

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**FISIOLOGIA, QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA VIDEIRA CV.  
SYRAH EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO  
SEMIÁRIDO**

**RAFAEL POMBO TEIXEIRA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU - SP

Novembro - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**FISIOLOGIA, QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA VIDEIRA CV.  
SYRAH EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO  
SEMIÁRIDO**

**RAFAEL POMBO TEIXEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
(Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU - SP

Novembro – 2015

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

Teixeira, Rafael Pombo, 1985-  
T266f      Fisiologia, qualidade e produtividade da videira cv Syrah em diferentes estratégias de irrigação no semiárido / Rafael Pombo Teixeira. - Botucatu : [s.n.], 2015  
            xii, 87 f. : grafs. color., ils. color., tabs.

            Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015  
            Orientador: Luís Henrique Bassoi  
            Inclui bibliografia

            1. Uva - Irrigação. 2. Uva - Metabolismo. 3. Solos - Umidade. 4. Irrigação com déficit hídrico. I. Bassoi, Luís Henrique. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** FISILOGIA, QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA VIDEIRA CV. SYRAH EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO

**AUTOR:** RAFAEL POMBO TEIXEIRA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. LUÍS HENRIQUE BASSOI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUÍS HENRIQUE BASSOI  
Embrapa Instrumentação / Embrapa



Prof. Dr. MARCO ANTONIO TECCHIO  
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Prof. Dr. FERNANDO BROETTO  
Departamento de Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu



Profa. Dra. REGINA CÉLIA DE MATOS PIRES  
Centro de Ecofisiologia e Biofísica / Instituto Agronômico de Campinas



Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Data da realização: 27 de novembro de 2015.

**DEDICATÓRIA**

*Com muito amor aos meus pais, Clarêcio Ferrucio Teixeira Neto e Angela Martins Pombo Teixeira e meu irmão José dos Santos Teixeira Neto.*

## **Agradecimentos**

Aos meus pais Clarêncio e Angela e ao meu irmão José, por todo o esforço e apoio.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - FCA/UNESP, e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela oportunidade singular e os conhecimentos passados.

Ao Professor Dr. Luís Henrique Bassoi por sempre estar presente e disponível, pelos incentivos e conselhos.

A CAPES pela bolsa concedida durante três anos de curso.

A todos os professores que lecionaram as disciplinas cursadas no campus da FCA/UNESP.

A Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE, pela estrutura fornecida, e a FACEPE – Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pelo suporte financeiro para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

Aos meus familiares e principalmente a meus avós, pela influência na minha formação pessoal e profissional.

Minha esposa Nadja Tamires pelo apoio, incentivo e companheirismo além da ajuda no experimento.

Aos amigos de infância Antônio Yuri e Bruno pela amizade incondicional e aos respectivos familiares.

Aos amigos de república Henrique, Cícero Teixeira, Cícero Manoel e colegas construídos durante o período e estagiários e bolsistas da Embrapa Semiárido.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão desta importante etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	5
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1- Viticultura no Semiárido brasileiro .....	7
2.2- Relações hídricas da videira e manejo de irrigação.....	8
2.3- Relações hídricas e trocas gasosas .....	11
2.4- Composição química das uvas.....	13
3- MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1- Localização e instalação da área experimental.....	15
3.2- Delineamento experimental e tratamentos .....	16
3.3- Solo.....	17
3.4- Clima .....	17
3.5- Sistema e manejo de irrigação .....	18
3.6- Determinação da umidade do solo.....	19
3.7- Determinação do potencial hídrico foliar .....	20
3.8- Determinação das trocas gasosas.....	20
3.9- Determinação da composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ).....	21
3.10- Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas .....	21
3.10.1- Antocianinas totais e flavonóides .....	22
3.10.2- Polifenóis extraíveis totais (PET) .....	23
3.10.3- Atividade antioxidante total (AAT).....	23
3.10.3.1- 2,2 – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico (ABTS). 24	
3.10.3.2- 2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazila (DPPH).....	24
3.10.4- Taninos.....	25
3.11- Análise estatística.....	25
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1- Evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura, lâmina bruta aplicada e precipitação.....	26
4.3- Variação da umidade no solo .....	32
4.4- Potencial hídrico foliar .....	39

4.5- Trocas gasosas .....	43
4.6- Composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) .....	47
4.7- Aspectos qualitativos.....	49
4.7.1- Acidez Titulável.....	49
4.7.2- Massa de 100 bagas .....	50
4.7.3- Sólidos Solúveis Totais.....	52
4.7.4- pH.....	54
4.7.5- Polifenóis extraíveis totais (PET) .....	55
4.7.6- Taninos.....	56
4.7.7- Flavonóides .....	60
4.7.8- Antocianinas .....	62
4.7.9- Atividade antioxidante total.....	65
4.7.9.1- 2,2' – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico (ABTS) .	65
4.7.9.2- 2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazila (DPPH).....	66
4.8- Aspectos quantitativos.....	68
5- CONCLUSÃO .....	74
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75



## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Croqui da área experimental. Linhas pretas: irrigação plena; linhas azuis: irrigação com déficit controlado; linhas vermelhas: irrigação com deficit. ....	16
<b>Figura 2.</b> Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) e evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ) nos ciclos de produção 5 (superior), 6 (meio) e 7 (inferior) da videira cv. Syrah, em função do número de dias após a poda de produção (dapp).....	28
<b>Figura 3.</b> Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).....	29
<b>Figura 4.</b> Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).....	30
<b>Figura 5.</b> Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).....	31
<b>Figura 6.</b> Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).....	33
<b>Figura 7.</b> Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).....	34
<b>Figura 8.</b> Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).....	35

- Figura 9.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp)..... 36
- Figura 10.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp)..... 37
- Figura 11.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp)..... 38
- Figura 12.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 57, 68, 85 e 111 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. .... 40
- Figura 13.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e potencial hídrico foliar ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 63 e 99 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de rprobabilidade. .... 41
- Figura 14.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e potencial hídrico foliar ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 78 e 107 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. .... 42
- Figura 15.** Fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g$ ), transpiração ( $E$ ) aos 51, 79 e 107 dias após a poda de produção (dapp), as 7:00, 9:00, 10:00, 13:00 e 15:00 horas. 46
- Figura 16.** Déficit de pressão de vapor (DPV), razão entre concentração de  $CO_2$  intracelular e concentração de  $CO_2$  no meio ambiente ( $C_i/C_a$ ), eficiência intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ) e eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) aos 51, 79 e 107 dias após a poda de produção (dapp), as 7:00, 9:00, 10:00, 13:00 e 15:00 horas..... 47

## LISTA DE TABELAS

Página

<b>Tabela 1.</b> Análise de variância da composição isotópica do carbono (‰) nos ciclos de produção 5 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). .....	48
<b>Tabela 2.</b> Composição isotópica de carbono $\delta^{13}\text{C}$ , coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), nos ciclos de produção 5 e 7 da videira cv. Syrah. ....	48
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância da acidez titulável ( $\text{g L}^{-1}$ de ácido tartárico) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). .....	49
<b>Tabela 4.</b> Valores médios da acidez titulável, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	50
<b>Tabela 5.</b> Análise de variância da massa de 100 bagas (g), nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	51
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de massa de 100 bagas (g), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	51
<b>Tabela 7.</b> Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	52
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	53

<b>Tabela 9.</b> Análise de variância do pH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	54
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de pH, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	55
<b>Tabela 11.</b> Análise de variância do polifenóis nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	55
<b>Tabela 12.</b> Valores médios de polifenóis, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	56
<b>Tabela 13.</b> Análise de variância de taninos no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	57
<b>Tabela 14.</b> Análise de variância de taninos no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	58
<b>Tabela 15.</b> Análise de variância dos taninos no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	58
<b>Tabela 16.</b> Valores médios de taninos (%) dímeros, oligoméricos e poliméricos, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	60
<b>Tabela 17.</b> Análise de variância de flavonoides nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	61
<b>Tabela 18.</b> Valores médios de flavonóides, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os	

tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	62
<b>Tabela 19.</b> Análise de variância das antocianinas nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	63
<b>Tabela 20.</b> Valores médios de antocianinas, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	64
<b>Tabela 21.</b> Análise de variância de ABTS nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	65
<b>Tabela 22.</b> Valores médios de ABTS, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	66
<b>Tabela 23.</b> Análise de variância de DPPH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	67
<b>Tabela 24.</b> Valores médios de DPPH, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	67
<b>Tabela 25.</b> Análise de variância de número total de cachos por planta nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). ....	68
<b>Tabela 26.</b> Análise de variância para a massa média de cachos (g) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	69
<b>Tabela 27.</b> Análise de variância de massa de cachos por planta (kg) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).....	69

<b>Tabela 28.</b> Análise de variância da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). .....	70
<b>Tabela 29.</b> Análise de variância da eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). .....	70
<b>Tabela 30.</b> Valores médios de número de cachos por planta, massa média de cachos (g), massa de cachos por planta (kg), produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). .....	71

## RESUMO

Para elaboração de vinhos finos de qualidade são necessários estudos aprofundados de diversas práticas agronômicas. Uma delas é o manejo da irrigação, principalmente quando a videira é cultivada em regiões com baixo índice pluviométrico como o Semiárido brasileiro. Hipoteticamente, o déficit hídrico a partir da fase fenológica de cacho fechado melhoraria a qualidade da uva para vinho. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de estratégias de irrigação com restrição hídrica sobre a fisiologia e produtividade da videira e qualidade da uva para vinho cv. Syrah no Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi realizado na Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE, durante três consecutivos ciclos de produção (10 de abril a 9 de agosto de 2013 – ciclo 5, 8 de outubro de 2013 a 28 de janeiro de 2014 – ciclo 6, e 7 de maio a 3 de setembro de 2014 – ciclo 7), com 3 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: irrigação plena (IP), onde a aplicação de água foi realizada por gotejamento com base na reposição da evapotranspiração da cultura, durante todo o ciclo de produção; irrigação com déficit controlado (IDC), onde a irrigação por gotejamento foi interrompida na fase de cacho fechado, mas eventualmente realizada conforme o monitoramento da umidade do solo na zona efetiva do sistema radicular da videira, e irrigação com déficit (ID), onde a irrigação por gotejamento foi interrompida na fase de cacho fechado, continuando sem irrigação até a colheita. Foram determinados o potencial hídrico foliar, trocas gasosas, composição isotópica do carbono na videira; os sólidos solúveis totais, pH, acidez total, antocianinas totais, flavonóides, polifenóis totais, taninos e atividade antioxidantes nas bagas; e o número de cachos por planta, massa de cachos por planta, massa média do

cacho, e produtividade da videira. A IDC e ID promoveram estresse hídrico moderado nas plantas, redução no consumo de água e da massa de 100 bagas nos três ciclos avaliados; redução da acidez titulável nos ciclos 5 e 6; e aumento de sólidos solúveis totais no ciclo 6. Não houve influência no pH. A redução da massa de 100 bagas na IDC e ID promoveram aumento nos polifenóis extraíveis totais e antocianinas no ciclo 6, e aumento dos taninos dímeros e diminuição dos flavonoides no ciclo 7. A IP apresentou melhores resultados de produtividade no ciclo 7. Os resultados qualitativos e quantitativos não persistiram nos três ciclos avaliados.

---

Palavra-chave: *Vitis vinífera* L., umidade do solo, potencial hídrico foliar.



PHYSIOLOGY AND YIELD OF VINE AND GRAPE QUALITY OF CV. SYRAH IN DIFFERENT IRRIGATION STRATEGIES IN SEMIARID. Botucatu, 2015. 87p.

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

Author: RAFAEL POMBO TEIXEIRA

Adviser: LUÍS HENRIQUE BASSOI

## SUMMARY

The production of fine quality wines requires detailed studies of various agronomic practices. One is the irrigation management, especially when the vine is grown in areas with low rainfall as the Brazilian semiarid. Hypothetically, the water deficit from the phenological stage of closed cluster improves grape quality for wine. Thus, the objective was to evaluate the effect of irrigation strategies with water deficit on plant physiology and yield, and berry quality of wine vine cv. Syrah in the Lower Middle São Francisco Valley. The experiment was carried out at Embrapa Tropical Semi-Arid, in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, for three growing seasons (April 10 to August 9, 2013 - season 5, October 8, 2013 to January 28, 2014 – season 6, and 7 May to September 3, 2014 – season 7), with 3 treatments and 4 repetitions. The treatments were: full irrigation (FI), where the application of water by drippers was based on the replacement of the crop evapotranspiration throughout the whole season; regulated deficit irrigation (RDI), where irrigation was interrupted in the closed cluster phenological phase, but eventually performed as the soil moisture monitoring in the effective rooting depth of vine, and deficit irrigation (DI), where irrigation was interrupted in closed cluster phase, continuing without water application to harvesting. Measurements of leaf water potential, gas exchange, and carbon isotopic composition in the vine, total soluble solids, pH, titratable acidity, anthocyanins, flavonoids, total polyphenols, tannins, and antioxidants activity in the berries, and number of cluster per plant, cluster mass per plant, average cluster mass, and vine yield were performed. The irrigation strategies RDI e DI promoted moderate water stress in plants, reducing water consumption and weight of 100 berries for the three seasons, reducing the titratable acidity in seasons 5 and 6, and increasing total soluble

solids in season 6. There was no influence on the pH. The reduction of the weight of 100 berries promoted by RDI and DI led to an increase in total extractable polyphenols and anthocyanins in season 6, and increased dimer tannins and decreased flavonoids in season 7. The FI showed higher yield in season 7. The qualitative and quantitative results did not persist in the three growing seasons evaluated.

---

**Key words:** *Vitis vinifera* L., soil water content, leaf water potential

## 1- INTRODUÇÃO

O consumo e as exportações de vinhos finos nacionais vêm crescendo nos últimos anos, e o Vale do Submédio São Francisco vem se destacando na produção de vinhos finos. No entanto, se faz necessário o aumento de estudos em diversas práticas agronômicas para produção de vinhos finos de qualidade superior.

Algumas práticas agronômicas têm ajudado no aumento da qualidade dos vinhos nessa região, como a restrição hídrica em determinados estádios de desenvolvimento da videira, sendo também utilizada em outras regiões produtoras de uvas para vinho. Além disso, a restrição hídrica busca a racionalização do consumo da água, recurso natural escasso no Semiárido brasileiro. Diante disso, é necessário conhecer o estado hídrico da videira em função da quantidade de água fornecida a planta.

A restrição hídrica quando severa pode causar redução de assimilados e afetar negativamente a produtividade e a qualidade da uva, notadamente pela limitação fotossintética e/ou excessiva exposição dos cachos à radiação solar (TEIXEIRA et al, 2002).

A cultura da videira apresenta sistema radicular aprofundado, com isso pode suportar a reposição de água limitado (DOORENBOS; KASSAM, 1979). No entanto, a videira é uma planta relativamente tolerante ao estresse hídrico, onde uma menor disponibilidade de água dentro de um intervalo de tolerância pode conferir até mesmo

características bioquímicas de qualidade aos frutos, como aumento no teor de sólidos solúveis e polifenóis.

A restrição hídrica pode afetar negativamente a produtividade e a qualidade da uva, e assim as estratégias de irrigação com restrição hídrica podem não ser recomendadas (NETZER et al., 2009). Esta dualidade entre qualidade e produtividade tem levado a estudos sobre um ponto de equilíbrio para a otimização da qualidade, sem penalizar significativamente a produtividade (carga de frutos) (PONI et al., 1994; FERREYRA et al., 2004).

No entanto, este equilíbrio tem sido buscado pelo rigor em práticas de manejo e, em particular, pelo manejo da videira em relação à disponibilidade da água no solo e o momento adequado de aplicar o déficit hídrico. Hipoteticamente a imposição do déficit hídrico a partir da fase fenológica de cacho fechado melhoraria a qualidade do vinho. Assim sendo, o objetivo do trabalho é avaliar a influência de diferentes estratégias de irrigação sobre aspectos fisiológicos e produtividade da videira Syrah, e a qualidade da uva para vinho no Vale do Submédio São Francisco.

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Viticultura no Semiárido brasileiro

O gênero *Vitis* faz parte da família *Vitaceae*, que abrange mais de 90 espécies, das quais as de origem americana (*Vitis labrusca* L.) e europeia (*Vitis vinifera* L.) se destacam pelo valor econômico. A videira já se encontrava presente no litoral dos estados da Bahia e de Pernambuco desde o século 16, onde alcançou alguma expressão econômica nas ilhas de Itaparica, BA e de Itamaracá, PE. Do litoral, a viticultura avançou para o interior destes Estados, alcançando as áreas de clima mais seco localizadas no Vale do Submédio São Francisco. A viticultura na região semiárida vem se destacando no cenário nacional, face aos altos rendimentos alcançados, proporcionados pela alta produtividade e qualidade da uva e de vinhos finos, resultando na rápida expansão da área cultivada e do volume de produção, tanto de uva para consumo in natura quanto de vinhos (LEÃO; SOARES, 2009).

A aplicação de tecnologias modernas de agricultura irrigada, também proporcionou a obtenção de produtividades elevadas e de frutas de boa qualidade, colocando a região de Petrolina, PE/ Juazeiro, BA em destaque no cenário brasileiro e internacional de produção de frutas.

Além disso, há a especificidade da vitivinicultura da região semiárida brasileira, em virtude da adaptação e do comportamento fisiológico diferenciado das diversas cultivares às suas condições edafoclimáticas. Considerando-se que o ciclo

produtivo da videira pode oscilar entre 90 e 130 dias, dependendo da cultivar, pode-se obter até duas safras e meia por ano, mediante a adequação das técnicas de produção. Isto possibilita a produção de uvas durante todo o ano, bem como a obtenção de produtividade maiores que  $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , tanto para uvas destinadas para o consumo *in natura*, quanto para a produção de vinhos finos e sucos concentrados, superando as obtidas nas demais regiões produtoras brasileiras (SILVA; COELHO, 2010).

Em 2014, houve aumento de 1,64% na produção de uvas no Brasil, em relação ao ano de 2013. O estado de Pernambuco apresentou um aumento de 3,40%, com uma produção de 236.767 t representando aproximadamente 16,49% da produção nacional, e o estado da Bahia apresentou um aumento de 46,77%, com uma produção de 77.504 t representando aproximadamente 5,40% da produção nacional, na produção de uvas em comparação com o ano de 2013. A produção de uvas com destino ao processamento foi de 673,42 milhões de quilos de uvas, representando 46,89% da produção nacional. As demais produções (53,11%) foram destinadas ao consumo *in natura* (IBGE, 2014).

## 2.2- Relações hídricas da videira e manejo de irrigação

A maior parte da água utilizada pelas culturas é reciclada por meio da evapotranspiração, que é definida como a transferência da água de uma superfície com vegetação, na forma de vapor, ou por meio da evaporação da água do solo e transpiração pelas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As condições climáticas áridas e semiáridas tem grande impacto no desenvolvimento das culturas, em relação à produtividade e à qualidade da uva produzida. Então, o manejo de irrigação com fornecimento de água limitado vem sendo desenvolvido com o intuito de manipular o crescimento vegetativo e reprodutivo para intervir no crescimento e qualidade das uvas, utilizando o estado hídrico da videira como um fator de produção (BASSOI, 2011).

Sob tais condições, as culturas exploradas em condições de recursos hídricos limitados, frequentemente, são submetidas às condições de deficit hídrico. Assim, é de fundamental importância conhecer, com elevado nível de detalhe, a

quantidade de água utilizada no processo de evapotranspiração, principalmente quando se trata de culturas irrigadas com elevado valor econômico. Segundo Sofo et al. (2012) uma gestão cuidadosa de irrigação tem um papel fundamental na produção de uvas de qualidade ideais que os produtores de vinho exigem.

Evans et al. (1993), realizando um levantamento de dados relativo ao uso de água pela videira para as regiões da Califórnia e do Arizona, Estados Unidos, encontraram valores entre 500 mm ano<sup>-1</sup> e 800 mm ano<sup>-1</sup>. Ávila Neto et al. (2000) estudando o consumo hídrico da videira cultivar Itália pelo método do balanço hídrico no Vale do Submédio São Francisco, encontrou uma taxa diária de consumo hídrico de 4,3 mm dia<sup>-1</sup> no subperíodo de maior demanda transpiratória da vegetação, enquanto que o consumo hídrico do ciclo vegetativo, da poda de produção à colheita dos frutos, foi de 333,6 mm. Correia (2012) avaliando irrigação deficitária em videira cultivar Syrah em condições de irrigação plena, no período chuvoso no Vale do Submédio São Francisco, obteve um consumo hídrico durante o ciclo produtivo de 385,4 mm.

Tipicamente, um vinho tinto superior requer bagas de uva que tenham maior relação casca/suco, pois a maior parte dos fenóis extraíveis está na casca. A relação citada depende ter cachos com bagas de menor tamanho (GUROVICH; VERGARA, 2005). Notadamente, este equilíbrio tem sido buscado pelo rigor em práticas de manejo e, em particular, pelo manejo da videira em relação à disponibilidade da água no solo e pelo ajuste da carga de frutos (SANTOS; KAYE, 2009).

A videira é uma planta relativamente tolerante ao estresse hídrico, em que um menor aporte de água dentro de um intervalo de tolerância (déficit hídrico leve a moderado) e entre as fases de início de maturação (pintor) e maturação, pode conferir até mesmo características bioquímicas de qualidade aos frutos, como aumento no teor de sólidos solúveis e polifenóis (SOUSA, 2010).

O manejo da irrigação não deve ter apenas o intuito de aumentar a produtividade de uvas e produção de vinhos, e sim balancear o crescimento vegetativo e reprodutivo da videira, obtendo produtividades lucrativas e qualidades satisfatórias das uvas. Assim, pesquisas direcionadas ao suprimento hídrico e sua relação com a bioquímica dos frutos geram informações que facilitam e auxiliam a tomada de decisão dos vitivinicultores no melhor manejo da irrigação dos parreirais (CAIO et al., 2013).

Vários trabalhos têm demonstrado que a irrigação deficitária controlada, ou estresse hídrico transiente, pode ser uma forma de balancear entre carga de frutos e vegetação, adotando-se a recarga hídrica no solo somente quando os níveis da água no solo caírem abaixo de certo patamar crítico previamente determinado (Soar; Loveys, 2007). De acordo com Sofo et al. (2012) o déficit hídrico reduziu o tamanho da baga causando diferenças significativas na qualidade das características das uvas.

No entanto, o déficit hídrico demasiadamente prolongado poderá causar o murchamento da baga, sem que a mesma tenha alcançado o ponto ideal de colheita (SOARES; LEÃO, 2009) e nessas mesmas condições durante o crescimento do fruto acarretam em menor número de células no tecido da polpa, das sementes e da cutícula, diminuindo o crescimento do fruto, causando baixas produções (GUROVICH; PÁEZ, 2004; OJEDA et al., 2002).

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. Basso et al. (2011) aplicando o déficit hídrico a partir da fase fenológica de cacho fechado, demonstraram que houve redução da massa individual de cachos, a massa e o volume de 100 bagas, e a acidez total titulável do mosto, o teor de sólidos solúveis totais e o pH do mosto não sofreram alterações.

Marinho et al., (2009) aplicaram restrição hídrica na videira 'Superior Seedless' na fase de maturação no Vale do Submédio São Francisco, com valores de coeficiente de cultura (kc) de 0,8 para o período entre 85 e 92 dias após a poda (DAP), 0,6 entre 93 e 100 DAP e 0,4 entre 101 e 104 DAP, beneficiando assim a qualidade da uva.

Bindon et al. (2008), utilizando o secamento parcial do sistema radicular e déficit hídrico em videira de vinho cultivar Cabernet Sauvignon, reduziu o tamanho das bagas, aumentou significativamente o pH, concentração de antocianinas e os fenólicos totais na uva.



### 2.3- Relações hídricas e trocas gasosas

O entendimento das bases fisiológicas e moleculares das respostas das plantas ao déficit hídrico leve a moderada é de extrema importância para modular o equilíbrio adequado entre desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, para melhorar o uso de água da cultura (BLUM, 2009) e para controlar a qualidade da fruta sob irrigação deficitária (CHAVES et al., 2007).

Vários são os fatores externos que interferem nas taxas fotossintéticas das plantas, dentre eles a disponibilidade hídrica. Um dos primeiros efeitos da redução da umidade do solo é o fechamento estomático influenciado pela síntese de ácido abscísico (ABA) nas raízes, que quando transportado até as folhas, induz a redução da concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar, reduzindo assim as taxas fotossintéticas. Frequentemente, as plantas têm que conciliar, por meio da redução estomática, dois objetivos antagônicos que são a maximização da fixação do CO<sub>2</sub> e a necessidade de manter os tecidos foliares hidratados, sob condições de baixa disponibilidade hídrica ou elevado déficit de pressão de vapor da atmosfera (SOARES; LEÃO, 2009).

Segundo Araújo e Deminiciis (2009), um dos fatores determinantes na resposta da fotossíntese a limitação de água à planta é a duração da desidratação. No déficit hídrico suave ocorre a inibição da expansão, crescimento e condutância estomática.

Quando o começo do estresse é mais rápido ou a planta alcançou área foliar plena antes de iniciar o estresse, outras respostas a protegem contra a desidratação imediata. Sob tais condições, o estômato fechado reduz a evaporação da área foliar. Assim, o fechamento estomático pode ser considerado uma terceira linha de defesa contra a seca (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A redução drástica na assimilação de carbono pela planta pode ocorrer devido a um declínio acentuado da fotossíntese sob temperaturas altas na folha combinado com déficit hídrico (SANTOS et al., 2007), e sob leve a moderado déficit hídrico, o fechamento estomático está entre as primeiras respostas da planta, restringindo a perda de água e assimilação de carbono (CHAVES et al., 2003), afetando assim o crescimento e produção.

O estado hídrico da planta pode ser mensurado através do potencial hídrico da folha ( $\Psi_f$ ) (TAIZ; ZEIGER, 2009). É um parâmetro representativo da condição hídrica da planta porque expressa a resposta desta, frente aos diversos fatores que possam influenciar seu estado hídrico (PATAKAS et al., 2005).

O potencial hídrico de base ou antemanhã ( $\Psi_{Am}$ ), mensurado antes que as folhas recebam os primeiros raios de sol do dia, indica o estado hídrico do solo na zona do sistema radicular, por corresponder o real estado hídrico da planta, após haver o equilíbrio entre os dois sistemas (solo-planta), sem interferência da atmosfera (KAVANAGH et al., 2007). O potencial mínimo ou ao meio-dia ( $\Psi_{md}$ ) é mensurado logo após o meio-dia, no momento de maior demanda evaporativa da atmosfera (BERGONCI et al., 2000). Alguns autores afirmam que as medições do potencial hídrico parecem ser o melhor indicador para avaliar a intensidade de estresse hídrico em videiras (SHELLIE, 2006; GIRONA et al., 2006).

Ojeda (2007) considera que uma videira se encontra no nível de restrição hídrica nula a leve com o potencial hídrico de base até - 0,2 MPa; leve a média entre - 0,2 e - 0,4 MPa; média a forte entre - 0,4 e - 0,6 MPa; forte a severa entre - 0,6 e - 0,8 MPa; e severa abaixo de -0,8 MPa. Para as leituras de potencial hídrico foliar ao meio dia o nível de restrição hídrica nula a leve é de até - 0,8 MPa; leve a média entre - 0,8 e - 1,1 MPa; média a forte entre - 1,1 e - 1,4 MPa; forte a severa entre - 1,4 a - 1,6 MPa; e severa acima de - 1,6 MPa.

Sofo et al., (2012) relatou valores do potencial hídrico ao meio dia em plantas *Vitis vinifera* L. submetidas ao estresse hídrico moderado a severo entre -1,1 a - 1,4 MPa, enquanto que plantas submetidas ao estresse severo apresentaram valores abaixo de -1,4 MPa, compatíveis com outros autores (VAN LEEUWEN et al., 2009; ROMERO et al., 2013).

A composição de isotópica de carbono é outro parâmetro que pode ser medida com uma boa precisão e permite uma comparação do efeito de resposta ao estresse de água em videiras. Basicamente, a composição isotópica de carbono está relacionada com a relação entre concentração de  $CO_2$  intercelular e atmosférica ( $C_i/C_a$ ) e eficiência do uso da água (GAUDILLÈRE et al., 2002).

## 2.4- Composição química das uvas

Os compostos fenólicos constituem umas das principais classes de metabólitos secundários, possuindo funções e estruturas diversas. Seus principais representantes são os ácidos cinâmicos e seus derivados, dos quais se destacam o ácido clorogênico; as flavonas; as antocianidinas e antocianinas; os flavonóis e suas formas glicosídicas; os polifenóis condensados e outros menos comuns, como flavonas, flavanonas e isoflavonas (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 1999; LIMA, 2009).

Os compostos fenólicos têm participação no aroma, na coloração, na vida útil e na ação do produto como alimento funcional, notadamente como antioxidante. Por exemplo, a adstringência se relaciona às propriedades que algumas substâncias fenólicas (principalmente os taninos) apresentam ao se complexarem com as proteínas do epitélio mucoso, precipitando-se e causando a sensação de travo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre as espécies vegetais que produzem compostos fenólicos, a videira destaca-se em função dos altos teores de metabólitos presentes nos tecidos dos frutos, folhas e sementes, bem como pela variabilidade de estruturas químicas encontradas. Nas últimas décadas, um número crescente de estudos tem focado nos aspectos qualitativos e quantitativos dos compostos fenólicos em biomassas de diversas espécies e variedades de videiras e seus produtos, como vinhos e sucos (MARACHIN et al., 2002). As uvas de variedades tintas caracterizam-se por apresentar teores elevados de compostos fenólicos nos tecidos da película dos frutos e sementes, comparativamente às variedades brancas e rosadas. O tipo e o teor de compostos fenólicos em uvas podem variar de acordo com a espécie, cultivar, bem como nas diferentes frações (casca, polpa, sementes, suco), condições de crescimento, práticas agronômicas, pós-colheita, condições de armazenamento e processamento (XIA et al., 2010).

A casca e a semente são as principais áreas de acúmulo de compostos fenólicos da baga. As antocianinas e as flavonas concentram-se nos vacúolos das células da casca e, no caso das uvas tintas, podem também concentrar-se nos vacúolos das células da polpa. Os taninos são mais abundantes nas sementes do que na casca. Na mudança de cor da baga, os taninos estão presentes em cerca de 50% do seu peso total e pouco antes da maturação atingem seu máximo, uma vez que vão sendo hidrolisados

durante o amadurecimento das uvas. Já as antocianinas, apresentam-se com maior intensidade durante a fase final da maturação (GIOVANNINI, 2005).

Em vitivinicultura, geralmente, tem-se por objetivo adotar estratégias de manejo para direcionar os recursos da planta visando a qualidade da produção, tal como acúmulo de precursores de fenóis, o que permitirá maior complexidade de sabor e aroma, além de maior expressão varietal (DELOIRE et al., 2002). Como a casca e a semente apresentam maior acúmulo de compostos fenólicos, um vinho superior requer bagas de uva que tenham maior relação casca/polpa, condição pela qual depende de se ter cachos com bagas de menor tamanho (GUROVICH; VERGARA, 2005). Notadamente, este aumento de qualidade tem sido buscado pelo rigor em práticas de manejo e, em particular, pelo manejo da videira em relação à disponibilidade da água no solo.

Ginestar et al. (1998) relataram para a cultivar Syrah, cultivada na Austrália, valores médios da concentração de antocianinas de 1,78; 1,83 e 1,96 mg g<sup>-1</sup>, em plantas cultivadas sob solo úmido, medianamente úmido e solo seco, respectivamente, comprovando que plantas estressadas produzem quantidades maiores de polifenóis. Ojeda et al. (2002), estudando a influência do déficit hídrico aplicado antes e após o início da maturação (pintor), na composição das uvas do cultivar Syrah, relataram que a concentração de antocianinas foi inversamente correlacionada com a quantidade de água disponível no solo. Os autores verificaram que um forte déficit hídrico entre pintor e colheita favoreceu o acúmulo de antocianinas (12,07 mg g<sup>-1</sup>), em comparação com déficits médio e forte entre antese e pintor (10,21 e 9,94 mg g<sup>-1</sup>). O menor teor encontrado foi para o controle, 6,74 mg g<sup>-1</sup>.

Durante as safras de 1999 a 2001, Salón et al. (2005), estudando as respostas de videiras cultivar Bobal, com irrigação deficitária, concluíram que a concentração de antocianinas, compostos fenólicos totais e intensidade de cor em vinhos tintos diminuíram com o aumento da aplicação de água.

### 3- MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1- Localização e instalação da área experimental

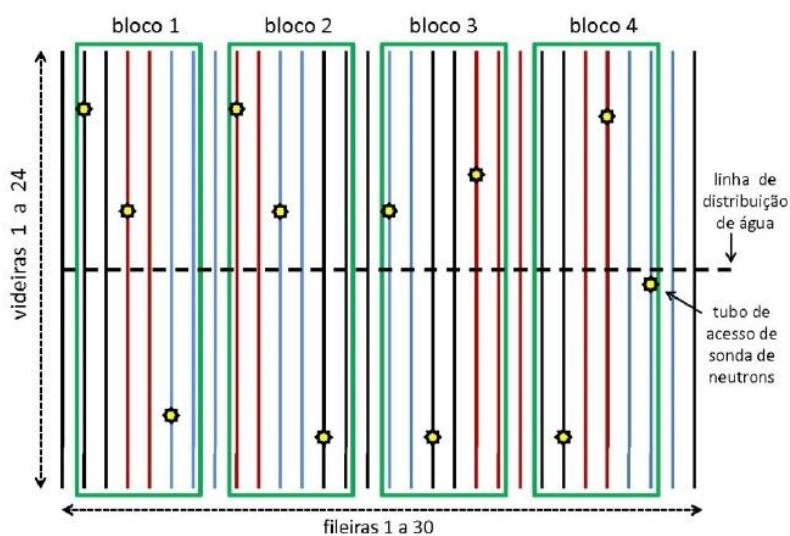
O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (latitude 9° 8' 8,09'' S, longitude 40° 18' 33,6'' O, altitude 373 m).

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 plantas foi feita 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. A área total do parreiral foi de 2160 m<sup>2</sup>. O período de formação do parreiral (crescimento vegetativo) ocorreu até 13 de abril de 2010, quando foi realizada a poda para o início do primeiro ciclo de produção.

O presente trabalho foi realizado durante o quinto, sexto e sétimo ciclos de produção, com poda de produção em 10 de abril de 2013, 8 de outubro de 2013 e 7 de maio de 2014, respectivamente; colheita em 9 de agosto de 2013, 28 de janeiro de 2014 e 3 de setembro de 2014, respectivamente; e duração do ciclo de 121, 112 e 119 dias, respectivamente.

### 3.2- Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados, com três tratamentos de manejo de irrigação (IP – irrigação plena, IDC – irrigação com déficit controlado e ID – irrigação deficitária), com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por 48 videiras, em duas fileiras com 24 plantas cada, sendo considerado 12 plantas úteis.



**Figura 1.** Croqui da área experimental. Linhas pretas: irrigação plena; linhas azuis: irrigação com déficit controlado; linhas vermelhas: irrigação com deficit.

No tratamento irrigação plena (IP), a irrigação foi realizada para a reposição da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm), ou seja, sem restrição hídrica às plantas durante todo o ciclo de produção.

No tratamento irrigação com déficit controlado (IDC), a irrigação foi realizada repondo-se a  $ET_c$  até a fase fenológica de cacho fechado, pela escala de Baggiolini (1952), quando a maturação já havia iniciado. Posteriormente, a irrigação foi realizada conforme os valores de umidade do solo medidos semanalmente pela técnica de moderação de neutrons (item 3.6) na profundidade efetiva do sistema radicular (0,60 m) (SILVA, 2005). Assim, a irrigação ocorreu até os 43 dias após a poda de produção (dapp) no ciclo 5, e posteriormente aos 64, 65, 83, 84, 85, 103, 104 e 105 dapp (13 e 14 de junho; 2, 3, 4, 22, 23 e 24 de julho de 2013); até os 45 dapp no ciclo 6, e posteriormente aos 62, 99, 100 e 101 dapp (9 de dezembro de 2013; 15, 16 e 17 de janeiro de 2014); e até aos 51

dapp no ciclo 7, e posteriormente aos 82, 83, 97, 98 e 99 dapp (28 e 29 de julho; 12, 13 e 14 de agosto de 2013).

No tratamento irrigação com deficit (ID) a irrigação foi realizada para repor a ETc até os 43, 45 e 51 dapp nos ciclos 5, 6 e 7, respectivamente, na fase fenológica de cacho fechado. Nenhuma irrigação foi realizada após essas datas.

A colheita foi efetuada aos 121, 112 e 119 dapp (9 de agosto de 2013, 28 de janeiro de 2014 e 3 de setembro de 2014) nos ciclos 5, 6 e 7, respectivamente.

### 3.3- Solo

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média, relevo plano. Levantamentos pedológicos realizados no Vale do São Francisco têm mostrado uma ocorrência expressiva de solos com camadas adensadas que podem restringir a distribuição de água para as porções mais profundas do perfil do solo. A presença de um fragipã neste solo faz com que a sua drenagem seja mais lenta em profundidades maiores (SILVA, 2005).

A granulometria é de 81% de areia, 13% de silte e 6% de argila, a 0-0,20 m; 74 % de areia, 12% de silte e 14% de argila, a 0,20-0,40 m; 75% de areia, 9% de silte e 16% de argila, a 0,40-0,60 m; 67% de areia, 15% de silte e 18% de argila, a 0,60-0,80 m; e 72% de areia, 2% de silte e 19% de argila, a 0,80-1,00 m (SILVA, 2015).

A reposição de nutrientes do solo foi realizada por meio da fertirrigação em cada ciclo, com aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O totalizando 4,32 kg e 8,64 kg respectivamente em toda a área. Os fertilizantes utilizados foram a uréia e o sulfato de potássio.

### 3.4- Clima

Segundo o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitécola, o clima da região pode ser classificado como tipo IH+3, IF-2, IS+2 que

corresponde a uma região de clima muito quente, de noites quentes e de forte ocorrência de seca. O índice pluviométrico anual médio é de 531 mm, com chuvas irregulares.

### 3.5- 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<sub>0</sub>, 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 do experimento:

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

Em que:

ET<sub>0</sub> – 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<sub>2</sub> – 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;  
Δ - declividade da curva de pressão de vapor, kPa °C<sup>-1</sup>;  
γ – constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>.

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>, mm) foi estimada por meio do produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>, mm) e o coeficiente de cultura (kc), para cada estágio fenológico. Os valores de kc foram utilizados observando-se a



ocorrência das fases fenológicas de acordo com a escala de Baggiolini (1952): 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, 0,7; do início das floração até o início da maturação, 1,0; do início da maturação até a fase cacho maduro, 0,8; e da fase de cacho maduro até a colheita, 0,5 (BASSOI et al., 2007). Durante as fases de repouso entre os ciclos adotou-se kc de 0,3.

A partir do conhecimento da ETc, o tempo de irrigação foi calculado pela (Equação 3).

$$TI = \frac{(ETc.E1.E2.Kr)}{(Ei.nq)} \quad (3)$$

Em que:

TI – tempo de irrigação, h;  
 ETc – evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;  
 E1 – espaçamento entre gotejamento, m;  
 E2 – espaçamento entre plantas, m;  
 Kr – fator de redução (0,5);  
 Ei – eficiência do sistema de irrigação (0,9);  
 n – número de emissores por planta;  
 q – vazão do emissor (gotejador), L h<sup>-1</sup>;

### 3.6- Determinação da umidade do solo

A umidade do solo ( $\theta$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) 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 neutrons CPN Hydroprobe 503, sendo 4 por tratamento de irrigação. Os tubos de acesso foram instalados na área na linha de plantio e entre emissores 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 4 com:

$$\theta = 0,1657 * Lr - 0,0537 \quad r^2 = 0,9427 \quad (4)$$

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.

### 3.7- Determinação do potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ , MPa) foi medido em cada tratamento de manejo de irrigação, em dois horários distintos ao longo do dia de leitura, sendo uma leitura por volta das 03h00 às 04h00 e outra das 12h00 às 13h00, em 2 folhas adultas coletadas da porção mediana de ramos produtivos em plantas distintas, e em cada uma das 4 repetições por tratamento de irrigação, fazendo uso da câmara de pressão de Scholander (PMS Instrument Co, model 1000) (SCHOLANDER et al., 1965).

As medidas do  $\Psi_w$  foram realizadas aos 57, 68, 85 e 111 dapp (6 e 17 de junho e 4 e 10 de julho de 2013) no ciclo 5; aos 63 e 99 dapp (10 de dezembro de 2013 e 15 de janeiro de 2014) no ciclo 6; e 78 e 107 dapp (24 de julho e 22 de agosto de 2014) no ciclo 7, entre os estádios fenológicos de cacho fechado e de maturação dos cachos.

### 3.8- Determinação das trocas gasosas

As análises das trocas gasosas foram realizadas apenas no ciclo 7, determinando-se os parâmetros: fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), razão concentração de  $CO_2$  intracelular e no ambiente ( $C_i/C_a$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), eficiência intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ), eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) e déficit de pressão de vapor ( $DPV$ ). Para a determinação destas medidas foi utilizado um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (infra red gas analyser, Li 6400, Licor).

As leituras foram iniciadas antes da interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID, e foram concluídas próxima a colheita do ciclo 7. Foram realizadas

avaliações aos 51, 79 e 107 dapp. As medições foram realizadas no período da manhã e tarde, nos horários de 07h00min, 09h00min, 13h00min e 15h00min, sempre nas mesmas folhas adultas e saudáveis as quais apresentaram características bem uniformes quanto à cor, idade e tamanho. Previamente, determinou-se o terço médio do ramo de cada planta para a realização das medidas, sendo utilizadas duas folhas por tratamento, por bloco, totalizando 8 folhas por tratamento.

### 3.9- Determinação da composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )

Em cada parcela experimental, foram coletadas durante a colheita bagas em lados opostos do cacho e nas regiões superior, mediana e basal nos cachos. As bagas foram acondicionadas, congeladas e transportadas para o Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biociências da UNESP, campus de Botucatu. O teor de isótopos de carbono foi medido utilizando um espectrômetro de massa de razões isotópicas, conforme descrito em GAUDILLÈRE et al. (2002). Por convenção, as composições isotópicas entre o observado e o padrão de C foram expressas com notação  $\delta$  em partes por mil (‰).

### 3.10- Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas

Foram coletadas em cada parcela experimental, 200 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 de 100 bagas 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 portátil 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, e a medição foi 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 foi utilizado na equação 5, 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:

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

Em que:

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

Vg – volume gasto da amostra, mL;

N – normalidade do hidróxido de sódio (NaOH), (0,1);

Va – volume de água, mL.

Nas colheitas, foram determinados o número e a massa de cachos (kg) por planta. A partir daí foi estimada a massa média do cacho (g) e a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>).

A eficiência do uso de água (EUA, kg m<sup>-3</sup>) para cada tratamento foi calculada pela relação entre produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e volume de água aplicado (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

### 3.10.1- Antocianinas totais e flavonóides

As antocianinas e os flavonóides foram quantificados pesando-se 0,5 g de casca da uva e adicionando-se 30 mL da solução extratora álcool etílico (95%) - HCl (1,5 N) na proporção 85:15. Posteriormente, as amostras foram por meio de um homogeneizador de tecidos tipo “Turrax” por 2 minutos, na velocidade “5”.. Logo após, o conteúdo foi transferido diretamente para balão volumétrico de 25 mL ao abrigo da luz, aferido com a solução extratora, homogeneizado e armazenado por uma noite na geladeira em frasco âmbar. No dia seguinte, o material foi filtrado em béquer de 50 mL protegido da luz. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis, a 535 nm, para antocianinas e 374 nm para flavonóides (FRANCIS, 1982). Os resultados foram expressos em mg100g<sup>-1</sup>, a partir das seguintes fórmulas:

$$\text{Teor de antocianina total} = \text{Absorbância} * \text{Fator de diluição} / E1\% \quad (6)$$

Em que:

Fator de diluição ( $500/2*100 = 2500$ )

E1 é o coeficiente de extinção (98,2%).

$$\text{Teor de flavonóides amarelos} = \text{Absorbância} * \text{Fator de diluição} / E1\% \quad (7)$$

Em que:

Fator de diluição ( $500/2*100 = 2500$ );

E1 é o coeficiente de extinção (76,6 %).

### 3.10.2- Polifenóis extraíveis totais (PET)

Os polifenóis extraíveis totais foram determinados usando o reagente de Folin-Ciocalteu. A extração foi realizada utilizando amostra de uva com casca e polpa na proporção de 11 g de polpa e 2 g de casca. Foram adicionados 40 mL de solução de álcool metílico 50% (primeira solução extratora), que foi homogeneizada, deixando-se, em seguida, em repouso por 1 hora. Na etapa seguinte, a mistura foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante foi transferido para balão de 50 mL. Ao precipitado, foi adicionado uma solução de acetona 70% (segunda solução extratora), mantendo repouso por mais 1 hora. Depois, essa mistura foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 50 mL, aferindo-se com água destilada, obtendo assim o extrato. A determinação foi realizada usando alíquotas do extrato (que não ultrapassassem 1 mL), 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de NaCO<sub>3</sub> 20% e 2 mL de água destilada em tubos de ensaio, sendo, em seguida, homogeneizados e mantidos em repouso por 30 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> de polpa (LARRAURI et al., 1997).

### 3.10.3- Atividade antioxidante total (AAT)

A atividade antioxidante foi determinada por dois métodos de captura do radical orgânico, o ABTS (2,2' - azino - bis 3 - etilbenzeno - tiazolina - 6 -

ácido sulfônico) e o DPPH (2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazila), com o intuito de estabelecer qual o método mais apropriado para uva.

#### 3.10.3.1- 2,2 – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico (ABTS)

O procedimento foi baseado em método desenvolvido por Miller et al., (1993) com adaptações feitas por Rufino et al., (2007a). O ensaio com o radical livre ABTS foi obtido pela sua reação, em concentração de 7 mM, com persulfato de potássio (2,45  $\mu$ M, concentração final). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ), durante 16 horas, em ausência de luz. Uma vez formado o radical  $\text{ABTS}^{\bullet+}$ , diluiu-se com álcool etílico até obter um valor de absorvância entre 0,695 a 0,705, em leituras realizadas a 734nm. O extrato utilizado foi o mesmo usado para a quantificação dos polifenóis extraíveis totais. A leitura espectrofotométrica foi realizada 6 minutos a partir da mistura do radical com o extrato. Foi utilizada alíquota de 30  $\mu$ L de amostra e 3 mL de radical  $\text{ABTS}^{\bullet+}$ , sendo gerada uma curva a partir dos valores das absorvâncias e das concentrações das amostras. Os valores da AAT foram obtidos substituindo-se o valor de y na equação da reta pela absorvância equivalente a 1.000  $\mu$ M de Trolox, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$  polpa.

#### 3.10.3.2- 2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazila (DPPH)

Como no método anterior, o extrato utilizado foi o mesmo dos polifenóis extraíveis totais. Em ambiente escuro, foi transferida alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH (solução de DPPH a 0,06 mM) e, posteriormente, homogeneizados, em agitador de tubos. Além disso, foi utilizado 0,1 mL da solução controle (álcool metílico – 50%, acetona – 70% e água) com os mesmos 3,9 mL de DPPH. As leituras foram realizadas após 45 minutos, em espectrofotômetro UV-Vis, a 515 nm. Após a leitura, o valor correspondente a metade da absorvância inicial do controle foi substituído pelo y da equação da curva do DPPH onde foi encontrado o consumo em  $\mu\text{M DPPH}$  e, em seguida, transformado para g DPPH. A partir das absorvâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, substituiu-se o valor da absorvância no eixo Y e a diluição ( $\text{mg L}^{-1}$ ) no eixo x, sendo determinada a equação da reta. Para calcular a AAT, a absorvância equivalente a 50% da concentração do DPPH foi

substituída pelo  $y$  da equação da amostra, encontrando-se o resultado que corresponde à amostra necessária para reduzir em 50% da concentração inicial do radical DPPH. O resultado ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrado na equação da amostra foi dividido por 1.000 para se ter o valor em g e, em seguida, dividido pelo valor encontrado em g DPPH (referente à equação da curva) para obtenção do resultado final, expresso em  $\text{g fruta g}^{-1}$  DPPH (SANCHEZ-MORENO et al., 1998 com adaptações feitas por RUFINO et al., 2007b).

#### 3.10.4- Taninos

Os taninos foram determinados após fracionamento, conforme metodologia descrita por Reicher et al., (1981). Para cada fração, pesou-se 13,0 g de uva, sendo 2,0 g de casca + 11,0 g de polpa, de forma a representar a proporção média destas duas partes nas variedades estudadas, e adicionou-se aproximadamente 50 mL do extrator metanol absoluto, metanol 50% e água, para extração, respectivamente, de taninos dímeros, oligoméricos e poliméricos. Na extração dos taninos poliméricos, as amostras foram colocadas em banho-maria a 60° C, por 15 minutos. Para os outros tipos, o material foi submetido a refluxo por 15 minutos. Após a extração, todas as amostras foram agitadas por 15 minutos e, em seguida, filtradas a vácuo. O filtrado foi, então, evaporado até o volume aproximado de 5 mL e diluído para 50 mL. Alíquotas de 0,3 mL foram utilizadas para o doseamento. As leituras foram feitas em espectrofotômetro UV-Vis, a 720 nm.

#### 3.11- Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste F, a 5% de probabilidade) e as médias dos dados, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O programa utilizado para as análises estatísticas foi o SISVAR (FERREIRA, 2000).

#### **4- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### 4.1- Evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura, lâmina bruta aplicada e precipitação

A Tabela 1 apresenta os valores de ETo, ETc e LB nos três ciclos de produção da videira cv. Syrah avaliados. O ciclo 6 apresentou maior valores de ETo, ETc e LB que os demais, pois o mesmo ocorreu no período de maior demanda evapotranspiratória em Petrolina – PE. No entanto, nesse ciclo houve uma maior precipitação pluvial, especificamente entre 66 a 75 dapp, período no qual não houve irrigação. Durante os ciclos 5 e 7 não houveram valores altos de precipitação pluvial.

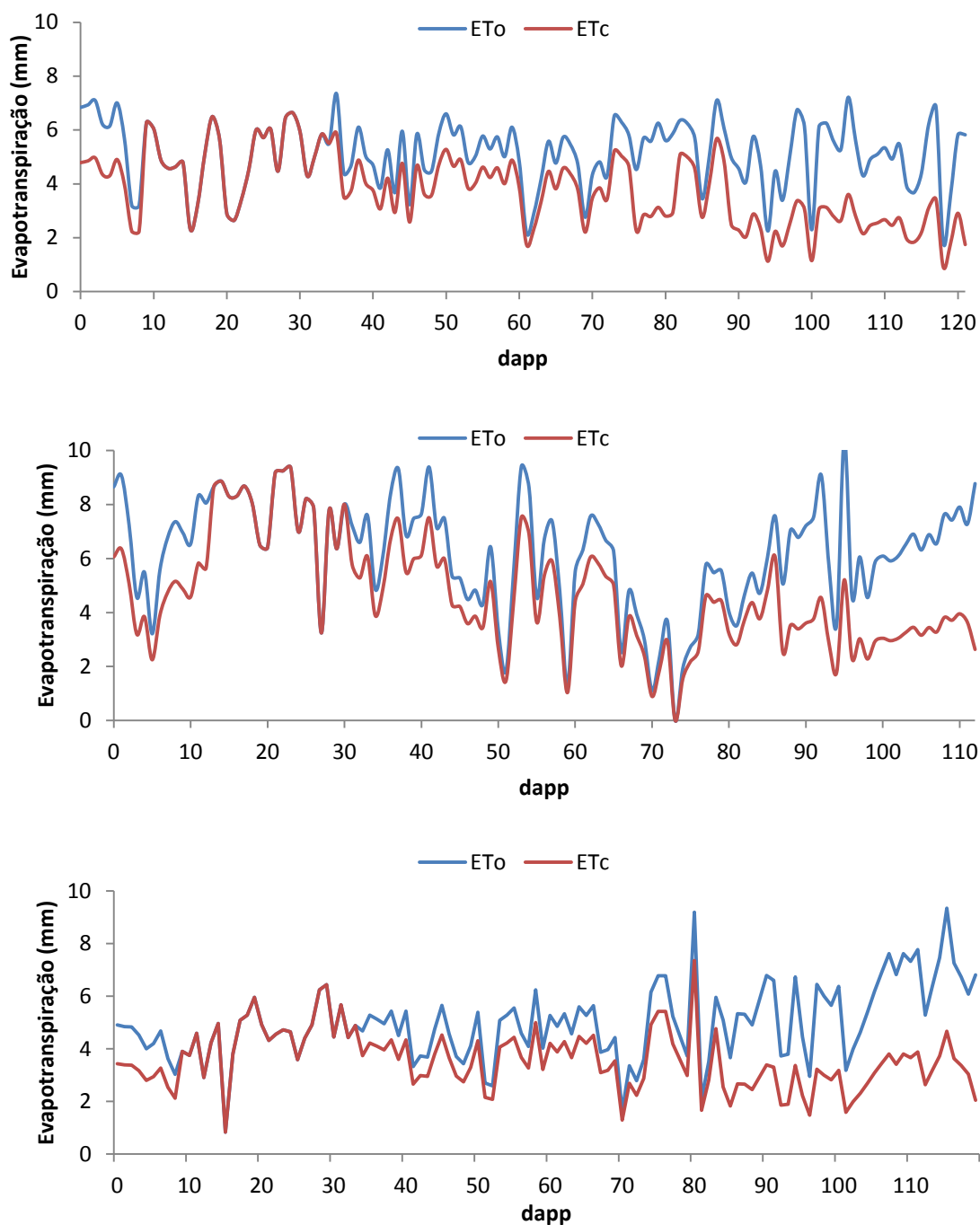


**Tabela 1.** Período e duração dos ciclos de produção da videira cv. Syrah, evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), precipitação pluvial (P) e lâmina bruta de irrigação aplicada (LB) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit (IDC) e irrigação com déficit (ID).

	Ciclo 5 10/abr - 9/ago/2013	Ciclo 6 8/out/2013 - 28/jan/2014	Ciclo 7 7/mai - 3/set/2014
Duração (dias)	121	112	119
ET <sub>o</sub> total (mm)	624,2	703,5	596,7
ET <sub>o</sub> média (mm dia <sup>-1</sup> )	5,1	6,2	5,0
ET <sub>o</sub> máxima (mm dia <sup>-1</sup> )	7,4	10,4	9,4
	35 dapp 15/ mai/2013	95 dapp 11/jan/2014	115 dapp 30/ago/2014
ET <sub>c</sub> total (mm)	460,0	528,1	431,1
ET <sub>c</sub> média (mm dia <sup>-1</sup> )	3,8	4,7	3,6
ET <sub>c</sub> máxima (mm dia <sup>-1</sup> )	6,7	9,4	7,4
	29 dapp 9/ mai/2013	23 dapp 31/out/2013	80 dapp 26/jul/2014
Interrupção da irrigação	43 dapp* 23/mar/ 2013	45 dapp* 22/nov/2013	53 dapp* 28/jun/2014
P total (mm)	25,4 (14 + 21,4**)	219,2 (19,8 + 199,4**)	15,5 (5,1 + 10,4**)
LB total IP (mm)	494,6	410,7	464,8
Dias de irrigação IP	79	59	85
LB média IP (mm)	5,0	7,0	5,6
LB total IDC (mm)	253,3	284,0	248,8
Dias de irrigação IDC	39	36	42
LM média IDC	5,6	7,9	5,9
LB ID (mm)	209,6	266,6	226,4
Dias de irrigação ID	29	33	37
LB média ID (mm)	6,3	8,1	6,1

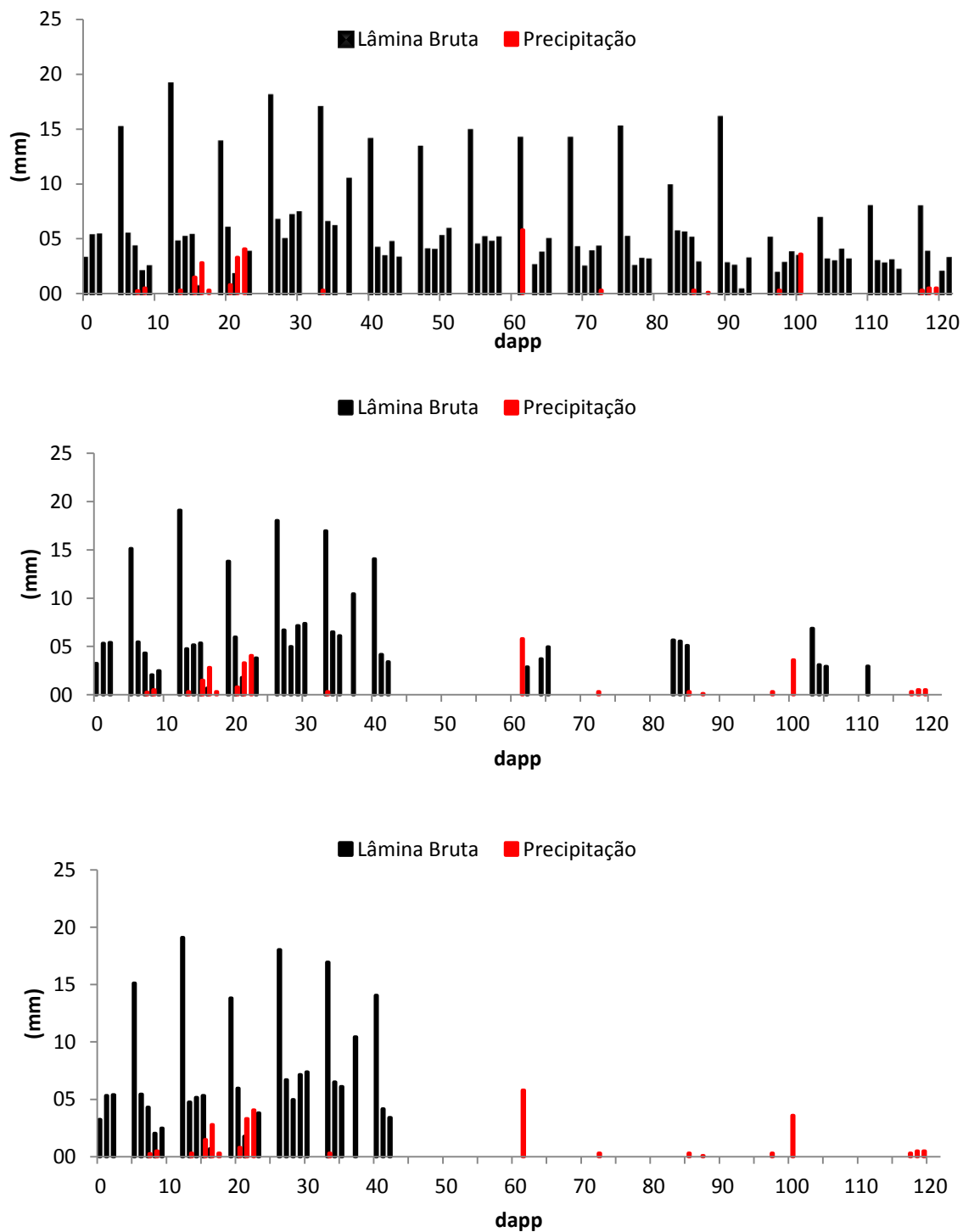
\*dapp - dias após a poda de produção; \*\*precipitação ocorrida antes e depois da interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID

A Figura 2 mostra a evolução dos valores de ET<sub>o</sub> e ET<sub>c</sub> ao longo dos três ciclos de produção da videira cv. Syrah avaliados.

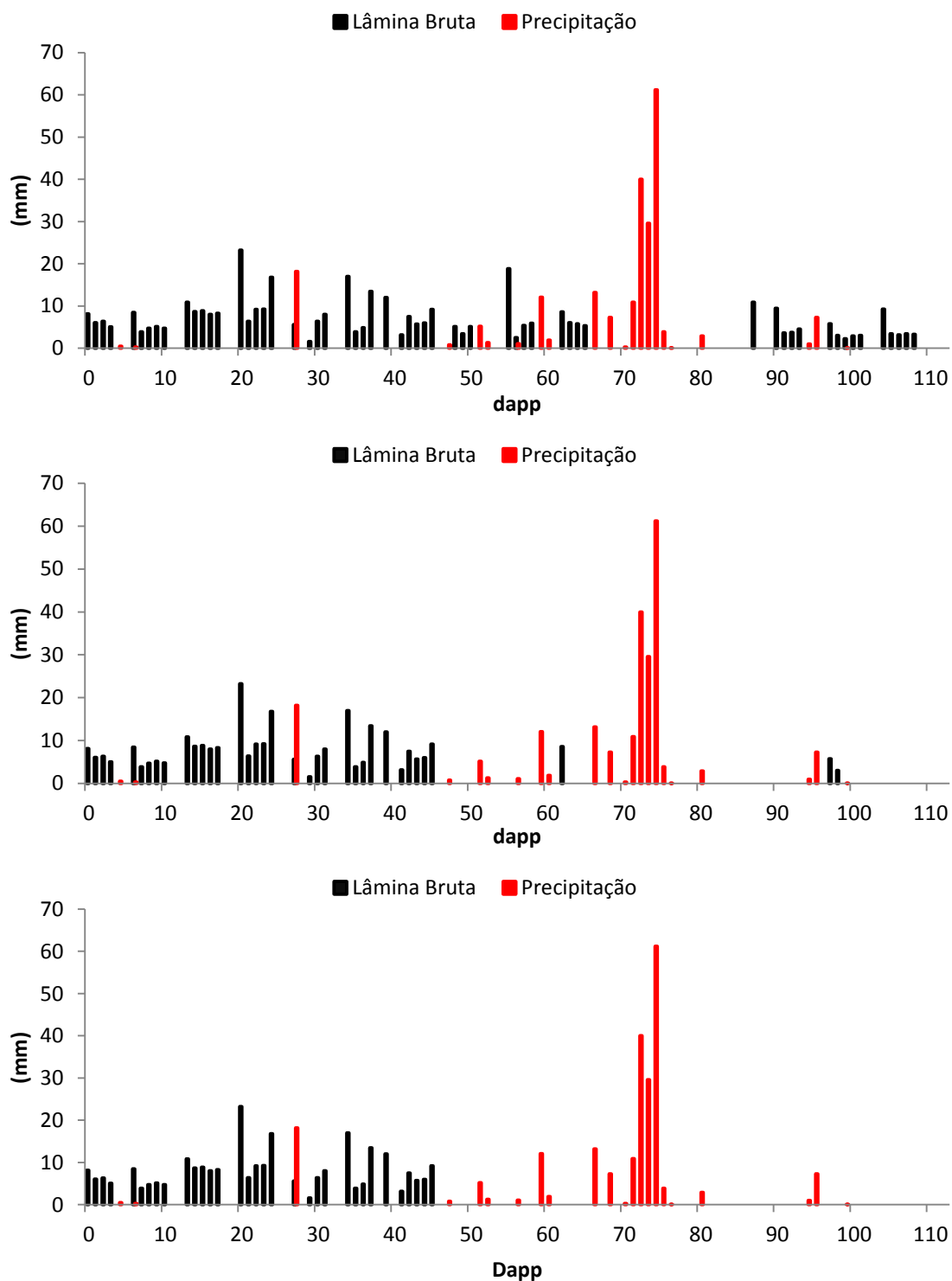


**Figura 2.** Evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc) nos ciclos de produção 5 (superior), 6 (meio) e 7 (inferior) da videira cv. Syrah, em função do número de dias após a poda de produção (dapp).

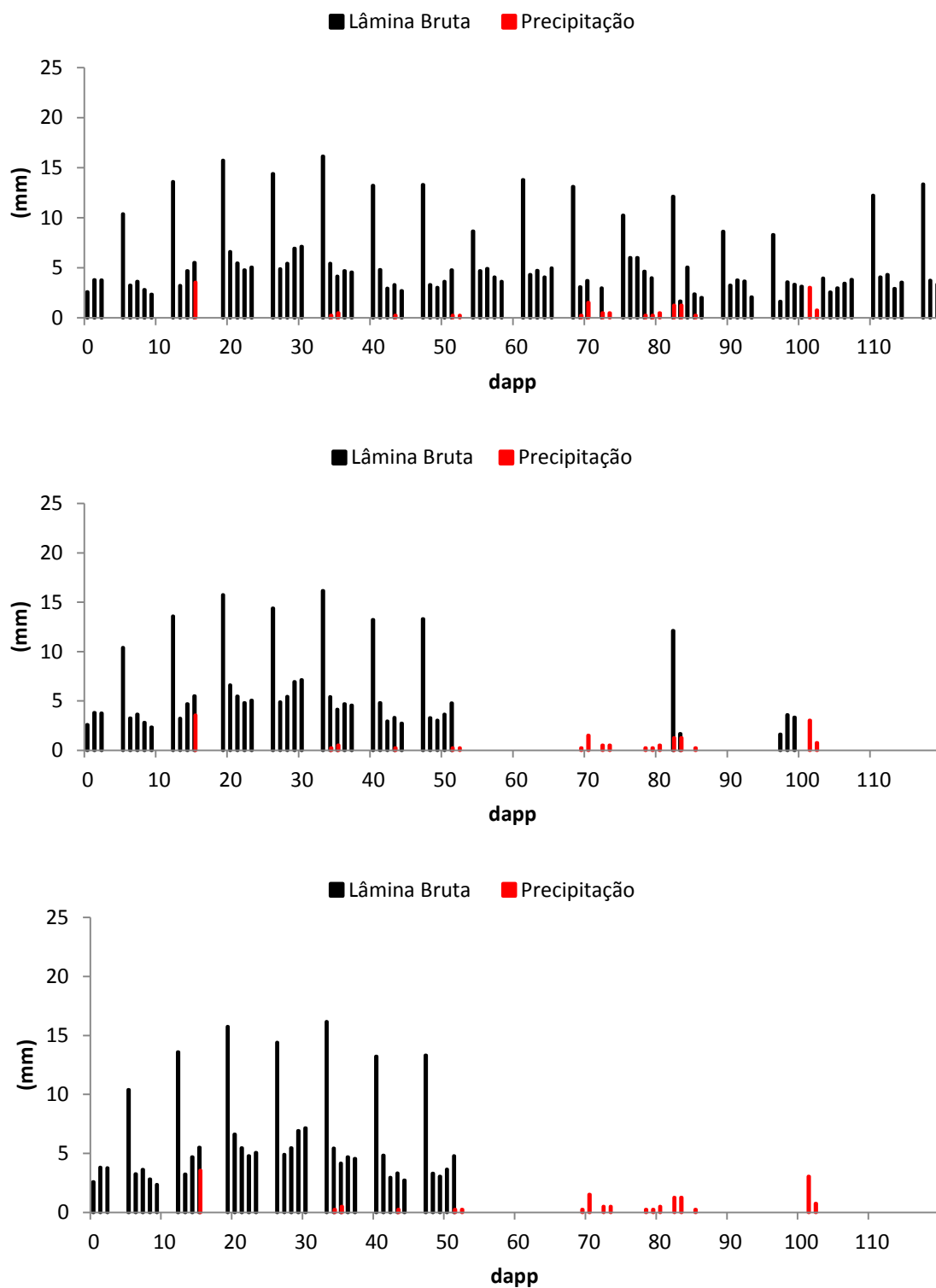
As Figuras 3, 4 e 5 apresentam a evolução dos valores de LB e ETc ao longo dos três ciclos de produção da videira cv. Syrah avaliados. Não houve irrigação aos sábados e domingos. Assim, às segunda-feira, a reposição da evapotranspiração da cultura foi acumulada para sexta-feira, sábado e domingo.



**Figura 3.** Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).



**Figura 4.** Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).

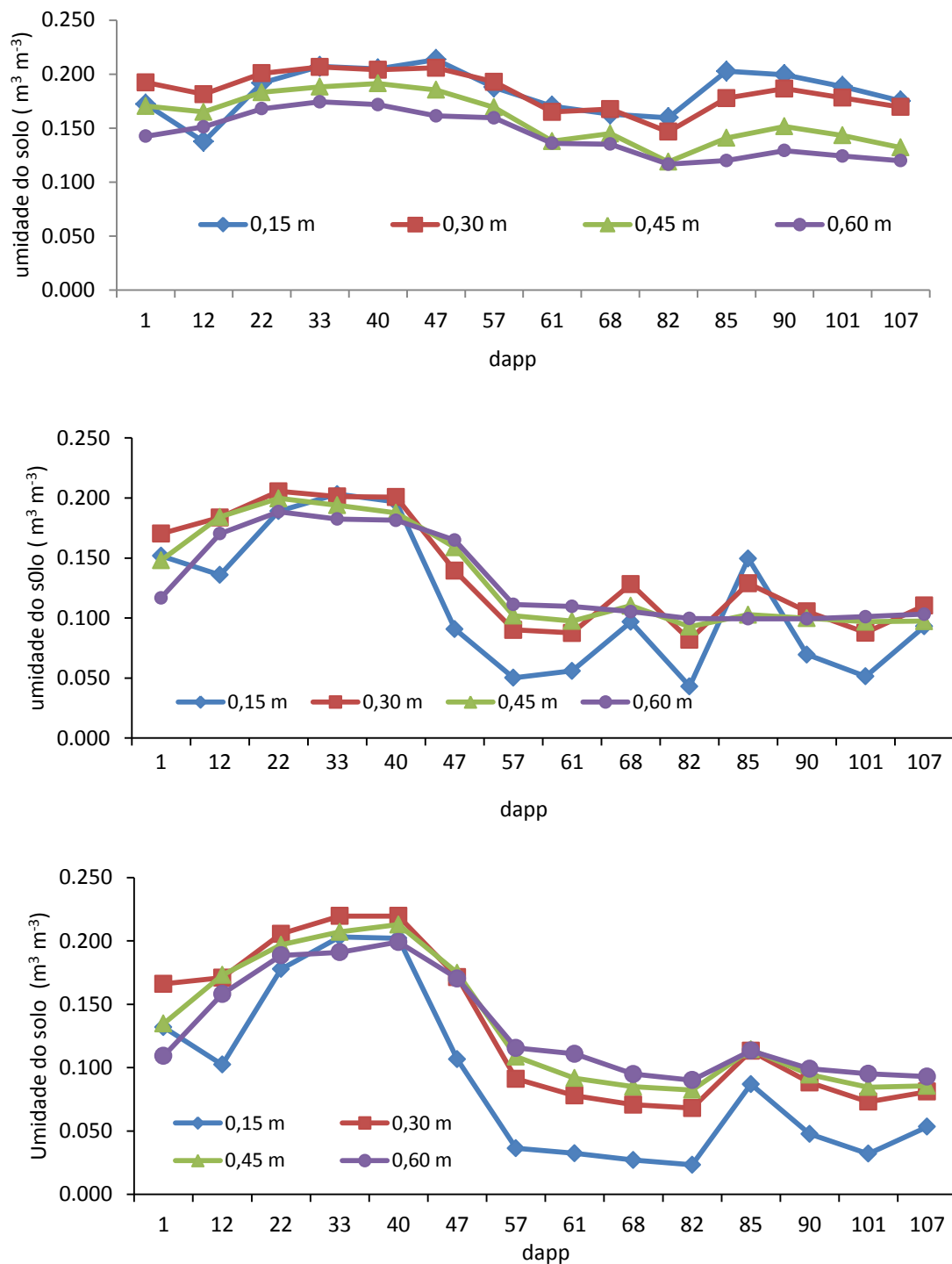


**Figura 5.** Lâmina bruta de irrigação aplicada e precipitação pluvial no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função dos dias após a poda de produção (dapp).

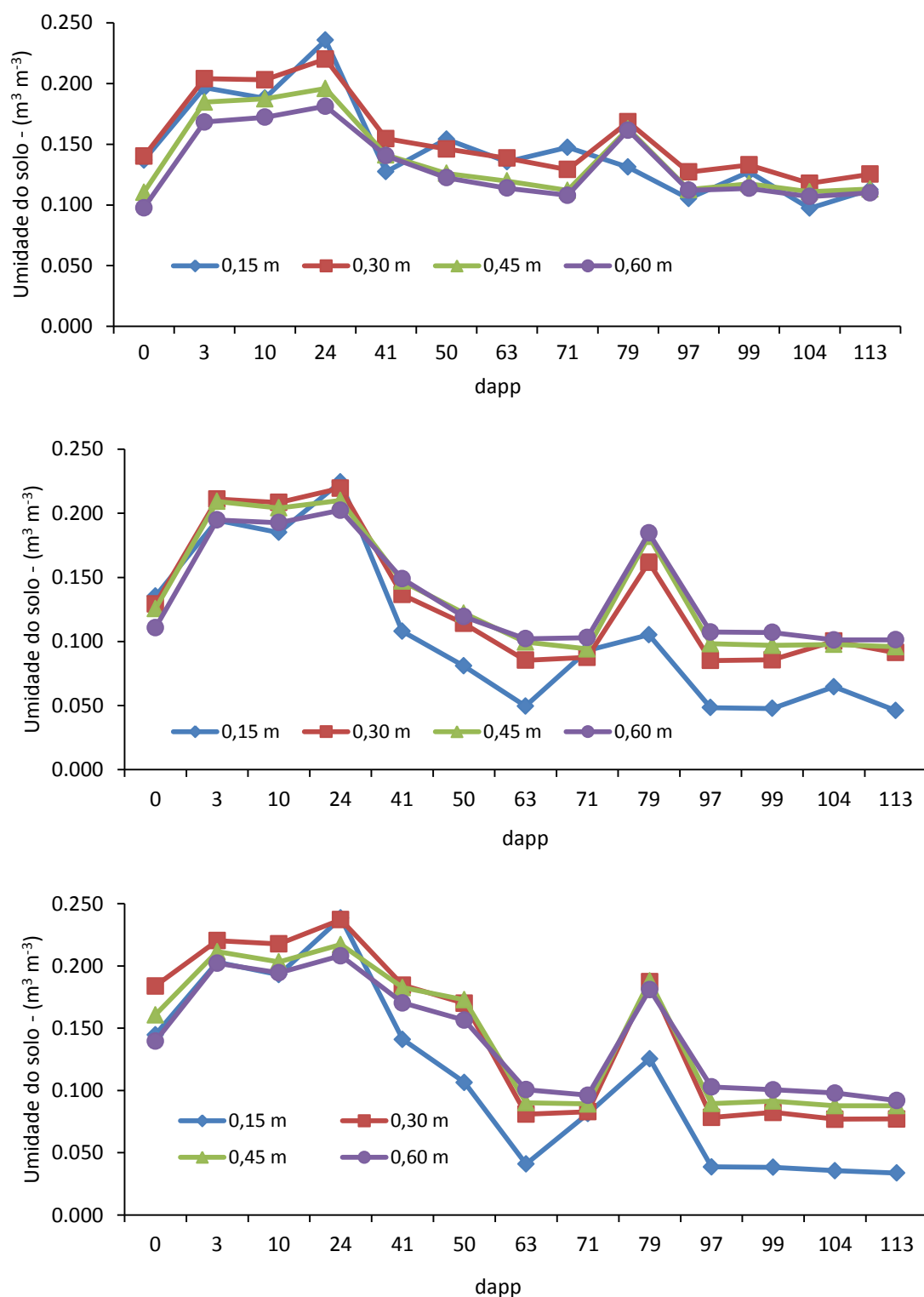
#### 4.3- Variação da umidade no solo

Conforme já apresentado na Tabela 1, a lâmina bruta de irrigação aplicada até o início da interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID (43 dapp no ciclo 5, 45 dapp no ciclo 6 e 53 dapp no ciclo 7) foi a mesma para todos os tratamentos (209,6 mm no ciclo 5; 266,6 mm no ciclo 6; 226,4 mm no ciclo 7), o que fez com que não houvessem grandes diferenças nos valores de umidade do solo, até essas datas, entre os três tratamentos, até 0,60 m de profundidade (Figuras 6, 7 e 8). Posteriormente, a umidade do solo nos tratamentos IDC e ID (Figuras 7 e 8) tornou-se menor que a do tratamento IP (Figura 6). Vale ressaltar que nas condições edáficas do Vale do Submédio São Francisco, a profundidade efetiva do sistema radicular da videira cultivada sob irrigação foi de 0,60 m (BASSOI et al., 2002; BASSOI et al., 2003), onde ocorre maior absorção de água pelas plantas.

Especificamente no tratamento IDC, pode-se observar ao aumento de umidade do solo até a profundidade de 0,45 m (Figuras 6, 7 e 8, intermediários), quando das realizações eventuais de irrigação (Figuras 3, 4 e 5), com base no monitoramento da água no solo. No entanto, no ciclo 6, a influência da irrigação no aumento da umidade do solo após o início da interrupção das irrigações, foi menor que nos ciclos 5 e 7, devido às precipitações de elevadas magnitudes ocorridas aos 72, 73 e 74 dapp.

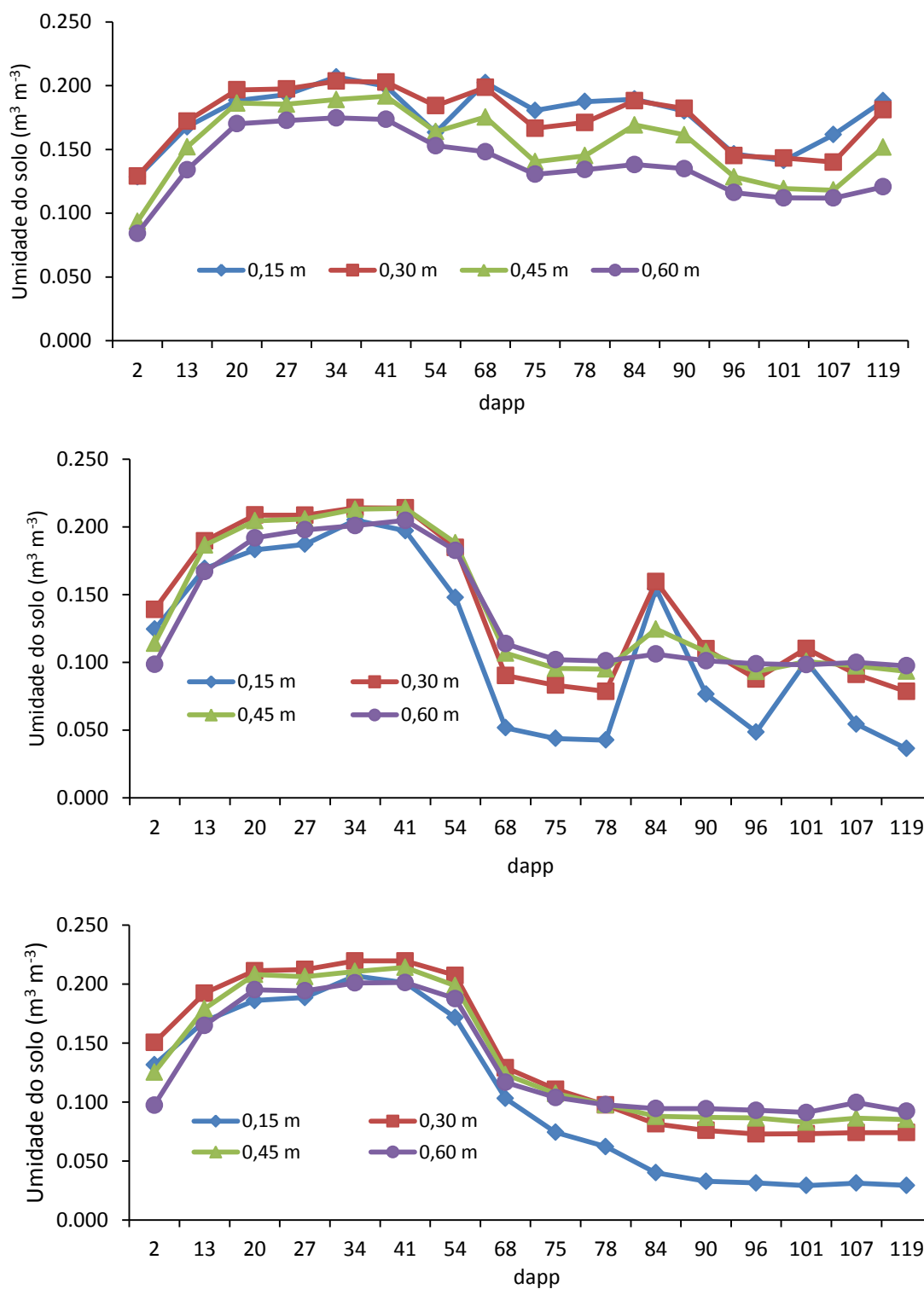


**Figura 6.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).

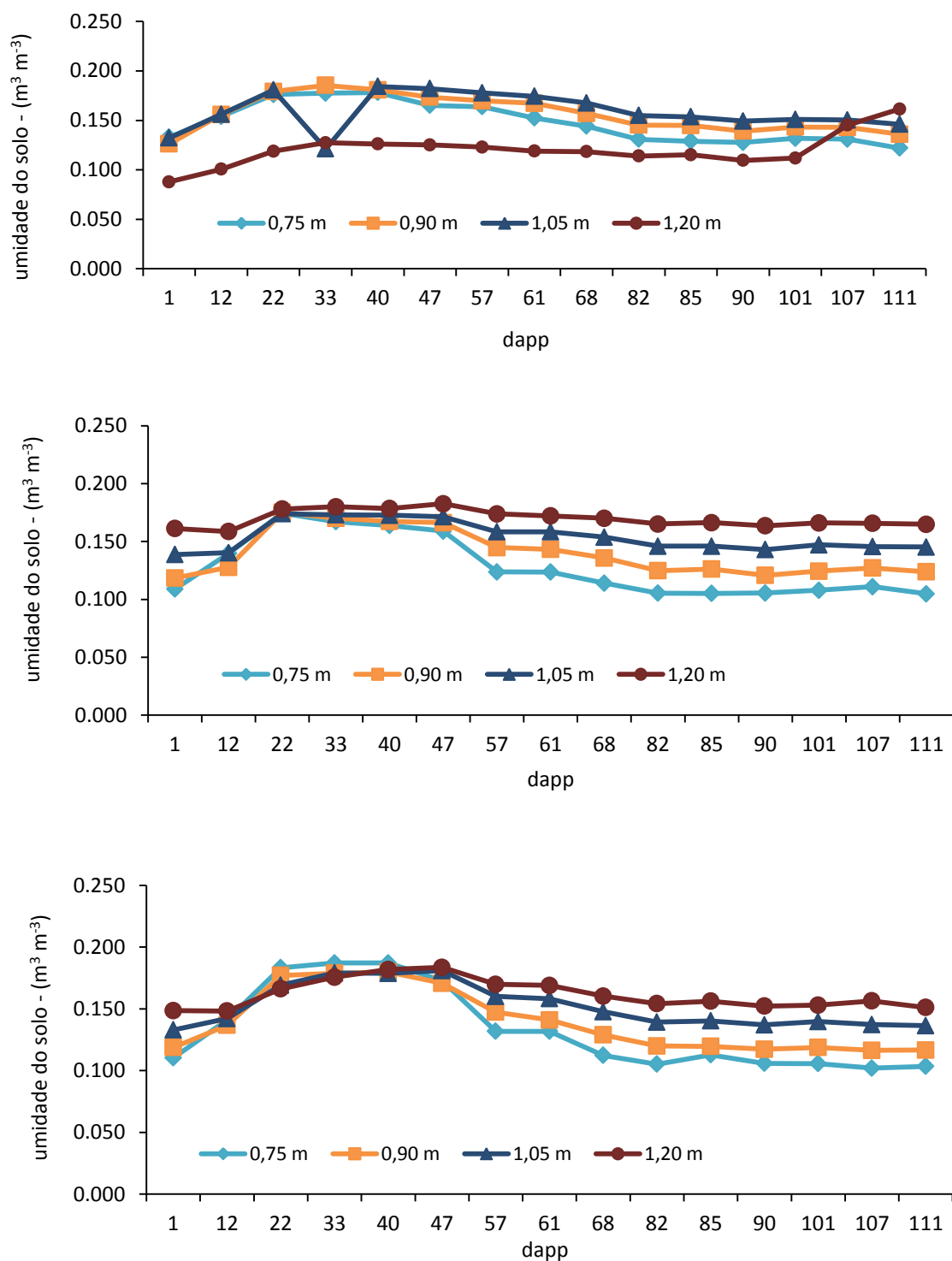


**Figura 7.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).

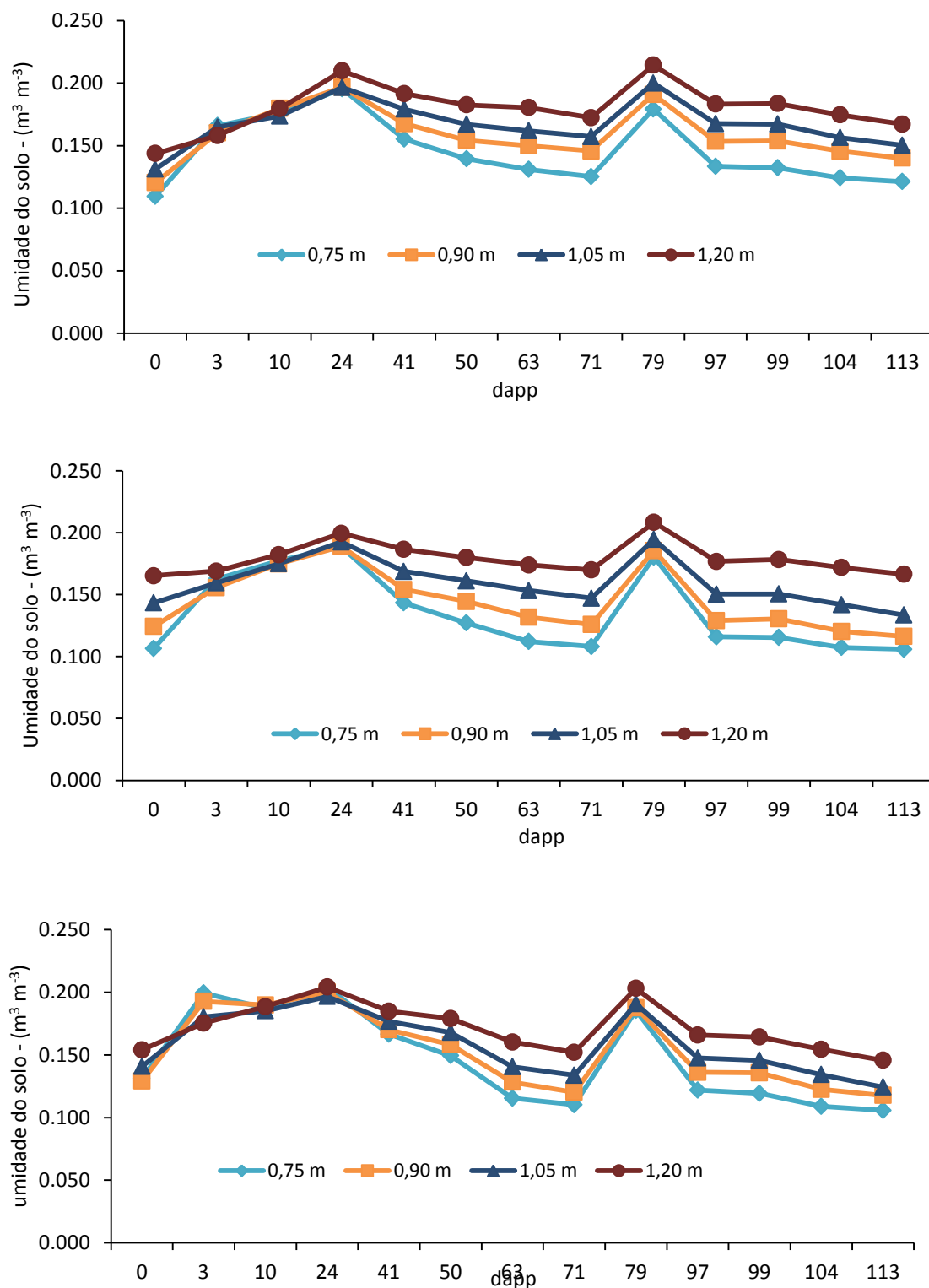




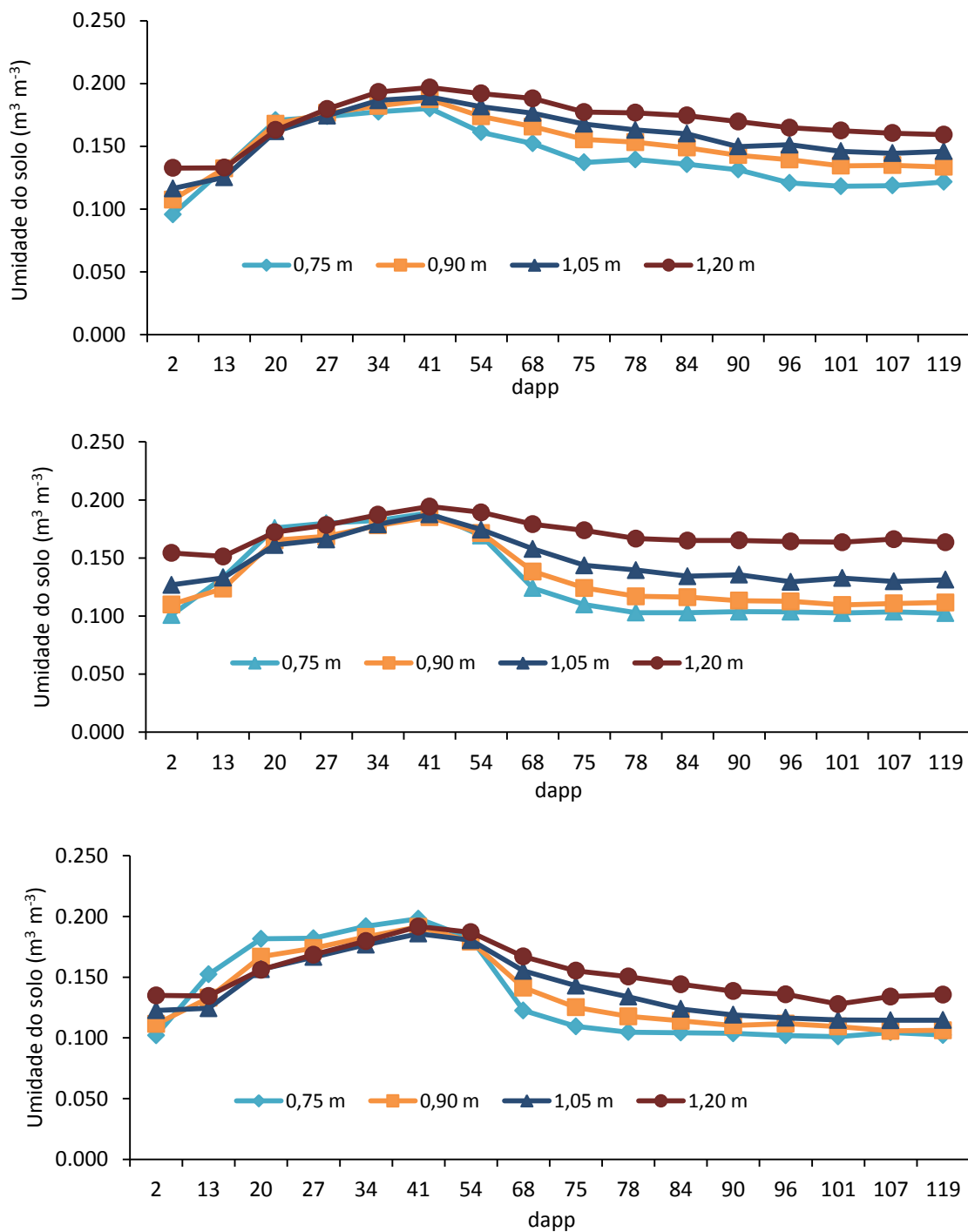
**Figura 8.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).



**Figura 9.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).



**Figura 10.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).



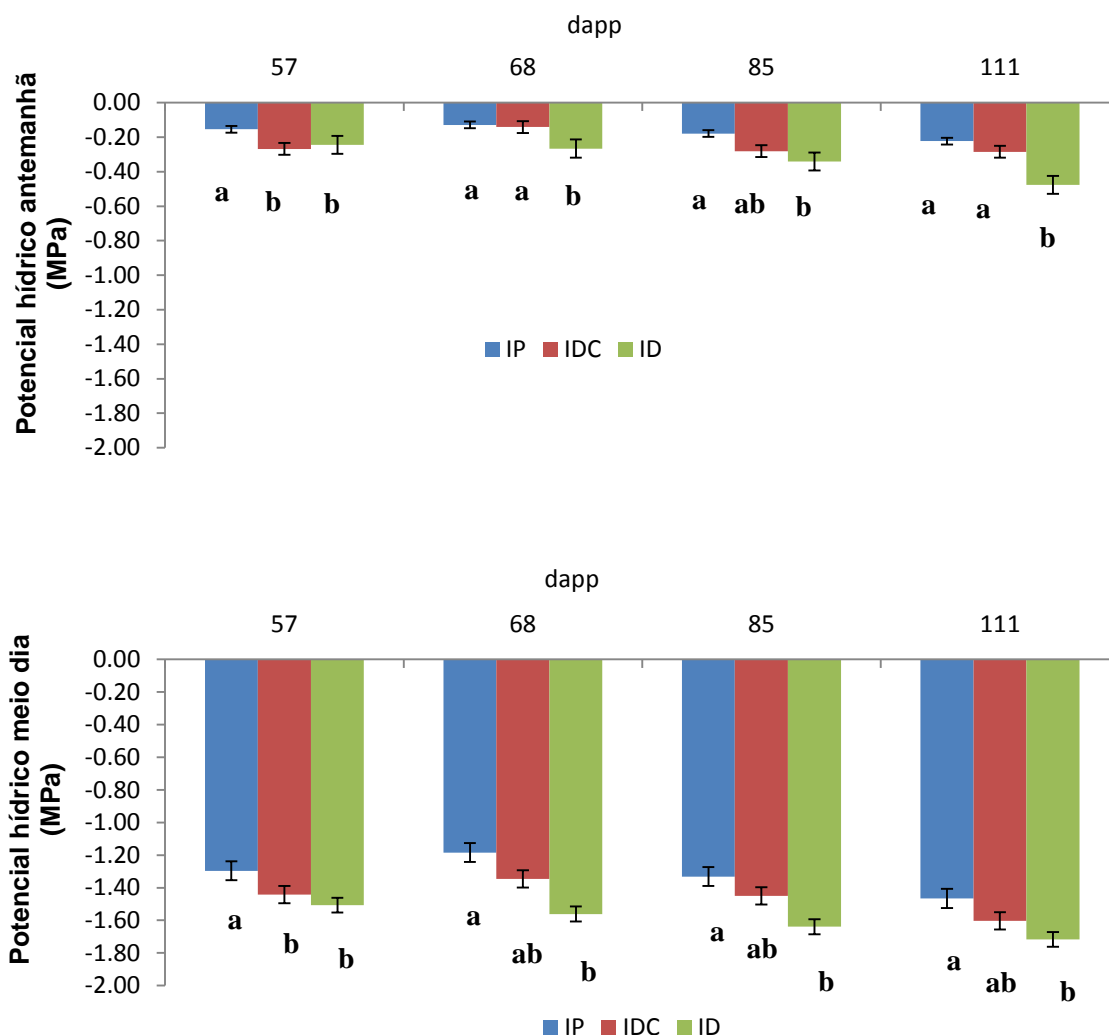
**Figura 11.** Valores médios de umidade do solo no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nas profundidades de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos irrigação plena (superior), irrigação com déficit controlado (meio) e irrigação com déficit (inferior), em função do número de dias após a poda de produção (dapp).

#### 4.4- Potencial hídrico foliar

As medidas do potencial hídrico foliar no ciclo de produção 5 estão apresentados na Figura 12. Os valores de  $\Psi_{md}$  apresentam valores mais baixos que os de  $\Psi_{am}$ , devido ao maior déficit da pressão de vapor que atua durante o dia, ocasionando maior transpiração e, conseqüentemente, menor hidratação das plantas. Na primeira leitura aos 57 dapp, já houve diferença quanto ao  $\Psi_{am}$  e ao  $\Psi_{md}$  entre o tratamento IP e os demais (IDC e ID), que não diferiram entre si. A partir da segunda leitura, o  $\Psi_{am}$  e o  $\Psi_{md}$  somente se diferenciaram entre os tratamentos IP e IC.

O tratamento IP apresentou valores de  $\Psi_{am}$  próximos ou abaixo de -0,20 MPa, indicando que as plantas deste tratamento apresentaram boa condição hídrica (OJEDA, 2007). Os valores de  $\Psi_{am}$  dos tratamentos de IDC e ID caracterizaram o nível de restrição hídrica como leve a médio (-0,2 a -0,4 MPa), exceto aos 111 dapp no tratamento de ID, que apresentou nível de restrição hídrica de média a forte (-0,4 a -0,6 MPa), conforme Ojeda (2007).

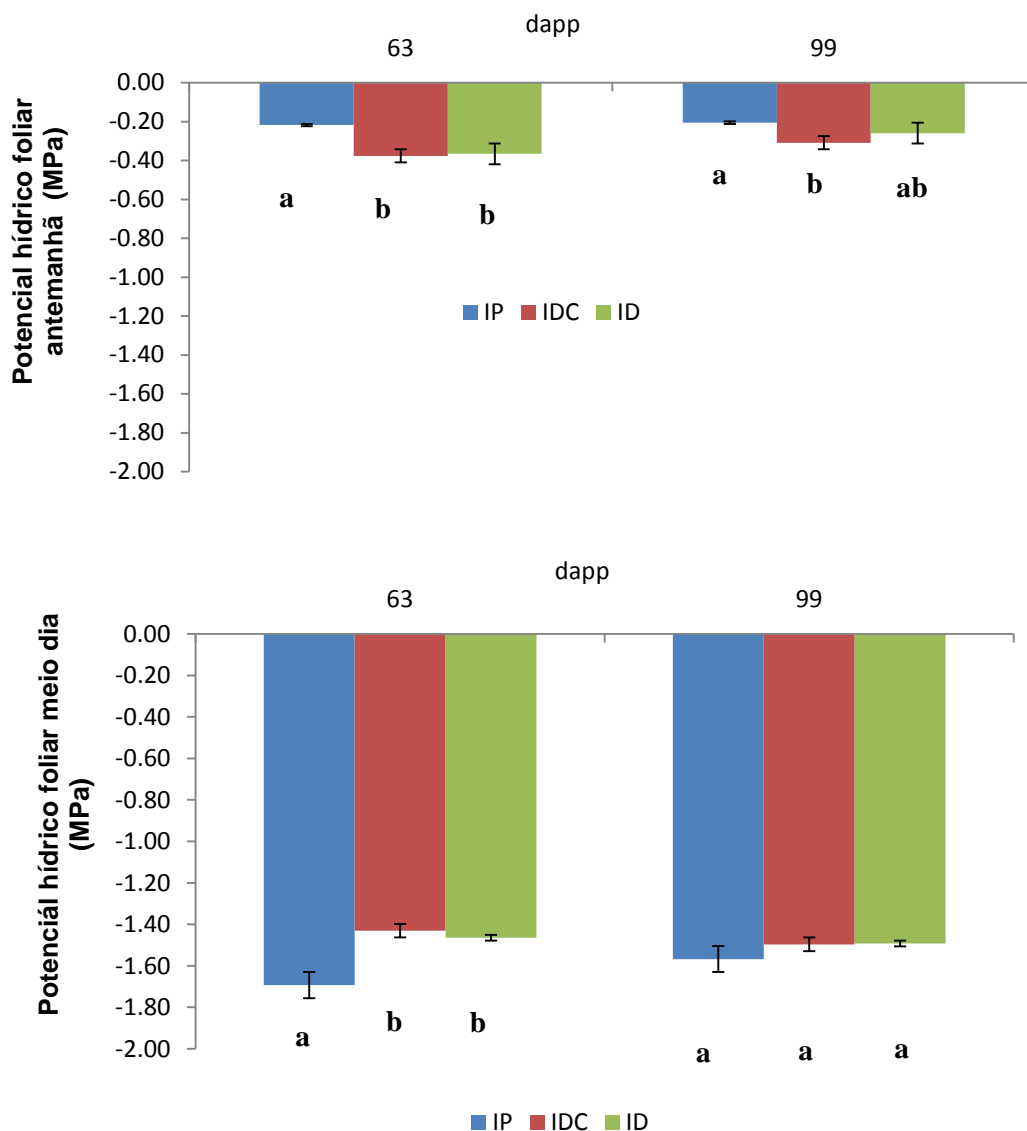
Os valores de  $\Psi_{am}$  encontrados nesse trabalho são um pouco abaixo dos encontrados para a videira submetida a déficit hídrico durante dois ciclos de produção, de -0,6 MPa e -0,4 MPa em Valencia, Espanha (INTRIGLIOLO e CASTEL, 2009). Souza et al. (2009) e Chaves et al. (2010) encontraram valores de  $\Psi_{am}$  próximos a -0,2 MPa em videiras cv. Syrah submetidas ao déficit hídrico.



**Figura 12.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 57, 68, 85 e 111 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ciclo de produção 6, foram realizadas apenas duas medidas de potencial hídrico foliar, devido às precipitações ocorridas após o início da interrupção da irrigação nos tratamentos IDC e ID (Figura 4). Os valores de  $\Psi_{am}$  do tratamento IP (Figura 13) também foram próximos a -0,20 MPa, indicando boa condição hídrica das plantas, enquanto os dos tratamentos IDC e ID foram mais baixos, entre - 0,20 e - 0,40 MPa, apresentando nível de restrição hídrica leve a moderada. Aos 63 dapp, os valores de  $\Psi_{am}$  e  $\Psi_{md}$  dos tratamentos IDC e ID diferiram estatisticamente do tratamento IP e não diferiram entre si. Mas aos 99 dapp, os valores de  $\Psi_{am}$  do tratamento ID não diferiu estatisticamente

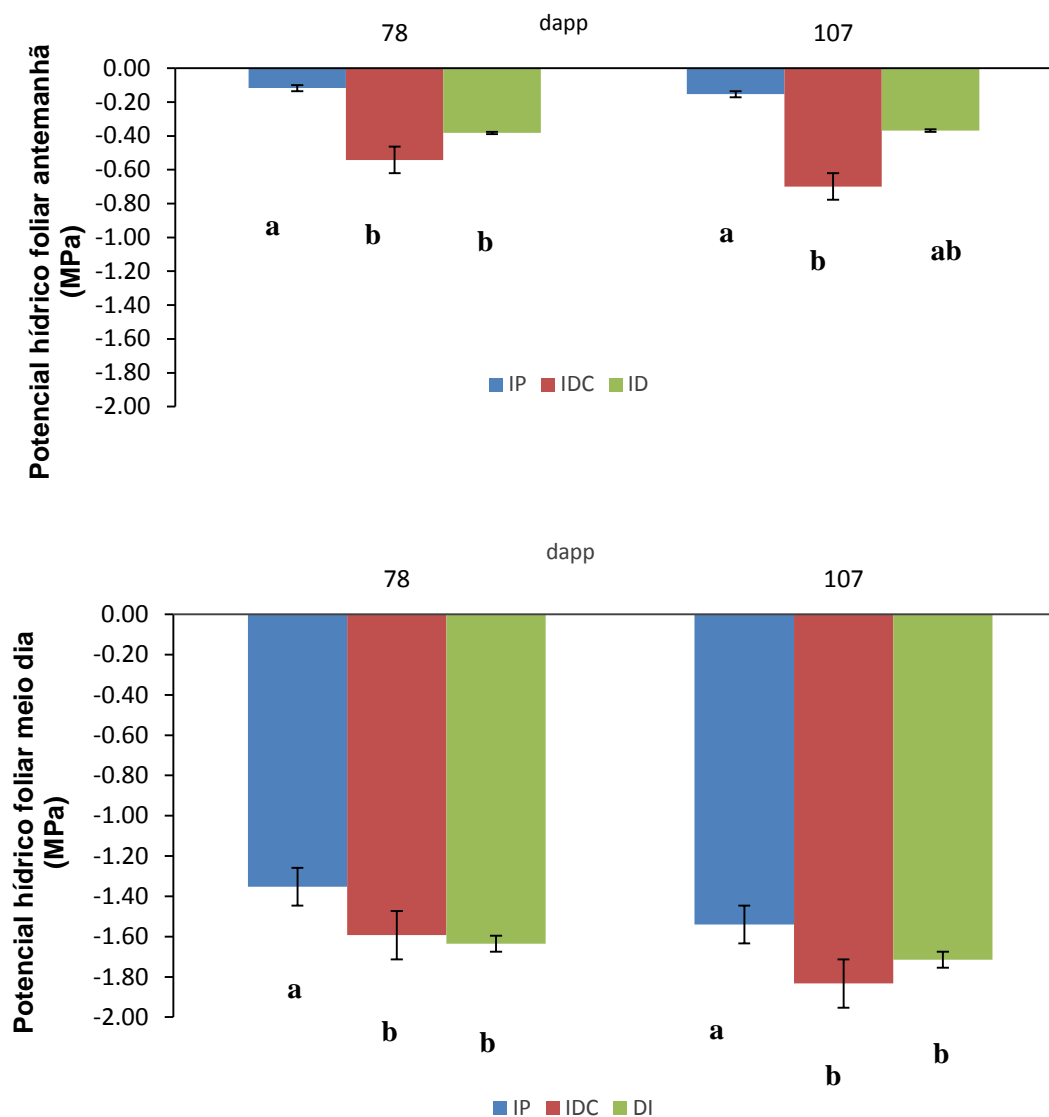
dos demais tratamentos. Quanto ao  $\Psi_{md}$ , seus valores não diferiram entre os tratamentos. Isto ocorreu possivelmente devido as precipitações pluviais ocorridas durante o ciclo. Houve diferença estatística apenas entre os tratamentos IP e ID.



**Figura 13.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e potencial hídrico foliar ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 63 e 99 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ciclo de produção 7, os valores de  $\Psi_{am}$  do tratamento IP foi maior que os tratamentos IDC e ID aos 78 dapp. No entanto, aos 107 dapp, os tratamentos IP e IDC diferiram estatisticamente e o tratamento ID não diferiu estatisticamente em

comparação com os demais tratamentos. O tratamento de IP apresentou valores acima de -0,20 MPa, indicando boa hidratação das plantas; em contrapartida leituras das plantas do tratamento IDC foram -0,54 MPa e -0,70 MPa, apresentando assim níveis de restrição hídrica média a forte. O tratamento ID apresentou leituras próximo a -0,4 MPa indicando nível de restrição leve a média. O  $\Psi_{md}$  apresentou foi maior no tratamento IP (Figura 14).



**Figura 14.** Potencial hídrico foliar na antemanhã -  $\Psi_{am}$  (superior) e potencial hídrico foliar ao meio dia -  $\Psi_{md}$  (inferior) no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com deficit (ID), aos 78 e 107 dias após a poda de produção (dapp). Barras de valores com letras diferentes representam diferença estatística segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.



#### 4.5- Trocas gasosas

As medidas de trocas gasosas no ciclo 7 foram realizadas aos 51, 79 e 107 dapp (Figuras 15 e 16), notando-se que nas leituras realizadas aos 51 dapp, não houve diferença entre os tratamentos, pois a lâmina de água aplicada até esta data foi a mesma para todos os tratamentos.

Nos resultados de fotossíntese líquida (A) aos 79 e 107 dapp ocorreram grandes reduções dos valores nos IDC (variando entre 10,95 e 3,22  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e ID (variando entre 11,51 e 2,78  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em comparação ao tratamento IP (variando entre 17,06 e 8,26  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) devido à restrição hídrica imposta pela aplicação dos tratamentos e disponibilidade de água no solo para a estratégia de irrigação IP (Figura 15). E os tratamentos IDC e ID apresentaram de modo geral valores próximos entre si nas datas citadas. Quando as plantas se encontram em situação de estresse hídrico ocorre o fechamento dos estômatos, a fim de evitar a completa desidratação das folhas. Com isto a difusão do  $\text{CO}_2$  é limitada para o mesófilo foliar o que acarreta diminuição da fotossíntese (CHAVES et al., 2009).

Maiores valores de fotossíntese líquida foram encontrados por Santos (2012), em experimento realizado na mesma região e e mesma cultivar do presente trabalho em plantas sem restrição hídrica (22,07  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com leituras realizadas entre 8:00 e 10:00 horas, comparado ao tratamento IP. Chaves et al. (2010) relata valor superior de fotossíntese líquida de 12,1  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em videiras Syrah sob déficit hídrico no sul de Portugal, em comparação as estratégias de irrigação ID e IDC. Romero et al., (2013) encontrou valores mínimos de fotossíntese líquida ao meio de 5,1  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em videiras submetidas ao déficit hídrico em clima semiárido na Espanha.

As respostas das plantas sob diferentes estratégias de irrigação avaliadas na condutância estomática ( $g_s$ ) apresentaram comportamento semelhante à fotossíntese líquida, indicando assim fechamento estomático nas plantas submetidas ao déficit hídrico e por conseguinte diminuição da assimilação de  $\text{CO}_2$ .

O início da ocorrência de limitações metabólicas da fotossíntese é verificado quando os valores de condutância estomática situam-se entre  $0,15 > g_s > 0,05$   $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , caracterizado também como nível médio de carência hídrica (FLEXAS et al., 2002; MEDRANO et al., 2002; CIFRE et al., 2005). Valores encontrados no presente

trabalho estão dentro da faixa citada nos tratamentos IDC e ID aos 79 e 107 dapp. Nesta última data, isso ocorreu apenas na primeira leitura realizada às 7:00 horas; as demais leituras aos 107 dapp apresentaram valores abaixo de  $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Tais valores também foram encontrados por Chaves et al., (2010) em videiras Syrah sob déficit hídrico. Em videiras *Vitis vinífera* com disponibilidade hídrica foram registrados condutância estomática superior a  $0,8 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (TESZLÁK et al., 2013) e superior a  $1 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (INZERILLO et al., 2014), que são maiores quando comparados ao tratamento IP do presente trabalho. Este resultado pode ter sido causado por fatores climáticos, como exemplo, o alto déficit de pressão de vapor registrados durante as leituras no presente trabalho (Figura 16), com valores máximos próximos a 4 kPa.

A transpiração ( $E$ ) nas folhas apresentou o mesmo comportamento da condutância estomática e fotossíntese líquida. Além de serem mecanismos distintos, a transpiração e a fotossíntese estão associadas pelos estômatos das folhas que são a conexão da planta com o ar atmosférico, e pelos quais as plantas realizam suas trocas gasosas. Na leitura aos 79 dapp houve diminuição da transpiração para os tratamentos IDC e ID devido ao fechamento estomático ocasionado pelo déficit hídrico, e por consequência diminuição da fotossíntese líquida. O tratamento IP apresentou as maiores médias de transpiração por ter reposição hídrica de acordo com as necessidades das plantas, indicando assim influência dos tratamentos no comportamento fisiológico da videira. Este comportamento também é apresentado no potencial hídrico foliar antemanhã e ao meio dia, também indicando nível médio de carência hídrica.

O presente trabalho apresentou variação dos valores dos tratamentos ID e IDC (entre  $5,46$  e  $0,99 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) de  $E$  abaixo do obtido por Souza et al., (2009) em videira Syrah submetidas a estratégia de irrigação ID (variando entre  $8$  e  $6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Como o complexo mecanismo que gerencia as trocas de gases das plantas é importante fator em condições áridas, influenciando na diminuição da transpiração, o mesmo diminuirá a taxa fotossintética, afetando o crescimento e produção. Assim, existe conexão entre a transpiração e a fotossíntese (KRAUTER, 2001). Para melhor avaliar essa dualidade se faz necessário o estudo da eficiência do uso da água pela relação entre a fotossíntese líquida e a transpiração ( $A/E$ ) ou entre a fotossíntese e a condutância estomática ( $A/g_s$ ) (DURING, 1994; FLEXAS et al., 1998).

Na figura 16 nota-se maior eficiência intrínseca do uso da água no tratamento IDC na leitura aos 107 dapp, pois apresentou as maiores médias na última leitura. Aos 79 dapp, o IDC apresentou maiores valores de eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) e o tratamento IP apresentou menor eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ). Em condições semiáridas as plantas com boa disponibilidade de água apresentam maiores  $A$  e  $g_s$  (INTRIGLIOLO e CASTEL, 2009), como ocorreu no presente trabalho no tratamento IP, com menores valores de  $A/g_s$ .

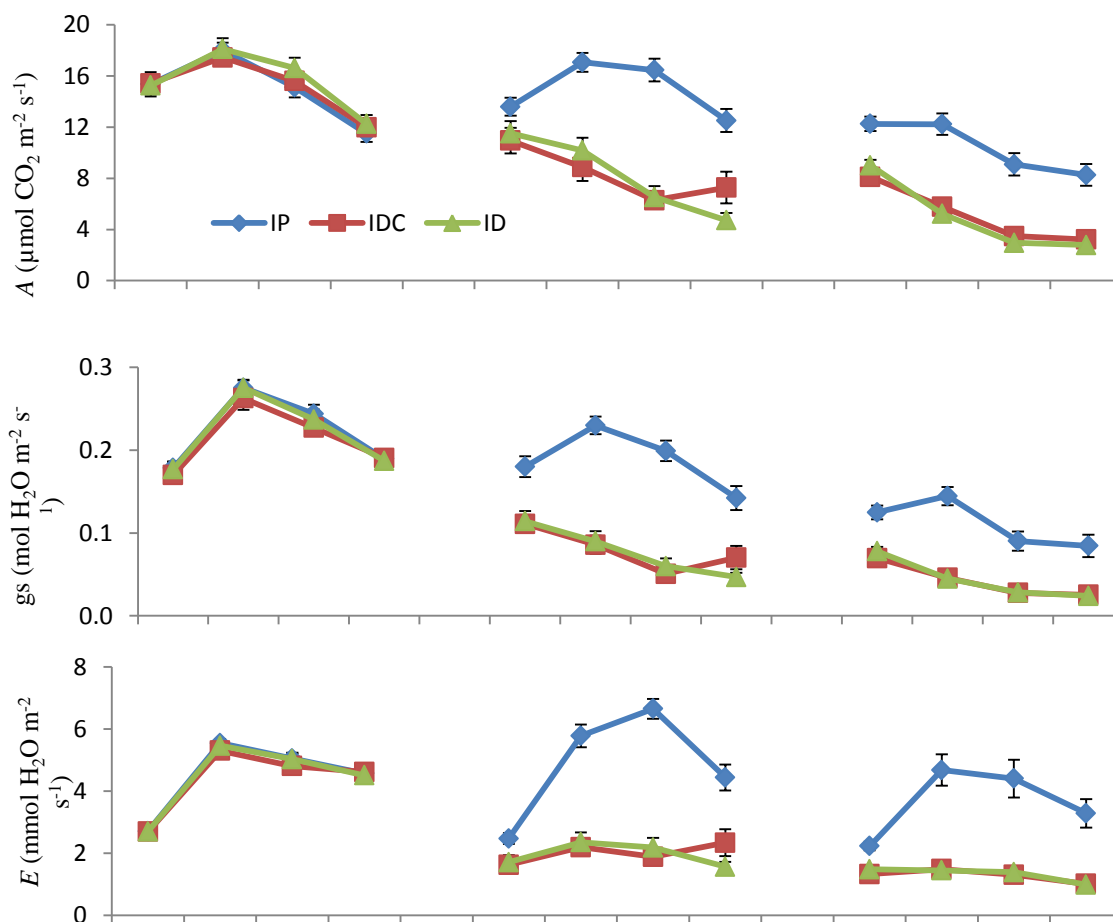
Quando as videiras são submetidas ao deficit hídrico moderado as taxas fotossintéticas, geralmente, declinam com o menor potencial hídrico foliar de base do que a condutância estomática. Como consequência, a eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) é, geralmente, maior em videiras sob deficit de irrigação (deficit hídrico leve a moderado) do que sob condições bem irrigadas. Isto é refletido em menor uso da água e maior  $A/g_s$  pelas culturas, importante objetivo das estratégias de irrigação com déficit em vinhedos cultivados, principalmente, em regiões semiáridas (GAUDILLERE et al., 2002; CHAVES et al., 2004; SOUZA et al., 2005).

Os tratamentos IDC e ID apresentaram valores médios das leituras realizadas após a interrupção do fornecimento de água via irrigação (79 e 107 dapp) de 121 e 115  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}_2^{-1}$  respectivamente. Menores valores médios da eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) em videiras Syrah sob déficit hídrico foram encontrados, na ordem de 93  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}_2^{-1}$ .

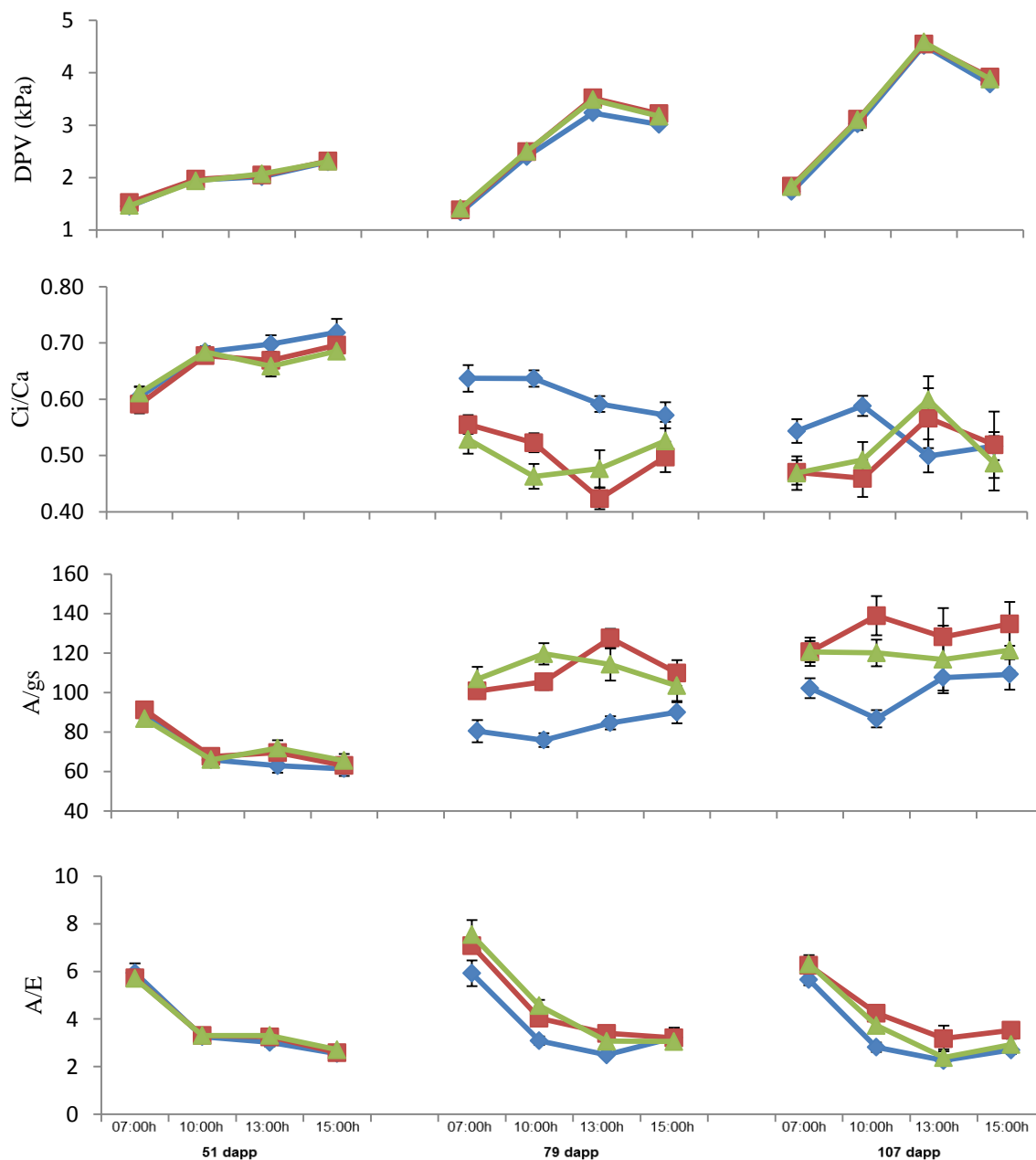
Nos resultados de eficiência do uso da água ( $A/E$ ) o tratamento IP apresentou menores valores nas leituras realizadas às 7:00 e 10:00 horas (Figura 16). Isto se deve ao menor DPV nos primeiros horários, permitindo assim maior abertura estomática das videiras submetidas aos tratamentos IDC e ID e maiores valores de fotossíntese líquida ( $A$ ) com menores valores diários de transpiração ( $E$ ), e consequente aumento da eficiência do uso da água ( $A/E$ ). Já nas leituras realizadas nos horários de 13:00 e 15:00 horas ocorreram maior DPV, diminuindo a fotossíntese líquida ( $A$ ) devido a diminuição da condutância estomática ( $g_s$ ) nos tratamentos com déficit de irrigação (IDC e ID), e com isso não houve diferença nesses horários quanto a  $A/E$  entre os tratamentos avaliados.

As leituras da razão entre a concentração do  $\text{CO}_2$  interna e do meio ambiente ( $C_i/C_a$ ) aos 79 dapp, e em todos os horários, apresentaram maiores valores no

tratamento IP. Esse resultado pode ser confirmado por maiores valores médios de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$  nas videiras do tratamento IP. Como as videiras submetidas ao déficit hídrico (IDC e ID) apresentaram menores leituras de  $g_s$  (fechamento parcial dos estômatos), menores valores de  $C_i/C_a$  foram encontrados (Figura 16).



**Figura 15.** Fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g$ ) e transpiração ( $E$ ) aos 51, 79 e 107 dias após a poda de produção (dapp), as 7:00, 9:00, 10:00, 13:00 e 15:00 horas.



**Figura 16.** Déficit de pressão de vapor (DPV), razão entre concentração de CO<sub>2</sub> intracelular e concentração de CO<sub>2</sub> no meio ambiente (Ci/Ca), eficiência intrínseca no uso da água (A/g<sub>s</sub>) e eficiência instantânea no uso da água (A/E) aos 51, 79 e 107 dias após a poda de produção (dapp), as 7:00, 9:00, 10:00, 13:00 e 15:00 horas.

#### 4.6- Composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )

A análise de variância dos valores da composição isotópica do carbono  $\delta^{13}\text{C}$  dos ciclos de produção 5 e 7 da videira cv. Syrah estão apresentadas na tabela 1. Houve diferença apenas no colo 5. Na tabela 2, observa-se a diferença estatística pelo teste

de Tukey ao nível de 5% entre o tratamento IP e aos tratamentos IDC e ID, não havendo diferença entre os últimos no ciclo 5. Basicamente,  $\delta^{13}\text{C}$  é determinado pelo gradiente de  $\text{CO}_2$  entre a atmosférica e as concentrações intracelulares de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) e o fator principal que afeta esta proporção é o estresse hídrico (FARQUHAR et al., 1989) e maiores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  indicam menor discriminação contra o  $\delta^{13}\text{C}$  devido a menores valores de  $\text{CO}_2$  intercelular e maior eficiência no uso de água (FARQUHAR et al., 1982; BUCHMANN; KAPLAN, 2001). No ciclo 7 não houve diferença significativa entre os tratamentos.

**Tabela 1.** Análise de variância da composição isotópica do carbono (‰) nos ciclos de produção 5 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	13,344	6,672	26,62**
Bloco	3	2,562	0,854	3,408 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1,504	0,251	
Total	11	17,410		
Ciclo 7				
Tratamento	2	2,424	1,212	0,85 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,662	0,554	0,39 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	8,518	1,420	
Total	11	12,604		

**Tabela 2.** Composição isotópica de carbono  $\delta^{13}\text{C}$ , coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), nos ciclos de produção 5 e 7 da videira cv. Syrah.

Tratamento	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	
	Ciclo 5	Ciclo 7
IP	-28,97 a	-24,92 a
IDC	-27,32 b	-25,96 a
ID	-26,43 b	-25,75 a
CV (%)	1,82	4,66
DMS	-1,09	-2,58

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

No ciclo 5, o tratamento IP apresentou valores menores em relação aos tratamentos submetidos ao déficit ID e IDC, confirmando o estresse hídrico maior nas videiras dos tratamentos IDC e ID. Isto se deve ao fechamento estomático nas plantas

submetidas ao déficit hídrico, confirmado pelos resultados de  $g_s$ , havendo assim maior discriminação de  $^{13}C$ . Comportamento semelhante encontrado por Souza et al., (2005), em videiras com e sem déficit hídrico. Gaudillère, Van Leeuwen e Ollat (2002) estudando a variação do estado hídrico em diferentes variedades de videiras, obteve valores de  $\delta^{13}C$  para a videira Syrah de -23,7 ‰, valores maiores quando comparados com o presente trabalho.

#### 4.7- Aspectos qualitativos

##### 4.7.1- Acidez Titulável

De acordo com as análises de variância para os valores de acidez titulável dos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, houve diferença entre os tratamentos nos ciclos de produção 5 e 6 da videira cv. Syrah (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância da acidez titulável ( $g L^{-1}$  de ácido tartárico) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	1,5450	0,7725	5,83*
Bloco	3	0,3356	0,1119	0,84 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,7950	0,1325	
Total	11	2,6756		
Ciclo 6				
Tratamento	2	2,2050	1,1025	12,551**
Bloco	3	3,9071	1,3024	14,826**
Resíduos	6	0,5271	0,0878	
Total	11	6,6392		
Ciclo 7				
Tratamento	2	0,6118	0,3059	3,869 <sup>NS</sup>
Bloco	3	1,2002	0,4001	5,059*
Resíduos	6	0,4744	0,0790	
Total	11	2,2864		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, \* diferença significativa ao nível de 5%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa.

Os principais ácidos presentes na uva são o ácido málico, tartárico e cítrico, sendo os dois primeiros mais representativos. A acidez do vinho é influenciada

pela presença do ácido tartárico e os ácidos citados anteriormente e estão relacionados com a acidez fixa do vinho (ZOTOU; LOUKOU; KARAVA, 2004).

Nos ciclos 5 e 6, percebe-se a redução na acidez total titulável quando diminui a disponibilidade de água para as plantas. Houve diferença significativa entre os tratamentos de IP e ID, comportamento este observado nos dois ciclos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios da acidez titulável, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Acidez Titulável (g.L <sup>-1</sup> de ácido tartárico)		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	6,64 a	7,33 a	7,90 a
IDC	5,96 ab	6,81 ab	7,43 a
ID	5,81 b	6,28 b	7,91 a
CV (%)	5,93	4,35	3,63
DMS	0,79	0,64	0,61

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Resultado semelhante foi encontrado por Busato et al., (2011), avaliando diferentes manejos de irrigação e fertirrigação nitrogenada, constatando que a acidez diminuiu com a restrição hídrica. Trigo-Córdoba et al., (2015), relataram não haver diferença estatística nos resultados de acidez titulável entre duas diferentes estratégias de irrigação, mas apresentando valores maiores de acidez titulável para videiras com maior déficit hídrico. Intrigliolo et al., (2015) não observaram variação nos resultados de acidez titulável em diferentes estratégias de irrigação em videiras. Santos e Kaye (2009), na região sul de Fresno, no Vale de San Joaquin (EUA), obtiveram menor acidez total nas bagas de videira ‘Syrah’ sob baixo estresse hídrico. Redução de acidez titulável com o déficit hídrico pode ser atribuído a redução da produção de ácido málico (KOUNDOURAS et al., 2006).

#### 4.7.2- Massa de 100 bagas

No presente trabalho ocorreram diferenças quanto à massa de 100 bagas (g) entre todos os tratamentos e em todos os ciclos de produção avaliados, conforme a análise de variância dos dados dos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah (Tabela 5).



**Tabela 5.** Análise de variância da massa de 100 bagas (g), nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	977,513	488,756	33,43**
Bloco	3	30,005	10,002	0,68 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	87,704	14,617	
Total	11	1095,222		
Ciclo 6				
Tratamento	2	543,679	271,840	5,13*
Bloco	3	230,828	76,943	1,45 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	317,961	52,993	
Total	11	1092,468		
Ciclo 7				
Tratamento	2	3009,284	1504,642	5,15*
Bloco	3	2155,177	718,392	2,46 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1752,132	292,022	
Total	11	6916,593		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, \* diferença significativa ao nível de 5%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa.

Nos três ciclos de produção, o tratamento IP apresentou o maior valor de massa de 100 bagas. No entanto, não houve diferença em relação ao IDC nos ciclos 5 e 6, e em relação ao ID no ciclo 7 (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios de massa de 100 bagas (g), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Massa de 100 bagas (g)		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	141,78 a	153,01 a	167,05 a
IDC	139,64 a	144,42 ab	129,31 b
ID	121,66 b	136,53 b	155,95 ab
CV (%)	2,85	5,03	11,33
DMS	8,29	15,79	37,06

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Comportamento este semelhante encontrado por Bassoi et al., (2011) e Song (2012). A limitação de água a planta em muitas situações implica em bagas menores e altera a composição do fruto.

Roby et al., (2004) avaliaram o efeito do tamanho das bagas e déficit hídrico na composição de uvas Cabernet Sauvignon e observaram que o acúmulo de sólidos solúveis depende do tamanho das bagas e é favorecido por estresse hídrico moderado (entre -1,2 e -1,4 MPa). Em condições de estresse hídrico, o aumento no teor de sólidos solúveis é decorrente da concentração de açúcares como consequência do menor tamanho da baga. Neste caso, as bagas são menores devido à menor disponibilidade de água para a alongação celular (ESTEBAN et al., 2002). Intrigliolo et al., (2015) também relatam uma provável consequência no do efeito do tamanho das bagas nos resultados de sólidos solúveis totais.

#### 4.7.3- Sólidos Solúveis Totais

A tabela 7 apresenta a análise de variância dos valores de sólidos solúveis totais (SST) para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), nos ciclos 5, 6 e 7 de produção da videira cv. Syrah. Houve diferença significativa entre os tratamentos apenas no ciclo 6.

**Tabela 7.** Análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	1,5617	0,7808	0,84 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,2833	0,4278	0,46 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	5,5717	0,9286	
Total	11	8,4167		
Ciclo 6				
Tratamento	2	12,6388	6,3194	18,68 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,8517	0,2839	0,84 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	2,0296	0,3383	
Total	11	15,5200		
Ciclo 7				
Tratamento	2	0,0717	0,0358	0,13 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,5225	0,1742	0,62 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1,6750	0,2792	
Total	11	2,2692		

<sup>\*\*</sup> para diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> não houve diferença significativa pelo teste F.

Nas uvas para processamento, o ponto de colheita também é determinante para a qualidade do produto processado. Pode ser determinado por características físicas, testes de sabor e determinação da composição química das bagas, sendo que a principal variável, o teor de sólidos solúveis totais, é normalmente avaliado em campo por meio de refratômetros de bolso (AMERINE; OUGH, 1976). Além de determinar o ponto de maturação das uvas, esse fator é importante para a elaboração do vinho, visto estar diretamente relacionado aos teores alcoólicos da bebida, já que aproximadamente 90% dos sólidos solúveis do mosto são compostos por açúcares fermentáveis (AMERINE; OUGH, 1976).

Foi observado apenas no ciclo 6 uma tendência de aumento nos sólidos solúveis totais quando diminui a disponibilidade de água para as plantas. Ojeda, Deloire e Carbonneau (2001); Kennedy, Matthews e Waterhouse (2002); Roby et al., (2004); Gonçalves (2011); Giovannini (2004) e Intrigliolo et al., (2015) 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 nos ciclos 5 e 7, apresentando uma média de 22,6 e 20,8 °Brix, respectivamente (Tabela 8), sendo superiores aos encontrados por Amorim et al., (2005) e Bassoi et al., (2011). 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. De acordo com Ribéreau-Gayon et al., (2004), a uva deve apresentar teor de sólido solúveis acima de 18° Brix para produzir vinhos de qualidade.

**Tabela 8.** Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Sólidos solúveis totais (°Brix)		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	22,4 a	22,6 b	20,7 a
IDC	23,1 a	24,3 a	20,9 a
ID	22,3 a	25,1 a	20,9 a
CV (%)	4,26	2,42	2,54
DMS	2,09	1,26	1,15

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

## 4.7.4- pH

A análise de variância dos valores para pH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah para os tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), está apresentada na tabela 9. Não houve diferença significativa entre os tratamentos nos ciclos estudados.

**Tabela 9.** Análise de variância do pH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	0,0197	0,0099	2,30 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0086	0,0029	0,67 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0258	0,0043	
Total	11	0,0541		
Ciclo 6				
Tratamento	2	0,0033	0,0016	1,39 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0348	0,0116	9,84 <sup>**</sup>
Resíduos	6	0,0071	0,0012	
Total	11	0,0451		
Ciclo 7				
Tratamento	2	0,0307	0,0154	0,27 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0904	0,0301	0,54 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,3364	0,0561	
Total	11	0,4575		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

Segundo Amorim et al., (2005) e Romero et al., (2013), com a maior disponibilidade de água pode acarretar no aumento do valor de pH devido a maior absorção de minerais (cátions), não ocorrendo este comportamento no presente trabalho, pois não houve variação significativa do pH nos diferentes manejos de irrigação em todos os ciclos de produção estudados (Tabela 10).

Comportamento semelhante ao presente trabalho também relatado por outros autores estudando o mosto da uva em diferentes manejos de irrigação (BASSOI et al., 2011; TRIGO-CÓRDOBA et al., 2015).

**Tabela 10.** Valores médios de pH, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	pH		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	3,67 a	3,65 a	3,44 a
IDC	3,66 a	3,66 a	3,52 a
ID	3,58 a	3,69 a	3,56 a
CV (%)	1,80	0,94	6,76
DMS	0,14	0,07	0,51

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.7.5- Polifenóis extraíveis totais (PET)

A tabela 10 apresenta a análise de variância dos valores encontrados para polifenóis nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) (Tabela 11). Houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste F somente no ciclo 6.

**Tabela 11.** Análise de variância do polifenóis nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	530,440	265,22	1,36 <sup>ns</sup>
Bloco	3	620,665	206,89	1,06 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1,166,951	194,50	
Total	11	2,318,056		
Ciclo 6				
Tratamento	2	5900,827	2950,41	6,34*
Bloco	3	2249,306	749,77	1,61 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	2789,983	465,00	
Total	11	10940,12		
Ciclo 7				
Tratamento	2	356,06	178,03	0,66 <sup>ns</sup>
Bloco	3	5496,32	1832,11	6,84*
Resíduos	6	1606,76	267,79	
Total	11	7459,15		

\* diferença significativa ao nível de 5%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

Os compostos fenólicos interferem na defesa das plantas contra o ataque de agentes patogênicos, impedindo que ocorram infecções, e são responsáveis pela pigmentação (SOUZA et al., 2006; HORST; LAJOLO, 2007).

No ciclo 6, a diferença quanto aos valores de polifenóis ocorreu entre os tratamentos ocorreIP e ID (Tabela 12).

**Tabela 12.** Valores médios de polifenóis, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Polifenóis (mg.100g <sup>-1</sup> )		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	87,52 a	209,43 a	150,51 a
IDC	102,52 a	243,32 ab	144,52 a
ID	100,52 a	263,14 b	157,84 a
CV (%)	14,40	9,04	10,84
DMS	30,25	46,77	35,49

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Lima et al., (2002), em ensaios de pós-colheita com a uva 'Itália', no Submédio São Francisco, encontrou 332,0 mg.100g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos em bagas frescas. Santos et al., (2004), na mesma região, detectaram na apirênica 'Superior Seedless', valores inferiores a 50 mg.100g<sup>-1</sup>. Kuskoski et al., (2006), ao avaliarem 14 diferentes frutas tropicais, no Brasil, observaram que as polpas de uvas tintas apresentavam o teor médio de 117,1 mg.100g<sup>-1</sup>.

Aumento nos valores de polifenóis com o aumento do déficit hídrico em videiras foi confirmado por estudos anteriores (SANTOS et al., 2005, 2007; ROMERO et al., 2013; INTRIGLILO et al., 2015).

#### 4.7.6- Taninos

Os resultados das análises de variância dos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, quanto a presença de taninos fracionados, estão apresentados nas tabelas 13, 14 e 15, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os

tratamentos no ciclo 5. No ciclo 6 houve diferença entre os tratamentos para os taninos oligoméricos e poliméricos. E no ciclo 7 houve diferença entre os tratamentos apenas para os taninos dímeros.

**Tabela 13.** Análise de variância de taninos no ciclo de produção 5 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Taninos – Dímeros				
Tratamento	2	0,0059	0,0030	2,254 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0018	0,0006	0,468 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0079	0,0013	
Total	11	0,0157		
Taninos – Oligoméricos				
Tratamento	2	0,0027	0,0013	0,553 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0076	0,0025	1,048 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0145	0,0024	
Total	11	0,0247		
Taninos – Poliméricos				
Tratamento	2	0,0064	0,0032	4,382 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0002	0,0001	0,088 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0044	0,0007	
Total	11	0,0110		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 14.** Análise de variância de taninos no ciclo de produção 6 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Taninos – Dímeros				
Tratamento	2	0,0014	0,0007	2,17 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0003	0,0001	0,32 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0019	0,0003	
Total	11	0,0036		
Taninos – Oligoméricos				
Tratamento	2	0,0678	0,0339	59,85 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,0082	0,0027	4,80 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0034	0,0006	
Total	11	0,0794		
Taninos – Poliméricos				
Tratamento	2	0,0026	0,0013	16,8 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,0004	0,0001	1,82 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0005	0,0001	
Total	11	0,0035		

<sup>\*\*</sup> diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 15.** Análise de variância dos taninos no ciclo de produção 7 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Taninos – Dímeros				
Tratamento	2	0,0138	0,0069	10,39 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,0007	0,0002	0,35 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0040	0,0007	
Total	11	0,0185		
Taninos – Oligoméricos				
Tratamento	2	0,0002	0,0001	0,23 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0032	0,0011	2,99 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0022	0,0004	
Total	11	0,0056		
Taninos – Poliméricos				
Tratamento	2	0,0043	0,0022	4,308 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0002	0,0001	0,142 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,0030	0,0005	
Total	11	0,0075		

<sup>\*\*</sup> diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.



Os taninos são importantes contribuintes para a qualidade organoléptica do vinho. O conhecimento da quantidade e da composição dos taninos antes da colheita pode fornecer uma indicação de quais deles podem ser extraídos para o vinho durante a vinificação. Esta informação é importante sob o ponto de vista qualitativo, com uma tendência para a alocação de grau superior observado em vinhos com alta concentração de fenólicos e taninos (MERCURIO et al., 2010).

Altos teores de taninos dímeros e oligoméricos provocam adstringência acentuada, no entanto, para uvas destinadas para o processamento esta adstringência pode ser considerada uma vantagem. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), em pequenas proporções ou em combinação com outros fatores do sabor, a adstringência pode contribuir para um aroma desejável, como em vinhos produzidos com variedades de uvas pigmentadas.

O desenvolvimento da cor do vinho pode ser fortemente relacionado com a composição fenólica das uvas de qual ele é produzido, em particular as concentrações de antocianina e tanino (BINDON et al., 2013; CADOT et al., 2012; RISTIC et al., 2010).

Kassara e Kennedy (2011) observaram uma relação forte entre o preço previsto da garrafa e certos parâmetros fenólicos do vinho: taninos e concentração de antocianinas e cor de vinho.

No ciclo 6 houve diferença significativa nos taninos, com o tratamento IP apresentando maiores valores nos oligoméricos e o tratamento ID os maiores valores nos poliméricos. No ciclo 7, os resultados dos taninos dímeros sofreram influência do manejo da irrigação, onde o tratamento IP apresentou diminuição significativa em comparação com o tratamento ID (Tabela 16).

**Tabela 16.** Valores médios de taninos (%) dímeros, oligoméricos e poliméricos, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamento	Taninos (%)	Ciclo		
		5	6	7
IP		0,267 a	0,245 a	0,167 b
IDC	Dímeros	0,277 a	0,219 a	0,206 ab
ID		0,318 a	0,232 a	0,250 a
	CV (%)	12,61	7,67	12,41
	DMS	0,079	0,039	0,056
IP		0,374 a	0,361 a	0,227 a
IDC	Oligoméricos	0,346 a	0,208 b	0,225 a
ID		0,380 a	0,195 b	0,234 a
	CV (%)	13,38	9,34	8,29
	DMS	0,106	0,052	0,041
IP		0,218 a	0,138 b	0,163 a
IDC	Poliméricos	0,163 a	0,134 b	0,132 a
ID		0,203 a	0,167 a	0,177 a
	CV (%)	13,89	6,01	14,24
	DMS	0,059	0,019	0,049

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Em estudos anteriores, autores relatam o aumento de taninos totais em uvas de videiras submetidas ao déficit hídrico (BINDON et al., 2008; BRAMLEY et al., 2011; SOFO et al., 2012; ROMERO et al., 2013; BINDON et al., 2014; INTRIGLIOLO et al., 2015).

#### 4.7.7- Flavonóides

Os resultados das análises de variância dos flavonóides nas uvas de videira cv. Syrah submetidas aos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 estão na tabela 17. Não houve diferença significativa dos flavonóides em resposta aos diferentes manejos de irrigação nos ciclos 5 e 6, mas apenas no ciclo 7.

**Tabela 17.** Análise de variância de flavonoides nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	4927,72	2463,86	1,50 <sup>ns</sup>
Bloco	3	2860,64	953,55	0,58 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	9839,89	1639,98	
Total	11	17628,25		
Ciclo 6				
Tratamento	2	985,07	492,53	0,98 <sup>ns</sup>
Bloco	3	4556,74	1518,91	3,03 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	3011,65	501,94	
Total	11	8553,46		
Ciclo 7				
Tratamento	2	24981,49	12490,74	6,14*
Bloco	3	579,28	193,09	0,10 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	12213,07	2035,51	
Total	11	37773,84		

\* diferença significativa ao nível de 5%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

De acordo com Zuanazzi e Montanha (2004), as funções nas plantas atreladas aos flavonóides são controle da ação de hormônios vegetais, proteção contra incidência de raios ultravioleta e do visível e contra insetos, fungos, bactérias e vírus, inibidores de enzimas, agentes alelopáticos (ZUANAZZI; MONTANHA, 2004). Assim, Scalbert & Willison, (2000) destacam que os flavonóides representam o maior grupo de polifenóis nos vegetais, além de serem os mais potentes antioxidantes, conforme Soobrattee et al., (2005).

Abe et. al, (2007), quantificando compostos fenólicos em cultivares de uvas *Vitis vinífera* L. no estado de Minas Gerais em duas safras, encontrou valores de 104 mg 100 g<sup>-1</sup> de flavonoides para a videira Syrah, valor abaixo do encontrado no presente trabalho. No entanto, no ciclo 7 houve diferença entre os tratamentos IP e ID, onde o tratamento IP apresentou maiores concentrações de flavonóides (Tabela 18).

**Tabela 18.** Valores médios de flavonóides, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Flavonóides (mg.100g <sup>-1</sup> )		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	180,71 a	258,97 a	325,80 a
IDC	202,86 a	269,92 a	234,99 ab
ID	153,31 a	281,16 a	223,98 b
CV (%)	22,63	8,30	17,25
DMS	87,83	48,59	97,85

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Sofo et al., (2012), aplicando duas diferentes estratégias de irrigação em videiras *Vitis vinífera* L., não obtiveram diferenças significativas nos resultados de flavonoides totais.

#### 4.7.8- Antocianinas

A análise de variância das antocianinas nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), está apresentada na tabela 19. No ciclo 5 não houve diferença significativa entre os tratamentos, mas nos ciclos 6 e 7 houve diferença significativa ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

**Tabela 19.** Análise de variância das antocianinas nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	144042,7	72021,3	4,04 <sup>ns</sup>
Bloco	3	45197,9	15066,0	0,84 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	107065,0	17844,2	
Total	11	296305,6		
Ciclo 6				
Tratamento	2	341648,23	170824,12	19,75 <sup>**</sup>
Bloco	3	365395,62	121798,54	14,08 <sup>**</sup>
Resíduos	6	51889,28	8648,21	
Total	11	758933,13		
Ciclo 7				
Tratamento	2	580320,23	290160,11	15,00 <sup>**</sup>
Bloco	3	26268,99	8756,33	0,45 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	116060,59	19343,43	
Total	11	722649,81		

<sup>\*\*</sup> diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

As antocianinas e outros polifenóis são responsáveis pelos vários tons, que variam de roxo a vermelho (WATERHOUSE, 2002; BROUILLARD et al., 2003) e na coloração das plantas, frutos e bebidas. Representam também quantitativamente e qualitativamente parte dos flavonóides das uvas com cascas tintas e estão presentes nas películas e excepcionalmente na polpa de uvas tintas (RIBÉREAU-GAYON et al., 1998; CABRITA et al., 2003; DIAS, 2011).

O déficit hídrico de forma moderada, posteriormente a fase de pintor (início do amadurecimento), acarreta no aumento da concentração de antocianinas nas bagas de uva, mas não influencia na diminuição significativa do tamanho das bagas na época da colheita, já que o déficit hídrico de forte a severo influencia de forma negativa a produção, a coloração da casca e o transporte de carboidratos (COOMBE e MCCARTHY, 2000; HARDIE; MARTIN, 1990; OJEDA, et al., 2002). Bindon et al., (2014), associa o menor tamanho da baga de uva ocasionado pelo déficit hídrico a maior concentração de taninos e antocianinas.

No ciclo 6 ocorreu um aumento na concentração de antocianinas com uma menor disponibilidade hídrica (maior valor no tratamento ID), enquanto que no ciclo 7 ocorreu uma diminuição da concentração de antocianinas quando não aplicado o estresse hídrico (maior valor no tratamento IP) (Tabela 20).

**Tabela 20.** Valores médios de antocianinas, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Antocianinas (mg 100g <sup>-1</sup> )		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	715,92 a	1336,46 b	1465,38 a
IDC	848,62 a	1692,21 ab	1101,70 b
ID	580,26 a	1696,54 a	939,41 b
CV (%)	18,68	5,90	11,90
DMS	289,71	201,69	301,63

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O maior teor de antocianinas totais detectadas representa uma característica positiva, uma vez que estes compostos, em conjunto com os taninos e os flavonóis, estão envolvidos na estabilidade de longa duração da cor dos vinhos tintos (BOULTON, 2001; ZIMMAN; WATERHOUSE, 2005). Além disso, as interações de antocianinas com outros componentes do vinho não-fenólicos (aldeídos, SO<sub>2</sub>, polissacarídeos) podem afetar positivamente impressões sensoriais em termos de equilíbrio do vinho, dureza e suavidade (CLARKE; BAKKER, 2004).

A restrição hídrica imposta pelos tratamentos, principalmente ID, influíram no tamanho da baga, onde foi observado menor massa de 100 bagas, com isso aumenta a relação casca e polpa das bagas e aumentando a concentração dos compostos como polifenóis totais, sólidos solúveis totais e antocianinas. Mas esse comportamento não foi observado em todos os ciclos de produção avaliados. Outros autores também relataram diferentes comportamentos nos resultados de componentes da baga em estratégias de irrigações em ciclos avaliados (LANARI et al., 2014).

## 4.7.9- Atividade antioxidante total

## 4.7.9.1- 2,2' – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico (ABTS)

A análise de variância para os valores de ABTS (2,2' – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico) para os ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), está apresentada na tabela 21. Em todos os ciclos avaliados não houve diferença significativa entre os tratamentos.

**Tabela 21.** Análise de variância de ABTS nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	33,970	16,985	3,37 <sup>ns</sup>
Bloco	3	47,325	15,775	3,13 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	30,250	5,042	
Total	11	111,544		
Ciclo 6				
Tratamento	2	15,250	7,625	0,39 <sup>ns</sup>
Bloco	3	8,402	2,801	0,14 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	117,461	19,577	
Total	11	141,113		
Ciclo 7				
Tratamento	2	171,938	85,969	1,15 <sup>ns</sup>
Bloco	3	849,563	283,188	3,80 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	447,018	74,503	
Total	11	1468,519		

\*\*diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

Segundo Halliwell e Gutteridge (2007), os radicais livres (RL) e as espécies reativas (ER) desencadeiam os processos óxido-redutivos que são bloqueados pelos compostos antioxidantes. Godon et al., (1998); Franzoni (2005) afirmam que o aumento da concentração de ER e diminuição da atividade de antioxidantes celular, pode lesionar diferentes moléculas, ocasionando o estresse oxidativo. Diferentes estudos relatam a associação do estresse oxidativo com algumas doenças (FRANZONI, 2005; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

Um dos RL mais utilizados é o ABTS (2,2' – azino – bis 3 – etilbenzeno – tiazolina – 6 – ácido sulfônico) devido a estabilidade, facilidade de manipulação e simplicidade de procedimento (ROGINSKY; LISSI, 2005).

No presente trabalho não houve variação da concentração de ABTS nos diferentes manejos de irrigação, apresentando médias de 40,22; 39,66 e 53,36 g.L<sup>-1</sup> nos ciclos 5, 6 e 7 respectivamente (Tabela 22).

**Tabela 22.** Valores médios de ABTS, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	ABTS ( $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ )		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	42,58 a	39,61 a	48,38 a
IDC	38,73 a	41,06 a	57,55 a
ID	39,37 a	38,30 a	54,15 a
CV (%)	5,58	11,16	16,18
DMS	4,87	9,60	18,72

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.7.9.2- 2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazila (DPPH)

A análise de variância para DPPH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), está apresentada na tabela 23. Não houve diferença entre os tratamentos em todos os ciclos avaliados.



**Tabela 23.** Análise de variância de DPPH nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	36749584	18374792	2,33 <sup>ns</sup>
Bloco	3	13643206	4547735	0,58 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	47322001	7887000	
Total	11	97714792		
Ciclo 6				
Tratamento	2	1622509	811255	3,53 <sup>ns</sup>
Bloco	3	874275	291425	1,27 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1379337	229889	
Total	11	3876121		
Ciclo 7				
Tratamento	2	1659850	829925	0,17 <sup>ns</sup>
Bloco	3	14551683	4850561	0,97 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	30101032	5016839	
Total	11	46312566		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

Xu et al., (2011) avaliando a atividade antioxidante de diferentes variedades de uvas pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP, observaram que as condições climáticas afetam a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos e, conseqüentemente, os teores da atividade antioxidante das bagas de uvas, não corroborando com o presente trabalho, onde os resultados de DPPH não sofreram influência nos diferentes manejos aplicados (Tabela 24).

**Tabela 24.** Valores médios de DPPH, coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	DPPH (g de fruta/g de DPPH)		
	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
IP	10188 a	5128 a	8567 a
IDC	7198 a	4882 a	9376 a
ID	11354 a	4255 a	9334 a
CV (%)	29,32	10,08	24,63
DMS	6090	1039	9092

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os resultados da atividade de antioxidantes realizada pelo método de ABTS apresentaram menores variações, pelos valores de coeficiente de variação, em comparação ao método DPPH, configurando assim melhor método para determinação da atividade de antioxidantes.

#### 4.8- Aspectos quantitativos

As análises de variância do número total de cachos por plantas, número total de cachos por parcela, massa média de cachos, massa de cachos por planta e produtividade, nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), estão apresentadas respectivamente nas tabelas 25, 26, 27 e 28. Segundo o teste F os resultados do número total de cachos por planta, massa de cachos por planta e produtividade apresentaram diferenças ao nível de 1% entre os tratamentos apenas no ciclo 7 de produção. Para os resultados de massa média do cacho houve diferença significativa nos ciclos 5 e 7.

**Tabela 25.** Análise de variância de número total de cachos por planta nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	6,770	3,385	0,70 <sup>ns</sup>
Bloco	3	152,508	50,836	10,44 <sup>**</sup>
Resíduos	6	29,230	4,872	
Total	11	188,508		
Ciclo 6				
Tratamento	2	30,437	15,219	3,18 <sup>ns</sup>
Bloco	3	5,954	1,985	0,41 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	28,743	4,790	
Total	11	65,134		
Ciclo 7				
Tratamento	2	15,816	7,908	6,83 <sup>**</sup>
Bloco	3	12,795	4,265	3,69 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	6,942	1,157	
Total	11	35,554		

<sup>\*\*</sup> diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 26.** Análise de variância para a massa média de cachos (g) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	778,97	389,49	5,82*
Bloco	3	480,28	160,09	2,39 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	401,31	66,89	
Total	11	1660,57		
Ciclo 6				
Tratamento	2	390,00	195,00	4,99 <sup>ns</sup>
Bloco	3	190,81	63,60	1,63 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	234,55	39,09	
Total	11	815,37		
Ciclo 7				
Tratamento	2	3847,21	1923,60	11,17**
Bloco	3	357,68	119,23	0,69 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	1032,72	172,12	
Total	11	5237,60		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 27.** Análise de variância de massa de cachos por planta (kg) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	0,387	0,194	4,49 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,445	0,482	11,17**
Resíduos	6	0,259	0,043	
Total	11	2,091		
Ciclo 6				
Tratamento	2	0,369	0,184	3,339 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,025	0,008	0,150 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,331	0,055	
Total	11	0,725		
Ciclo 7				
Tratamento	2	1,648	0,824	7,642**
Bloco	3	0,362	0,121	1,119 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0,647	0,108	
Total	11	2,656		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 28.** Análise de variância da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	4294308	2147154	4,52 <sup>ns</sup>
Bloco	3	16095669	5365223	11,29 <sup>**</sup>
Resíduos	6	2850561	475094	
Total	11	23240538		
Ciclo 6				
Tratamento	2	4029653	2014826	3,28 <sup>ns</sup>
Bloco	3	278073	92691	0,15 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	3688739	614790	
Total	11	7996464		
Ciclo 7				
Tratamento	2	18309630	9154815	7,65 <sup>**</sup>
Bloco	3	4019346	1339782	0,12 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	7175007	1195834	
Total	11	29503983		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

**Tabela 29.** Análise de variância da eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Fatores de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Ciclo 5				
Tratamento	2	0.634	0.317	4.62 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1.688	0.563	8.20 <sup>*</sup>
Resíduos	6	0.412	0.069	
Total	11	2.734		
Ciclo 6				
Tratamento	2	0.071	0.036	1.88 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0.010	0.003	0.17 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0.114	0.019	
Total	11	0.195		
Ciclo 7				
Tratamento	2	0.787	0.393	4.53 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0.338	0.113	1.30 <sup>ns</sup>
Resíduos	6	0.521	0.087	
Total	11	1.646		

\*\* diferença significativa ao nível de 1%, <sup>ns</sup> sem diferença significativa pelo teste F.

Os resultados dos valores médios dos aspectos quantitativos estudados estão apresentados na tabela 30.

**Tabela 30.** Valores médios de número de cachos por planta, massa média de cachos (g), massa de cachos por planta (kg), produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) nos ciclos de produção 5, 6 e 7 da videira cv. Syrah, para os tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

	Tratamento	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
Nº cachos por planta	IP	17,10 a	10,43 a	14,55 a
	IDC	15,73 a	9,38 a	14,26 ab
	ID	15,36 a	6,65 a	11,98 b
	CV (%)	13,74	24,82	7,91
	DMS	4,79	4,75	2,33
Massa média cachos (g)	IP	84,41 a	83,81 a	148,88 a
	IDC	69,01 ab	80,29 a	119,00 b
	ID	66,02 b	70,35 a	106,14 b
	CV (%)	11,18	8,00	10,52
	DMS	17,74	13,56	28,45
Massa cachos por planta (kg)	IP	1,45 a	0,89 a	2,19 a
	IDC	1,13 a	0,76 a	1,70 ab
	ID	1,03 a	0,47 a	1,28 b
	CV (%)	17,26	33,41	19,09
	DMS	0,45	0,51	0,71
Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	IP	4834,00 a	2945,34 a	7283,63 a
	IDC	3779,75 a	2514,99 a	5654,59 ab
	ID	3425,51 a	1558,75 a	4261,00 b
	CV (%)	17,18	33,51	19,07
	DMS	1494,87	1700,50	2371,64
Eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ )	IP	0,93 a	0,47 a	1,52 a
	IDC	1,35 a	0,50 a	2,14 a
	ID	1,46 a	0,32 a	1,76 a
	CV (%)	21,01	32,09	16,31
	DMS	0,57	0,30	0,64

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O número de cachos por planta não apresentou diferença significativa no ciclo 5, com valor médio de 16,1 cachos, e ciclo 6, com valor médio de 8,8 cachos, mas apresentou comportamento de aumento do número de cachos com o aumento da disponibilidade de água no ciclo 7. Bassoi et al., 2011 realizando estudo na mesma área

em ciclos anteriores não encontrou diferença significativa entre os manejos de irrigação para os resultados de número de cachos por planta. Sofo et al., (2012) também não encontraram diferença significativa entre diferentes estratégias de irrigação. Santos e Kaye (2009), estudando níveis de estresse em uvas Syrah na Califórnia, EUA, encontrou comportamentos semelhante ao ciclo 7 do presente trabalho para o número de cachos por planta.

A massa média do cacho também apresentou comportamento de diminuição da massa média do cacho com o aumento do déficit hídrico, havendo diferença significativa entre os tratamentos nos ciclos 5 e 7. No ciclo 5 os tratamentos IP e ID diferiram significativamente entre si, e no ciclo 7 o tratamento IP diferiu dos tratamentos IDC e ID, corroborando com Santos e Kaye, (2009) e Sofo et al., (2012), que observaram mesmo comportamento na massa média do cacho. Não houveram diferenças entre os tratamentos no ciclo 6 (Tabela 30).

Como a massa média de cachos e o número de cachos por planta aumentaram com a maior disponibilidade de água para as plantas, a produtividade apresentou resultado semelhante havendo diferença significativa entre os tratamentos IP e ID apenas no ciclo 7. O ciclo 5 não houve diferença entre os tratamentos nos resultados de produtividade, por não apresentar variação nos resultados de número de cachos por planta e massa de cachos por planta (Tabela 30). Em estudos anteriores relatam maior produtividade em videiras com maior disponibilidade hídrica (SOFO et al., 2012; ROMERO et al., 2013; ROMERO et al., 2015; INTRIGLILO et al., 2015).

Nos resultados da eficiência do uso da água não houve diferença significativa entre as estratégias de irrigação. No ciclo 7 mesmo apresentando maiores produtividades no tratamento IP, não apresentou maior eficiência do uso da água devido a maior aplicação de água via irrigação (Tabela 30). Estudos anteriores apresentaram nenhuma ou pouca variação nos resultados da eficiência do uso da água (CORREIA, 2012; ROMERO et al., 2015).

O ciclo 6 não apresentou variação dos resultados dos aspectos quantitativos nas diferentes estratégias de irrigação e apresentaram menores valores em produtividade. Este resultado pode ter sido ocasionado pela infestação de doença fúngica ocorrida.

Marinho et al., (2009), estudando relações hídricas em videiras Superior Seedles no Vale do Submédio São Francisco também obteve diminuição da produtividade com o aumento do déficit hídrico. Bassoi et al., (2011) obtiveram valores e comportamento de produtividade semelhantes ao ciclo 7, mas não apresentando diferença significativa. Intrigliolo et al., (2015) relataram maiores rendimentos em videiras com maiores disponibilidades hídricas.

## 5- CONCLUSÃO

As estratégias irrigação com déficit controlado e irrigação com déficit, aplicadas a partir da fase fenológica de cacho fechado durante três ciclos consecutivos de produção da videira cv. Syrah, irrigada por gotejamento em Petrolina - PE, promoveram estresse hídrico moderado nas plantas, redução no consumo de água e da massa de 100 bagas nos três ciclos avaliados; redução da acidez titulável em dois ciclos avaliados; e aumento de sólidos solúveis totais em um dos ciclos avaliados. Não houve influência no pH.

A redução da massa de 100 bagas promovidas pelas estratégias irrigação com déficit controlado e irrigação com déficit promoveram aumento no polifenóis extraíveis totais e antocianinas em um dos ciclos, e em outro, subsequente, promoveu aumento dos taninos dímeros e diminuição dos flavonóides.

A estratégia de irrigação plena apresentou melhores resultados de produção e produtividade em apenas um dos ciclos.

Os resultados qualitativos e quantitativos não persistiram nos três ciclos avaliados.



## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, L.T. et al. Compostos fenólico e capacidade antioxidante de uvas *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.394-400, 2007.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Analisis de vinos e mostos**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1976. 157p.

AMORIM, D. A. de; FAVERO, A. C.; REGINA, M. de A. Produção extemporânea da videira, cv. Syrah, nas condicoes do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p.327-331, ago. 2005.

ARAÚJO, S.A.C.; DEMINICIS, B.B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.7, n.4, p.463-472, 2009.

ÁVILA NETTO, J. et al. Exigência hídrica da videira na Região do Submédio São Francisco, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1559-1566, ago. 2000.

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. 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. 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, jan./mar. 2002.

BASSOI, L. H. et al. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n.2, p. 377-387, 2003.

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, n. 754, p. 275-282, 2007.

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.

BERGONCI, J. I. et al. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 8, p.1531-1540, ago. 2000.

BINDON, K.; DRY, P.; LOVEYS, B. Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 4, p.91-103, 2008.

BINDON, K. et al. Relationships between harvest time and wine composition in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon 1. Grape and wine chemistry. **Food Chemistry**, v.138 n.2-3, p.1696-1705, 2013.

BINDON, K., MCCARTHY, M. G., SMITH, P. A. Development of wine colour and non-bleachable pigments during the fermentation and ageing of (*Vitis vinifera* L. cv.) Cabernet Sauvignon wines differing in anthocyanin and tannin concentration. **Food Science and Technology**, v.59, p.923-932, 2014.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crop Research**, v.112, p.119-123, 2009.

BOULTON, R. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: a critical review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.52, p.67-87, 2001.

BRAMLEY, R. G. V.; OUZMAN, J.; BOSS, P. K.. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.17, n.2, 2011.

BROUILLARD, R.; CHASSAING, S.; FOUGEROUSSE, A. Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long?. **Phytochemistry**, v. 64, n. 7, p. 1179–1186, 2003.

BUCHMANN, N.; KAPLAN, J. O. Carbon isotope discrimination of terrestrial ecosystems - how well do observed and modeled result match? In: SCHULZE, E. D. et al. (Ed.). **Global biogeochemical cycles in the climate system**. San Diego: Academic Press, 2001. p. 253-266.

BUSATO, C. C. M. et al. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira ‘Niágara Rosada’. **Ciência Rural**, v.41, p.1183-1188, 2011.

CADOT, Y. et al. Sensory representation of typicality of Cabernet franc wines related to phenolic composition: Impact of ripening stage and maceration time. **Analytica Chimica Acta**, v.732, p.91-99, 2012.

CAIO, M. G. S.; MOREIRA, M. M.; RODRIGUES, J. D. Metabolismo da videira ‘Syrah’ no semiárido nordestino sob três estratégias hídricas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, V.34, n.6, suplemento 1, p.3611-3624, 2013.

CABRITA, M. J.; RICARDO, S. J.; LAUREANO, O. Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. In: Livro de actas do I Seminário Internacional de Vitivinicultura, Instituto Superior de Agronomia, 2003, Lisboa, p. 61-102.

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

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.2365-2384, 2004.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J. Understanding plant response to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology** v.30, p.239–264, 2003.

CHAVES, M. M.; SANTOS, T. P.; SOUZA, C. R. et al. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v.150, p.237–252, 2007.

CHAVES, M. M. et al. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of Botany**, London, v.105, p.661-676, 2010.

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

CIFRE, J. et al. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitisvinifera* L.). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.106, p.159-170, 2005.

CLARKE, R. J.; BAKKER, J. **Wine flavour chemistry**. Oxford, UK: Blackwell Publishing, Ltd, p.61–119, 2004.

COOMBE, B. G.; MCCARTHY, M. G. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v.6, n.2, p.131-135, 2000.

CORREIA, J. S. **Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no semiárido**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012.

DELOIRE A.; LOPEZ, F. Y.; Carbonneau, A. Réponses de la vigne et terroirs. Eléments pour une méthode d'étude. **Le Progrès Agricole et Viticole**, v.4, p.78-86, 2002.

DIAS, C. A. F. **Avaliação de taninos condensados, antocianinas e precursores de aroma ao longo da maturação em castas tintas: efeito da altitude da vinha**. 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Viticultura e Enologia) – Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

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

DURING, H. Photosynthesis of ungrafted and grafted grapevines: effects of rootstock genotype and plant age. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.45, n.3, p.297-299, 1994.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Relationships between different berry components in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapes from irrigated and nonirrigated vines during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v.82, p.1136-1146, 2002.

EVANS, R. G. et al. Water use of *Vitis vinifera* grapes in Washington. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.23, p.109-124, 1993.

FARQUHAR, G. D. et al. Effect of salinity and humidity on delta 13C values of halophytes-evidence for diffusional isotope fractionation determined by the ratios of intercellular/atmospheric CO<sub>2</sub> under different environmental conditions. **Oecologia**, New York, v.52, n.1, p.121-137, 1982.

FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.40, p.503–537, 1989.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. et al. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. **Food Research International**, Great Britain, v.31, n.9, p.667-672, 1999.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **Sistema de análise de variância para dados balanceados**, versão 4.0. Lavras: DEX/UFLA, 2000. (Software estatístico).

FERREYRA R. E. et al. Effect of water stress applied at different development periods of Cabernet Sauvignon grapevine on production and wine quality. **Acta Horticulturae**, v.646, p.27-33, 2004.

FLEXAS, J. et al. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, Victoria, v.29, p.461-471, 2002.

FLEXAS, J.; ESCALONA, J. M.; MEDRANO, H. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.25, p.893-900, 1998.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

FRANZONI, M. P. **Atividade antioxidante de extratos aquosos de sementes de variedades do gênero *Vitis* (uva) provenientes de resíduos de vinificação**. 2005. 51f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2005.

GAUDILLERE, J. P.; VAN LEEUWEN, C.; OLLAT, N. Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.369, p.757-763, 2002.

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. 104p.

GINESTAR, C. et al. Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation: (II) effects of post-veraison water deficits on composition of shiraz grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.49, n.4, p.421-428, Dec. 1998.

GIRONA, J. et al. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. **Irrigation Science**, New York, v.24, n.2, p.115-127, 2006.

GODON, C. et al. The H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> stimulation in *Saccharomyces cerevisiae*. **The Journal of Biological Chemistry**, v.34, n.28, p.22480-22489, 1998.

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.

GUROVICH, L.; PÁEZ, C. Influencia del riego deficitario controlado sobre el desarrollo de las bayas y la composición química de los mostos y vinos. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v.31, n.3, p.175-786, set./dez. 2004.

GUROVICH, L.; VERGARA, M. Riego deficitario controlado: la clave para la expresión del terroir de vinos premium. In: Seminario Internacional de Manejo de Riego y Suelo em Vides para Vino y Mesa, 1, 2005, Santiago. **Proceedings...** Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2005. 30p.

HARDIE, W.; MARTIN, S. A strategy for vine growth regulation by soil water management. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 7., 1989, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: VINPAC, 1990. p. 51-67.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford University Press: Oxford, 2007. 851p.

HORST, M. A; LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: COZZOLINO, S. M. F. (Eds.) **Biodisponibilidade de Nutrientes**, v.1, 2ª Edição, Manole, São Paulo, Brasil, 2007. p. 697-731.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA)**. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

INTRIGLIOLO, D. S. et al. Effects of post-veraison irrigation regime on Cabernet Sauvignon grapevines in Valencia, Spain: Yield and grape composition. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.96, p.282-292, 2015.

INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Response of *Vitis vinifera* cv. 'Tempranillo' to partial rootzone drying in the field: Water relations, growth, yield and fruit and wine quality. **Agric. Water Manag.**, v.96, p. 282-292, 2009.

INZERILLO, S. et al. **Leaf water relation traits in typical Sicilian varieties of *Vitis vinifera* L.** In: XIII Congress Federazione Italiana Scienze della Vita, Pisa, Italy, 2014.

LANARI, V. et al. Optimizing deficit irrigation strategies to manage vine performance and fruit composition of field-grown 'Sangiovese' (*Vitis vinifera* L.) grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.179, p.239-247, 2014.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.45, p.1390-1393.1997.

LEÃO, P. C., SOARES, J. M. **A Viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. 366p.

LIMA, M. A. C. de. Fisiologia, tecnologia e manejo pós-colheita. In: SOARES, J. M; LEÃO, P. C. de S (Eds.) **A vitivicultura no Semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, p.597-656, 2009.

LIMA, M. A. C. de. et al. Aparência, compostos fenólicos e enzimas oxidativas em uva 'Itália' sob influência do cálcio e do armazenamento refrigerado. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.24, n.1, Apr. 2002.

KASSARA, S., KENNEDY, J. A. Relationship between red wine grade and phenolics. 2. Tannin composition and size. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n15, p.8409 – 8412, 2011.

KAVANAGH, K. L.; PANGLE, R.; SCHOTZKO, A. D. Nocturnal transpiration causing disequilibrium between soil and stem predawn water potential in mixed conifer forests of Idaho. **Tree Physiology**, Victoria, v.27, p.621-629, 2007.

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.

KOUNDOURAS, S. et al. Influence of Vineyard Location and Vine Water Status on Fruit Maturation of Nonirrigated Cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on Wine Phenolic and Aroma Components. **J. Agric. Food Chem.**, v.54: p.5077-5086, 2006.

KRAUTER, C. Environmental factors that influence grapevine water requirements. 2001 **Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference**, p. 44-49.

KUSKOSKI, E. M.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, ago. 2006.

MARACHIN, R. P. et al. Análise química de vinhos catarinenses – dosagem de fenóis totais e antocianinas. In: **Viticultura e Enologia: atualizando conceitos**. Andradas: EPAMIG, 2002. V.1, p.321-323.

MARINHO, L. M. et al. Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1682-1691, dez. 2009.

MEDRANO, H. et al. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: the interest of stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, London, v.89, p.895-905, 2002.

MERCURIO, M. D. et al. Relationship between red wine grades and phenolics. Tannin and total phenolics concentrations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.12313–12319, 2010.

MILLER, N. J. A novel method for measuring antioxidante capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v.84, p.407-412, 1993.



NETZER, Y.; YAO, C.; SHENKER, M. Water use and the development of seasonal crop coefficients for Superior Seedless grapevines trained to an open-gable trellis system. **Irrigation Science**, v.27, p.109-120, 2009.

OJEDA, H. Rega qualitativa de precisão da vinha. **Revista Internet de Viticultura e Enologia**, p.1-10, 2007.

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

PATAKAS, A.; NOITSAKIS, B.; CHOUZOURI, A. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.106, p.253-259, 2005.

PONI S.; INTRIERI C.; SILVESTRONI O. Interactions of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions. I. Gas exchange. **American Journal for Enology and Viticulture**, v.45, p.71-80, 1994.

REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M. R.; CORREAL, J. B. C. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.24, n.4, p.407-411, 1981.

RIBERAU-GAYON, J.; et al. Traite d'enologie: 1. **Microbiologie Du vin** – vinifications. 5. ed. Paris: Dunod. 2004. 661p.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Traité d'oenologie**: Tome 2, Chimie du vin, Stabilisation et traitement, 6.ed. Paris, França, Dunod, 1998.

RISTIC, R. et al. Flavonoids and C-13-norisoprenoids in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: relationships between grape and wine composition, wine colour and wine sensory properties. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.16, n.3, p.369-388, 2010.

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.

ROGINSKY, V.; LISSI, E.A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant in food. **Food Chemistry**, Oxford, v.92, p.235-254, 2005.

ROMERO, P.; et al. Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.121, p.85-101, 2013.

ROMERO, P. et al. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.149, p.55-73, 2015.

RUFINO, M. S. M. et al. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007a. 4p, (Comunicado Técnico, 128).

RUFINO, M. S. M. et al. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b. 4p, (Comunicado Técnico, 127).

SALÓN, J. L.; CHIRIVELLA, C.; CASTEL, J. R. Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.56, p.1- 8, 2005.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; Saura-Calixto, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SANTOS, M. G. S. **Fisiologia e metabolismo da videira CV. Syrah no submédio do Vale do São Francisco sob três estratégias de irrigação**. 2012. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012.

SANTOS, O. S.; KAYE, O. Composição quali-quantitativa da produção de ‘Syrah’ cultivada sob estresse hídrico transiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.3, p.272–281, 2009.

SANTOS, P. de S. et al. **Maturação de uva 'Superior Seedless' cultivada no Vale do São Francisco**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2004, Florianópolis. Anais. Florianópolis: EPAGRI/SBF, 2004.1 CD-ROM.

SANTOS, T. P. et al. Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field grown Castelao grapevines. **Vitis**, v.44, p.117–125, 2005.

SANTOS, T. P. et al. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.112, p.321–330, 2007.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. **Journal Nutrition**, v.130, (supl.), p.2073S-2085S, 2000.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, DC, v.148, p.339-346, 1965.

SHELLIE, K. Vine and berry response of Merlot (*Vitis vnifera* L.) to differential water stress. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.57, n.4, p.514-518, 2006.

SILVA, A. O. **Disponibilidade de N e K no solo e sua absorção pela videira de vinho fertirrigada no semiárido**. 2015. 159p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista Julho de Mesquita Filho, Botucatu, 2015.

SILVA, J. A. M. **Irrigação lateralmente alternada e com déficit hídrico na videira cv. Petite Syrah**. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2005.

SILVA, P. C. G.; COELHO, R.C. **Caracterização social e econômica da videira**. Sistemas de produção, 1ª edição. EMBRAPA, Seminário, 2010.

SOAR, C. J.; LOVEYS, B. The effect of changing patterns in soilmoisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v.13, n.1, p.2-13, 2007.

SOARES, J. M.; LEO, P. C. S. **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. 756p.

SOFO, A. et al. Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1023-1031, 2012.

SONG, J. et al. Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera* L.). **Food Chemistry**, v.134, p.841-850, 2012.

SOOBRAATTEE, M. A. et al. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. Mutation research. **Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v.579, n.1-2, p.200-213, 2005.

SOUZA, C. R. et al. Impact of deficit irrigation on water use efficiency and carbon isotope composition ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of field-grown grapevines under Mediterranean climate. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.56, n.418, p.2163-2172, 2005.

SOUZA, C. R. et al. Water relations of field-grown grapevines in the São Francisco Valley, Brazil, under different rootstocks and irrigations strategies. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.66, n.4, p.436-446, 2009.

SOUZA, G. G. et al. A uva roxa, *Vitis vinifera* L. (Vitaceae) – seus sucos e vinhos na prevenção de doenças cardiovasculares. **Natureza on line**, v.4, n.2, p.80-86, 2006.

SOUZA, T. P. A. **Efeitos da disponibilidade hídrica na fisiologia e produção de *vitis vinifera* L. Na região demarcada do douro.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.107-111, 2002.

TESZLÁK, P. et al. Regulatory effects of exogenous gibberellic acid (GA3) on water relations and CO<sub>2</sub> assimilation among grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. **Sci. Hortic.** v.159, p.41–51, 2013.

TRIGO-CÓRDOBA, E. et al. Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. ‘Godello’ and ‘Treixadura’ in Ribeiro. **Agricultural Water Management**, Spain. v.161, p.20-30, 2015.

VAN LEEUWEN, C. et al. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? **J Int Sci Vigne Vin**, v.43, p.121–34, 2009.

WATERHOUSE A. L. Wine phenolics. **Academy of Sciences**, v.957, p.21–36, 2002.

XIA, E. et al. Biological activities of polyphenols from grapes. **International Journal of Molecular Sciences**, v.11, p.622–46, 2010.

XU, C. et al. Influence of Growing Season on Phenolic compounds and antioxidant properties of grape berries from vines grown in subtropical climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.1078–1086, 2011.

ZIMMAN, A, WATERHOUSE, A. L. Incorporation of malvidin-3-glucoside into high molecular weight polyphenols during fermentation and wine aging. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.55, p.139–46, 2005.

ZOTOU, A.; LOUKOU, Z.; KARAVA, O. Method development for the determination of seven organic acids in wines by reversed-phase high performance liquid chromatography. **Chromatographia**. v.60, p.39-44, 2004.

ZUANAZZI, J. A.; MONTANHA, J. A. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre – RS: Editora da UFSC, p. 577-604, 2004.