante o período chuvoso (novembro a fevereiro) em Petrolina – PE, não impactaram os principais componentes do rendimento da cultura. Porém, influenciaram variáveis importantes (massa e volume de 100 bagas, acidez total titulável), relacionadas com a qualidade da uva à vinificação.

O manejo de irrigação baseado na restrição hídrica propiciou uma economia na utilização da água, aliado à ocorrência de precipitação pluvial que supriu em parte as necessidades hídricas da cultura. Evidencia-se assim a oportunidade para a prática da irrigação com déficit em videira de vinho no Semiárido.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ASSIS, J. S.; LIMA FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C. de. Fisiologia da videira. In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA-FENAGRI, 2004, Petrolina. **Apostilas Minicursos...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD-ROM.
- BAGGIOLINI, M. Les stades reperes dans le developpement anual de la vigne. **Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture**, Lausanne, v. 8, p. 4-6, 1952.
- BASSOI, L. H.; ASSIS, J. S. de. Distribuição do sistema radicular de videiras irrigadas em latossolo vermelho amarelo do trópico semi-árido. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: USP- ESALQ/SLCS/SBCS/SBM, 1996. 1 CD-ROM.
- BASSOI, L. H. et al. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003.
- BASSOI, L. H. et al. Influência de manejo de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e produção da videira cv. Syrah. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, out.-dez. 2011.
- BASSOI, L. H. et al. **Interrupções da irrigação no período de maturação da uva cv, Itália**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1999. 5 p. (Comunicado Técnico, 79).
- BASSOI, L. H. et al. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 754, p. 275-282, 2007.

- BASSOI, L. H. et al. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38, abr. 2002.
- BLANKE, M. M.; LEHYE, A. Stomatal and cuticular transpiration of the cap and berry of grape. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 132, p. 250-253, 1988.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maduración y madurez de la uva**. Madrid: Mundi-Prensa, 2004.
- BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P. Viticultura como opção de desenvolvimento para Campos Gerais. Ponta Grossa: Universidade estadual de Ponta Grossa, 2009. Disponível em: <[http://www.uepg.br/uepg\\_departamentos/defito/htm/labiovegetal/Viticultura.pdf](http://www.uepg.br/uepg_departamentos/defito/htm/labiovegetal/Viticultura.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2012.
- BRASIL. Lei nº 7.678/1988 de 08 de novembro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 nov. 1988. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/1980-1988/L7678.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1980-1988/L7678.htm)>. Acesso em: 10 out. 2008.
- BRAVDO, B. et al. Effect of crop level en crop load on growth, yield, must and wine composition and quality of Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 36, p. 125-131, 1985.
- BURGOS, N.; CAVALCANTI, A. C. **Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE**. Escala 1:7:500. Brasília, DF: Embrapa, 1990. 2 v. il. 3 mapas. (Boletim de Pesquisa, 38).
- CARLSON, R. E. et al. Leaf conductance and leaf-water potencial relationship for two soybean cultivars grown under controlled irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 321-325, 1979.
- CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, London, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2007.
- COOMBE, B. G. Research on development and ripening of the grape berry. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 43, n. 1, p. 101-110, 1992.
- DELOIRE, A. et al. Vine and water a short review. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p. 1-13, 2004.
- DINIZ, B. C. R. et al. Avaliação das características físico-químicas e sensoriais do vinho rosado Cabernet Sauvignon no Vale do Submédio São Francisco. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21., 2010, Salvador. **Potencialidades, desafios e inovações: resumos...** Salvador: CONNEPI, 2010. p. 131-132.

DOKOOZLIAN, N. K. Grape berry growth and development. Oakland: University of California, 2000. chap. 5, p. 30-37. Disponível em: <<http://iv.ucdavis.edu/FILES/24467.PDF>>. Acesso em: 04 ago. 2012.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1979. 306 p. (Irrigação e Drenagem, 33).

DRY, P.; LOVEYS, B. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian Journal Grape Wine Research**, East Melbourne, v. 4, n. 3, p. 140-148, 1998.

DRY, P. R. et al. Strategic irrigation management in Australian vineyards. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 35, n. 3, p.129-139, 2001.

EMBRAPA. **Registro de observações meteorológicas**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2012. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

FERRERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, Cordoba, v. 58, n. 2, p. 147-159, 2007.

FITTER, A. H.; HAY, R. K. M. **Environmental physiology of plants**. London: Academic Press, 1983. 355 p.

GALVÃO, S. **Tintos e brancos**. São Paulo: Ática, 1992.

GATES, D. M. Energy exchange and transpiration. In: LANGE, O. L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E. D. **Water and plant life**. Berlin: Springer Verlag, 1976. p. 137-147. (Ecological Studies, 19).

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 2. ed. Porto Alegre: Renascença, 2005. 368 p.

GIOVANNINI, E. **Viticultura: gestão para qualidade**. Porto Alegre: Renascença, 2004. 104 p.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. 344 p.

GLENN, D. M.; SCORZA, R.; BASSETT, C. Physiological and morphological traits associated with water use efficiency in the willow-leaf peach. **Hortscience**, Alexandria, v. 35, n.7, p. 41-43, 2000.

GONÇALVES, S. O. **Influência de manejo de irrigação sobre aspectos da ecofisiologia e produção da videira cv. Syrah**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação



e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

GONÇALVES, J. S. et al. Estrutura de produção e de mercados da uva de mesa brasileira. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 43-93, 1996.

GOODWIN, I.; BOLAND, A. M. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. In: FAO. **Deficit irrigation practices**. Rome: 2002. p. 67-78. (FAO Report, 22).

HARDIE, W. J.; CONSIDINE, J. A. Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 27, p. 55-61, 1976.

KENNEDY, J. A.; MATTHEWS, M. A.; WATERHOUSE, A. L. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, p. 268-274, 2002.

KLIEWER, W. M. **Grapevine physiology**: how does a grapevine make sugar? Berkeley: University of California, 1981. 13 p.

LAHVE, J. H.; JOHNSON, R. S. **Peaches, plums and nectarines**: growing and handling for fresh market. California: Division of Agriculture and Natural Resources, 1989.

LAPOLLI, J. N. et al. **A competitividade da vitivinicultura brasileira**: análise setorial e programa de ação com destaque para o Rio Grande do Sul. Porto Alegre: BANRISUL/EMBRAPA-CNPUV/SEBRAE/RS, 1995. 200 p.

LEÃO, P. C.; SOARES, J. M. **A viticultura no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. v. 1. 368 p.

LOVEYS, B. R.; STOLL, M.; DAVIES, W. J. **Physiological approaches to enhance water use efficiency in agriculture: exploiting plant signalling in novel irrigation practice**. In: BACON, M. A. (Ed.). **Water use efficiency in plant biology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 113-138.

MARINHO, L. B. **Déficit hídrico regulado na fase de maturação da uva “Superior Seedless” na Região do Submédio São Francisco**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

MARRO, M. **Princípios de viticultura**. Barcelona: CEAC, 1989. 215 p.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 39, n. 4, p. 313-320, 1988.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M. Reproductive development in Grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, n. 1, p. 52-60, 1989.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M.; SCHULTZ, H. R. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. **Vitis**, Geneva, v. 26, p. 147-160, 1987.

MCCARTHY, M. G. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz. (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 3, p. 102-108, 1997.

MCCARTHY, M. G. et al. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: FAO. **Deficit irrigation practices**. Rome, 2002. p. 79-87. (FAO Report , 22).

MANDELLI, F.; MIELE, A. **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado**: poda. Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/poda.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

MURAKAMI, K. R. N. et al. Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 615-617, 2002.

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A. Influence of water deficits on grape berry growth. **Vitis**, Siebeldingen, v. 40, n. 3, p. 141-145, 2001.

OJEDA, H. et al. Determinación y control del estado hídrico de la vid. Efectos morfológicos y fisiológicos de la restricción hídrica en vides. **Viticultura/Enología Profesional**, Canas, v. 90, p. 27-43, 2004.

OJEDA, H. et al. Influence of pre and post veraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* L.; cv. 'Shiraz'. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, n. 4, p. 261-267, 2002.

OLIVEIRA, C. M. **Viticultura e produção de vinho**. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas; Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007. 46 f. Dossiê Técnico.

ONCINS, J. A. et al. Fito-monitorização: estratégias hídricas na vinha para um vinho de qualidade: o caso do Chardonnay. In. CONGRESSO IBÉRICO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS, 5.; CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS, 4., 2005, Porto. **Anais...** Porto: Associação Portuguesa de Horticultura, 2005. p. 1-6.

- PAVLOUSEK, P. Evaluation of drought tolerance of new grapevine rootstock hybrids. **Journal of Environmental Biology**, Vikas Nagar, v. 32, n. 5, p. 543-549, 2011.
- PEDRO JUNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C. Clima e produção. In: POMMER, C. V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 63-107.
- PEYNAUD, E. Étude sur les acides organiques du raisin et du vin. **Bulletin de l'OIV**, Paris, v. 20, n. 191, p. 34-51, 1947.
- POMMER, C. V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 778 p.
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1.
- REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1983. 280 p.
- REYNIER, A. **Manuel de viticulture**. 10. ed. [Paris]: Tec & Doc Editions, 2007. 532 p.
- RIBEIRO, M. R. Manejo do solo e da água em perímetros irrigados da região Nordeste do Brasil. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de. (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 171-180.
- RIZZON, L. A. **Sistema de produção de vinho tinto: introdução**. Embrapa Uva e Vinho, 2006. Disponível em:  
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/introducao.htm>>. Acesso em: 14 out. 2008.
- RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.
- RIZZON, L. A.; MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 959-964, maio/jun. 2006.
- ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 10, p. 100-107, 2004.
- RUFFNER, H. P. Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*. **Vitis**, Siebelding, v. 21, n. 3, p. 247-259, 1982.

- RUFFNER, H. P.; BREM, S.; MALPIERO, U. The physiology of acid metabolism in grape berry ripening. **Acta Horticulturae**, Hague, n. 139, p. 123-128, 1983.
- RUHL, E.; ALLEWELDT, G. Investigations into the influence of time of irrigation on yield and quality of grape-vines. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 171, p. 457-460, 1985.
- SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetro de faixas**. São Paulo: IPT, 1994. 14 p. (Publicação, 2147).
- SATO, A. J. et al. Evolução da maturação e características físico-químicas de uvas da cultivar Isabel sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 11-20, jan./mar. 2009.
- SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, DC, v. 148, p. 339-346, 1965.
- SILVA, J. A. M. **Irrigação lateralmente alternada e com déficit hídrico na videira cv. Petite Syrah**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, MG, 2005.
- SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C. **Cultivo da videira, irrigação**. Embrapa Semiárido. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/irrigação.htm>>. Acesso em: 04 maio 2007.
- SILVA, P. R.; VERDI, A. R.; FRANCISCO, V. L. F. dos S. **Panorama da vitivinicultura brasileira**. 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8929>>. Acesso em: 14 out. 2008.
- SILVA, M. S. L. et al. Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 314-320, 2002.
- SMART, R. E.; COOMBE, B. G. Water relations of grapevines. In: KOZLOWSKI T. T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1983, v. 7. p. 137-196.
- SOARES, J. M.; BASSOI, L. H. Distribuição do sistema radicular de videiras em vertissolos sob irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado: resumos...** Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1995. v. 4, p. 1865-1867.
- SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Troca gasosa de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 21-30, 2001.

- SOUZA, C. R. et al. Water relations of field-grown grapevines in the São Francisco Valley, Brazil, under different rootstocks and irrigation strategies. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 4, p. 436-446, 2009.
- STOLL, M.; LOVEYS, B.; DRY, P. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigate grapevine. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1627-1634, 2000.
- TEIXEIRA, A. H. C. et al. 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.
- TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; NOGUEIRA, N. A. M. **Tecnologia para produção de uva 'Itália' na região Noroeste do Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 1998. 51 p. (Documento Técnico, 97).
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374 p.
- WAMPLE, R.; SMITHYMAN, R. Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production. In: FAO. **Deficit irrigation practices**. Rome: 2002. (FAO Report, 22).
- WINKLER, A. J. et al. **General viticulture**. 2nd. ed. Berkeley: University of California, 1974. 710 p.