



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

Russaika Lírio Nascimento

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DA VIDEIRA Cv. SYRAH
(*Vitis vinífera* L.) E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS VINHOS
EM FUNÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**



JUAZEIRO – BA
2013

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

Russaika Lírio Nascimento

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DA VIDEIRA Cv. SYRAH
(*Vitis vinífera* L.) E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS VINHOS
EM FUNÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**

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

Orientador: Prof. Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Luis Henrique Basso

JUAZEIRO – BA
2013

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

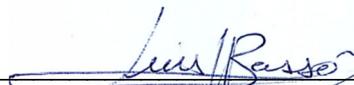
Russaika Lírio Nascimento

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DA VIDEIRA Cv. SYRAH
(*Vitis vinífera* L.) E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS VINHOS
EM FUNÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**

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



José Aliçandro Bezerra da Silva, Dr., Univasf



Luis Henrique Bassoi, Dr., Embrapa Semiárido



Giuliano Elias Pereira, Dr., Embrapa Uva e Vinho/Semiárido.



Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves, Dr, Embrapa Semiárido.

Juazeiro, 04 de setembro de 2013.

N244c Nascimento, Russaika Lirio.
Comportamento fisiológico da videira cv. Syrah (*Vitis vinífera* L.) e
composição química dos vinhos em função de estratégias de
irrigação/ Russaika Lirio Nascimento. -- Juazeiro, 2013.
72 f. : il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade
Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro, 2013.

Orientador: Prof. Dr.º José Aliçandro Bezerra da Silva

1. Irrigação agrícola. 2. Uva - cultivo. 3. Vinho e vinificação. 4.
Ácidos orgânicos. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São
Francisco

CDD 631.587

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecária: Sara Torres

Dedico a minha Vó, Vera (in memoriam), pelo incentivo, apoio, ensinamentos

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Itamar e Ivoni, que durante estes 2 anos estiveram me apoiando, incentivando. Eles que souberam ultrapassar as barreiras da distância geográfica que nos separa e mantiveram se ao meu lado.

A minha irmã, Rochele, que juntamente com meus pais me consolou nos momentos difíceis, com conselhos, apoio e incentivo.

A Dr. Bassoi que proporcionou a oportunidade de trabalhar no projeto coordenado por ele.

A Dr. Giuliano pela oportunidade de trabalhar no laboratório de enologia da Embrapa Semiárido.

Em especial a Aliçandro, meu orientador, o qual se mostrou incansável durante estes dois anos. Sempre buscando a verdade e a transparência. E que soube nos momentos mais difíceis estar me apoiando. O qual muitas vezes deixou de ser apenas um orientador e passou a ser um amigo. E essas palavras nunca serão suficientes para descrever o quanto sou grata.

A Luis Claudio, analista do laboratório de cromatografia da Embrapa Semiárido, pela ajuda com as análises cromatográficas.

A equipe de bolsistas e estagiários de Dr Bassoi e Dr Giuliano, em especial á Bruno Ricardo que me ajudou durante todas as avaliações do experimento.

As colegas de mestrado, Daniela Siqueira e Vanessa Souza, que se mantiveram ao meu lado durante as avaliações do experimento, durante as disciplinas do curso e durante a confecção da dissertação. Elas que deixaram de ser apenas colegas e passaram a ser amigas.

A Bill, Leandro, Gessica, Paulo Ricardo que deixaram de ser vizinho e passaram a ser minha família aqui em Petrolina.

NASCIMENTO, R. L.. **COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DA VIDEIRA Cv. SYRAH (Vitis vinífera L.) E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS VINHOS EM FUNÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**. Juazeiro, 2013. 72 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2013.

RESUMO

Na região do Vale do Submédio do São Francisco a viticultura nos últimos anos vem apresentando considerável expansão. No entanto, devido às condições climáticas intrínsecas, como baixas precipitações pluviométricas e uma elevada demanda evaporativa, o fornecimento de água é indispensável para os cultivos, principalmente de espécies comerciais. Com o objetivo de avaliar o efeito de estratégias de irrigação sobre o ciclo de cultivo da videira, na economia de água e na melhoria da qualidade das uvas e dos vinhos elaborados foram avaliadas as características fisiológicas da videira e composição química dos vinhos produzidos. O experimento foi desenvolvido no Campo Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido), Petrolina-PE. Utilizaram-se três estratégias de irrigação: I-Irrigação plena (IP), onde a irrigação foi feita para repor a lâmina correspondente à quantidade de água evapotranspirada, sem a restrição de água às videiras durante todo o ciclo de produção; II- Irrigação com déficit (ID), onde a aplicação de água foi interrompida aos 49 dias após a poda de produção - dapp (estádio fenológico L – cacho fechado) até a colheita (122 dapp); III- Irrigação com déficit controlado (IDC), onde a aplicação de água foi interrompida desde o estágio fenológico L – cacho fechado (49 dapp), porém a irrigação foi realizada, aos 73-76 dapp e aos 94-97 dapp, para a manutenção da umidade do solo na profundidade efetiva do sistema radicular (0,6 m). Para as avaliações de clorofila foi utilizado o dispositivo portátil ClorofiLOG determinando-se o índice de clorofila a, b e total. A fotossíntese, condutância estomática, concentração interna de CO₂, transpiração, temperatura da folha e radiação fotossinteticamente ativa foram medidas com o auxílio do analisador portátil de gás por infravermelho (Infra Red Gas Analyser). O potencial hídrico foliar, foi medido antes do amanhecer, utilizando a bomba de pressão (Bomba de Scholander). Os ácidos orgânicos (cítrico, succínico, tartárico, málico, láctico, acético, ascórbico) e os compostos fenólicos foram mensurados utilizando cromatografia líquida de alta eficiência – HPLC. Verificou-se que ao reduzir a disponibilidade de água às plantas foram submetidas a um estresse hídrico moderado, o qual provocou a diminuição do potencial hídrico foliar e da atividade fotossintética, não se alterando o teor de clorofila das folhas. Com a imposição da restrição hídrica as concentrações de ácidos orgânicos nos vinhos produzidos apresentaram variações, ou seja, enquanto teor de ácido tartárico reduziu a medida que se aumentava a restrição hídrica, o ácido málico aumentou. Já nos compostos fenólicos observou-se que ocorreu o aumento da concentração de flavonóis, antocianinas e estilbenos com a diminuição da disponibilidade de água para as plantas. Assim, videiras submetidas às diferentes estratégias de irrigação foram submetidas a um estresse hídrico moderado que promoveu a redução da fotossíntese e melhoria da tipicidade dos vinhos devido à alteração da composição de ácidos orgânicos e compostos fenólicos.

Palavras-chave: *Vitis vinífera* L., trocas gasosas, clorofila, estresse hídrico, vinhos tropicais, compostos fenólicos.

NASCIMENTO, R. L.. PHYSIOLOGICAL BEHAVIR VINE Cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) AND CHEMICAL COMPOSITION OF WINES IN FUNCTION OF IRRIGATION STRATEGIES. Juazeiro, 2013. 72 f. Master Thesis (Masters in Agricultural Engineering) - Graduate Program in Agricultural Engineering - GPAE, Federal University of Vale do São Francisco, in 2013.

ABSTRACT

In the Valley of the submidle of the San Francisco viticulture in recent years has shown considerable expansion. However, due to climatic conditions intrinsic to low rainfall and high evaporative demand, the supply of water is essential for crops, mainly of commercial species . In order to evaluate the effect of irrigation strategies on vine cultivation cycle, the water saving and improving the quality of grapes and wines produced were evaluated physiological characteristics of the vine and chemical composition of the wines produced. The experiment was conducted at the Experimental Field of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa Semi-Arid) , Petrolina - PE . Three strategies used for irrigation : I- full Irrigation (FI) when the irrigation was done to replace the blade corresponding to the amount of water transpired without water restriction on vines throughout the production cycle; - II Irrigation with deficit (ID) , where the application of water was stopped at 49 days after pruning production - FAD (phenological stage L - bunch closed) until harvest (122 FAD) , III - controlled deficit irrigation (RDI) , where water application was stopped since the phenological stage L - bunch closed (49 FAD) , but irrigation was performed at 73-76 and 94-97 FAD FAD , to maintain soil moisture in the effective depth of the root system (0.6 m) . Evaluations of chlorophyll was used handheld ClorofiLOG determining the rate of chlorophyll a, b and total. Photosynthesis, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, transpiration, leaf temperature and photosynthetic active radiation were measured with the aid of portable gas analyzer IR (Infra Red Gas Analyser) . The leaf water potential was measured before dawn, using a pressure bomb (Scholander pump) . The organic acids (citric, succinic, tartaric, malic, lactic, acetic, ascorbic acid) and phenolic compounds were measured using high performance liquid chromatography - HPLC. It was found that by reducing the availability of water to plants were subjected to moderate water stress , which caused the decrease in leaf water potential and photosynthetic activity , not changing the chlorophyll content of leaves . With the laying of the fluid restriction concentrations of organic acids in the wine produced unchanged, ie as tartaric acid content reduced as the fluid restriction is increased , malic acid increased. Already phenolic compounds was observed that increasing the concentration of flavonols, anthocyanins, and stilbenes with reduced water availability to the plants. Thus, grapevines subjected to different irrigation strategies were subjected to a moderate water stress which caused a reduction of photosynthesis and improving the typicality of wines due to the changing composition of organic acids and phenolic compounds.

Keywords: *Vitis vinifera* L., gas exchange, chlorophyll content, water stress, tropical wines, phenolic compound

SUMÁRIO

1. Introdução	10
2. Revisão Bibliográfica	12
2.1 Vitivinicultura	12
2.2 Irrigação.....	13
2.3 Comportamento Fisiológico.....	14
2.3.1 Potencial de água na folha	14
2.3.2 Clorofila	15
2.3.3Trocas gasosas	16
2.4 Composição química dos vinhos.....	19
2.4.1 Compostos fenólicos	19
2.4.2 Ácidos orgânicos	24
3. Objetivos	27
3.1 Objetivos específicos	27
4. Material e Métodos.....	28
4.1. Campo experimental	28
4.2- Solo.....	28
4.3- Clima.....	28
4.4. Material Vegetal.....	29
4.5. Delineamento experimental.....	29
4.6- Irrigação	30
4.7- Determinações Fisiológicas	30
4.7.1 Potencial de água na folha	31
4.7.2 Trocas gasosas	31
4.7.3 Teor de clorofila	32
4.8 Avaliação da produção	32
4.9 Vinificação	32
4.9 Análises laboratoriais	33
4.9.1 Análise de compostos fenólicos	33
4.9.2 Análise de ácidos orgânicos.....	34
4.10 Análise estatística dos dados	34
5. Resultados e Discussão	35

5.1 Condições meteorológicas durante o período experimental.....	35
5.2 Potencial de água na folha	36
5.3 Teor de clorofila	39
5.4 Trocas gasosas	40
5.5 Produção	46
5.6 Ácidos orgânicos	48
5.7 Compostos fenólicos	50
Referências	54

1. Introdução

A água é um dos fatores limitantes para a produtividade agrícola, principalmente devido à sua essencialidade quanto à participação nos diversos processos, entre eles, os metabólicos, fisiológicos e morfogênicos que ocorrem nas plantas. A utilização de irrigação na agricultura é responsável pelo uso de 69% da água consumida no mundo. Assim, diante da escassez dos recursos hídricos, torna-se imprescindível a adequação de sistemas de irrigação visando otimizar a utilização de água na irrigação (SAMPAIO et al., 2010). Entre as alternativas para racionalização dos recursos hídricos, pode-se destacar a adoção de diferentes estratégias de irrigação.

O Vale do Submédio São Francisco, localizado entre os paralelos 8-10°S, é a segunda região produtora de vinhos finos do Brasil, sendo responsável por 15% da produção nacional (AGRIANUAL, 2006). Nesta região, a ocorrência de baixas precipitações pluviométricas e alta demanda evaporativa torna imprescindível o fornecimento de água para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas (MARINHO et al., 2009).

No entanto, a irrigação deve ser realizada de forma criteriosa, pois, dependendo da intensidade (ou volume) de água aplicada, pode-se provocar distúrbios no crescimento das plantas. Videiras sob níveis não restritivos de água no solo, o crescimento vegetativo é excessivo e compete com as bagas por fotoassimilados (DOKOOZLIAN; KLIEWER, 1996); por outro lado, um déficit hídrico muito severo 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).

Bindi et al. (2005) e Bindon et al. (2008) demonstraram em seus estudos com videiras viníferas que a diminuição da água do solo acarreta a redução do crescimento vegetativo da planta. Diante deste fato, vários trabalhos utilizaram estratégias de manejo da água, tais como: a irrigação deficitária controlada (RDI- Regulated Deficit Irrigation), ou estresse hídrico transiente, ou a irrigação parcial das raízes (PRD – Partial Rootzone Drying) como uma forma de balancear entre carga de frutos e vegetação. Sendo esta uma prática importante para o desenvolvimento

sustentável agricultura, especialmente nas regiões áridas e semiáridas (CHAVES et al., 2007).

A adaptação da videira às condições de estresse hídrico resulta em grande parte da sua capacidade de controlar a perda de água via transpiração, através do fechamento estomático, sendo este o único processo de resposta instantânea no contínuo solo-planta-atmosfera (LAWLOR; CORNIC, 2002). Este mecanismo de controle está diretamente ligado ao suprimento de CO₂ para a folha e consequente diminuição da fotossíntese.

Outro mecanismo para reduzir a perda de água pela planta é o ajustamento osmótico, ou o acúmulo líquido de solutos nas células vegetais sob déficit hídrico, é o processo pelo qual a planta diminui o seu potencial hídrico mediante um aumento líquido nos solutos intracelular (CHAVES, 1991).

A disponibilidade hídrica também pode alterar a produção de ácidos orgânicos, pois videiras sem a imposição de déficit hídrico possuem um crescimento vegetativo maior e este pode influenciar a produção de ácidos orgânicos, como o ácido málico (HEPNER et al., 1985). Por outro lado, esse mesmo crescimento proporciona um efeito de sombra na região dos cachos, mantendo-os mais protegidos do excesso de sol e num meio mais fresco, diminuindo a taxa de degradação do ácido málico na respiração, que é precisamente potencializada por temperaturas elevadas (KOUNDOURAS et al., 2006).

Segundo Freeman e Kliewer (1983), o estresse hídrico poder causar incremento de até 44% no teor de antocianinas nas bagas. Alguns trabalhos destacam que o incremento de antocianinas por restrição hídrica ocorre pela redução no tamanho da baga, aumentando a proporção de película (OJEDA et al., 2005).

Diante da significativa influência da água no crescimento e desenvolvimento da videira, o objeto de estudo consistiu em analisar as respostas fisiológicas das plantas e a composição química dos vinhos elaborados a partir de uvas obtidas sob três diferentes estratégias de irrigação: irrigação plena, irrigação com déficit e irrigação com déficit controlado.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Vitivinicultura

Nos últimos anos a vitivinicultura brasileira tem apresentado crescimento significativo, decorrente da expansão de novas áreas cultivadas e das tecnologias empregadas na produção de uvas e na elaboração de vinhos. A variabilidade de climas e de solos do Brasil proporciona um enorme potencial para obtenção de produtos com características diferenciadas, com condições de agradar os diferentes paladares dos consumidores (GUERRA et al., 2009).

A produção tradicional de vinhos no mundo está situada em regiões de clima temperado, entre os paralelos 30-45º no hemisfério Norte e entre 29-42º no hemisfério Sul. A viticultura de clima temperado caracteriza-se por um ciclo anual, seguido de um período de dormência induzido pelas baixas temperaturas do inverno. É a viticultura tradicional no Sul e em regiões de altitude do Sudeste do Brasil, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (CAMARGO et al, 2011).

A viticultura tropical é típica de regiões onde as temperaturas mínimas não são suficientemente baixas para induzir a videira à dormência. A videira cresce continuamente e, com o uso de tecnologia apropriada, é possível a obtenção de duas ou mais colheitas por ano, no mesmo vinhedo. A época de colheita pode ser programada para qualquer dia do ano (CAMARGO et al, 2011). No Nordeste do Brasil, a região do Vale do São Francisco, situada entre os paralelos 8-9º Sul, é uma região de clima tropical semiárido e um dos polos da viticultura tropical, onde as características edafoclimáticas possibilitam o escalonamento da produção de uvas para vinhos ao longo do ano, tendo variações na composição, qualidade e tipicidade dos vinhos desta região, pela variabilidade climática intra-anual (TONIETTO; TEIXEIRA, 2004).

2.2 Irrigação

Na região do Vale do Submédio São Francisco a ocorrência de baixas precipitações e alta demanda evaporativa torna o fornecimento de água através da irrigação indispensável para o crescimento e desenvolvimento das plantas (MARINHO et al., 2009).

No entanto, uma irrigação excessiva eleva o vigor dos ramos, aumenta a competição por fotoassimilados entre frutos e ramos, alterando o microclima na região dos cachos, comprometendo a síntese de compostos fenólicos (JACKSON; LOMBARD, 1993).

Bindi et al. (2005) e Bindon et al. (2008) demonstraram em seus estudos com videiras viníferas que a diminuição da água do solo acarreta a redução do crescimento vegetativo da planta. Visando balancear o crescimento entre parte vegetativa e reprodutiva da videira, foram desenvolvidas algumas técnicas de manejo da irrigação. A técnica conhecida como déficit de irrigação regulado (RDI – Regulated Deficit Irrigation) e seca parcial de raízes (PRD – Partial Rootzone Drying) são algumas delas. O uso da técnica RDI tornou-se possível devido ao uso generalizado da irrigação localizada, a qual permite regular o tempo e a quantidade de água a ser aplicada em uma planta (DRY et al., 2001). Na prática, a técnica é conseguida pela aplicação de um curto estresse hídrico, imediatamente após o pegamento de fruto.

Tanto a deficiência como o excesso hídrico afeta significativamente as características morfofisiológicas desenvolvidas durante os estádios da cultura da videira, comprometendo a produtividade dos frutos e qualidade de uvas e vinhos (REYNIER, 2007).

A irrigação aumenta substancialmente a eficiência da atividade fotossintética em videiras. Verificou-se aumento de 1,5 - 4 vezes, dependendo do tempo de irrigação, da quantidade de água aplicada, da cultivar, das condições ambientais e outras práticas agrícolas (ESCALONA et al, 2003). Por outro lado, parece que, se uma certa quantidade de água for adicionada, não são observados efeitos na qualidade da uva e do vinho, mesmo quando o rendimento de uva é aumentada (MEDRANO et al, 2003). Entretanto, quantidades maiores de água, embora rendimento o da uva aumente ainda mais, observou-se efeitos negativo na qualidade

dos frutos, principalmente devido às perdas de cor, baixo conteúdo de açúcar e acidez desequilibrada (ESTEBAN et al, 2001).

2.3 Comportamento Fisiológico

2.3.1 Potencial de água na folha

O potencial de água na folha indica o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera de modo que, variações no potencial hídrico da folha podem afetar, por exemplo, a assimilação do carbono da planta (BERGONCI et al., 2000).

O potencial hídrico foliar (Ψ) tem sido usado, principalmente, para o entendimento dos mecanismos envolvidos e os processos afetados no controle do déficit hídrico pela própria planta. Quando o conteúdo de água no solo decresce, o potencial da água na planta também diminui e, como consequência, o déficit hídrico torna-se expressivo nas células que formam os tecidos das folhas. As células guardas perdem turgor, causando fechamento estomático (BIANCHI, 2004)

O estado hídrico da planta dependerá da relação entre as entradas e as saídas de água do sistema (WAMPLE, 2001), e pode ser avaliado pelo potencial hídrico foliar, expresso em unidades de pressão, que será tanto mais negativo quanto maior for o déficit hídrico a que a planta está sujeita (HSIAO, 1973).

Considerando que o potencial de base é lido antes da abertura estomática, há uma relação de equilíbrio entre o potencial de base e o potencial da água no solo (KATERJI; HALLAIRE, 1984).

Os valores em torno de -0,20 MPa, segundo Deloire et al. (2004), são indicativos de que o manejo de água foi adequado. Considerando o cultivo de uvas em regiões da Europa, Ojeda (2007) estabeleceu faixas de potencial de base que caracterizam estados hídricos ótimos para *Vitis vinífera* L., em função do estágio fenológico em que a videira se encontra. A condição hídrica foi considerada ótima

quando os valores de potencial de base estiverem entre 0 e -0,6 MPa durante o crescimento inicial da baga e entre -0,3 e - 0,6 MPa na maturação dos frutos.

2.3.2 Clorofila

As quantificações do conteúdo de clorofilas em folhas de videira são importantes no estudo do comportamento vegetativo e na resposta das plantas às técnicas de manejo, principalmente relacionadas aos sistemas de condução (MURISIER, 1996), adaptabilidade às condições do ambiente (LOPES, 1994) e estimativas do vigor (CHAMPAGNOL, 1984).

A clorofila é um pigmento clorínico com quatro anéis pirrólicos ligados por metinas, e um quinto anel ausente em outras porfirinas, grupo de compostos ao qual pertence e que incluem compostos como o grupo heme. No centro do anel há um íon de magnésio (Mg^{2+}) coordenado por quatro átomos de nitrogênio. As clorofilas representam a cor verde das plantas devido à baixa absorção de luz na região do espectro electromagnético. A clorofila apresenta picos máximos de absorção aos 465 e 665 nm, com uma absorvidade molar superior a $10^5 M^{-1} cm^{-1}$, uma das mais altas em compostos orgânicos. Essenciais ao desenvolvimento do vegetal e com uma rota biossintética característica que envolve a necessidade de mais de um gene (THIMM et al., 2004)

As clorofilas integram os cloroplastos localizados nas células do mesófilo foliar, sendo essas organelas responsáveis pela atividade de fotossíntese dos vegetais, que apresenta duas reações importantes: a fotoquímica nas membranas dos tilacóides e a bioquímica no estroma dos cloroplastos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo Taiz e Zeiger (2004) os teores de clorofilas não sofrem alterações ambientais (como o estresse hídrico), a não ser com o efeito da luz e da temperatura, pois são determinados geneticamente.

Gonçalves (2008) afirma que o déficit hídrico caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pela perda no conteúdo de pigmentos fotossintetizantes nas folhas, fazendo com que o ciclo das plantas seja alterado.

Segundo Smirnoff (1995), a deficiência hídrica severa favorece a formação de espécies reativas de oxigênio, que danificam as plantas, oxidando pigmentos

fotossintéticos, lipídeos de membrana, proteínas e ácidos nucleicos. Decréscimos nos teores de clorofila ou proteína podem, portanto, ser sintoma característico de estresse oxidativo, o qual tem sido verificado em plantas sob estresse hídrico.

Nautiyal *et al.* (1996) verificaram no aumento no teor de clorofila a, b e total em plantas de *Pongamia pinnata* submetidas a intervalos de irrigação de até 15 dias. No entanto, os mesmos autores verificaram rápida redução nesses teores quando o intervalo de irrigação foi igual ou maior a 30 dias. Segundo esses autores, isso mostra que a referida espécie é capaz de sobreviver e manter-se fotossinteticamente ativa em condições moderadas de déficit hídrico, mas condições mais severas têm efeito adverso sobre o teor de clorofila.

Entretanto, segundo Egert e Tevini (2002), as plantas podem proteger-se sintetizando antioxidantes (carotenóides, ascorbato, a-tocoferol, glutathiona e flavonóides) e aumentando o teor de enzimas antioxidantes (peroxidases, superóxido dismutase e catalases).

Gamon e Pearcy (1989) atribuem que os maiores teores de clorofila são decorrentes de uma menor quantidade de água presente na folha.

Segundo Engel e Poggiani (1991), a eficiência fotossintética está ligada ao teor de clorofila das plantas, afetando o crescimento e influenciando na adaptabilidade das mesmas aos diversos ambientes.

Para a determinação do teor de clorofila em tecidos de plantas existem métodos alternativos com medidores portáteis de clorofilas, como o uso do clorofilômetro, os quais vêm sendo empregados, permitindo leituras instantâneas. Argenta *et al.* (2001) caracterizam esse método como simples e rápido, além de possibilitar uma avaliação não-destrutiva do tecido foliar diretamente no campo.

Sant' Anna (2009) avaliando diferentes variedades de citros, tais como: laranja 'Azeda Jacarandá', limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano', e tangerineiras 'Cleópatra', 'Sunki da Flórida' e 'Sunki Tropical' submetidas à deficiência hídrica progressiva observou que os pigmentos fotossintéticos não foram afetados pela deficiência hídrica, configurando-se semelhante em todas as variedades.

2.3.3 Trocas gasosas

A primeira resposta das plantas ao déficit hídrico, segundo Taiz e Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas, além da redução da fotossíntese, alterações no padrão de repartição da massa seca entre os órgãos e modificações no balanço hormonal (SAURE, 2001). Em videiras, sob condições de deficiência hídrica, o crescimento vegetativo, crescimento reprodutivo e rendimento são reduzidos (ANDERSON, 1989).

Grant (1992) afirma que o desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO₂, pela radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar. De acordo com Lopes et al. (1988) o déficit hídrico reduz o índice de troca de CO₂ e a sua condução para a folha, além de reduzir a concentração desse elemento nos espaços intercelulares.

Heitholt et al. (1991) constataram que plantas em ambientes com deficiência hídrica, as trocas gasosas em folhas foi reduzida, diminuindo por conseguinte a fotossíntese líquida. A redução na produção de fotoassimilados pode estimular a remobilização de reservas para os grãos, ou reduzir o acúmulo destas reservas, dependendo da época de sua ocorrência.

A redução na atividade fotossintética pela redução na assimilação do CO₂ e a senescência das folhas são também indicadores do efeito do déficit hídrico de uma cultura (FAVER et al., 1996). Begg e Turner (1976) demonstraram que os efeitos causados pelo déficit hídrico nos tecidos mais jovens da planta são maiores que nos tecidos adultos; porém, quando se interrompe o déficit, a recuperação do desenvolvimento ocorre somente nas folhas mais jovens.

Em ocasiões de déficit hídrico, plantas não tolerantes, com pouca capacidade de ajustamento osmótico, fecham os estômatos numa tentativa de restringir a perda de água pela transpiração (NOGUEIRA et al., 2000), o que se reflete de forma negativa sobre a fotossíntese pela diminuição das trocas gasosas (SOUZA et al., 2001).

Segundo Pereira et al., (2003) a condutância foliar é o indicador fisiológico que melhor se correlaciona com a fotossíntese em diferentes condições de disponibilidade hídrica.

Há uma correlação curvilínea entre condutância estomática (g_s) e fotossíntese (A) em videiras, como em outras espécies (FLEXAS et al., 2002a). Devido a esta

relação e ao fato que o fechamento dos estômatos está entre os primeiros eventos a ocorrer sob seca, verificou-se que a diminuição da A é mediada pelo fechamento estomático (KRIEDEMANN; SMART, 1971). Sob estresse hídrico moderado, é provável que a fotossíntese da videira seja pressionada quase exclusivamente pelo fechamento dos estômatos, como indicado pelo aumento da eficiência do uso da água (isto é, a razão entre a fotossíntese e transpiração ou condutância estomática ao vapor de água), sendo, uma característica geral para a maioria das espécies. No entanto, sob situações de estresse mais severas de água a inibição não-estomática da fotossíntese tem sido descrita (FLEXAS et al., 2004).

Flexas et al. (2002a) demonstraram recentemente que a seca induzida provocou mudanças em muitos parâmetros da fotossíntese, os quais estão mais relacionadas às variações da g_s máxima diária, do que às variações dos parâmetros de status de água, como potencial de água na folha ou teor relativo de água. Usando g_s como um parâmetro integrativo que reflete a gravidade do estresse hídrico, em diferentes cultivares de videira ou diferentes espécies C_3 (MEDRANO et al, 2002), estas seguem um padrão muito similar de regulação dos diferente parâmetros da fotossíntese em resposta a depleção progressiva de água no solo. No caso das videiras, esta observação é consistente quase um comportamento isohídrico de muitas cultivares adaptadas à seca e com a sugestão de que o fechamento dos estômatos seja induzida por ABA (e não o estado da água diminuiu folha) é a resposta mais imediata folha à seca (CIFRE et al., 2005).

Martim et al. (2009) avaliando videiras da cultivar Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) enxertadas sobre o porta-enxerto 1103P submetidas à irrigação plena e déficit, avaliaram as trocas gasosas e o potencial hídrico foliar e observaram uma diminuição progressiva com o decorrer do período experimental, sendo os menores valores observados no final, do 12º dia após suspensão da irrigação.

Souza et al (2001), estudando a cultivar Niágara Rosada sob dois porta-enxertos, constatou que a redução na taxa fotossintética, em condições de deficiência hídrica, está relacionada principalmente ao fechamento estomático. Estes mesmos autores observaram a partir do sétimo dia após a interrupção da rega, reduções significativas na fotossíntese da cultivar no horário das 12h. Neste período, a fotossíntese diminuiu aproximadamente em 50% no tratamento não-irrigado, independentemente do porta-enxerto. Reduções na transpiração, g_s e C_i , entre os tratamentos hídricos, ocorreram após nove dias de suspensão da rega, nos dois

horários avaliados. A partir desta data, a transpiração e a condutância estomática alcançaram valores próximos de zero, sem distinções entre os porta-enxertos.

A videira está classificada no grupo das plantas C_3 , para a fixação de carbono, necessitando cerca de 500 a 700 $\mu\text{mol.m m}^{-2} \text{s}^{-1}$ da radiação fotossinteticamente ativa, para atingir máxima taxa fotossintética (REGINA et al, 1998).

Regina e Carbonneau (1992) verificaram reduções médias de 77,8% na atividade fotossintética de um grupo de cultivares de videira, quando reduziram a luminosidade média das folhas de 1.800 $\mu\text{mol. M}^{-2} \text{s}^{-1}$ para 267 $\mu\text{mol. M}^{-2} \text{s}^{-1}$

Estudo com realizados com videira apresentaram valores da atividade fotossintética entre 8 e 12 $\mu\text{mol CO}_2. \text{m}^{-2}. \text{s}^{-1}$, para diferentes clones de 'Syrah' cultivados na região mediterrânea da França

2.4 Composição química dos vinhos

2.4.1 Compostos fenólicos

Existem dois grandes grupos de compostos fenólicos; os não flavonoides e os flavonóides (Figura 1). As diferenças de estrutura entre ambos os grupos consistem principalmente que os não flavonóides têm um único anel, enquanto que os flavonóides são formados por dois anéis fenólicos unidos por uma cadeia de três átomos de carbono (ÁVILA, 1999).

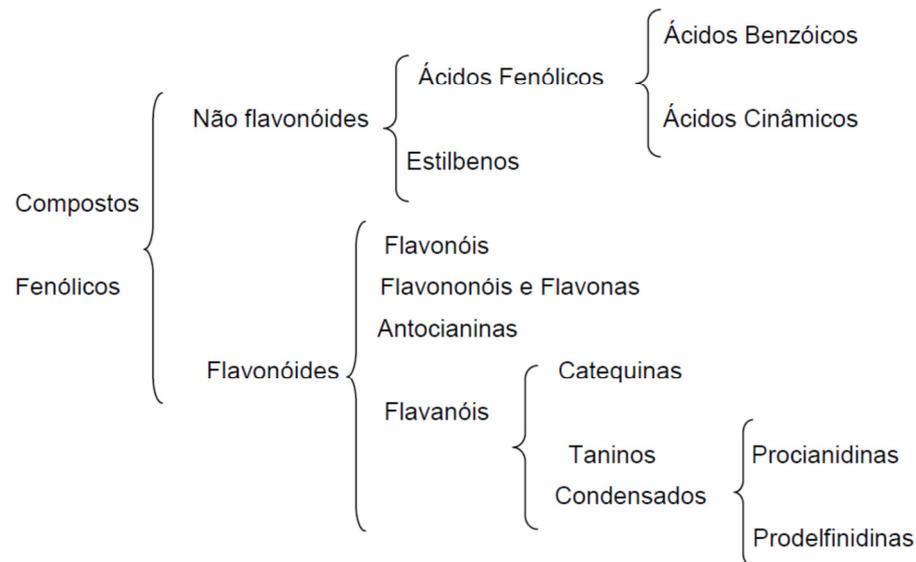


Figura 1 – Classificação geral dos compostos fenólicos (Fonte: ZAMORA et al, 2003.)

Os compostos fenólicos, normalmente, apresentam-se de forma combinada, seja como ácidos orgânicos ou açúcares (ácidos fenólicos, flavonóis e antocianinas), podendo formar polímeros (taninos).

2.4.1.1 Não flavonoides

Os principais compostos não flavonóides são o ácidos benzoicos e ácidos cinâmicos, além dos estilbenos (resveratrol).

O ácido gálico é o derivado do ácido benzoico mais importante em enologia e é encontrado na natureza geralmente na forma de seu dímero de condensação, o ácido elágico (CARVALHO et al., 2001). Atua eliminando radicais livres em pH estomacal (JAMROZ; BELTOWSKI, 2001), além de possuir atividades antifúngica e antiinflamatória (YILMAZ; TOLEDO, 2004).

Entre os derivados do ácido cinâmico distribuídos no reino vegetal estão os ácidos caféico e ferúlico. O ácido caféico é um dos compostos mais encontrados (na forma livre ou esterificada com o ácido tartárico) em vinhos brancos (RIBÉREAU-GAYON et al., 2003). Apresenta atividade antibacteriana e antiviral e é capaz de

inibir a enzima lipoxigenase, que está relacionada com a biossíntese de leucotrienos e prostaglandinas (TRUEBA; SANCHEZ, 2001).

Os estilbenos, tanto nas *Vitis vinifera* como em *Vitis labrusca*, estão presentes majoritariamente na casca e não são encontrados nas sementes. O resveratrol (trans 3,5,4' – trihidroxiestilbeno) é um estilbeno presente em vinhos, principalmente tintos. Por ser uma das fitoalexinas responsáveis pela resposta imune da planta a ataques fúngicos, o seu teor é dependente do nível de estresse sob o qual se encontrava a videira durante a produção do fruto (FLANZY, 2003). O resveratrol apresenta atividade antioxidante in vivo, propriedades antiaterogênica, apoptótica e de redução dos riscos de câncer (YILMAZ; TOLEDO, 2004). Além de reduzir o número de células cancerosas e, sobretudo, impede a proliferação de células cancerosas no fígado humano (SPLENDOR, 2003). Também inibi tanto a formação quanto o crescimento e disseminação das células cancerosas (REGINA et al., 2002).

2.4.1.2 Flavonóides

Os flavonóides estão presentes em plantas, frutos, verduras e legumes e são responsáveis, muitas vezes, pelo odor e cor dos vegetais (CROFT, 1998). Estes compostos possuem um esqueleto de quinze átomos de carbono (C6-C3-C6) caracterizados pela presença de dois anéis aromáticos unidos por um heterociclo oxigenado (RIBÉREAU-GAYON et al., 2003). São formados pela combinação de derivados sintetizados da fenilalanina (via metabólica do ácido chiquímico) e do ácido acético.

As subclasses mais estudadas de flavonóides são as flavanonas (hesperidina, naringenina), flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), flavanóis (catequina, epicatequina, taninos condensados) e isoflavonas (genesteína, daizeína) (ROSS; KASUM, 2002).

Os compostos flavonóides são os compostos fenólicos considerados mais importantes para o vinho, pois é das antocianninas e taninos que depende grande parte da qualidade organoléptica geral de vinhos tintos (GABBARDO, 2009).

As antocianinas, associadas aos grupos de pigmentos da uva, estão presentes somente nas variedades tintas, sendo responsáveis pela coloração dos vinhos tintos e rosados, e os principais compostos identificados nas bagas e nos vinhos são: malvidina, cianidina, peonidina, petunidina, delphinidina, com predominância de malvidina-3- glicosídeo (AMERINE; OUGH, 1980).

As antocianinas em uvas *Vitis vinifera* ocorrem exclusivamente como 3-glicosídeos em concentrações dependentes da variedade e das condições edafoclimáticas de cultivo, podendo variar nas uvas frescas entre 300 e 750 µg.g⁻¹, com predominância das formas glicosiladas de delphinidina, malvinidina petunidina, peonidina e cianidina, que diferem entre si quanto ao número de hidroxilas e grau de metilação presentes no anel B (LIMA, 2005). A composição de antocianinas pode ser usada para diferenciar e classificar vinhos de acordo com a variedade da uva e, conseqüentemente, traçar um perfil, tornando-se, portanto, uma importante ferramenta para verificar a autenticidade do vinho, a exemplo da Cabernet Sauvignon, que apresenta, aproximadamente, 70% dos pigmentos antociânicos como formas derivadas de malvidina 3-monoglicosídeo (CASTEÑEDA OVANDO et al., 2009). Esses pigmentos com atividade antioxidante, principais responsáveis pela coloração dos vinhos tintos, encontram-se principalmente na casca das uvas, para atrair insetos polinizadores e proteger o fruto das radiações UV (RISTIC et al., 2007).

A redução da concentração de antocianinas, catequinas e procianidinas em função da formação de novos pigmentos poliméricos proporcionam uma longa vida de prateleira para os vinhos tintos (ECHEVERRY et al., 2005).

Os taninos que são compostos pela catequina, a epicatequina e a epigalocatequina, encontradas em maior quantidade nas sementes, na película e no engaço da uva, estão associados às características organolépticas de adstringência, cor, estrutura e amargor. A isomeria destes compostos influencia estas características, sendo a catequina mais adstringente do que a epicatequina (WATERHOUSE et al., 2000).

Os taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros de flavonóides, cujos monômeros de unidades flavan- 3-ol, ou por um derivado desta, são unidos por uma ligação carbono-carbono. Esta ligação ocorre normalmente entre os carbonos 4 de uma estrutura e o carbono 8 da outra. Variações podem ocorrer por diferentes números de monômeros ligados, pela posição de ocorrência das ligações,

pelo padrão de oxigenação nos anéis A e B da unidade flavan-3-ol e pela estereoquímica dos substituintes do anel C (AGOSTINE-COSTA et al., 2003).

Outro grupo de compostos fenólicos de importância para a enologia são os flavonóis, presentes em vinhos brancos e tintos, sendo que os mais encontrados são a quercetina, rutina, miricetina, a isoramnetina e kaempferol, todos originários da uva (RIBEREAU-GAYON et al., 2004). A quercetina, flavonol destacado em termos quantitativos, está localizada na casca, e é transferida para o vinho durante a maceração. Estes flavonóides, dependendo da concentração, atuam indiretamente no perfil gustativo dos vinhos, devido, à estrutura, cor, ao amargor e à adstringência; entretanto, demonstram potencial para indicar o estilo do vinho (RISTIC et al., 2007;) e atuam como copigmentos, alterando, intensificando e estabilizando a cor (PRICE et al., 1995).

Segundo Esteban et al. (2001) o estresse hídrico reduz o tamanho da baga e, em consequência, aumenta a concentração de polifenóis. Estes últimos autores também demonstraram que o aumento da concentração dos polifenóis foi devido a uma redução no tamanho da baga e a um aumento na biossíntese dessas substâncias.

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⁻¹, em plantas cultivadas sob diferentes tratamentos: solo molhado, medianamente molhado 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 pintor, na composição das uvas da 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⁻¹), em comparação com déficits médio e forte entre antese e pintor (10,21 e 9,94 mg.g⁻¹). O menor teor encontrado foi para o controle, 6,74 mg.g⁻¹.

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

Em trabalho realizado por Sivilotti et al. (2005), os autores concluíram que sob um estresse hídrico moderado, a videira manteve as funções foliares similares às das plantas que não sofreram estresse; sob um estresse mais severo os parâmetros fisiológicos das plantas foram fortemente afetados, porém, houve uma melhora na qualidade dos frutos, em consequência de um aumento na concentração fenólica. De acordo com os autores, um nível ótimo de estresse pode ser alcançado pela manutenção da água disponível entre 30 e 15 %.

2.4.2 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos presentes no vinho são importantes por exercerem influência nas propriedades organolépticas de cor, aroma e sabor, e também por atuarem na estabilidade e no controle microbiológico. Esses ácidos orgânicos podem ser originados da própria uva, ou serem sintetizados durante o processo de fermentação. A análise desses compostos permite o acompanhamento da maturação da uva e o controle da evolução da acidez do vinho durante os diferentes estágios do processo de vinificação (MATO; SUÁREZ-LUQUE; HUIDOBRO, 2005).

Na uva, o ácido tartárico e o ácido málico são os ácidos predominantes, enquanto o ácido cítrico está presente em menor proporção, representando os principais ácidos do vinho. O ácido tartárico é responsável pela regulação da acidez do vinho e durante o processo de fermentação podendo ter sua concentração diminuída pela precipitação sob a forma de cristais de bitartarato de potássio e tartarato de cálcio. A concentração de ácido málico diminui durante a maturação das uvas, pois pode ser transformado em etanol durante a fermentação malolática. Esses ácidos juntamente com o ácido cítrico estão relacionados com a acidez fixa do vinho (ZOTOU; LOUKOU; KARAVA, 2004).

A concentração de ácido tartárico, em vinhedos do Norte da França muitas vezes ultrapassam de 6 g.L^{-1} , enquanto em regiões sul esta concentração fica entorno de 2 a 3 g.L^{-1} . Já os teores de ácido málico nos vinhedos do Norte da França ficam em torno de $4 - 6,5 \text{ g.L}^{-1}$, em regiões do sul encontram-se entre $1 - 2 \text{ g.L}^{-1}$. Nos engaços das uvas esses valores podem ser de 25 g.L^{-1} , antes do estágio

de pintor. E o ácido cítrico em mostos e vinhos antes da fermentação malolática está compreendido entre 0,5 e 1 g.L⁻¹ (RIBÉREAU-GAYON et al., 2004)

As concentrações destes ácidos estão relacionadas aos aspectos fisiológicos da maturação, e às características de solo, clima e práticas agronômicas (RIZZON; SGANZERLA, 2007)

A alteração do microclima, principalmente pelo aumento das temperaturas, pode acelerar o metabolismo e a degradação do ácido málico (LULU et al., 2005). Segundo Esteban et al. (1999) essa redução da acidez titulável, associada ao déficit hídrico, pode ser atribuída à redução de malato.

O nome ácido ascórbico designa a atividade antiescorbútica da vitamina C, e deriva da antiga forma inglesa da palavra escorbuto (*scorby*). A molécula do ácido ascórbico tem um anel lactona quase planar com dois centros quirais nas posições 4 e 5, determinando dois pares de estereoisomêros: os ácidos L e D ascórbico e os ácidos D e L isoascórbico, os quais são epímeros (par de diastêromeros que diferem entre si somente na configuração de um único átomo).

O ácido ascórbico é afetado pelo processamento de frutas e vegetais, por isso sua retenção é usada freqüentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos. Durante o processamento ou armazenamento, podem ocorrer perdas da vitamina C através de uma série de rotas diferenciadas. (ROSA et al., 2007).

Os ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação são representados principalmente pelo ácido acético, ácido láctico e ácido succínico. O ácido acético é o principal constituinte de acidez volátil. É originado do acetaldeído e sua presença é comum em baixas concentrações no vinho. O ácido succínico é um subproduto da fermentação alcoólica (KRITSUNANKUL et al. 2009), sendo encontrados traços destes ácido em todos os vinhos e sua presença esta relacionada com o enriquecimento no sabor do vinho durante o envelhecimento (ZOTOU; LOUKOU; KARAVA, 2004). Segundo Ribéreau- Gayon et al. (2004) a concentração de ácido succínico esta compreendida entorno de 1 g.L⁻¹, em regiões da Europa.

O ácido láctico, produzido durante a fermentação malolática (FML), confere suavidade gustativa (KRITSUNANKUL et al. 2009). E a FML é responsável pela transformação do ácido málico em ácido láctico e dióxido de carbono, através da ação das bactérias lácticas. (AVILA, 1995).

A FML é quase sempre necessária nos vinhos tintos, pois proporciona estabilidade biológica, diminui a acidez e confere maciez e equilíbrio, além de contribuir para a complexidade aromática dos mesmos (RIBÉREAU-GAYON et al., 1976).

Souza e Fochesato (2007) avaliando a cultivar Niágara Branca, no Rio Grande do Sul, obteve na safra de 2005, uma acidez total titulável de $3,79 \text{ g.L}^{-1}$ superior à safra de 2004, segundo o autor desses valores podem ser explicados pelo alto estresse hídrico ocorrido nesta última safra, supostamente dificultando a transformação dos ácidos orgânicos, mesmo com o aumento da temperatura, a qual foi potencializada ainda mais pela falta de água.

De acordo com Conte (1998), a degradação dos ácidos verificados no mosto da uva é dificultada em baixas temperaturas e em períodos de baixa precipitação pluvial, como consequência da menor absorção de cátions do solo.

Busato et al. (2011), avaliando diferentes manejos de irrigação e fertirrigação nitrogenada, constataram que as videiras cultivadas na parcela sob 35 g planta^{-1} de N responderam de forma diferente quanto ao manejo da irrigação. A acidez diminuiu com o aumento da restrição hídrica nesta dose, sendo que os manejos de 100 e 67% de reposição da água apresentaram maior acidez total, estatisticamente, em relação aos manejos de 33 e 0%.

Santos e Kaye (2009), na região sul de Fresno, no vale de San Joaquin (EUA), obtiveram menor acidez total nas bagas de plantas de videira 'Syrah' sob baixo estresse hídrico. Marinho et al. (2009) concluíram em sua pesquisa, no Município de Casa Nova-BA que, quanto maior o déficit de irrigação e a sua duração, maior a redução de acidez titulável (AT) na uva 'Superior Seedless'. Redução aparente de AT também foi observada em videiras 'Merlot' submetidas a déficit de irrigação, no sudeste de Idaho (SHELLIE et al., 2006).

Conde et al., (2007) estudando diferentes cultivares de uvas, constataram redução do teor de ácido málico em função, principalmente, da temperatura da baga. De acordo com esses autores, à medida que a temperatura aumenta, as necessidades energéticas crescem e, para manter a produção de energia, a célula recorre ao ácido málico armazenado através de um aumento de atividade da enzima málica. Deste modo, uvas colhidas em regiões frias normalmente são mais ricas em ácido málico do que as de regiões quentes.

3. Objetivos

Avaliar os efeitos das diferentes estratégias de irrigação sobre os parâmetros fisiológicos da videira e a composição química dos vinhos da variedade Syrah (*Vitis vinífera* L.).

3.1 Objetivos específicos

- a) Fisiológicos: Avaliar o potencial hídrico foliar, Quantificar as trocas gasosas e os teores de clorofila em folhas de videiras submetidas as diferentes estratégias de irrigação.
- b) Composição do vinho: Avaliar o teor de ácidos orgânicos e determinar os compostos fenólicos, antocianinas monoglicosídicas e flavonóis, dos vinhos elaborados a partir das uvas provenientes dos diferentes estratégias de irrigação.

4. Material e Métodos

4.1. Campo experimental

O trabalho foi conduzido em vinhedo experimental instalado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, cujas coordenadas geográficas são 9° e 9' de latitude Sul e 40° e 29' de longitude Oeste e altitude de 365,5 m (AMORIM NETO, 1989).

4.2- Solo

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média, relevo plano (SILVA, 2005). 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 (Silva, 2000). A presença de um fragipã neste solo (Silva, 2005) faz com que a sua drenagem seja mais lenta em profundidades maiores.

4.3- Clima

Segundo o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitélica, 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 ocorrências de seca. O índice pluviométrico anual é de 200 mm, com chuvas irregulares.

4.4. Material Vegetal

Foram utilizadas plantas da cultivar Syrah (*Vitis vinifera* L.) enxertadas sobre o porta-enxerto 1103 Paulsen, sendo o espaçamento de um metro entre plantas e três metros entre fileiras, estando dispostas no sistema de condução do tipo espaldeira, em duplo cordão esporonado.

Durante a avaliação experimental o parreiral encontrava-se instalado na área há dois anos, sendo que no ano de 2011 correspondeu ao terceiro ciclo de produção da videira. Este ciclo teve seu início no dia 10 de maio de 2011 quando foi realizada a poda de produção da videira. A colheita foi realizada no dia 7 de setembro, aos 121 dias após a poda de produção.

4.5. Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com três tratamentos e quatro blocos. As parcelas experimentais continham 48 plantas por tratamento em cada bloco, sendo 2 fileiras com 24 plantas, totalizando 576 plantas em toda a área.

Os tratamentos foram constituídos por aplicações de diferentes estratégias de irrigação, as quais são citadas abaixo:

I- Irrigação plena (IP), onde a irrigação foi feita para repor a lâmina correspondente à quantidade de água evapotranspirada, sem a restrição de água às videiras durante todo o ciclo de produção;

II- Irrigação com déficit (ID), onde a aplicação de água foi interrompida aos 49 dias após a poda de produção (dapp), estágio fenológico L, cacho fechado até a colheita (121 dapp);

III- Irrigação com déficit controlado (IDC), onde a aplicação de água foi interrompida desde o estágio fenológico L, cacho fechado (49 dapp), porém a irrigação foi realizada aos 73-76 dapp e aos 94-97 dapp, para a manutenção da

umidade do solo na profundidade efetiva do sistema radicular (0,6 m), de acordo com SILVA (2005).

4.6- Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com emissores espaçados a 0,5 m na linha de plantio e com vazão de 2,5 L. h⁻¹, a uma pressão de serviço de 100 kPa, e aferida em teste de vazão no campo.

O manejo de irrigação foi realizado com base na evapotranspiração de referência (ET_0 , mm), estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et. al., 1998), por meio de parâmetros medidos pela estação agrometeorológica automática instalada a cerca de 50 m da área do experimento e em coeficientes de cultura para videira de vinho cv. Syrah (BASSOI et al., 2007). Assim, o manejo de irrigação foi feito baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c , mm), obtida pelo produto da evapotranspiração de referência pelo coeficiente da cultura para os diferentes estádios fenológicos da cultura da videira (equação 1).

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

Sendo:

ET_c - evapotranspiração da cultura, em mm;

ET_0 - evapotranspiração de referencia, em mm;

K_c - coeficiente da cultura, usando-se os seguintes valores:

- 0,7 - Poda até quebra de dormência
- 1,0 - Quebra de dormência até o florescimento
- 1,0 - Florescimento até pegamento do fruto
- 0,8 - Pegamento do fruto até o início da maturação
- 0,5 - Início da maturação até a colheita

4.7- Determinações Fisiológicas

4.7.1 Potencial de água na folha

Para avaliar o potencial hídrico foliar, foram selecionadas folhas com características uniformes, ou seja, maduras, isentas de ataque de pragas, sem sintomas de doenças ou deficiências nutricionais. As folhas utilizadas para medição estavam localizadas na parte mediana das plantas. Selecionaram-se 48 plantas, sendo que para cada tratamento utilizou-se 16 folhas, correspondentes a 16 plantas.

Antes do nascer do sol determinaram-se os potenciais hídricos, utilizando para as medições a bomba de pressão tipo Scholander (PMS Instrument Co, model 1000). Após as retiradas das folhas das plantas, previamente marcadas, estas foram colocadas na câmara da bomba de pressão, medindo a pressão aplicada até ocorrer à exsudação de seiva pela secção transversal do pecíolo da folha (TURNER, 1981).

As avaliações foram realizadas aos 73, 80, 92, 101, 113 e 120 dias após a poda de produção (dapp).

4.7.2 Trocas gasosas

Para análise das trocas gasosas foram realizadas as medidas dos parâmetros: fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), concentração de CO_2 intracelular (C_i), transpiração (E), temperatura foliar (T_f) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Para a determinação destas medidas foi utilizado um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (Infra Red gás analyser, Li 6400, Licor).

As avaliações iniciaram após a aplicação das estratégias de irrigação (49 dapp) e terminaram próxima a colheita. Foram realizadas avaliações aos 79, 101 e 111 dias após a poda de produção (dapp). As medições foram realizadas no período da manhã, no horário de 09h00min, 10h00min e 11h00min. Sempre nas mesmas folhas adultas e sadias 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

4.7.3 Teor de clorofila

As medidas do índice de clorofila nas folhas foram realizadas juntamente com as determinações de trocas gasosas, sendo utilizadas as mesmas folhas marcadas desta medição.

Foram quantificados os valores relativos à concentração de clorofila A e clorofila B e clorofila total utilizando o dispositivo portátil ClorofiLOG, modelo CFL 1030, da empresa Falker.

4.8 Avaliação da produção

No dia 7 de setembro de 2011, 121 dias após a poda de produção, foi realizada a colheita a qual correspondente à maturação ideal para elaboração de vinhos jovens foi realizada uma avaliação quantitativa da produção através do registo do número de cachos por planta e seu respectivo peso em 96 plantas por tratamento, sendo então calculado a produção/planta em cada tratamento. A análise de volume de mosto foi quantificado macerando-se 100 bagas e medindo o volume em proveta graduada.

4.9 Vinificação

Para o processo de vinificação foram utilizados cachos de 12 plantas úteis de cada tratamento, sendo este processo realizado em triplicata. Inicialmente as bagas foram separadas das ráquis e, em seguida, levemente esmagadas com uma desengaçadeira-esmagadora. O mosto foi então colocado em garrafões de 20L, adicionando SO_2 na concentração de 40 mgL^{-1} e leveduras secas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*) na proporção de $0,2 \text{ gL}^{-1}$. O tempo de maceração foi determinado de acordo com os valores de densidade do mosto como a intuito de padronizar o processo de fermentação para todos os tratamentos.

Foram realizadas duas remontagens diárias e a fermentação alcoólica foi conduzida em uma sala com temperatura controlada a 25°C. A fermentação malolática em uma sala com temperatura de 18°C por cerca de 30 dias, sendo realizada constantemente análise do teor de ácido málico para determinar sua finalização. Após finalizar o processo fermentativo, os vinhos foram trasfegados para a retirada da borra e levados para estabilização a frio, em câmara fria à 0°C, durante cerca 30 dias. Este período é necessário para a precipitação dos cristais de hidrogenotartarato de potássio, de modo a eliminar a sobressaturação. Na etapa final do processo os vinhos foram novamente trasfegados, sulfitados e engarrafados para posteriormente análise.

4.9 Análises laboratoriais

4.9.1 Análise de compostos fenólicos

A separação dos compostos foi realizada em cromatógrafo líquido Waters modelo Alliance e2695, acoplado a detector de arranjos de diodo (220, 320, 360 e 520 nm) e fluorescência (280 nm excitação e 360 nm emissão), utilizando a coluna Gemini-NX C18 (150mm x 4,60mm x 3µm) e a pré-coluna Gemini-NX C18 (4,0mm x 3,0mm), ambas da marca Phenomenex. As condições de análise foram: temperatura do forno a 40°C, volume de injeção de 10 µL e fluxo de 0,6 mL.min⁻¹. A fase móvel foi constituída por fosfato de potássio diácido a 0,025 M, ajustado para pH= 2,05 com ácido orto-fosfórico (Fase A), metanol (fase B) e acetonitrila (fase C)

As amostras de vinho passaram por filtragem em filtros de polipropileno de 0,45 µm e em seguida injetaram-se 20 µL no equipamento HPLC. A eluição foi realizada a partir de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. O tempo da corrida foi de 70 minutos. Sendo determinados 25 compostos, são eles: Acido Galico, Ac. Cafeico, Acido Cinamico, Acido Clorogenico, Acido Cumarico, Acido Benzoico, Acido Siringico, Resveratrol, Isorhamnetina, Kaempferol, Miricetina, Quercetina, Rutina, Pelargonidina, Cianidina, Delfinifina, Malvidina 3-glucosídeo, Peonidina, Catequina, Epicatequina, Epicatequina galato, Epigallocatequina galato, Procianidina A2, Procianidina B1, Procianidina B2

4.9.2 Análise de ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos tartárico, málico, láctico, acético, cítrico, succínico e ácido ascórbico foram identificados individualmente por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE – com detector de absorção DAD 210 nm e DAD 250 nm. As amostras passaram por filtragem utilizando membrana de polipropileno não estéril de 0,45 μm .

A fase móvel foi constituída de KH_2PO_4 0,025 molar com pH 2,6 ajustado com ácido fosfórico. A separação cromatográfica foi realizada sobre uma pré-coluna Gemini NX-C18 3 μ de 150 x 4,6 mm, marca Phenomenex e uma coluna NX-C18 3 μ de 4 x 30 mm, marca Phenomenex. Sendo utilizado o fluxo da fase móvel de 0,5 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$, a temperatura do forno de 26°C e o volume de injeção de 2,5 μL .

4.10 Análise estatística dos dados

Para avaliação dos resultados de trocas gasosas, teor de clorofila, teor de carboidratos, potencial hídrico foliar, ácidos orgânicos e compostos fenólicos foi realizado à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1999).

5. Resultados e Discussão

5.1 Condições meteorológicas durante o período experimental

Durante o ciclo de produção da videira foram registrados 64,6 mm de precipitação (Fig. 1).

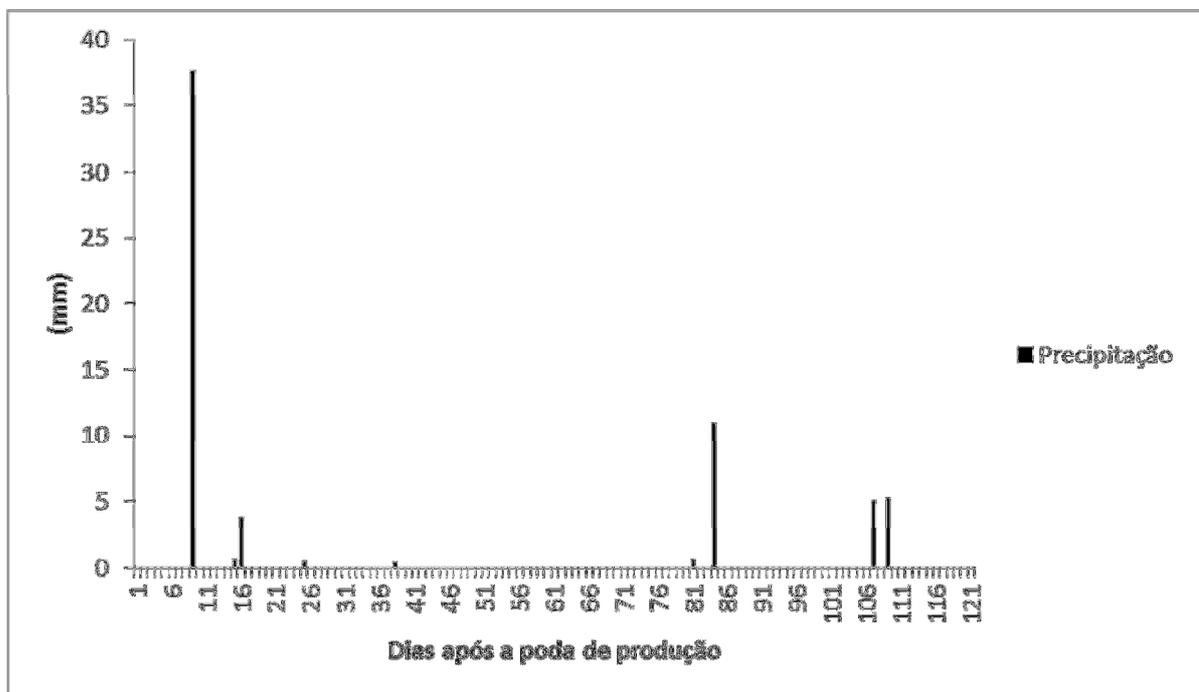


Figura 1. Volume de precipitação observadas no período do experimental, no município de Petrolina-PE, 2011.

Enquanto a evapotranspiração da cultura (ET_c) acumulada durante foi de 375,8 mm (Fig. 2). Após o início da restrição hídrica nos tratamentos IDC e ID foi registrado 21,6 mm de precipitação distribuída entre os meses de julho e agosto. Nesses meses necessidade hídrica da cultura foi 204,8 mm. Desta forma podemos inferir que as condições climáticas não interferiram nas respostas encontradas neste trabalho. A condição climática descrita neste trabalho também foi relatada por MARINHO et al., 2009.

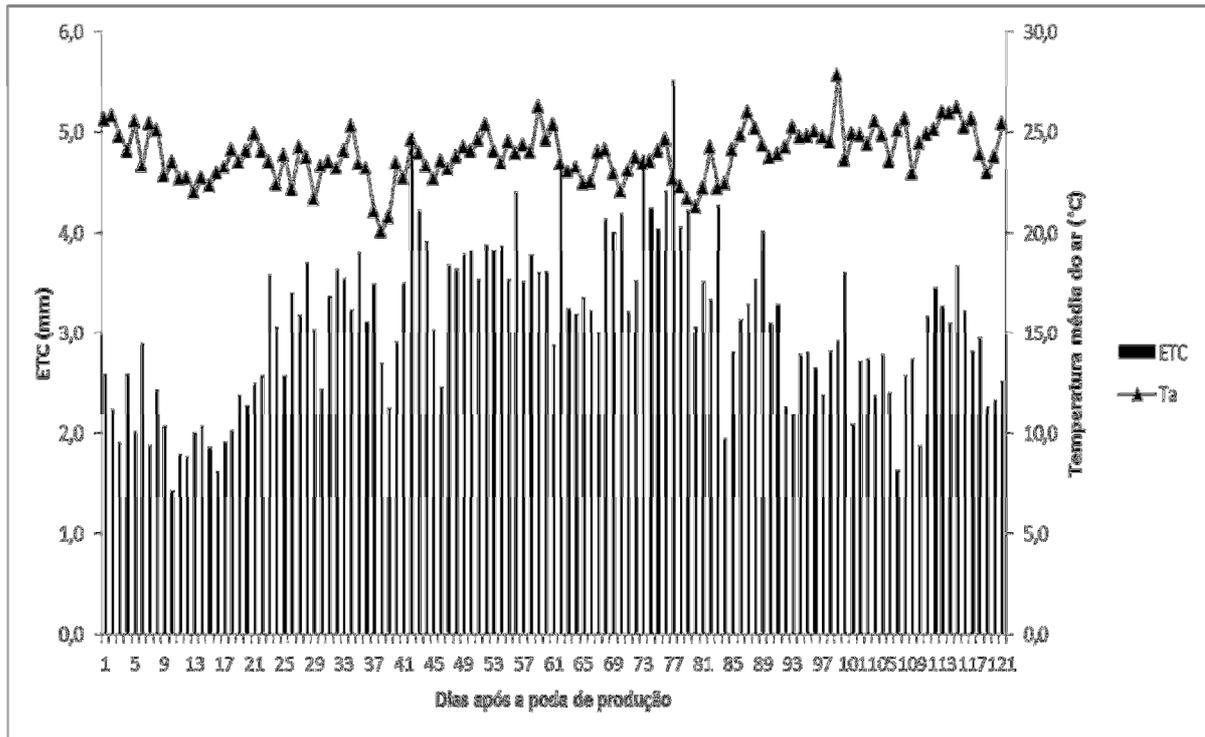


Figura 2. Condições climáticas observadas no período do experimento: Evapotranspiração da cultura (ETC, mm) e temperatura do ar média (Ta média), no município de Petrolina-PE, 2011.

5.2 Potencial de água na folha

A suspensão da irrigação nos tratamentos IDC (irrigação com déficit controlado) e ID (irrigação com déficit) ocasionou a redução do potencial hídrico foliar da videira (Figura 3). Após 23 dias da restrição de água não havia diferença significativa entre os tratamentos IDC e ID e o mesmo ocorreu aos 92 dapp (dias após a poda de irrigação). Aos 80 e 101 dapp encontrou-se diferenças significativas entre os três tratamentos, sendo que estas medições foram realizadas após o retorno da irrigação no tratamento IDC. Aos 120 dapp os três tratamentos apresentavam diferenças significativas nos potenciais hídricos, sendo o menor potencial encontrado no tratamento ID seguido pelo tratamento IDC e por ultimo com maior potencial hídrico o tratamento IP.

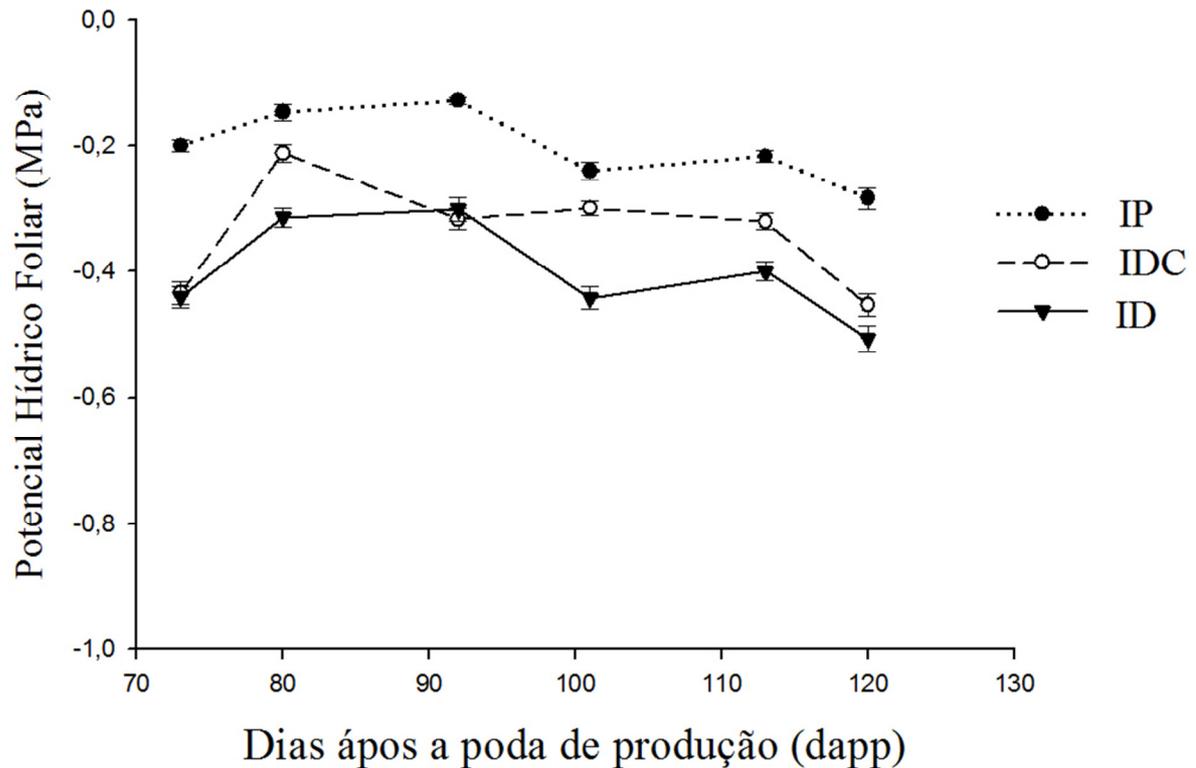


Figura 3. Potencial hídrico foliar da videira Syrah/Paulsen 1103, de plantas submetidas a diferentes estratégias de irrigação: irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID). As barras verticais representam o erro padrão.

No tratamento ID houve um aumento do potencial hídrico aos 80 e 92 dapp em relação aos 73 (tabela 1), o qual retorna a reduzir aos 101 e 113 dapp. Este fato ocorreu, pois esse período corresponde a maior precipitação registrada após a suspensão da irrigação.

Para o tratamento sem restrições hídricas (IP) os potenciais variaram durante o período de avaliação de -0,15 a -0,28 MPa, índices que podem indicar uma boa condição hídrica dos tecidos das plantas de videira. De acordo com Deloire et al. (2004) valores em torno de -0,20 MPa são indicativos de que o manejo de água foi realizado de forma adequada, sendo assim podemos afirmar que no tratamento IP o suprimento de água foi adequado.

Durante o experimento o menor valor de potencial de água na folha foi de -0,51 Mpa, encontrado no tratamento ID, aos 120 dapp, tabela 1. Para Ojeda (2007) este valor não caracteriza estresse hídrico em videira, pois para este autor valores

potenciais de base entre -0,3 e - 0,6 MPa na maturação dos frutos caracterizariam condição hídrica ótima para *Vitis vinífera* L, em regiões da Europa.

Tabela 1- Valores de potencial hídrico foliar de plantas submetidas a diferentes estratégias de irrigação.

Tratamentos	Dias após a poda de produção (dapp)					
	73	80	92	101	113	120
IP	-0,20 Abc	-0,15 Aab	-0,15Aa	-0,24Acd	-0,22Ac	-0,28Ad
IDC	-0,43Bc	-0,21Ba	-0,32Bb	-0,30Bb	-0,32Bb	-0,45Bc
ID	-0,44Bb	-0,31Ca	-0,30Ba	-0,44Cb	-0,40Cb	-0,51Cc

Médias com a mesma letra maiúscula na coluna e médias com mesma letra minúscula na linha não se diferenciam pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Santos (2007), avaliando a cultivar Moscato, em Portugal, constatou que o potencial de água na folha em plantas submetidas à irrigação plena permaneceu constante e próximo -0,2 MPa durante todo o período de crescimento, enquanto em plantas não irrigadas o potencial diminuiu chegando a os valores médios de -0,6 MPa. Souza et al (2009), em Petrolina-PE, avaliaram o efeito de estratégias de irrigação sobre a cultivar Syrah e Moscato sobre diferentes porta-enxertos obteve valores de potencial em torno de -0,20Mpa em todos os tratamentos. Esses autores justificaram esta ausência de estresse em todos os tratamentos devido à presença de fragipã no solo do estudo, o qual faz com que a drenagem seja mais lenta em profundidades maiores. Levantamentos pedológicos realizados no Vale do São Francisco têm mostrado uma ocorrência expressiva de solos com subsolo coesos que pode restringir a distribuição de água para as porções mais profundas do perfil do solo (SILVA, 2000).

Já para Carbonneau (1998) valores de potencial hídrico foliar entre 0 e -0,2 MPa está relacionado a uma restrição hídrica ausente a leve; de -0,2 a -0,4 MPa, restrição hídrica leve a média; -0,4 a -0,6 MPa a restrição hídrica média a forte e acima de -0,6 MPa restrição hídrica forte. Dessa forma, podemos inferir que o tratamento com déficit estavam submetidos o uma restrição hídrica de média a forte, pois os valores de potenciais encontrados estavam entre -0,30 e -0,51 MPa. Já o

tratamento com déficit controlado foi submetido ao uma restrição leve à média considerando que os valores de potencial hídrico foram de -0,21 e - 0,45 Mpa.

É importante ressaltar que de acordo com Scienza et al.(1980), o porta-enxerto 1103 Paulsen consegue manter o potencial hídrico mais elevado em algumas cultivares de videira.

5.3 Teor de clorofila

Aos 73, 101, 111, 120 dapp o índice de clorofila *a*, *b* e total não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 5). Estes resultados corroboram com Taiz; Zeiger (2004) que afirmaram que os teores de clorofilas não sofrem alterações ambientais (como o estresse hídrico), a não ser com o efeito da luz e da temperatura, pois são determinados geneticamente. Egert e Tevini (2002) também não verificaram alteração significativa nos teores de clorofila quando submeteram a planta *Allium schoenoprosom* à seca, o que segundo eles indica ausência de estresse oxidativo.

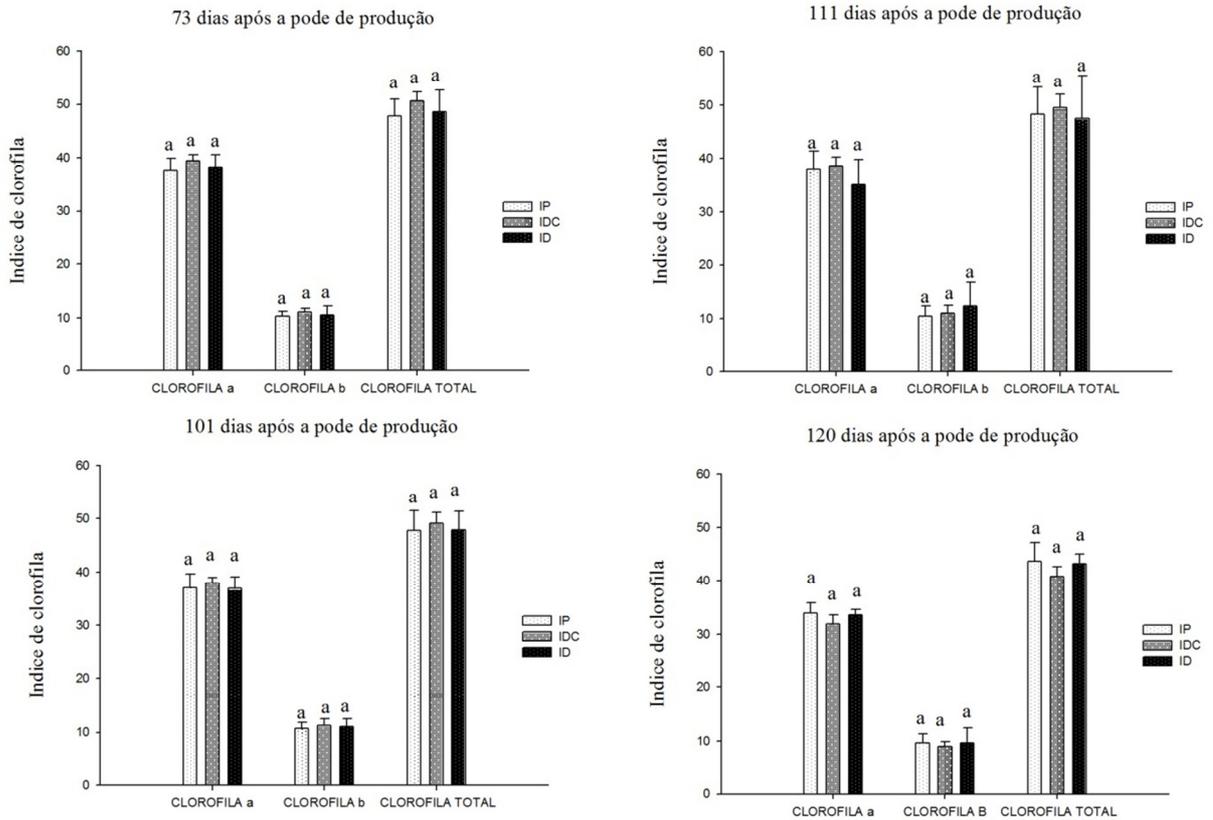


Figura 4. Índice de clorofila *a* e *b* nas plantas de videira cv. Syrah submetidas as estratégias de irrigação: irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), aos 73, 101, 111 e 120 dias após a poda de produção. Colunas de mesma letra não se diferenciam pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

5.4 Trocas gasosas

A primeira avaliação das trocas gasosas foi realizada aos 23 dias após a suspensão da irrigação nos tratamentos IDC e ID (Figura 3), sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos e em relação ao horário de medição para o parâmetro de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), demonstrando que este não influenciou nas diferenças encontradas entre os tratamentos e horários nas demais variáveis.

A fotossíntese líquida (*A*) no tratamento IP atingiu valores médios de $16,4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ no intervalo de 9 as 11 horas da manhã. Às 9 horas não foi constatado diferença significativa em relação ao tratamento IDC. Estes valores semelhantes são justificados, pois a concentração interna de CO_2 (C_i) neste horário que também não

difere entre estes tratamentos. A condutância estomática (g_s) difere entre os 3 tratamentos, sendo que o tratamento IP apresentou os maiores valores e como consequência foi observado altas taxa de transpiração.

No tratamento ID a redução fotossíntese nos horários avaliados em relação aos demais tratamentos devem-se à menor g_s e C_i nas folhas deste tratamento, a qual proporcionou os menores valores de transpiração e consequente maior temperatura da folha. Heitholt et al (1991) constataram que plantas em ambientes com deficiência hídrica, a troca gasosa em folhas foi reduzida, diminuindo por conseguinte a fotossíntese líquida.

Souza et al (2009) observaram altos valores de E (superior a $8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) para a cultivar Syrah e Moscato, em Petrolina-PE, sendo que estes valores podem ser associados à alta demanda evaporativa da região (ETo mensal de 137,2, 155,1, 176,6 e 154,3 milímetros em agosto, setembro, outubro e novembro de 2005). Em videiras cultivadas em condições climáticas do Mediterrâneo, normalmente, os valores encontrados na literatura variam de $1-6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (SHULTZ, 2003).

Lima Filho (2006) observou valores de E semelhantes aos obtidos neste estudo, entre de $6 - 13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para esta região, usando um IRGA.

Segundo McCree; Fernández (1989) e Taiz; Zeiger (2004) a resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas, além da redução da fotossíntese, alterações no padrão de repartição da massa seca entre os órgãos e modificações no balanço hormonal (SAURE, 2001).

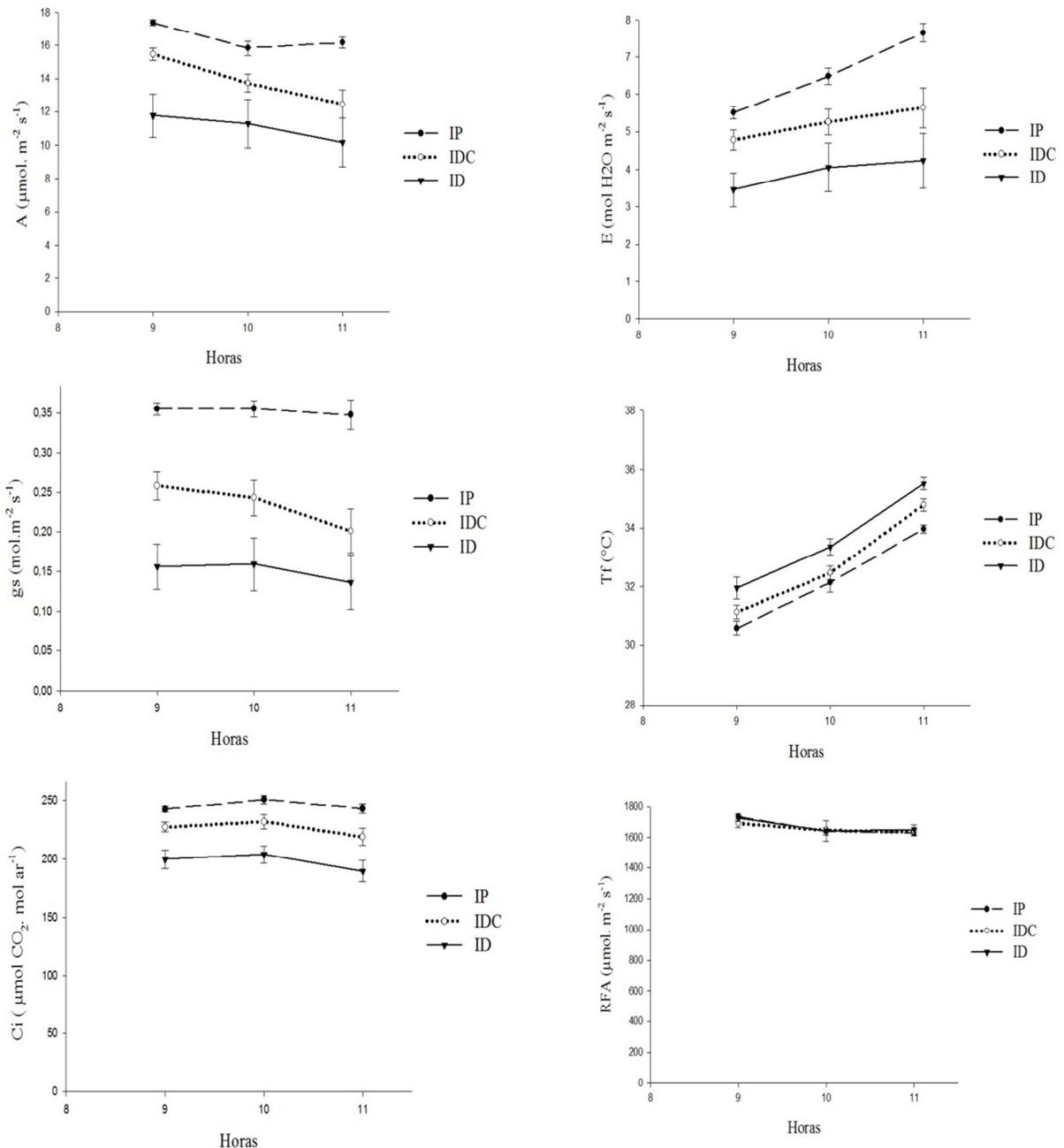


Figura 5: Taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), temperatura foliar (T_f) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medidos as 9, 10, 11 horas em plantas de videira, cultivar Syrah/1103P, aos 79 após a poda de produção. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Aos 101 dapp, figura 4, a A apresentou comportamento semelhante aos encontrado na medida anterior, em que os tratamentos IP e IDC não apresentam

diferenças significativas para este parâmetro nos três horários. Nestes tratamentos, também se encontraram os maiores valores de g_s , C_i e E . A menor E no ID novamente acarretou nas maiores temperaturas foliares neste tratamento.

Observa-se nesta avaliação a redução significativa na A no tratamento IP no horário de 10 horas para as 11 horas, no entanto não há diferenças na g_s , C_i e RFA entre os horários. Mas a temperatura apresentou um aumento significativo no horário das 10 para as 11 horas. Podemos inferir que o aumento da temperatura pode ter afetado a fase bioquímica da fotossíntese, provocando a redução da A , pois a atividade enzimática está intimamente ligada à intensidade de calor do meio (MARENCO; LOPES, 2005).

Os principais efeitos da alta temperatura na fotossíntese resultam de alterações nas propriedades físico-químicas dos tilacóides (GILMORE; GOVINDJEE, 1999). Além de induzir um aumento na fluidez da matriz lipídica (RAISON et al, 1982), com consequente formação de estrutura única, a alta temperatura provoca perturbações na organização do aparelho fotossintético, como se segue: (a) a destruição do complexo de evolução de oxigênio, (b) dissociação do complexo de coleta de luz do PSII acompanhada por variações na distribuição de energia entre PSII e PSI, e (c) a reação de inativação centro PSII (P680), que perturba a grana de empilhamento (YAMANE et al, 1998). Todos estes acontecimentos resultam em perdas de eficiência fotoquímica e carboxilativa e graves restrições metabólicas do ciclo de Calvin, tais como a inativação de ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase / oxigenase (Rubisco) e as variações na disponibilidade de ATP e NADPH (PASTENES; HORTON, 1996).

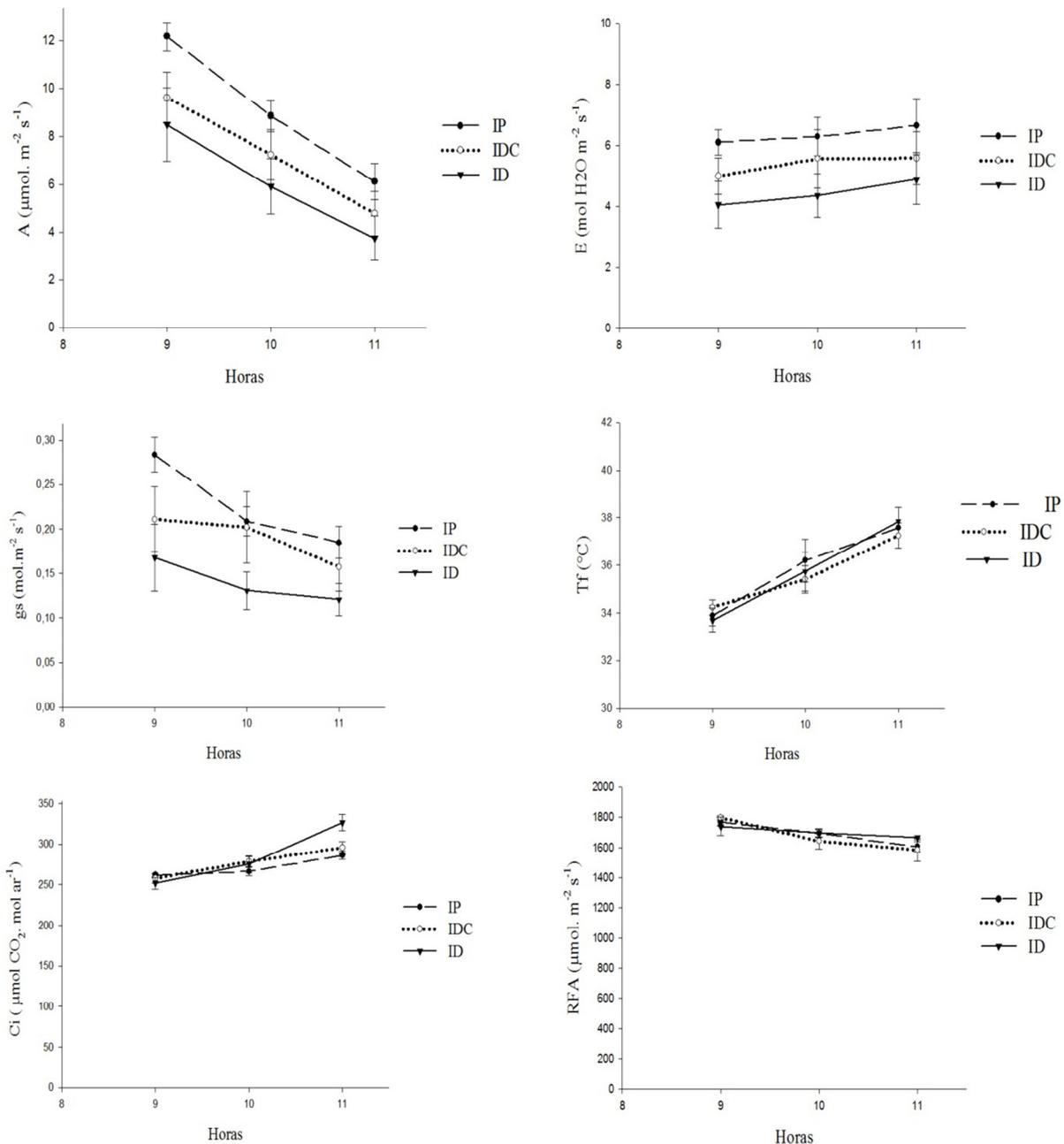


Figura 6. Taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), temperatura foliar (T_f) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medidos as 9, 10, 11 horas em plantas de videira, cultivar Syrah/1103P, aos 101 após a poda de produção. As barras verticais representam o erro padrão da média

Na medição aos 111 dapp a A foi menor nas plantas dos tratamentos IDC e ID, sendo as maiores taxas encontradas no tratamento IP para todos os horários (Figura 5). Estas diferenças não são decorrentes da C_i , pois não há diferenças neste

parâmetro entre os tratamentos. A g_s se difere das plantas do IDC para as do ID às 11 horas, e a T_f e a RFA neste horário encontravam-se semelhantes nos três tratamentos.

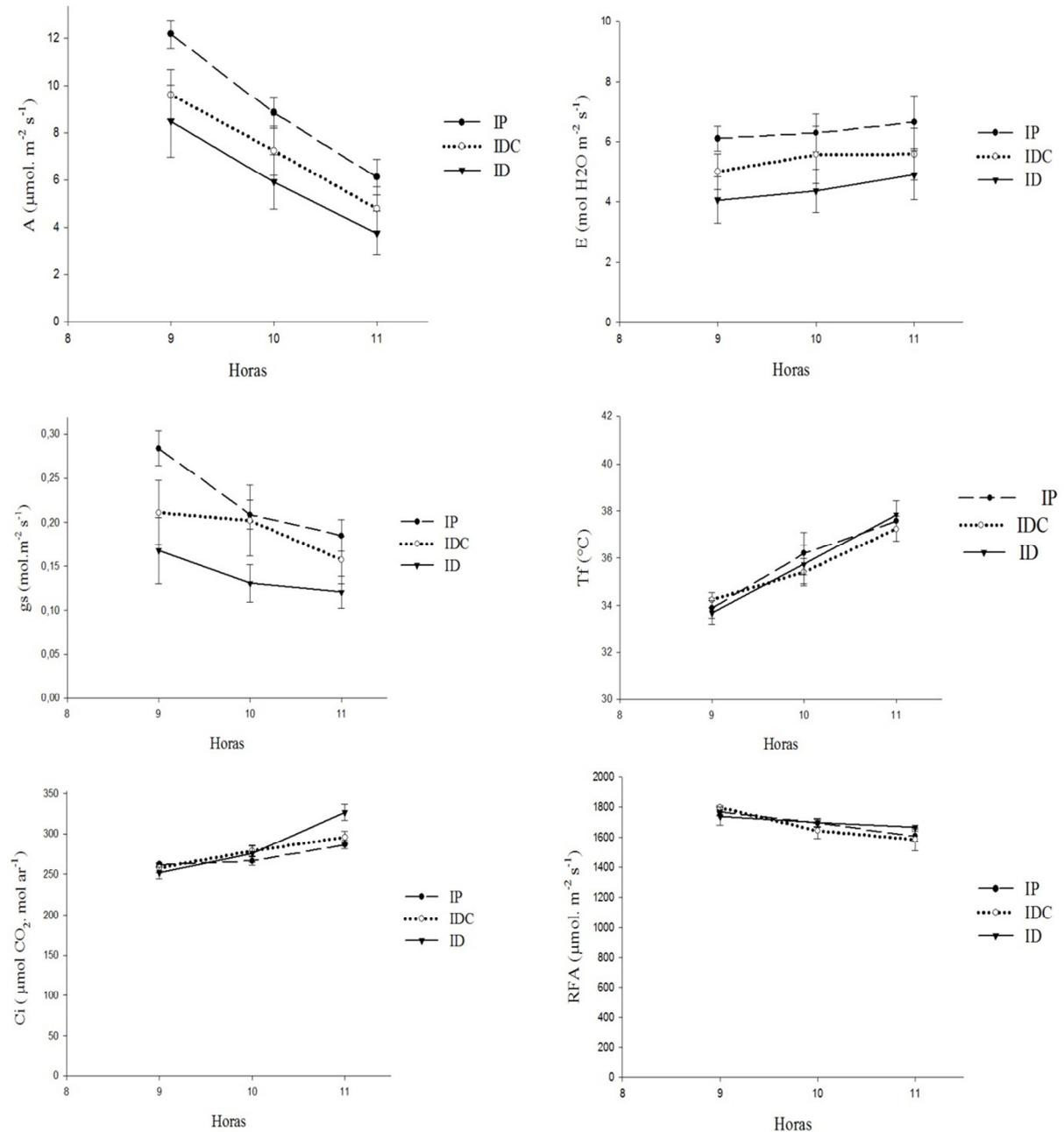


Figura 7. Taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), temperatura foliar (T_f) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medidos às 9, 10, 11 horas em plantas de videira, cultivar Syrah/1103P, aos 111 após a poda de produção. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Em relação a curva das trocas gasosas durante o período da manhã nos tratamentos IP e IDC, observa-se a influência da g_s , C_i , T_f e RFA na redução da fotossíntese do horário de 9 para as 11 horas. Já a redução causada na taxa de fotossíntese nestes tratamentos entre 10 e 11 horas deve-se ao aumento da temperatura foliar.

A temperatura ótima para a maioria das espécies fica entre 25-35 °C. Acima deste valor, um declínio na taxa fotossintética é observado (BERRY; BJÖRKMAN, 1980; PIMENTEL, 1998). Em condições naturais, um déficit de água momentânea nas horas diárias mais quentes é observado o fechamento dos estômatos. Por conseguinte, a temperatura das folhas expostas diretamente ao sol pode ser igual ou superior à temperatura do ar. Esta elevação da temperatura da folha pode resultar em perturbações bioquímicas e biofísicas no mesófilo, que pode ser reversível ou não (BERRY; BJORKMAN, 1980).

Considerando a g_s como um parâmetro para o grau de integração da seca, segundo Flexas et al. (2002a); Medrano et al (2002) existem três fases de respostas da fotossíntese, a qual pode ser diferenciada ao longo de um gradiente de estresse hídrico, que são compartilhados por diferentes cultivares de videira. No caso do presente estudo, em todas as medidas os valores de g_s indicam um estresse hídrico moderado, pois se encontraram entre 0,7 a 0,15 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Apenas nas últimas medidas que o tratamento ID apresentou valores de g_s , o qual enquadra-se a um estresse hídrico moderado.

5.5 Produção

Em relação aos parâmetros quantitativos de produção (tabela 2) não foram observados diferença significativa no número de cachos/planta, pois a carga de gemas deixadas na poda de produção foi igual para todos os tratamentos.

No entanto, a produção/plantas e conseqüentemente a produção/ha foi afetada pelas estratégias de irrigação, sendo que nas plantas submetidas ao déficit hídrico foi observado a menor produção/planta e produção/ha estimada. Este fato pode estar associado à redução significativa da taxa de fotossíntese nestas plantas.

Também a menor disponibilidade de água reduz o tamanho da baga afetando a alongação celular. Como observado neste trabalho as bagas dos tratamentos com déficit hídrico pesam menos do que as bagas do tratamento com irrigação plena. Em relação a produtividade Bassoi et al (2011) não encontraram diferenças na produtividade entre as diferentes estratégias de irrigação.

Tabela 2. Produção da videira cv. Syrah submetida a diferentes estratégias de irrigação: irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), no Vale do Submédio São Francisco.

Tratamentos	IP	IDC	ID
Cachos/planta (unidade)	13,14 a	12,61 a	10,92 a
Peso de cacho (g)	151,88 a	122,56 b	109,07 b
Peso de 100 bagas (g)	191,78 a	166,78 b	165,12 b
Volume de mosto (mL)	75,75 a	72,75 a	68,25 a
Lamina bruta aplicada (mm)	54,73 a	26,06 b	21,60 b
Produção/planta (kg)	1,98 a	1,53 b	1,19 c
Produção/ ha (ton.)	6,60 a	5,12 b	3,97 c

* Coluna com mesma letra minúscula não se diferenciam pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Este trabalho corrobora com Bartolomeu e Moreno (2002) os quais constataram que a produção das plantas sob irrigação foi significativamente maior sob irrigação por todas as variedades e anos de estudo, indicando uma clara influência da irrigação na produção.

Sousa et al (2007) avaliando diferentes estratégias de irrigação em videiras da cultivar Aragonês, em Portugal, observaram que os acréscimos da quantidade de água disponível para as videiras traduziu-se, num aumento significativo da produção por cepa. O tratamento com maior irrigação (720 mm da floração à maturação) apresentou um acréscimo de produção em cerca de 74% em relação ao tratamento não regado.

Uma perda significativa de peso de bagas em videiras não irrigadas pode ser explicado pelos menores valores de umidade do solo durante todo o período de crescimento e as temperaturas mais altas na baga período alongamento das células, levando a uma redução na divisão celular em tecido do pericarpo (MCCARTHY,

1999) e para um grau de contracção de bagas durante avançado estágios de maturação (CRIPPEN; MORRISON, 1986).

No entanto, as videiras que são submetidas ao estresse hídrico tendem a produzir uvas de maior qualidade, sendo assim a perda de rendimento pode ser compensada pela qualidade superior do vinho produzido com essas bagas.

5.6 Ácidos orgânicos

As estratégias de irrigação alteraram a composição de ácidos orgânicos nos vinhos, exceto o ácido cítrico que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). O ácido acético é um indicativo do estado sanitário e da gravidade de algumas alterações microbiológicas dos vinhos, neste trabalho os valores de ácido acético estão inferiores aos estabelecidos pela legislação brasileira de no máximo $1,2 \text{ g L}^{-1}$ (BRASIL, 1999). Sendo o maior valor encontrado nos vinhos do IP demonstrando que este vinho pode ter seu potencial de envelhecimento reduzido.

O ácido málico encontrado em menor concentração no tratamento IP, pode estar associado ao maior tamanho das bagas deste tratamento. Segundo Esteban et al. (2002) o decréscimo no conteúdo de ácido málico ocorre não apenas devido ao processo de diluição pelo aumento do peso da baga, mas também devido ao seu alto catabolismo. De acordo com Bassoi et al. (2011) avaliando os mesmos sistemas de irrigação, verificaram que a massa individual dos cachos em IP foi maior do que IDC e ID. O déficit hídrico geralmente resulta em bagas menores e modifica a composição do fruto, neste caso, as bagas são menores devido à menor disponibilidade de água para a alongação celular (ESTEBAN et al., 2002). Resultado semelhante foi observado por Jordão et al. (1998) os quais verificaram que o déficit hídrico aparentemente contribui para menor degradação do ácido málico, pois as uvas que não foram irrigadas apresentaram valores superiores deste ácido em relação as uvas que foram irrigadas até o final da maturação. No entanto, os resultados obtidos por outros autores (HEPNER et al. 1985) demonstraram uma tendência diferente dos resultados aqui obtidos.

Já o ácido tartárico foi encontrado em maior concentração nos vinhos obtidos de uvas submetidas a irrigação plena (IP). Aleixandre (1997) confirma que a restrição hídrica provoca a diminuição do ácido tartárico da baga de uva, que sobe novamente em período úmidos, sendo que os níveis deste ácido são regulados por migração de água.

Tabela 2. Composição de ácidos orgânicos em vinhos tintos da cv. Syrah submetidos a diferentes estratégias de irrigação: irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), no Vale do Submédio São Francisco.

	Ácido Acético (g/L)	Ácido Ascórbico (g/L)	Acido Cítrico (g/L)	Acido Lático (g/L)	Acido Málico (g/L)	Acido Succínico (g/L)	Acido Tartárico (g/L)
IP	0,90 a	0,005 a	0,22 a	2,75 c	0,91 b	0,71 c	2,15 a
IDC	0,47 c	0,004 b	0,25 a	3,14 b	2,38 a	1,54 b	2,07 b
ID	0,55 b	0,004 b	0,23 a	3,56 a	2,81 a	2,21 a	2,09 b

* Coluna com mesma letra minúscula não se diferenciam pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O ácido ascórbico (vitamina C) foi encontrado em maior quantidade nos vinhos provenientes do tratamento IP, no entanto os valores encontrados são muito baixos em todos os tratamentos. O ácido ascórbico surge naturalmente nas uvas numa concentração que varia entre 10 a 100 mg/L, existindo em quantidades vestigiais no fim da fermentação e no vinho finalizado. Este composto existe naturalmente em pequenas quantidades nas uvas e nos vinhos impede a casse férrica e melhora a qualidade organoléptica do produto (OLIVEIRA, 2006).

Já o ácido succínico apresentou os maiores valores nos vinhos do tratamento ID e o menor nos do IP, podendo indicar um potencial maior de envelhecimento do vinho do tratamento ID. Traços de ácido succínico são encontrados em todos os vinhos e sua presença está relacionada com o enriquecimento no sabor do vinho durante o envelhecimento (ZOTOU; LOUKOU; KARAVA, 2004). Segundo Ribéreau-Gayon et al. (2004) a concentração de ácido succinico está compreendida em 1 g.L⁻¹.

No vinho do tratamento ID foi mensurado as maiores concentrações de ácido láctico e as menores no tratamento IP. Este ácido é produzido durante a fermentação malolática e confere suavidade gustativa ao vinho (KRITSUNANKUL et al. 2009). Sendo, assim podemos inferir que nos vinhos do tratamento ID a fermentação malolática foi adequada e produziu-se um vinho mais suave, pois o ácido láctico é menos agressivo ao paladar do que o ácido málico.

5.7 Compostos fenólicos

As estratégias de irrigação contribuíram para a variação das concentrações dos compostos fenólicos presentes nos vinhos (tabela 3). O grupo dos ácidos fenólicos não apresentou diferença significativa entre as estratégias, no entanto para os ácidos cumárico e benzóico constatou-se a influência da irrigação sobre os mesmos, pois a concentração do primeiro é maior quando as plantas foram irrigadas durante todo o ciclo. Já na estratégia de irrigação com déficit foi constatado no vinho os maiores valores de ácido benzoico.

Em relação ao resveratrol os vinhos provenientes do tratamento com deficit de irrigação apresentaram as maiores concentrações, sendo a média de 2,14 mg/L, no entanto é importante ressaltar que os tratamentos IP e IDC mesmo apresentando médias menores os valores deste composto ainda são maiores dos encontrados em outros países. A concentração média deste composto bioativo, nos vinhos tintos, em vinhos da Espanha é de 0,13 mg.L⁻¹ (ROMERO-PEREZ et al., 1996), na Califórnia de 0,99 mg.L⁻¹ (LAMUELA-RAVENTOS E WATERHOUSE, 1993), no Japão de 0,16 mg.L⁻¹ (OKUDA E YOKOTSUKA, 1996), no Canadá 0,77 mg.L⁻¹(SOLEAS et al., 1995), em Portugal de 1,00 mg.L⁻¹ (JUAN et al., 1999), na China de 0,34 mg.L⁻¹ (ZHOU et al., 2004) e no Chile/Argentina 1,21 mg.L⁻¹ (GOLDBERG et al., 1995).

Os flavonóis são compostos que proporcionam cor e sabor no vinho, sendo que no tratamento com deficit hídrico foram constatadas as maiores concentrações dos principais composto que compoem este grupo. Resultados como este foram encontrados por Deluc et al. (2009), o qual afirma que em uma videira ('Chardonnay'), as concentrações de flavonóis aumentaram sob déficits de hídrico, o

mesmo não foi verificado por este autor em variedades tintas, como 'Cabernet Sauvignon'.

Tabela 3. Composição fenólica de vinhos tintos da cv. Syrah submetidos a diferentes estratégias de irrigação: irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), no Vale do Submédio São Francisco.

Grupo	Compostos (mg/L)	IP	IDC	ID
Ácidos Fenólicos	Acido Galico	6,23 a	6,36 a	6,06 a
	Ac. Cafeico	4,20 a	3,69 b	3,83 ab
	Acido Cinamico	1,07 a	1,13 a	1,16 a
	Acido Clorogenico	3,53 a	3,62 a	3,53 a
	Acido Cumarico	1,29 a	0,88 b	0,94 b
	Acido Benzoico	2,54 b	2,82 b	3,98 a
	Acido Siringico	12,19 a	11,18 b	10,23 ab
Σ Ácidos fenólicos		31,05 a	29,66 a	29,73 a
Estilbenos	Resveratrol	1,52 b	1,16 b	2,14 a
Σ Estilbenos		1,52 b	1,16 b	2,14 a
Flavonóis	Isorhamnetina	13,60 c	15,64 b	17,64 a
	Kaempferol	1,89 b	2,74 a	2,99 a
	Miricetina	1,15 b	1,34 b	1,70 a
	Quercetina	0,64 b	0,85 b	1,27 a
	Rutina	0,58 b	0,89 b	2,13 a
Σ Flavonóis		17,86 c	21,46 b	25,73 a
Antocianinas	Pelargonidina	6,74 b	7,74 a	8,44 a
	Cianidina	0,17 b	0,28 a	0,37 a
	Delfinifina	2,71 c	3,29 b	3,80 a
	Malvidina 3-glucosídeo	68,72 b	76,35 a	75,27 a
	Peonidina	3,67 b	3,92 a	5,10 a
Σ Antocianinas		82,01 b	91,58 a	92,98 a
Flavanóis(Taninos)	Catequina	8,22 a	7,84 a	6,78 b
	Epicatequina	1,28 c	1,84 b	2,12 a
	Epicatequina galato	1,16 b	1,31 b	2,24 a
	Epigalocatequina galato	1,92 c	4,01 a	3,14 a
	Procianidina A2	4,27 b	7,46 a	6,7 a
	Procianidina B1	8,53 a	7,98 b	7,21 c
	Procianidina B2	3,04 a	3,26 a	2,79 a
Σ Flavanóis(Taninos)		28,42 c	33,7 a	30,98 b
Σ Compostos Fenólicos		160,86	177,56	181,56

* Linhas com mesma letra minúscula não se diferenciam pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

No tratamento ID E IDC as antocianinas apresentaram os maiores teores, 92,98 mg/L e 91,58 mg/L, respectivamente. Sousa et al. (2007) observaram resultados semelhantes, onde as plantas não irrigadas produziram maior quantidade de antocianinas do que as irrigadas, sendo a menor produção de antocianinas nas plantas irrigadas continuamente entre a floração e o pintor.

A deficiência de água tem sido considerada para melhorar a acumulo de antocianinas, por meio do estímulo da hidroxilação da antocianina, provavelmente pela regulação positiva do gene que codifica a enzima F3050H (CASTELLARIN et al, 2007b). Esta enzima converte antocianinas hidroxiladas (Cianidina e delphinidina) nos seus derivados metoxiladas (Peonidina, malvidina e petunidina) (CASTELLARIN et al., 2007b). Com efeito, as antocianinas principais sintetizadas nas bagas sob déficits de água são peonidina 3-O-glucósido e malvidina 3-O-glucósideo, porque metoxilação de delphinidina para produzir seu petunidina derivado raramente ocorre (DELUC et al, 2009).

Constatou-se a redução dos flavanóis (taninos) no tratamento com irrigação plena em relação aos demais. Neste tratamento a concentração total de taninos foi de 28,42 mg/L, enquanto que no tratamento com o déficit controlado foi constatado o maior valor (33,7 mg/L).

Rastija, Srećnik e Saric et al. (2008) sugerem para os vinhos tintos ($2,9 \text{ mg.L}^{-1}$) da Croácia, safra 2002, e inferiores aos resultados obtidos por Gutiérrez, Lorenzo e Espinosa (2005), para Tempranillo e Syrah espanhóis, 29,9 e $53,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de ácido gálico, respectivamente. Dias (2004) obteve em seu trabalho, média de catequina 0,40 a $18,20 \text{ mg L}^{-1}$

CONCLUSÃO

As estratégias de irrigação adotadas para o solo e as condições climáticas do experimento causaram estresse hídrico moderado sobre as videiras, reduzindo a fotossíntese e a produção das plantas. No entanto, este estresse moderado promoveu o aumento dos compostos fenólicos do vinho.

Entre as alternativas de estratégias de irrigação a irrigação com déficit controlado e a irrigação com déficit permitem a redução do consumo de água e a obtenção de vinhos com maior composição fenólica com tipicidade diferenciada a qual permitiu a elaboração de vinhos de guarda.

A estratégia de irrigação plena proporciona maior produtividade e a possibilidade da elaboração de vinhos jovens.

As três estratégias de irrigação podem ser usadas no cultivo da videira a adoção de uma delas depende do tipo de vinhos que se deseja produzir.

Referências

AGOSTINE-COSTA, T. S.; LIMA, A.; LIMA, M. V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. **Química Nova**, v.26, p. 763-765, 2003.

AGRIANUAL, 2006. **Anuário Brasileiro da Uva e Vinho**. Santa Cruz do Sul. Editora Gazeta Santa Cruz, 128p., 2006.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALEIXANDRE, J. L.. **La cultura del vino, cata y degustación**. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. 1997.

AMORIM NETO MS.. **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru, Petrolina, PE**. Petrolina: EMBRAPA - CPATSA. 58p. 1989. (EMBRAPA – CPATSA. Documentos, 57).

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Methods for analysis of musts and wines**. New York: John Wiley, 1980. 341 p.

ARGENTA, G; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 158-167, 2001.

AVILA, L.D. **Indução da fermentação maloláctica em vinhos Gewürztraminer e Cabernet Sauvignon**. Santa Maria-RS. 123 p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

ÁVILA, L. D. **Enologia I**. Bento Gonçalves: EAFPJK, Polígrafo da disciplina de Enologia I. 1999. 64p.

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

BEGG, J.E.; TURNER, N.C Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, v.28, p.161-217, 1976.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 1531-1540, 2000.

BERRY, J.; BJÖRKMAN, O.. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.

BIANCHI, C. A. M. **Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e Convencional**. 2004. 109f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2004.

BINDI, M.; BELLESI, S.; ORLANDINI, S.; FIBBI, L.; MORIONDO, M.; SINCLAIR, T. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 56, p. 68-72, 2005.

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.

BOTA, J., FLEXAS, J., KEYS, A.J., LOVELAND, J., PARRY, M.A.J., MEDRANO, H.. CO₂/O₂ specificity factor of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in grapevines (*Vitis vinifera* L.): first in vitro determination and comparison to in vivo estimations. **Vitis**, v.41, p. 163–168, 2002.

BOTA, J., MEDRANO, H., FLEXAS, J.. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress. **New Phytologist**, v.162, p. 671–681, 2004.

BRUNETTO, G; CERETTA, C. A; KAMINSKI, J; MELO. G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v.37, p.389-39, 2007.

BRUNETTO, G; CERETTA, C. A; KAMINSKI, J; MELO. G. W. B.; GIROTTI, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.39, p.2035-204, 2009.

BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C.L.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; MELO, G. W.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.3, p.2622-2625, 2008.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; MOTOIKE, S. Y.; REIS, E. F. dos. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. **Ciência Rural**, v.41, p.1183-1188, 2011.

CACHO, J., FERNÁNDEZ, P., FERREIRA, V., Y CASTELLS, J.E.. Evolution of five anthocyanidin-3-glucosides in the skin of the Tempranillo Moristel and Garnacha grape varieties and influence of climatological variables. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.43, p. 244–248, 1992.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 144-149, 2011.

CARBONNEAU, A. Aspects qualitatifs. In: **Traité d' irrigation**. Tiercelin J. R. Tec. Et Doc. Lavoisier Ed. 1998. p. 258-276.

CARVALHO, J.C.T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P.. Compostos Fenólicos Simples e Heterosídicos. In: Simões, C. M. O.; Schenkel, E.P.; Gosmann, G.; Mello, J.C.P.; Mentz, 79 L.A.; Petrovick, P.R. (Ed.) **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS / Editora da UFSC, 1102 p, 2001.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNANDÉZ, M.L.; PÁEZ-HERNANDÉZ, M.E.; RODRÍGUEZ, J.A.; GALÁN-VIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, n.113, p. 859-871, 2009.

CÀSTINO, M. Macerazione carbonica: ricerca, risultati, tecnologia. **L'Enotecnico**, Milano, v.20, p.865-868, 1984.

CHAMPAGNOL, F. **Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale**. Saint-Gely-du-Fesc: Champagnol, 1984. 351 p.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

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

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

CIFRE, J. ; BOTA, J.; ESCALONA, J.M. ; MEDRANO, H.; FLEXAS, J.. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.) An open gate to improve water-use efficiency?. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.106, p.159–170, 2005.

CLÍMACO, P.; LOPES, C.M.; CARNEIRO, L.C.; CASTRO, R. Efeito da casta e do porta-enxerto no vigor e na produtividade da videira. **Ciência Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v.18. p.1-14, 2003.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A.C.P.; TAVARES, R.M.; SOUSA, M.J.; AGASSE, A.; DELROT, S.; GERÓS, H. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, v.1, p.1-22, 2007.

CONTE, A. **Comportamento da videira Niágara Rosada submetida à poda de verão, sob estufa plástica em Bento Gonçalves, RS**. Síntese da dissertação de Mestrado. Porto Alegre: EMATER/RS, 1998. 35p.

CRIPPEN, D.D., MORRISON, J.C.. The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 37, p. 235-242, 1986.

CROFT, D.K.. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.854, p. 435-442, 1998.

DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; WANG, Z. P.; OJEDA, H. Vine and water: a short review. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.38, p.1-13, 2004.

DELUC LG, QUILICI DR, DECENDIT A. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavour and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. **BMC Genomics**, v.10, p.212, 2009.

DOKOOZLIAN, N. K.; KLEWER, W. M. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.121, p.869-874, 1996,

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. ; MCCARTHY, M. G. ; STOLL, M. Strategic irrigation management in australian vineyards. **Journal International Des Sciences de la Vigne et Du vin**, Bordeaux, v. 35, p. 129-139, 2001.

ECHEVERRY, C.; FERREIRA, M.; REYES-PARADA, M.; ABIN-CARRIQUIRY, J.A.; BLASINA, F.; GONZÁLVEZ-NEVES, G.; DAJAS, F. Changes in antioxidante capacity of Tannat red wines during early maturation. **Journal of Food Engineering**, v.69, p.147-154, 2005.

EGERT, M.; TEVINI, M. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 48, p. 43-49, 2002.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, p. 39-45, 1991.

ESCALONA, J.M., FLEXAS, J., BOTA, J., MEDRANO, H.. From leaf photosynthesis to grape yield: influence of soil water availability. **Vitis**, v. 42, p. 57–64, 2003.

ESTEBAN, M. A.;VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R.. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.50, p.418-434, 1999.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grape berries during ripening. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 81, p. 409-420, 2001

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

FAVER, K.L.; GERIK, T.J.; THAXTON, P.M. et al. Late season water stress in cotton: Leaf gas exchange and assimilation capacity. **Crop Science**, Madison, v.36, p.922-928, 1996.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993.

FERREIRA, D. F. **Sisvar – programa estatístico**. Versão 4.2 (Build 39). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999.

FLANZY C.. **Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos**. 2 ed. Madrid: AMV Ediciones Mundi-Prensa; 797 p, 2003.

FLEXAS, J., ESCALONA, J.M., MEDRANO, H.. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulations in grapevines. **Plant, Cell & Environment**, v. 22, p.39–48, 1999.

FLEXAS, J., BRIANTAIS, J.-M., CEROVIC, Z., MEDRANO, H., MOYA, I.. Steady-state and maximum chlorophyll fluorescence responses to water stress in grapevine leaves: a new remote sensing system. **Remote Sensing of Environmen**, v. 73, p. 283–297, 2000.

FLEXAS, J., BOTA, J., ESCALONA, J.M., SAMPOL, B., MEDRANO, H.. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 461–471, 2002a.

FLEXAS, J., ESCALONA, J.M., EVAIN, S., GULÍAS, J., MOYA, I., OSMOND, C.B., MEDRANO, H.. Steady-state chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net CO₂ assimilation and stomatal conductance during water-stress in C3 plants. **Physiology Plant**, v. 114, p.231–240, 2002b.

FLEXAS, J., BOTA, J., LORETO, F., CORNIC, G., SHARKEY, T.D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, p. 1–11, 2004.

FREEMAN, B.M.; KLIEWER, W.M. Effect of Irrigation, Crop Level and Potassium Fertilization on Carignane Vines. II: Grape and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.34, p.197-207, 1983.

GABBARDO, MARCOS. **Borras finas e manoproteínas na maturação de vinho tinto Cabernet Sauvignon**. 2009. 62f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

GAMON, J.A.; PEARCY, R.W. Leaf movement, stress avoidance and photosynthesis in *Vitis californica*. **Oecologia**, Berlin, n.79, p.475-481, 1989.

GILMORE, A.M. AND GOVINDJEE.. How higher plants respond to excess light: energy dissipation in photosystem II. In: Singhal, Gs, Renger, G, Sopory, Sk, Irrgang, K-D, Govindjee (eds), **Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis**, p. 513-548 , 1999.

GOLDBERG, D.M.; KARUMANCHIRI, A.; TSANG, E.; SOLEAS, G.J. Catechin and epicatechin concentrations of red wines: regional and cultivar-related differences. **American Journal of Enological and Viticultural**, v. 49, 1998.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica**. 2008. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal e proteção de plantas) - Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2008.

GRANT, R.F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation and testing. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1322-1328, 1992.

GUERRA, C.G.; MANDELLI, F.; TONIETTO, J.; ZANUS, M.C.; CAMARGO, U.A. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 69p.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica**. 2008.

66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal e proteção de plantas) - Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagación de plantas: principios y practicas**. México : Continental, 1990. 760 p.

HEITHOLT, J. J., JOHNSON, R. C., FERRIS, D. M. Stomatal Limitation to Carbon Dioxide Assimilation in Nitrogen and Drought-Stressed Wheat. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 133- 139, 1991.

HEPNER, Y., BRAVDO, B., LOINGER, C., COHEN, S., TABACMAN, H. Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 36, p.77–85, 1985.

HSIAO, T.C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.4, p.519- 70, 1973.

JACKSON, D.I., LOMBARD, P.B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality - a review. **American Journal Enology and Viticulture**, Davis, v. 44, p. 409-430, 1993.

JAMROZ, A.; BELTOWSKI, J.. Antioxidant capacity of selected wines. **Medical Science Monitor**, v. 7, p. 1198-1202, 2001.

KATERJI, N.; HALLAIRE, M. Les grandeurs de référence utilisables dans l'étude de l'alimentation en eau des cultures. **Agronomie**, Paris, v. 4, p.999-1008, 1984.

KOUNDOURAS, S., MARINOS, V., GKOU LIOTI, A., KOTSERIDIS, Y., & VAN LEEUWEN, C.. 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. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, 5077–5086, 2006.

KRITSUNANKUL, O.; PRAMOTE, B.; JAKMUNEE, J.. Flow injection on-line dialysis coupled to high performance liquid chromatography for the determination of some organic acids in wine. **Talanta**, v. 79, p. 1042-9, 2009.

KRIEDEMANN, P.E., SMART, R.E.. Effects of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. **Photosynthetica**, v. 5, p. 15–19, 1971.

LANUELA-RAVÉNTOS, R.M.; WATERHOUSE, A.L. Occurrence of resveratrol in selected California wines by a new HPLC method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 421, p. 521-523, 1993.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plants, Cell and Environment**, v.25, p 275-294, 2002.

LEIRO, J.; CANO, E.; UBEIRA, F. M.; ORALLO, F.; SANMARTÍN M. L.. In vitro of resveratrol on the viability and infectivity of the microsporidian *Encephalitozoon cuniculi*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 48, p. 2497-2501, 2004.

LIMA FILHO, J. M. P.; BASSOI, L. M.; DANTAS, B. F. Determinação do índice de área foliar da videira conduzida em espaldeira, com analisador de dossel LI-2000. In: **XIX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Cabo Frio, RJ : Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2006.

LIMA, V. L. A. G. **Caracterização de antocianinas em frutos de genótipos de aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) cultivadas no banco ativo de germoplasma** da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2005, 133 p. Tese (Dotourado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Recife, 2005.

LIU, W.T., POOL, R., WENKERT, W., KRIEDEMANN, P.E., 1978. Changes in photosynthesis, stomatal resistance and abscisic acid of *Vitis labruscana* through drought and irrigation cycles. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 29, p. 239–246, 1978.

LOPES, B.F.; SETER, T.L.; McDAVID, C.R. Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water deficit and recovery. **Crop Science**, Madison, v.28, p.141-145, 1988.

LOPES, C. M. **Influência do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinifera* L.)**. 1994. 205 f. Tese (Doutorado) - Instituto Superior de Agronomia, UTL, Lisboa, 1994. 205p.

LOVEYS, B.R.. Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field-grown *Vitis vinifera* cultivars. III. The influence of xylem-derived abscisic acid on leaf gas exchange. **New Phytologist**, v. 98, p. 563–573, 1984.

LOVEYS, B.R., DÜRING, H.. Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field-grown *Vitis vinifera* cultivars. II. Abscisic acid changes under semiarid conditions. **New Phytologist**, v. 97, p. 37–47, 1984.

LOVEYS, B.R., KRIEDEMANN, P.E.. Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. I. Stomatal regulation and associated changes in endogenous levels of abscisic and phaseic acids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.1, p.407–415, 1974.

LULU, J.; CASTRO, J.V.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Efeito do microclima na qualidade da uva de mesa 'Romana' (A 1105) cultivada sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.422-425, 2005.

MAIN, G.; MORRIS, J.; STRIEGLER, K. Rootstock effects on Chardonnay productivity, fruit and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.53, p.37 - 40, 2002.

MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja 'Valência'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 53-58, 2002.

MCCARTHY, M.G.. Weight loss from ripening berries of Shiraz grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Shiraz). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 5, p. 10-16, 1999.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal. Fotossíntese. Respiração. Relações Hídricas. Nutrição Mineral**. Viçosa: Editora da UFV, 2005. 451

MARINHO, L.B.; RODRIGUES, J. J. V.; SOARES, J. M.; LIMA, M. A. C.; MOURA, M. S. B.; BRANDÃO, E. O.; SILVA, T. G. F.; CALGARO, M. Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1682-1691, 2009.

MAROCO, J.P., RODRIGUES, M.L., LOPES, C., CHAVES, M.M. Limitations to leaf photosynthesis in field-grown grapevine under drought – metabolic and modelling approaches. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 451–459, 2002.

MARTIM, S. A.; PEÇANHA, A. L.; SANTOS, M. P.; CAMPOSTRINI, E.; FAÇANHA, A. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.. Consumo de oxigênio, fotossíntese e metabolismo de açúcares em videiras submetidas a estresse hídrico. In: **XII Congresso de Fisiologia Vegetal**. 7 a 12 de setembro de 2009. Fortaleza-CE, 2009.

MATO, I.; SUÁREZ-LUQUE, S.; HUIDOBRO, J. F. A review of analytical methods to determine organic acids in grape juice and wines. **Food Research International**. v. 38, p. 1175-1188, 2005.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v.29, p.353-360, 1989.

MEDRANO, H., ESCALONA, J.M., BOTA, J., GULÍAS, J., FLEXAS, J.. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: the interest of stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, v.89, p.895–905, 2002.

MEDRANO, H., ESCALONA, J.M., CIFRE, J., BOTA, J., FLEXAS, J.. A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 607–619, 2003.

MIELE, A.; MANDELLI, F. **Sistemas de condução da videira**. Brasília, DF: Embrapa Uva e Vinho, 2005.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; GIOVANNINI, E.. Efeito do porta-enxerto no teor de nutrientes em tecidos da videira "Cabernet Sauvignon". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31,p. 1141-1149, 2009.

MOTA, R. V.; SOUZA, C. R.; FAVERO, A. C.; SILVA, C. P. C.; CARMO, E. C.; FONSECA, A. R.; REGINA, M. A.. Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.576-582, 2009.

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C; CARMO, E. C.; FONSECA, A. R.; FAVERO, A .C.; PURGATTO, E. P.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A.. Composição de bagas de 'Niágara Rosada' e 'folha-de-figo' relacionadas ao sistema de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1116-1126, 2010.

MURISIER, F. M. **Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de reserve**. 1996. 132 f. Thèse (doctorat) - École Pol. Fédérale de Zurich, Zurich, 1996.

NAOR, A., BRAVDO, B., GELOBTER, J.. Gas exchange and water relations in field-grown Sauvignon blanc grapevines. **American Journal Enology and Viticulture**, v.45, p.423–428, 1994.

NAUTIYAL, S.; NEGI, D.S.; KUMAR, S. Effect of water stress and antitranspirants on the chlorophyll contents of the leaves of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. **The Indian Forester**, v. 122, p. 1018-1022, 1996.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A. E. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1331-1342, 2000.

NORBERTO, P. M.; REGINA, M. A.; CHALFUN, N. N. J.; SOARES, A. M.; FERNANDES, V. B.. Influência do sistema de condução na produção e na qualidade dos frutos das videiras Folha de Figo e Niagara Rosada em Caldas, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 450-455, 2008.

OJEDA, H. El riego de precisión de la vid en función de los requerimientos hídricos y sus objetivos productivos. In: **CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA**, 11., 2007, Mendoza. Anais... Mendoza: INTA, 2007. 1 CD-ROM.

OJEDA, H.; ANDARY, C.; KRAEVA, E.; CARBONNEAU, A.; DELOIRE, A. Influence of pre and postveraison water déficit on síntesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *vitis vinifera* L., cv. Shiraz. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 53, p. 261-267, 2002.

OJEDA, H.; CARILLO, N.; DEIS, L.; TISSEYRE, B.; HEYWANG, M.; CARBONNEAU, A. Viticulture de précision et état hydrique. II: Comportement quantitatif et qualitatif de zones intraparcellaires définies à partir de la cartographie des potentiels hydriques. In : **Journées GESCO**, 24., 2005, Geisenheim, Allemagne. Annales... Geisenheim,. p.741-748, 2005.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, v.2, p.86-95, 2005.

OLLAT, N. J. P.; TANDONNET, M.; LAFONTAINE, H. R. SCHULTZ. Short and long term effects of three rootstocks on Cabernet Sauvignon vine behaviour and wine quality. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 617, p.95-99, 2003.

PASTENES, C.; HORTON, P.. Effect of high temperature on photosynthesis in beans. II. CO₂ assimilation and metabolite contents. **Plant Physiology**, v.112, p.1253-1260, 1996.

PAULETTO, D.; MOURAO FILHO, F. A. A.; KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J. A.. Efeito do porta-enxerto na qualidade do cacho da videira 'Niágara Rosada'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 935-939, 2001.

PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R.O.P. Entendimento sobre relações hídricas. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA**, 1995, Belo Horizonte, MG. Anais... EMBRAPA/CNPMS, 1995. v.1. 449p. p.131-146.

PIMENTEL, C.. Metabolismo de carbono na agricultura tropical. EDUR, Seropédica, RJ, Brasil, 1998.

PEREIRA, P. G.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; FRANÇA, S.. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico na fotossíntese e condutância foliar em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, p. 53-62, 2003.

PERUZZI, E.J. La termovinificación. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 3., CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 6., JORNADA LATINO-AMERICANA DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 4., 1990, Bento Gonçalves e Garibaldi. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV/ABTEV/OIV, 1991. p.97-104

PRICE, S.F.; BREEN, P.J.; VALLADAO, M. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot Noir grapes and wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, n. 46, p. 187-194, 1995.

QUICK, W.P., CHAVES, M.M., WENDLER, R., DAVID, M., RODRIGUES, M.L., PASSAHARINHO, J.A., PEREIRA, J.S., ADCOCK, M.D., LEEGOOD, R.C., STITT, M.. The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field conditions. **Plant Cell Environmental**, v.15, p. 25–35, 1992.

RAISON, J.K.; ROBERTS, J.K.M.; BERRY, J.A.. Correlations between thermal stability of chloroplast (thylakoid) membranes and the composition and fluidity of their polar lipids upon acclimation of the higher plant *Nerium oleander*, to growth temperature. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 688, p.218-228, 1982.

REGINA, M. A.; AUDEGUIN, L. Avaliação ecofisiológica de clones de videira cv. Syrah. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 875-879, 2005.

REGINA, M. A.; CARBONNEAU, A. Réponses écophysiológicas des cépages d'origines écologiques diverses aux variations d'éclaircissement et d'alimentation en eau. In : **SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE**, 4., 1992, Turin. Comptes Rendus... Turin: Fondazione Giovanni Dalmasso, 1992. p. 601-606.

REGINA, M. A.. **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIGFECD, 2002. 340p.

REGINA, M. A.; PEREIRA, A. F.; ALVARENGA, A. A.; ANTUNES, L. E. C.; ABRAHÃO, E. Sistema de condução da videira. **Informe Agropecuário**, v. 19, p. 5-8, 1998.

REYNIER, A. **Manuel de viticulture**. 10^a Edition, Lavoisier, 2007, 532 p.

REYNOLDS, A.G.; MOLEK, T.; de SAVIGNY, C. Timing of shoot thinning in *Vitis vinifera*: impacts on yield and fruit composition variables. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, p.343-356, 2005.

REYNOLDS, A.G.; WARDLE, D. A.. Rootstocks impact vine performance and fruit composition of grapes in British Columbia. **HortTechnology**, v. 11, p.419-427, 2001.

RIBÉRAU-GAYON P, GLORIES Y, MAUJEAN A, DUBOURDIEU D.. **Tratado de Enología: microbiología del vino – vinificaciones and Tratado de Enología: química del vino – estabilización y tratamientos**. Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur. Vol. I, Vol. II. 636 p., 2003, 537 p.

RIBÉRAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A. ; DUBOURDIEU, D. **Traité d'Oenologie 2. Chimie du vin, stabilisation et traitements**, Ed. Dunod Paris, 5^a ed., 2004, 566 p.

RIBÉRAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E.; RIBÉRAU-GAYON, P.; SUDRAUD, P. **Sciences et techniques du vin**. Paris: Dunod, 1976. v.3, 719p

RISTIC, R.; DOWNEY, M.O.; ILAND, P.G.; BINDON, K.; FRANCIS, L.; HERDERICH, M; ROBINSON, S.P. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour,

tannin and sensory properties. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, n. 13, p. 53-65, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J.; ZANUZ, M. C.. Efeito de três processos de vinificação sobre a composição química e a qualidade do vinho Cabernet Franc. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1285-1293, 1999.

RIZZON, L.A.; SGANZERLA, V.M.A. Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves, RS. **Ciência Rural**, v.37, p.911-914, 2007.

ROMERO-PÉREZ, A.I.; LANUELA-RAVENTOS, R.M.; WATERHOUSE, A.L.; TORREBORONANAT, M.C. Leves of cis- and trans-resveratrol and their glucosides in white and rosé *Vitis vinifera* wines from Spain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 44, p. 2124-2128, 1996.

ROSA, J. S., GODOY, R. L. O., NETO, J. O., CAMPOS, R. S., MATTA, V. M., FREIRE, C. A., SILVA, A. S., SOUZA, R. S. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.27, p.837-846, 2007.

ROSS, J.A.; KASUM, C.M.. Dietary flavonoids bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual Review of Nutrition**, v.22, p.19-34, 2002.

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.

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

SANT' ANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva**. 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias: Fitotecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Centro de Ciências Agrárias, Cruz das Almas, 2009.

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

SAURE, M.C. Blossom - end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) - a calcium - or a stress - related disorder. **Scientia Horticulturae**, v.90, p.193-208, 2001.

SCIENZA, A.; FREGONI, M.; BOSELLI, M. Influenza del portinnesto sulla resistenza stomatica, sul potenziale idrico e sul contenuto di acido abscissico di foglie di 'Barbera'. **Vigne Vini**, v. 1, p. 39-44, 1980.

SCHULTZ, H.R.. Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. **Acta Horticulturae**, v.427, p. 251–266, 1996.

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

SCHULTZ, H. R. Diferenças na arquitetura hidráulica para o comportamento quase isohydric e anisohydric de dois cultivares de *Vitis vinifera* L. cultivares durante a seca. **Plant Cell**, v. 26, p.1393 - 1405, 2003.

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

SILVA, M.S.L. **Caracterização e gênese do adensamento subsuperficial em solos do Tabuleiro do Semi-Árido do Nordeste do Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 126p. Tese (Doutorado).

SILVEIRA, J. A. G.; COSTA, R. C. L.; VIEGAS, R. A. ; OLIVEIRA, J. T. A .; FIGUEIREDO, M. V. B.. N compound accumulation and carbohydrate shortage on N₂ fixation in drought-stressed and rewatered cowpea plants. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v 3, p. 65-75, 2003.

SIVILOTTI, P.; BONETTO, C.; PALADIN, M.; PETERLUNGER, E. Effect os soil moisture availability on Merlot: from leaf water potential to grape composition. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 56, p. 9-18, 2005.

SMIRNOFF, N. Metabolic flexibility in relation to the environment. In: **Environment and plant metabolism: flexibility and acclimation**. Oxford: Bios Scientific publishers, 1995. p. 1-13.

SOUSA, T.A.; OLIVEIRA, M.T.; LUCAS, M.C. Avaliação da eficiência da utilização da água na vinha. In: **II Congresso Nacional de Rega e Drenagem**. Fundação 26, 27 e 28 de Junho de 2007

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1221-1230, 2001.

SOUZA, P.V.D.; FOCHESSATO, M.L. Emprego da poda verde para a obtenção de duas safras por ciclo vegetativo em 'Niagara Branca'. **Bragantia**, v.66, p.611-616, 2007.

SPAGNOLLI, F. Vini novelli da macerazione carbonica. **Vini d' Italia**, v.29, p.27-32, 1987.

SPLENDOR, F. **Vinho – degustação e serviço, saúde, enoturismo – licores**. Caxias do Sul: EDUCS, 2003. 387p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TEIXEIRA, A. H. C.; SOUZA, R. A.; RIBEIRO, P. H. B.; REIS, V. C. S.; SANTOS, M. G. L. Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p. 107-111, 2002.

THIMM, O., BLASING, O., GIBON, Y., NAGEL, A., MEYER, S., KRUGER, P., SELBIG, J., MULLER, L.A., RHEE, S.Y.; STITT, M. MAPMAN: a user-driven tool to display genomics data sets onto diagrams of metabolic pathways and other biological processes. **Plant Journal**, v.37, p.914–939, 2004.

TONIETTO, J.; TEIXEIRA, A.H.C. Zonage climatique des périodes viticoles de production dans l'année em zonage tropicale: application de la méthodologie du Système CCM Géoviticole. In : **Joint International Conference on Viticultural Zoning**, Cape Town, South Africa. [S.l.: s.n.], 2004, p. 193-201.

TONIETTO, J.. **Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud**

de la France: méthodologie de caractérisation. (Thèse Doctorat). École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier - ENSA-M. 233p, 1999.

TRUEBA, G.P.; SÁNCHEZ, M.. Los flavonoides como antioxidantes naturales. **Acta farmaceutica bonaerense**, v.20, p. 297-306, 2001.

TUBEROSA, R.; SANGUINETI, M.C.; LANDI, P. Abscisic acid concentration in leaf and xylem sap, leaf water potential, and stomatal conductance in maize. **Crop Science**, v.34, p.1537-1563, 1994.

TURNER, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v.58, p.339-366, 1981.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R. T.. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 255-260, 2004.

UBIGLI, M. Considerazioni su alcune particolarità dei vini novelli. **Vini d' Italia**, Brescia, v.28, p.9-18, 1986.

USSEGLIO-TOMASSET, L. Interventi e trattamenti nella produzione dei vini rosati per mezzo della macerazione carbonica. **Vini d' Italia**, v.28, p.65-70, 1986.

VERSINI, G.; DALLA SERRA, A.; PELLEGRINI, R. Contributo alla conoscenza dell'aroma dei vini da macerazione carbonica. **L' Enotecnico**, v.20, p.871-878, 1984.

VILLA, D. Influenza della macerazione carbonica in fase gassosa. **Vini d' Italia**, Brescia, v.30, p.23-34, 1988.

WAGENER, G.W.W. The effect of different thermovinification systems on red wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.32, p.179-184, 1981.

WAMPLE, R.. Grapevine water relations. **Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference**, p. 62-70, 2001.

WATERHOUSE, A. L.; IGNELZI, S.; SHIRLEY, J. A comparison of methods for quantifying oligomeric proanthocyanidins from grape seed extracts. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 51, 2002.

YAMANE, Y; KASHINO, Y; KOIKE, H; SATOH, K.. Effects of high temperatures on the photosynthetic systems in spinach: oxygen-evolving activities, fluorescence characteristics and the denaturation process. **Photosynthesis Research**, v.57, p.51-59, 1998

XU, H., ISHII, R. Effects of water deficits on photosynthesis in wheat plants: V Difference among plant in water relations. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 59, p. 384-389, 1990.

ZAMORA, Fernando. **ELABORACIÓN Y CRIANZA DEL VINO TINTO: Aspectos científicos y prácticos**. 1.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. 225p.

ZEEVAART, Z.R.; CREELMAN, R.A. Metabolism and physiology of abscisic acid. **Annual Review Plant Physiology**, v.39, p.439-473, 1988.

ZHOU, J.; CUI, H.; WAN, G.; XU, H.; PANG, Y.; DUAN, C. Direct analysis of transresveratrol in red wine by high performance liquid chromatography with chemiluminescent detection. **Food Chemistry**, n. 88, p. 613-620, 2004.

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.