

**AVALIAÇÃO NÃO INVASIVA DO DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS  
DE VIDEIRA PELA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a***

**GLEIDSON MORAIS DE SOUZA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2009**

**AVALIAÇÃO NÃO INVASIVA DO DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS  
DE VIDEIRA PELA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a***

**GLEIDSON MORAIS DE SOUZA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Ricardo Enrique Bressan-Smith

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 072/2009

Souza, Gleidson Morais de

Avaliação não invasiva do desenvolvimento de frutos de videira pela fluorescência da clorofila *a* / Gleidson Morais de Souza. – 2009. 68 f. : il.

Orientador: Ricardo Enrique Bressan-Smith  
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.  
Bibliografia: f. 53 – 66.

1. Açúcares 2. Análise 3. Maturação 4. Qualidade 5. *Vitis vinifera* I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 634.8

AVALIAÇÃO NÃO INVASIVA DO DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS  
DE VIDEIRA PELA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

**GLEIDSON MORAIS DE SOUZA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Aprovada em 12 de março de 2009.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Ernany Santos Costa (D.Sc., Produção Vegetal) – UFF

---

Pesquisador Dr. Marcos José de Oliveira Fonseca (D.Sc., Produção Vegetal) –  
Embrapa Agroindústria de Alimentos

---

Prof. Ricardo Enrique Bressan-Smith (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
Orientador

Aos meus pais João e Celeste;  
Aos meus irmãos Weiderson e Daiane;  
A Cíntia, minha esposa.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas as oportunidades e conquistas;

Aos meus pais, irmãos e à minha esposa pelo incentivo incondicional e pela compreensão da minha constante ausência;

A UENF pela oportunidade da realização do curso e a FAPERJ pela concessão da bolsa;

Ao professor Ricardo Bressan, meu orientador, pelos ensinamentos transmitidos, compreensão e amizade;

Ao professor Celso Pommer pelos ensinamentos, sugestões, correções e pela amizade;

Ao professor Alexandre Pio Viana pelo apoio e sugestões;

Aos amigos Viviane e Anderson, companheiros de trabalho, pela amizade construída, por todas as experiências vividas ao longo dessa jornada e pelo companheirismo demonstrado;

À família Hespanhol por me receber tão carinhosamente em sua propriedade e coração;

Aos amigos Juliana, Sílvia, Liane e Leandro pela amizade e pelo auxílio em diversos momentos;

Aos amigos Mirella, Lílian, Clara-Luz, Karine, Marcos, Inga, Alena e Thiago pelo convívio e amizade;

Ao amigo Thiago Otávio, pelo companheirismo e incentivo durante os dois anos de convívio, valeu Briu;

A todos os amigos e colegas que direta ou indiretamente participaram desta conquista.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Aspectos fenológicos e fisiológicos da videira em climas Tropicais .....	3
2.2. Viticultura na região Norte e Noroeste Fluminense .....	6
2.3. Fisiologia e maturação da uva .....	8
2.5. Fluorescência da clorofila a na determinação do ponto de colheita .....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4.1. Descrição da área e condução .....	18
4.2. Delineamento experimental e análise estatística .....	19
4.3. Características avaliadas .....	19
4.3.1. Análises químicas .....	20
4.3.1.1. Sólidos solúveis totais (SST) .....	20
4.3.1.2. Acidez total titulável (ATT) .....	21
4.3.1.3. Relação SST/ATT .....	21
4.3.2. Análises fisiológicas .....	21
4.3.2.1. Fluorescência da clorofila a .....	21
4.3.2.2. Carboidratos solúveis (Frutose, Glicose e Sacarose) .....	23
4.3.2.3. Teor de clorofila .....	24

5. RESULTADOS .....	25
5.1. Características químicas dos frutos .....	25
5.2. Carboidratos solúveis .....	28
5.3. Teor de clorofila .....	33
5.4. Fluorescência da clorofila a .....	36
5.5. Correlações .....	39
6. DISCUSSÃO .....	42
7. CONCLUSÕES .....	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
APÊNDICE .....	67

## RESUMO

SOUZA, Gleidson Morais de, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2009. Avaliação não invasiva do desenvolvimento de frutos de videira pela fluorescência da clorofila *a*. Orientador: Ricardo Enrique Bressan-Smith.

Objetivou-se avaliar o grau de desenvolvimento dos frutos de videira por meio da técnica não destrutiva de fluorescência da clorofila *a*. O experimento foi realizado no Sítio Tabuinha, localizado no município de São Fidélis, RJ, durante os meses de setembro a novembro de 2008, utilizando plantas, com 2,5 anos, das cultivares Niagara Rosada e Romana. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, sob o arranjo fatorial 2 x 9, sendo duas cultivares (Niagara Rosada e Romana) por nove períodos de avaliação, com quatro repetições. As avaliações iniciaram-se durante o estágio de desenvolvimento meia-baga, aos 67 dias após a poda de produção (DAP) e, estendeu-se até a data da colheita, em 17/11/2008. Os frutos das duas cultivares foram analisados a cada sete dias, avaliando-se as características químicas de qualidade, sólidos solúveis totais (SST), a acidez total titulável (ATT) e a relação SST/ATT; as características bioquímicas, teores de clorofilas *a*, *b* e total, o teor de carboidratos solúveis (açúcares solúveis totais, sacarose, glicose, frutose e as relações glicose/frutose e frutose/glicose; e as variáveis da fluorescência da clorofila *a*: fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e variável ( $F_v$ ) e o rendimento quântico máximo ( $F_v/F_m$ ). Houve redução dos valores das variáveis da fluorescência  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  principalmente nos períodos finais de desenvolvimento dos frutos, enquanto  $F_v/F_m$

permaneceu estável, com pequena redução para a cultivar Niagara Rosada na ocasião da colheita. Houve aumento da concentração de carboidratos solúveis durante a maturação, sendo que glicose e frutose foram os principais açúcares acumulados, enquanto a sacarose foi encontrada em baixas concentrações. Para a cultivar Niagara Rosada, entretanto, a concentração de sacarose representou 10,10% do teor de açúcares solúveis totais. Em relação às características químicas, houve aumento dos sólidos solúveis totais, caracterizado pelo acúmulo de açúcares a partir do início da maturação, alcançando-se teor de SST igual a 13,35 e 16,20° Brix para as cultivares Niagara Rosada e Romana, respectivamente; para a acidez total titulável houve redução dos teores ao longo do desenvolvimento e da maturação, alcançando valores satisfatórios para a uva; e a relação SST/ATT aumentou no decorrer do experimento alcançando valores adequados para Niagara Rosada (23,87) e para Romana (19,71). Com o avanço do desenvolvimento e maturação das uvas houve redução dos teores de clorofilas *a*, *b* e total, característico do processo de maturação dos frutos. As variáveis da fluorescência da clorofila *a* correlacionaram-se bem ( $r > 0,700$ ) com os sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação SST/ATT e açúcares solúveis totais. Devido às correlações entre as variáveis da fluorescência da clorofila *a* e as características qualitativas do fruto, conclui-se que a técnica da fluorescência da clorofila *a* pode ser utilizada para avaliar o estágio de desenvolvimento dos frutos de videira de modo não destrutivo.

## ABSTRACT

SOUZA, Gleidson Morais de, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March 2009. Non destructive evaluation of the development of grapevine fruits by the chlorophyll fluorescence. Advisor: Ricardo Enrique Bressan-Smith.

The aimed of this work was to evaluate the degree of development of the grape through the technique no destructive of chlorophyll fluorescence. The experiment was carried out in commercial vineyard, located in the municipal district of São Fidélis, RJ, during the months of September to November 2008, using plants, with 2,5 years, of the cultivars Niagara Rosada and Romana. It was made in complete block design, factorial 2 x 9, being two cultivars (Niagara Rosada and Romana) for nine evaluation periods, with four repetitions. The evaluations began during the development stadium half-berry, at the 67 days after the production pruning (DAP) and, extending until the date of the crop, at 17/11/2008. The fruits of the two cultivars were analyzed every seven days, being evaluated the chemical characteristics of quality, content of total soluble solids (SST), the total title acidity (ATT) and the relationship SST/ATT; the biochemical characteristics, contents of chlorophylls *a*, *b* and total, the content of soluble carbohydrate (total soluble sugars, sucrose, glucose, fructose and the relationships glucose/fructose and fructose/glucose; and the variables of the chlorophyll fluorescence: minimum ( $F_0$ ), maximum ( $F_m$ ) and variable fluorescence ( $F_v$ ) and the yield maximum quantum ( $F_v/F_m$ ). There was reduction of the values of the variables of the fluorescence  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  mainly in the

final periods of development of the fruits, while  $F_v/F_m$  stayed stable, with small reduction of the cultivar Niagara Rosada in the occasion of the crop. There was increase of the concentration of soluble carbohydrate during the maturation, glucose and fructose were the main accumulated sugars, while the sucrose was found in low concentrations. For the cultivate Niagara Rosada however, the sucrose concentration represented 10,10% of the concentration of total soluble sugars. In relation to the chemical characteristics, there was increase of the concentration of soluble solids, characterized by the accumulation of sugars starting from the beginning of the maturation, reaching the concentration of SST equal to the 13,35 and 16,20° Brix for the cultivars Niagara Rosada and Romana, respectively; for the acidity total there was reduction of the concentrations along the development and of the maturation, reaching satisfactory values for the grape; and the relationship SST/ATT increased at the long of the experiment reaching appropriate values for Niagara Rosada (23,87) and for Romana (19,71). With the progress of the development and maturation of the grapes there was reduction of the contents of chlorophylls *a*, *b* and total, characteristic of the process of maturation of the fruits. The variables of the chlorophyll fluorescence correlated well ( $r > 0,700$ ) with content of total soluble solids, acidity total, relationship SST/ATT and total soluble sugars. Due to the correlations among the variables of the chlorophyll fluorescence and the qualitative characteristics of the fruit, concluded that the technique of the chlorophyll fluorescence can be used to evaluate the stadium of development of the fruits of way grape no destructive.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de uvas de mesa vem apresentando expressivo crescimento nas últimas décadas. A produção brasileira de uvas destinadas para mesa passou de aproximadamente 657 mil toneladas em 2004 para cerca de 717 mil toneladas em 2007, e a região Sudeste, representada por Minas Gerais e São Paulo, possui uma área plantada com videiras de 19.650 hectares (Mello, 2007a).

Os fatores mais importantes que conferem o sabor dos frutos são caracterizados pelos açúcares e ácidos (Benato, 1998; Carvalho e Chitarra, 1984). Como a uva é um fruto não-climatérico (Choudhury e Costa, 2004), deve ser colhida somente após ter atingido estágio de maturação adequado que lhe confira aparência, sabor e textura adequada ao consumo.

Os sólidos solúveis totais (SST) são comumente utilizados pelos viticultores para definir o ponto de colheita, devido à sua alta correlação com a palatabilidade, sendo facilmente quantificados por meio de refratômetro manual (Resende et al., 2001). Apesar da praticidade, esse método é destrutivo e, por isso, não possibilita o monitoramento do desenvolvimento, desde as fases iniciais até o ponto de colheita, de um mesmo fruto por repetidas avaliações (Kolb et al., 2006). Para atingir tal objetivo, tecnologias não-destrutivas, como a fluorescência da clorofila *a*, têm grande potencial para estimar alterações fisiológicas no que diz respeito ao desenvolvimento, amadurecimento, armazenamento e fisiologia pós-colheita em legumes e frutas e suas interações com o ambiente (Toivonen e DeEll, 1998; Drabent et al., 1999; Bron et al., 2004; Schofield et al., 2005; Wang et al., 2005;

Ferrante e Maggiore, 2007). Apesar de seu potencial em estudos de produção vegetal e melhoramento genético, essa técnica ainda não tem sido extensivamente estudada. A fluorescência da clorofila *a* não apenas é um método não-destrutivo, como também é prático, porque utiliza equipamento portátil de fácil manuseio, possibilita leituras relativamente rápidas, e tem grande precisão.

A fluorescência da clorofila *a*, de forma geral, estima a eficiência fotoquímica do aparelho fotossintético, dada sua relação com o estado físico e funcional dos tilacóides (Baker e Rosenqvist, 2004; Greer, 2005; Hagen et al., 2006). A estimativa é fornecida por uma série de variáveis obtidas de acordo com o estado de excitação das clorofilas e do estado redox dos transportadores de elétrons dos fotossistemas II e I. Basicamente, podem ser obtidas variáveis pela exposição de tecidos fotossintéticos, previamente mantidos no escuro, à luz (fluorescência no escuro), e a operação da fotoquímica da fotossíntese sob condições de luz (Baker e Rosenqvist, 2004). Algumas das variáveis mais utilizadas são a fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e variável ( $F_v$ ), além do rendimento quântico máximo ( $F_v/F_m$ ). Modificações das variáveis supracitadas podem ser observadas quando o estado físico dos complexos coletores de luz e dos fotossistemas é afetado (Krause e Weis, 1991). Mais especificamente, mudanças nos níveis das clorofilas funcionais levam invariavelmente a alterações nas variáveis de fluorescência (Baker, 2006).

Neste ponto, cabe ressaltar que a maioria dos frutos apresenta alguma variação de cor desde o início do seu desenvolvimento até a senescência. Parte dessa variação é devida à degradação de clorofilas em tecidos superficiais dos frutos e, por isso, tal modificação pode ser detectada pela fluorescência da clorofila. Em frutos de videira, o teor de clorofila diminui drasticamente alcançando 14-20% do conteúdo inicial em uvas tintas e quase desaparecendo em uvas brancas (Giovanelli e Brenna, 2007). Além disso, nas cultivares de uva tinta ocorre acúmulo de antocianinas na epiderme do fruto nos estádios finais do amadurecimento e, conforme Oliveira et al. (2004), as uvas produzidas em regiões quentes apresentam níveis mais acentuados.

Diante do exposto, procurou-se adotar uma técnica não destrutiva para relacionar o desenvolvimento e as alterações bioquímicas dos frutos, desde as fases iniciais até a maturação, com as alterações causadas nas variáveis da fluorescência da clorofila *a*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos fenológicos e fisiológicos da videira em climas Tropicais

A videira destaca-se como uma das frutíferas mais cultivadas no mundo e seu fruto é consumido *in natura* ou na forma de passas, como também usado na produção de vinho e de suco. Os maiores produtores mundiais de uva são Itália, França e Espanha. Na América do Sul, os grandes produtores são Chile, seguido da Argentina e do Brasil. A viticultura brasileira apresentou no ano de 2007 área plantada de 89.946 hectares, com produção média anual de 1.354.960 toneladas (Mello, 2007a). Em 2007, o país exportou 79.081 toneladas de uvas frescas, o que representou aumento de cerca de 27,04% em relação ao ano anterior (Mello, 2007b).

Embora seja considerada planta de clima temperado, a videira adapta-se a diversos climas (Sentelhas, 1998). A viticultura está distribuída em quase todas as regiões do Brasil, concentrando sua produção nas regiões Sul, Sudeste e no Nordeste. A região Sul destaca-se como produtora de uva para vinho e suco; na região Sudeste, a produção destina-se tanto para a produção de vinho quanto para o consumo *in natura*; já a região Nordeste caracteriza-se como produtora de uvas de mesa, embora sua produção destinada à fabricação de vinho venha aumentando nos últimos anos (Orlando et al., 2003).

A necessidade hídrica da videira, dependendo do clima e da duração da fase fenológica, varia de 500 a 1.200 mm. Como a precipitação média anual nas regiões onde se estabelece a viticultura tropical é da ordem de 610 a 990 mm, é necessário o fornecimento de água por irrigação (Sentelhas, 1998). O fornecimento adequado da água durante o ciclo fenológico da videira é primordial para se obter uma produção de qualidade. A ocorrência de deficiência hídrica durante o período inicial de crescimento dos frutos resulta em redução do tamanho, e a ocorrência de estresse durante a maturação retarda o amadurecimento, afetando a coloração e favorecendo a queima dos frutos pela radiação solar (Teixeira et al., 2002). Segundo os mesmos autores, o excesso de umidade do ar, combinado com temperaturas elevadas, favorece o surgimento de doenças fúngicas.

A ocorrência de chuvas durante o período reprodutivo promove redução da temperatura e da radiação luminosa, diminuindo a ação desses fatores climáticos sobre a cultura, o que resulta em perda de qualidade da produção. Outro fator prejudicial em decorrência da incidência de chuvas é a diluição dos açúcares no suco dos frutos no período de amadurecimento (Nogueira, 1984).

As videiras, geralmente, são pouco exigentes quanto ao frio, e quando cultivadas em regiões de clima quente, seco, com elevada intensidade luminosa e baixa precipitação apresentam comportamento distinto daquele verificado nas regiões de clima temperado e subtropical (Pires, 1998).

Assim, como em outras plantas, a videira apresenta mecanismo fisiológico de repouso, como estratégia de sobrevivência, chamado de dormência. Nessa fase, ocorre suspensão temporária do crescimento visível acompanhado de mudanças profundas nas atividades metabólicas. Em regiões de clima temperado, a dormência é estimulada pelo frio. Já naquelas regiões cujas temperaturas são elevadas durante o ano inteiro, a dormência pode ser obtida por meio do estresse hídrico (Sentelhas, 1998).

Por causa do comportamento diferenciado da videira nas regiões tropicais, é possível realizar podas de produção após a colheita da safra anterior em qualquer época do ano, desde que os ramos se encontrem maduros. Murakami (2002) recomenda período de descanso de 30 a 60 dias, entre a última colheita e a poda de produção do ciclo seguinte. Durante o período de descanso da videira, a irrigação deve ser reduzida em cerca de 80%, para induzir o acúmulo de reservas (Leão e Maia, 1998). Eichhorn e Lorenz (1984) caracterizam o ciclo da videira da poda à

colheita da seguinte maneira: 1) Período da poda ao início da brotação; 2) Início da brotação ao pleno florescimento; 3) Período de pleno florescimento ao início da maturação; 4) Início da maturação à plena maturação.

A época da poda marca o início do ciclo fenológico da videira que é condicionado pelos fatores climáticos predominantes durante aquele período. Particularmente, radiação solar, temperatura, umidade atmosférica e disponibilidade hídrica no solo influenciam a fenologia e fisiologia da planta nas várias fases do ciclo, interferindo no seu crescimento, na produção e na qualidade dos frutos (Winkler et al., 1997; Sentelhas, 1998; Leão e Silva, 2003; Giovannini, 2008).

A videira é uma planta que possui o metabolismo fotossintético do tipo  $C_3$  e, segundo Regina et al. (1998), com o aumento do fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), a taxa fotossintética responde, de forma linear, até a faixa de 500 a 700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Além do efeito direto sobre a fotossíntese, a exposição da videira à radiação solar estimula a brotação e a fertilidade de gemas (Santos, 2006), bem como interfere na qualidade da uva porque influencia o acúmulo de açúcares nos frutos (Mullins et al., 1992; Pommer, 2003). Sentelhas (1998) relata que a exigência das videiras em radiação solar, expressa em número de horas de brilho solar (insolação) no decorrer de um ciclo, é de 1.200 a 1.400 horas, sendo maior no subperíodo reprodutivo, o que é plenamente atendido nas regiões brasileiras produtora de uvas.

Assim como a luminosidade, a temperatura do ar interfere no crescimento da videira e na atividade fotossintética. A videira requer temperaturas entre 10 e 40 °C para que a fotossíntese expresse sua atividade máxima (Sentelhas, 1998), embora a faixa de temperatura média considerada ideal situa-se entre 20 e 30 °C (Teixeira, 2004). A temperatura do ar influencia, principalmente, a duração do ciclo poda-colheita da cultura fazendo com que, em regiões onde a temperatura é elevada, o desenvolvimento da planta seja mais acelerado, reduzindo, assim, a duração do ciclo. A videira 'Itália', apresenta ciclo de aproximadamente 150 a 180 dias nas regiões de Jales e São Miguel do Arcanjo, SP, respectivamente (Terra et al., 1998), enquanto no Vale do São Francisco o ciclo é de cerca de 110-120 dias (Leão e Maia, 1998), e na região norte fluminense o ciclo é de aproximadamente 135-155 dias (Murakami et al., 2002). Nas condições tropicais, mediante o condicionamento da videira ao controle da irrigação e da poda, é possível produzir uvas em qualquer época do ano conseguindo até 2,5 safras anuais (Leão e Maia, 1998; Alvarenga e Abrahão, 1984).

A produção e a qualidade dos frutos estão intimamente ligadas à temperatura do ar. A indução do florescimento é mais eficiente quando a temperatura está entre 25 e 35 °C (Buttrose, 1970), e temperaturas extremas, sejam baixas ou elevadas, afetam negativamente a floração e a polinização (Nogueira, 1984, Giovannini, 2008). No período de maturação das bagas, a temperatura possui grande importância para a redução da acidez e acúmulo de açúcares (Teixeira, 2004), ao passo que uma grande amplitude térmica induz a perfeita coloração do fruto, nas cultivares tintas (Terra et al., 1998). De acordo com Pommer (2003), temperaturas baixas são prejudiciais ao acúmulo de açúcares no fruto, mas a variação da amplitude térmica diária favorece o incremento do teor das hexoses. Por isso nas regiões de clima tropical os frutos apresentam maior teor de açúcares e baixa acidez (Alvarenga e Abrahão, 1984).

## **2.2. Viticultura na região Norte e Noroeste Fluminense**

O mercado brasileiro de uvas de mesa vem apresentando expressivo crescimento nas últimas décadas. No início dos anos 80 o consumo per capita da fruta era de apenas 0,4 kg/hab/ano passando a quase 2,7 kg/hab no ano de 2001 (Araújo, 2004). Em 2006 o consumo de uvas de mesa foi de 3,8 kg per capita, representando aumento de 7,34% em relação ao ano de 2005 (Mello, 2006). Estudos de mercado demonstraram que a produção nacional de uva destinada ao mercado doméstico é totalmente absorvida, sendo os meses de novembro a março o período de maior oferta da fruta e o período de entressafra estende-se entre os meses de abril e junho (Araújo, 2004).

A produção brasileira de uvas destinadas para mesa passou de aproximadamente 657 mil toneladas em 2004 para cerca de 717 mil toneladas em 2007, e a região Sudeste, representada por Minas Gerais e São Paulo, possui área plantada com videiras de 19.650 hectares (Mello, 2007a). No Estado do Rio de Janeiro, a viticultura é inexpressiva existindo apenas pequenos vinhedos na região serrana, nos municípios de Petrópolis e Teresópolis (Sousa, 1996) e nas regiões Norte e Noroeste, nos municípios de Cardoso Moreira, São Fidélis e Miracema, destinados à comercialização local.

Neste contexto, é pertinente a introdução de atividades rentáveis que proporcionem mais eficiência da utilização da pequena propriedade rural, na busca

da geração de empregos e aumento da renda familiar. O surgimento de pequenos e médios viticultores profissionalizados poderá suprir o abastecimento do mercado regional, além de exercer função social importante (Silva e Correia, 2004).

As regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura tropical, não só por possuir boas condições topográficas e edáficas, mas principalmente pela disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas da região e pelo clima favorável caracterizado por temperatura elevada e intensa luminosidade (Murakami, 2002). Além de tais aspectos favoráveis, as regiões Norte e Noroeste Fluminense apresentam localização privilegiada e estratégica, estando próxima a grandes mercados consumidores do país, como Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo, e pela disponibilidade de vias de acesso que possibilitam eficiente escoamento da produção (Brandão, 2004). Neste contexto, é pertinente a introdução de atividades rentáveis que proporcionem mais eficiência da utilização da pequena propriedade rural, na busca da geração de empregos e aumento da renda familiar.

Pesquisas com videira, realizadas nos últimos anos, têm comprovado o potencial produtivo da cultura nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Estudos realizados por Murakami et al. (2002) no município de Cardoso Moreira, RJ, concluíram que o ciclo da videira 'Itália' foi de 138; 151; 150 e 157 dias para podas realizadas nos meses de abril, maio, junho e julho, respectivamente, e a soma térmica necessária foi de 1727 graus dias (GD) para poda realizada em abril, 1564 GD para poda realizada em maio, 1702 GD para poda realizada em junho e 1840 GD para poda realizada em julho, utilizando-se a temperatura-base de 12°C. Tais informações demonstraram que a videira apresenta ciclo fenológico e necessidades térmicas semelhantes aos encontrados no Noroeste do Estado de São Paulo.

Um ensaio para avaliar as características agrônômicas de diversos genótipos de híbridos e espécies de videira, realizado em Campos dos Goytacazes, RJ, concluiu que os genótipos Roberta, Romana e Isabel apresentaram bom desempenho em relação à produção, e quanto à reação das plantas ao míldio (*Plasmopora viticola*) os genótipos Romana e Niagara Rosada são resistentes à doença (Costa, 2004).

Outro estudo avaliando a composição química e os estádios fenológicos de videiras por dois anos consecutivos em Campos dos Goytacazes, concluiu que o

ciclo médio das videiras foi de 126 e 100 dias, para os anos de 2005 e 2006, respectivamente (Silva, 2006a). Nesse ensaio observou-se redução de tempo considerável no período de duração do ciclo da cultura no segundo ano de estudo, sendo relacionado com as melhores condições climáticas constatadas em 2006. Os resultados das análises químicas dos frutos apresentaram valores satisfatórios para os teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT. A cultivar Romana obteve os melhores resultados quanto ao teor de sólidos solúveis e acidez, quando comparada a Isabel, Itália, Kyoho, Moscatel de Hamburgo, Niagara Rosada, Patrícia, Red Globe, Roberta, Rosalinda, Rubi, e UFV 01.

Outros ensaios demonstram que a qualidade das uvas de mesa produzidas no Norte do Estado do Rio de Janeiro está de acordo com os níveis exigidos para comercialização (Guimarães et al., 2006; Silva, 2006b; Viana et al., 2006).

### **2.3. Fisiologia e maturação da uva**

O desenvolvimento e a maturação da uva compõem um processo contínuo, não havendo uma fase específica cujo fruto pode ser considerado inteiramente maduro. Do ponto de vista biológico, o amadurecimento é um fenômeno caracterizado por alterações bioquímicas e fisiológicas do fruto tornando-o comestível e atraente para a dispersão de suas sementes (Giovannoni, 2001). Na abordagem agrônômica, o amadurecimento tem correspondência com alterações nos atributos sensoriais do sabor, odor, cor e textura que tornam o fruto aceitável para o consumo (Barros et al., 1995).

O fruto é composto de três porções principais: a casca, a polpa e as sementes, cuja composição bioquímica varia consideravelmente (Kennedy, 2002). O pedicelo conecta o fruto à planta por feixes vasculares compostos de xilema, floema e fibras, responsáveis pelo fornecimento, respectivamente, de água, sais minerais e sacarose. Entretanto, evidências demonstram que apesar da presença de vasos xilemáticos intactos e aparentemente funcionais no fruto, durante o início do amadurecimento, há uma redução significativa na proporção de água que é transportada ao órgão por esse tecido (Bondada et al., 2005), e conforme Pratelli et al. (2002), o estágio de amadurecimento dos frutos é completamente dependente em recursos transportados da videira pelo floema.

O padrão de desenvolvimento dos frutos segue uma curva dupla-sigmóide (Figura 1) dividida em três estádios. O Estádio I corresponde ao período imediatamente após o florescimento, caracterizado pela intensa divisão e expansão celular; Estádio II ocorre aproximadamente 7 a 10 semanas após o florescimento, caracterizado pelo reduzido crescimento durante o amadurecimento da semente; Estádio III: período de rápido amolecimento do fruto, acúmulo de açúcares e redução da acidez, e expansão das células da polpa (Coombe, 1992; Tattersall et al., 1997; Fillion et al., 1999; Davies e Robinson, 2000; Thomas et al., 2006).

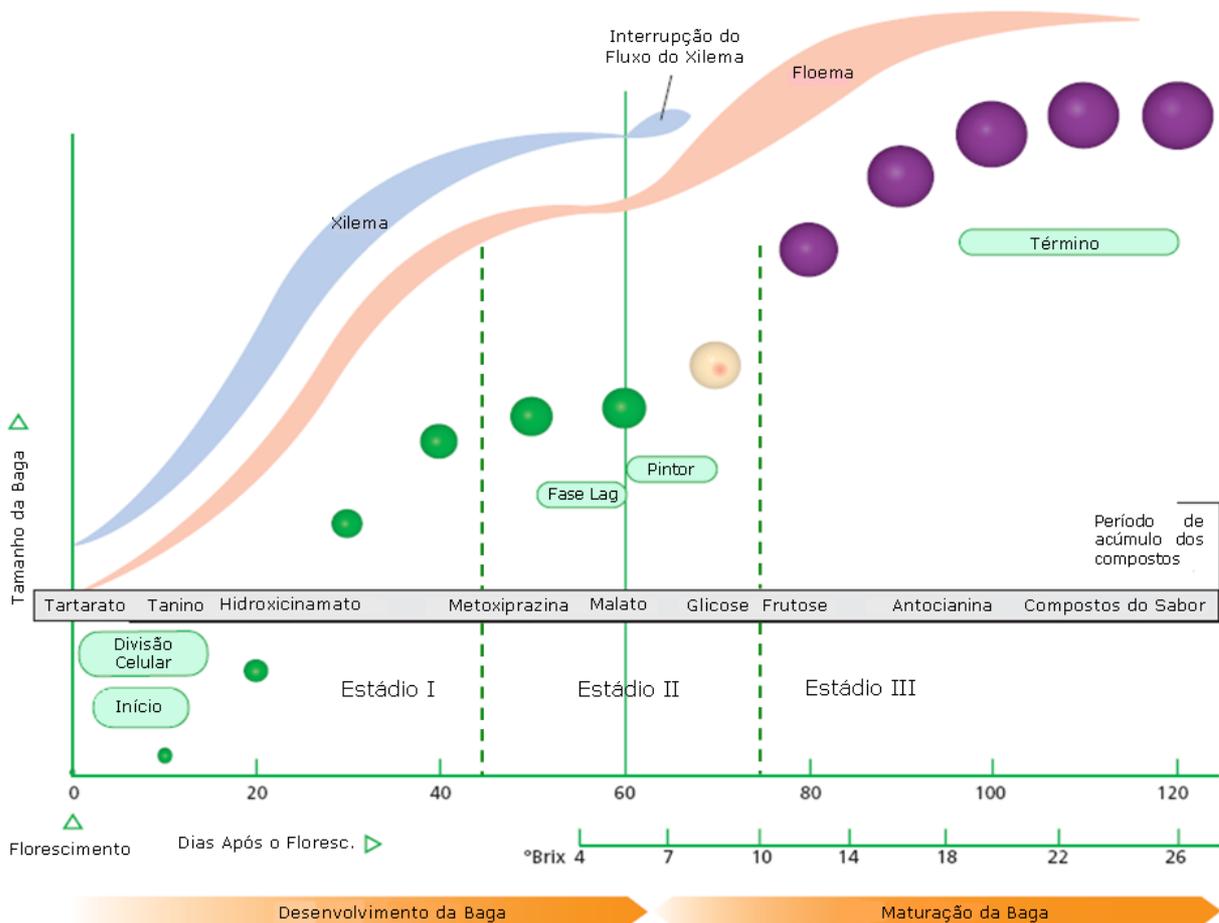


Figura 1 – Diagrama esquemático demonstrando tamanho e cor das bagas durante o desenvolvimento e maturação da uva. Também apresenta o período de acúmulo dos compostos, os níveis dos SST e o comportamento dos sistemas vasculares.

\* Adaptado de Kennedy, 2002.

O primeiro período de crescimento compreende aproximadamente 60 dias após o florescimento, no qual o fruto começa a ser formado e os embriões da semente são produzidos (Conde et al., 2007). Logo após a fecundação inicia-se a divisão celular seguida da expansão das células da polpa, e ao final deste período, o número total de células da baga foi definido (Kennedy, 2002). Os carboidratos importados nesta fase são utilizados em diversos processos como o desenvolvimento de sementes, divisão e expansão celular e a biossíntese de ácidos orgânicos (Coombe, 1992).

Os principais ácidos orgânicos encontrados na uva, málico e tartárico, são armazenados no vacúolo alcançando máximo acúmulo aparente ao redor do 'pintor' (Mullins et al., 1992; Ribereau-Gayon et al., 2003). O ácido tartárico é acumulado durante os estádios iniciais de desenvolvimento do fruto concentrando-se em maior quantidade na região periférica, enquanto o ácido málico é acumulado nas células da polpa ao término da primeira fase (Conde et al., 2007). Ácidos hidroxicinâmicos também são acumulados, na polpa e na casca, durante o período de crescimento inicial e são importantes, pois são precursores de fenóis voláteis (Kennedy, 2002). Durante essa primeira fase também são acumulados taninos, presentes na casca e nas sementes, e vários outros solutos como minerais, aminoácidos, micronutrientes e componentes de aroma (Conde et al., 2007).

A segunda fase do desenvolvimento do fruto (Fase Lag), que se inicia aproximadamente 7 a 10 semanas depois do florescimento e dura cerca de 2 semanas, apresenta pouco ou nenhum crescimento (Pratelli et al., 2002; Hayes et al., 2007), enquanto a maturação da semente é completada (Lund e Bohlmann, 2006).

Após o término da Fase Lag, inicia-se a última etapa do desenvolvimento do fruto, o amadurecimento, que nas uvas tintas é marcada por súbita mudança de cor da casca. Tal fase, denominada de 'pintor' em Portugal, também é conhecida como 'veraison' na França e como 'envero' em países de língua espanhola. Nesse estágio do desenvolvimento ocorrem as mudanças mais importantes, cujos frutos passam de um estado herbáceo em que eles são pequenos, duros, ácidos e com pouco açúcar para um estado no qual se tornam maiores, macios, adocicados, menos ácidos e coloridos (Conde et al., 2007). A segunda fase de crescimento do fruto, o período de maturação, é caracterizada por diversas mudanças físicas e bioquímicas. As principais mudanças são amolecimento da polpa, aumento de tamanho do fruto,

acúmulo de glicose e frutose no vacúolo, metabolismo do ácido málico como fonte de carbono para a respiração, e biossíntese de componentes orgânicos voláteis e de sabor, degradação da clorofila e acúmulo de antocianinas no exocarpo em cultivar de uva tinta (Dreier et al., 1998; Davies e Robinson, 2000; Kennedy, 2002).

Na terceira fase do desenvolvimento do fruto ocorre grande expansão do fruto devido ao acúmulo de água nas células da polpa. Durante esse aumento do volume do fruto, algumas substâncias armazenadas na primeira fase são reduzidas como, por exemplo, o ácido málico, que é metabolizado, enquanto outros como o ácido tartárico são apenas diluídos (Winkler et al., 1997; Ribereau-Gayon et al., 2003). A quantidade de componentes de aroma produzidos durante a primeira fase é reduzida durante a maturação, assim como a concentração de taninos também diminui consideravelmente, tanto no revestimento da semente quanto na casca do fruto (Kennedy, 2002).

Apesar da grande influência do primeiro período de desenvolvimento sobre a qualidade final do fruto, o evento de maior importância ocorre na segunda fase do crescimento, como resultado de mudanças bioquímicas do amadurecimento, tal como o acúmulo de glicose e frutose (Conde et al., 2007; Giovannini, 2008).

Como já mencionado, o pintor marca o início de acúmulo de açúcares no fruto, que se estende até o período final da maturação. A sacarose, produzida pelo processo da fotossíntese, é exportada para o fruto, onde é convertida a glicose e frutose, que serão armazenadas (Mullins et al., 1992; Ribereau-Gayon et al., 2003). Evidências bioquímicas indicam que uma vez transportada para os frutos, a sacarose é hidrolisada em seus componentes por invertases no vacúolo (Fillion et al., 1999; Manning et al., 2001). Durante o amadurecimento, grandes quantidades de açúcares são acumuladas no vacúolo, provendo uma força osmótica responsável pela significativa expansão celular (Hayes et al., 2007), chegando praticamente a dobrar de volume. Segundo Fillion et al. (1999), a relação glicose/frutose reduz-se de 2, no período herbáceo, para 1 no final do amadurecimento.

Além do acúmulo de açúcares, o amadurecimento resulta na biossíntese de metabólicos secundários (Figura 1). A biossíntese de antocianinas, pigmento responsável pelas cores azuis, púrpura e vermelha (Jordão et al., 1998), só se inicia após o começo da maturação, acumulando-se normalmente na película do fruto (Boss et al., 1996). Além disso, muitos outros componentes de aroma e sabor são produzidos nos estádios finais do amadurecimento e distribuídos na polpa e na

casca (Kennedy, 2002). De acordo com Lund e Bohlmann (2006), os componentes mais importantes que contribuem para o sabor são os ácidos orgânicos, taninos, terpenóides e vários precursores de aldeídos aromáticos e ésteres que são acumulados na película do fruto na forma de açúcares ou aminoácidos conjugados.

Com o amadurecimento, o fruto torna-se mais atraente e saboroso, por causa do equilíbrio entre açúcares, ácidos, componentes do sabor, aroma e sabor (Lund e Bohlmann, 2006). O desenvolvimento destas características determinará a qualidade do produto final.

Devido ao fato de uva ser um fruto não-climatérico (Carvalho, 1994; Benato, 1998; Choudhury e Costa, 2004), somente deve ser colhida no estágio suficientemente maduro, ou seja, quando atingir um estado ótimo de aparência, sabor e textura (Leão e Maia, 1998). A maturação dos frutos, conforme a cultivar e as condições ambientais, é alcançada cerca de 100 a 150 dias após o início da brotação da videira (Bleinroth, 1993; Resende et al., 2001). Durante o amadurecimento, ocorrem mudanças na aparência física dos frutos e do engaço, e na composição química dos frutos. O ponto de colheita da uva é determinado pelo teor de sólidos solúveis totais (SST), associado aos atributos aparência, coloração, textura e sabor (Antoniolli, 2005).

Os fatores mais importantes que conferem o sabor dos frutos são caracterizados pelos teores dos sólidos solúveis, determinados, principalmente pelas frações de açúcares e ácidos (Carvalho e Chitarra, 1984; Benato, 1998). As hexoses constituem quase a totalidade dos sólidos solúveis do suco da fruta; devido a que, os açúcares podem ser estimados pela determinação dos sólidos solúveis (Silva, 2006a).

Os açúcares encontrados na uva madura são a frutose, a glicose e, em valores muito reduzidos, a sacarose (Mullins et al., 1992; Winkler et al., 1997; Giovannini, 2008). Segundo os mesmos autores, a frutose possui maior poder adoçante do que a glicose. Portanto, ao se determinar a qualidade dos frutos, esses açúcares deverão ser analisados separadamente. Conforme Resende et al. (2001), a razão glicose/frutose é um importante índice para avaliar o grau de doçura da uva madura; para cultivares com sementes, o valor deste índice deve ser próximo a 1,0 e para cultivares aparências, cerca de 0,8.

Como já mencionado anteriormente, em termos de acidez, predominam os ácidos orgânicos tartárico e málico (Mullins et al., 1992; Benato, 1998, Ribereau-

Gayon et al., 2003). O período de conservação dos frutos está correlacionado com o ponto adequado de colheita, haja vista que, quanto maior a acidez, mais difícil se torna sua conservação (Bleinroth, 1993). No início da década de 30, estudos concluíram que a definição do adequado ponto de maturação das uvas deveria levar em consideração não somente os teores de açúcares, uma vez que a acidez exerce papel importante no sabor dos frutos (Carvalho, 1994).

Na prática, o teor de sólidos solúveis totais (SST) é a principal medida para a determinação do ponto de colheita (Resende et al., 2001). No entanto, a relação teor de sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) é considerada o melhor índice que define o grau de maturação, pois algumas cultivares podem apresentar boa palatabilidade mesmo quando o SST é baixo, desde que a acidez também seja (Choudhury e Costa, 2004). De acordo com esses autores, embora a coloração do fruto, por si só, não seja um indicador suficiente para determinar o ponto de colheita, ela é importante para a padronização do produto.

A colheita deve ser realizada quando os frutos apresentarem SST igual ou superior a 16° Brix, acidez inferior a 1,0 e diâmetro mínimo de 22 mm para as cultivares Itália e Rubi (Brasil, 2000). As normas nacionais consideram a fruta madura, para o consumo *in natura*, quando os teores de SST superarem valores de 14° Brix, sendo que para as cultivares Itália, Rubi e similares recomenda-se relação SST/ATT mínima de 15:1 (Antoniolli, 2005). A relação sólidos solúveis totais/acidez, obtida pela razão teores de açúcar/teor de ácidos, deverá ser superior aos valores mínimos estipulados pela regulamentação (Tabela 1). Na avaliação da qualidade da uva é de grande importância a determinação da relação açúcares/acidez, açúcares/pH e até mesmo a razão frutose/glicose, que deve ser maior do que 1,0 (Carvalho e Chitarra, 1984).

Tabela 1 – Valores mínimos para a relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/ATT) para uvas de mesa destinadas à exportação.

<b>Cultivar</b>	<b>SST/ATT</b>
Itália, Rubi e cultivares similares	15:1
Niagara (Branca e Rosada), Isabel e cultivares similares	16:1
Limites considerados adequados para exportação	14:1 – 17:1

\* Adaptado de Resende et al. (2001).

Na época da colheita, algumas práticas devem ser realizadas como a redução da irrigação no período que antecede a operação, avaliação visual dos cachos e dos frutos e avaliações físico-químicas dos frutos (Brasil, 2000; Choudhury e Costa, 2004; Antonioli, 2005). A colheita deve ser realizada nas horas mais frescas, devendo evitar os dias chuvosos e a presença de orvalho sobre os frutos (Resende et al., 2001; Antonioli, 2005).

## **2.5. Fluorescência da clorofila *a* na determinação do ponto de colheita**

O processo de fotossíntese utiliza a luz solar que incide sobre os órgãos fotossintéticos para formar compostos energéticos (sacarose). A energia luminosa capturada pelo aparelho fotossintético, composto por clorofila e pigmentos acessórios, é convertida em energia química, calor e fluorescência (Taiz e Zeiger, 2004).

As reações de fotossíntese ao atingirem um estágio de equilíbrio ou estado-estável, que se dá sob determinada condição luminosa, há transferência de elétrons oriundos da oxidação da água para o aceptor nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato ( $\text{NADP}^+$ ), enquanto os centros de reação dos fotossistemas I e II absorvem energia luminosa (Baker e Rosenqvist, 2004). Sob condições normais a maior parte da energia contida nas moléculas de clorofila excitadas é utilizada para fixar carbono (Saquet e Streif, 2002). Entretanto, quando há um excedente energético que não pode ser removido pelo fluxo de elétrons, ocorre a desexcitação da clorofila na forma de fluorescência (Figura 2) (Maxwell e Johnson, 2000; Baker, 2008). Aproximadamente 1% a 2% da dissipação da energia de excitação ocorre na forma de fluorescência sendo emitida, quase exclusivamente, pela clorofila *a* (Maxwell e Johnson, 2000). De acordo com Baker e Rosenqvist (2004), quanto mais eficiente a transferência de energia pelos fotossistemas II e I (PSII e PSI), menor é o rendimento da fluorescência, denominado “quenching” da fluorescência da clorofila.

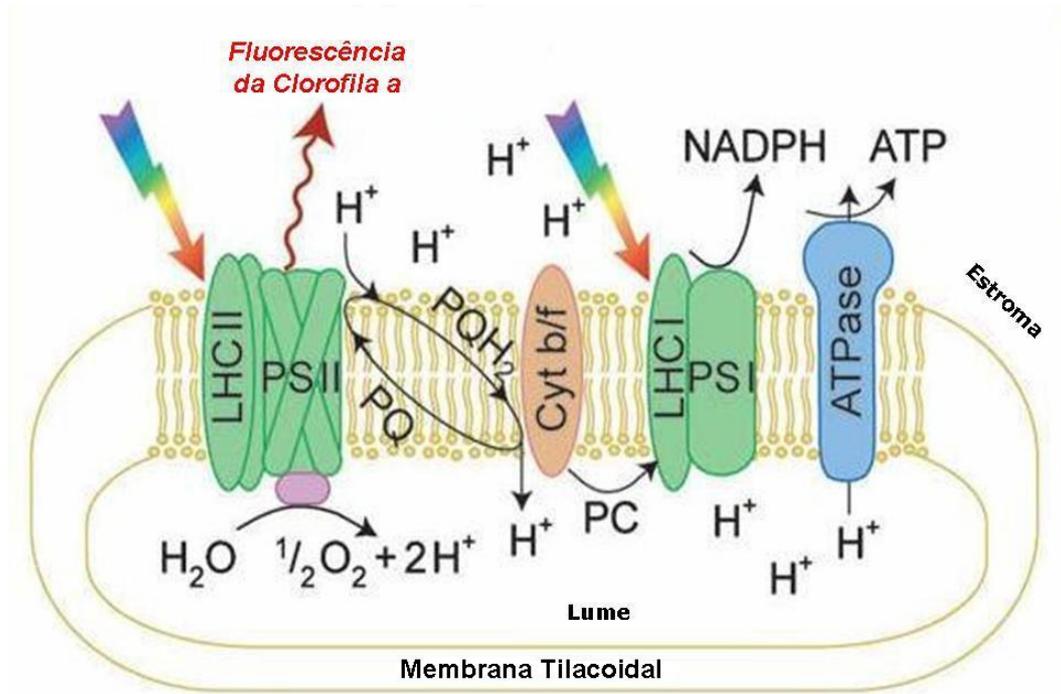


Figura 2 – Representação esquemática demonstrando a absorção de luz pelos complexos coletores de luz (LHCI e LHCII) associados com os fotossistemas I e II (PSI e PSII) nas membranas tilacoidais. O esquema apresenta a transferência de elétrons e prótons no tilacóide para a geração de ATP e, em destaque, a fluorescência da clorofila *a*. \* Adaptado de Baker e Rosenqvist, 2004.

Com base na emissão da fluorescência da clorofila *a*, variáveis podem ser determinadas e estas fornecem valor quantitativo do funcionamento fotoquímico do sistema fotossintético (Moshou et al., 2005). Conforme Baker e Rosenqvist (2004), as variáveis que se podem obter referentes à fluorescência da clorofila *a* são: Fluorescência mínima ( $F_0$ ): indica a intensidade da fluorescência quando todos os centros de reação do PSII estão “abertos”, permitindo a passagem de quase todos os elétrons excitados pela luz;

Fluorescência máxima ( $F_m$ ): indica a intensidade da fluorescência quando todos os centros de reação do PSII estão “fechados”, permitindo a passagem de apenas uma parte dos elétrons excitados pela luz;

Fluorescência variável ( $F_v$ ): diferença entre  $F_m$  e  $F_0$  ( $F_v = (F_m - F_0)$ ); e

Relação  $F_v/F_m$ : significa o rendimento quântico máximo do PSII, que é uma medida da dissipação fotoquímica da energia, ou seja, a eficiência do processo de transferência de energia e atividade do cloroplasto.

O fluxo de elétrons no PSII indica a taxa global de fotossíntese, o que torna possível estimar o desempenho fotossintético de maneira quase instantânea

(Maxwell e Johnson, 2000). Deste modo, quando há alguma alteração na atividade do PSII, as características da fluorescência são alteradas (Bron et al., 2004). A fluorescência da clorofila é amplamente utilizada em estudos fisiológicos para avaliar o desempenho do aparelho fotossintético (Baker e Rosenqvist, 2004; Greer, 2005 e Hagen et al., 2006), visto que é um indicador intrínseco da fluidez, estabilidade, e organização de membranas devido à associação dos complexos proteínas-clorofila à membrana tilacoidal (Baker, 2006). Em geral, fluorescência de clorofila *a* é usada para investigar a atividade fotossintética de folhas, com a qual, uma ampla gama de estresses pode ser estudada influenciando direta ou indiretamente a fotossíntese (Baker e Rosenqvist, 2004). Apenas recentemente, essa técnica tem sido utilizada para avaliar a qualidade pós-colheita de frutas e legumes. No entanto, é crescente o uso da fluorescência para estudar alterações fisiológicas no que diz respeito a amadurecimento, armazenamento e fisiologia de pós-colheita em legumes e frutas (Toivonen e DeEll, 1998; Drabent et al., 1999; Bron et al., 2004; Schofield et al., 2005; Wang et al., 2005; Ferrante e Maggiore, 2007).

Quando utilizada para analisar mudanças qualitativas em frutos, a técnica da fluorescência da clorofila *a* possui a vantagem de detectar, com antecedência, danos celulares devidos à senescência (Bron et al., 2004). Segundo os autores, o rendimento quântico da fluorescência é afetado pela perda da atividade fotossintética do PSII devido à redução do conteúdo de clorofila durante o amadurecimento. A ferramenta da fluorescência da clorofila *a*, quando utilizada para analisar mudanças nos tecidos de frutas, possui a vantagem de detectar, com antecedência, danos celulares devidos à senescência (Bron et al., 2004). Segundo os mesmos autores, durante o amadurecimento de frutos o rendimento quântico da fluorescência é afetado pela perda da atividade fotossintética do PSII devido à redução do conteúdo de clorofila. A intensidade da fluorescência emitida por um fruto não depende apenas da concentração de clorofila, mas também do rendimento quântico da fluorescência da clorofila, que em tecidos adaptados ao escuro pode apresentar valores entre 2% ( $F_0$ ) e 10% ( $F_m$ ) dependendo do estado funcional do PSII (Krause e Weis, 1991).

A perda de clorofila é a característica preferencial e mais fácil de ser avaliada para descrever o amarelecimento de folhas em senescência e mudanças de cor de frutas em amadurecimento (Matile e Hörtensteiner, 1999, Hörtensteiner, 2006;).

Além disso, a mudança de cor da casca de alguns frutos ocorre devido ao acúmulo de carotenóides e antocianinas na epiderme (Olmo et al., 2000; Agati et al., 2005).

A técnica da fluorescência da clorofila foi utilizada por Lai et al. (2007) para analisar os principais metabólitos secundários produzidos na epiderme de frutos de tomate durante o amadurecimento, que verificaram marcante mudança no padrão de composição de pigmentos, com progressiva degradação de clorofila e aumento da concentração de carotenóides até a fase de maturação completa. A fluorescência foi avaliada por Hagen et al. (2006) para estimar o conteúdo de flavonóides na casca de maçãs (*Malus domestica* Borkh. cv. Aroma), que obtiveram resultados positivos, concluindo que a técnica pode ser utilizada para estimar a concentração de antocianinas e flavonóides totais nessa fruta. Alterações de fluorescência da clorofila em mamão (*Carica papaya* L. cv. 'Golden') foram analisadas em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta para verificar se este método não-destrutivo poderia auxiliar na avaliação da maturação do fruto (Bron et al., 2004). Os autores concluíram que as variáveis de fluorescência comportaram-se diferentemente entre os estádios avaliados e que  $F_m$  e  $F_0$  mostraram a melhor correlação com mudanças de cor da casca e firmeza da fruta. E, portanto, a técnica da clorofila é uma tecnologia não-destrutiva que pode ser associada a outras técnicas de avaliação da qualidade.

Em uvas, Agati et al. (2007) avaliaram a presença de antocianinas em frutos das cultivares Pinot Noir e Pinot Meunier colhidas após o 'pintor', medindo o espectro de excitação da fluorescência da clorofila *a*. Eles concluíram que, quanto maior o conteúdo de antocianinas, menor era a excitação emitida pelas camadas mais profundas do fruto e, portanto, menor o sinal de fluorescência. A fluorescência foi utilizada por Kolb et al. (2006) para avaliar o grau de maturação dos frutos das cultivares Bacchus e Silvaner em diversos estádios do desenvolvimento, concluindo que a variável  $F_0$  da fluorescência da clorofila *a* é bem apropriada para determinar, não-destrutivamente, a acumulação de açúcares no fruto durante o amadurecimento.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Descrição da área e condução

O experimento foi realizado no vinhedo da propriedade rural Tabuinha, situada no 3º distrito do município de São Fidelis, RJ, que se localiza na latitude 21°30'58" S e longitude 41°42'49,6" W.

Os ensaios foram realizados em plantas em produção, das cultivares Niagara Rosada e Romana (A 1105), enxertadas sobre o porta-enxerto IAC-572. As mudas produzidas por enxertia de mesa foram plantadas em junho de 2006 no espaçamento de 2,5 m entre linha e 2,0 m entre plantas, sob o sistema de condução do tipo latada e irrigadas por sistema de gotejamento, sendo 2 gotejadores por planta espaçados a 0,50 m do caule.

A poda de produção foi realizada em 16/07/2008. A marcação dos cachos utilizados para avaliação do experimento foi realizada em 20/08/2008, quando as plantas estavam em pleno florescimento. A colheita foi realizada no mês de novembro de 2008.

## 4.2. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, sob o arranjo fatorial de 2 (cultivares) x 9 (períodos de amostragem) utilizando-se 4 repetições. Os dados foram tabulados e analisados pelo programa SAS V8. Foi utilizada correlação de Pearson para definir as relações entre os dados de fluorescência da clorofila *a* e as demais variáveis analisadas.

## 4.3. Características avaliadas

Foram realizadas avaliações semanais dos estádios de desenvolvimento dos frutos, a partir do ponto de meia-baga até a colheita, iniciadas em 22/09 estendendo-se até 17/11/2008, totalizando nove épocas de coleta que correspondem a 67, 74, 81, 88, 95, 102, 109, 116 e 123 dias após a poda de produção (DAP) (Tabela 2 e Figura 3). Nos períodos de amostragem, as coletas de material foram realizadas durante o período da manhã. As amostras constaram de quatro cachos por parcela, que depois de colhidos, foram identificados, embalados em sacos de polietileno, refrigerados a 10°C e armazenados em caixas térmicas até serem transportadas em laboratório. Lá chegando, as bagas previamente identificadas foram congeladas e mantidas a -18°C. Quando necessário, cada amostra foi retirada desta temperatura e descongelada em temperatura ambiente, até que as análises químicas fossem realizadas.

Tabela 2 – Duração das fases fenológicas, em dias, das cultivares Niagara Rosada e Romana, após a poda de produção realizada em 16 de julho de 2008.

Poda	Niagara Rosada		Romana	
	Dias (fase)	Σ (fase)	Dias (fase)	Σ (fase)
Poda - gema algodão	11	0	10	0
Gema algodão - brotação	10	11	10	10
Brotação - aparecimento da inflorescência	05	21	05	20
Aparecimento da inflorescência - florescimento	12	26	16	25
Florescimento - fase chumbinho	10	38	09	41
Fase chumbinho - Fase grão ervilha	07	48	12	50
Fase grão ervilha - Fase meia-baga	12	55	11	62
Fase meia-baga - início da maturação	33	67	27	73
Início da maturação - colheita	20	100	21	100
Soma de dias do ciclo		120		121

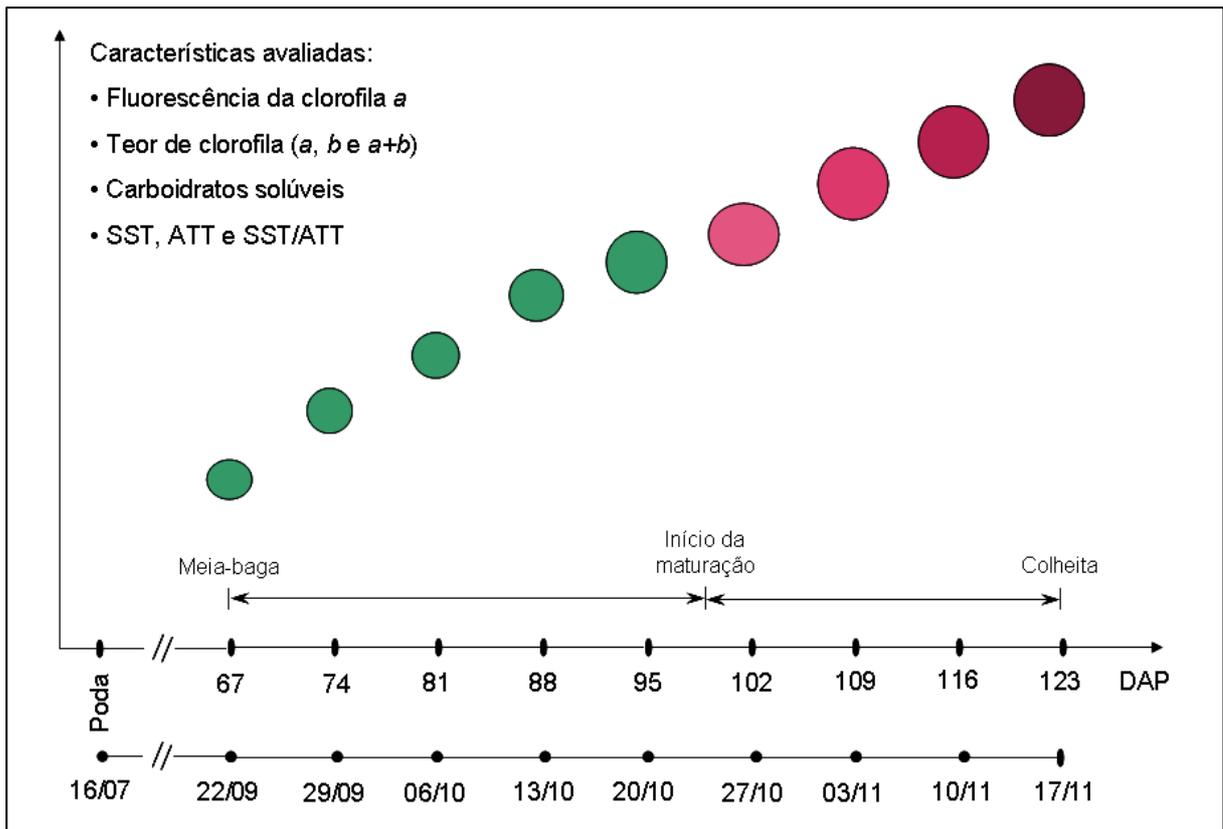


Figura 3 – Diagrama esquemático mostrando as datas de realização das leituras, as características avaliadas e as fases fenológicas, ao longo das épocas e coleta expresso em dias após a poda de produção (DAP). O esquema apresenta as características avaliadas: A) variáveis da fluorescência da clorofila *a*; B) teor de clorofila *a*, *b* e total (*a + b*); C) teor de carboidratos solúveis; D) sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT.

### 4.3.1. Análises químicas

#### 4.3.1.1. Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis totais foram obtidos por refratometria, utilizando refratômetro portátil ATAGO N1, com leitura na faixa de 0 a 32° Brix. As leituras foram feitas a partir de amostras do suco da polpa de 10 bagas por cacho, extraída por prensagem manual, retirando-se uma gota para leitura do teor de SST.

#### 4.3.1.2. Acidez total titulável (ATT)

A determinação da acidez total titulável foi realizada utilizando-se amostra de 5,0 mL de suco da polpa, composta por dez bagas, extraída por prensagem manual, e transferida para Becker contendo 50 mL de água destilada. À amostra foram adicionadas três gotas do indicador fenolftaleína a 1%, procedendo-se em seguida a titulação, sob agitação, com solução de NaOH 0,1 N, previamente padronizada com biftalato de potássio até ocorrer a viragem, ou seja, no momento que o pH atinge, aproximadamente, o valor 8,1. Os resultados foram expressos em grama equivalente de ácido tartárico (100 g de polpa)<sup>-1</sup> calculados pela seguinte equação:

$$\text{g equivalente de ácido tartárico (100 g de polpa)}^{-1} = V.f.N.PE.100 / P$$

da qual:

V = volume (mL) de NaOH gasto;

f = fator de correção de ácido tartárico devido à padronização;

N = normalidade do NaOH, que é de 0,1 (eq.L<sup>-1</sup>);

PE = peso equivalente do ácido tartárico (g.eq<sup>-1</sup>);

P = massa de polpa (g).

#### 4.3.1.3. Relação SST/ATT

A relação SST/ATT foi calculada dividindo-se os sólidos solúveis totais pela acidez total tituláveis de cada amostra. Os resultados foram expressos por meio dos valores absolutos calculados.

### 4.3.2. Análises fisiológicas

#### 4.3.2.1. Fluorescência da clorofila *a*

As características da fluorescência da clorofila *a* foram obtidas por meio de um fluorímetro de luz modulada MINI-PAM (Walz, Germany). As leituras foram realizadas na superfície oposta ao pedicelo utilizando-se pinça apropriada (DLC-8)

ao sensor do MINI-PAM (Walz, Germany), após 30 minutos de adaptação do fruto ao escuro utilizando uma bolsa escura que cobria totalmente o cacho (Figura 4).

As variáveis de fluorescência,  $F_0$  e  $F_m$ , foram avaliadas por luz emitida de diodo gerada na frequência de 20.000 Hz. A luz passa por um filtro ( $\lambda < 670$  nm), no qual um fotodetector é protegido por um segundo filtro ( $\lambda > 700$  nm), para que o calor seja refletido. A fluorescência inicial ( $F_0$ ) foi obtida com luz modulada de baixa intensidade ( $0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) para não induzir o efeito na fluorescência variável. A fluorescência máxima ( $F_m$ ) foi determinada com um pulso de luz saturante ( $15.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de 0,3 s, ocasionando o fechamento dos centros de reação do PSII. A partir de  $F_0$  e  $F_m$  foi calculada a relação  $F_v/F_m$  ( $(F_m - F_0)/F_m$ ), que representa um indicador para o rendimento quântico máximo do PSII.

Todos os dados de fluorescência obtidos foram, automaticamente, armazenados na memória do MINI-PAM e, posteriormente descarregados em computador por meio do programa computacional Wincontrol.



Figura 4 – Esquema para adaptação dos cachos ao escuro. A) Posicionamento da pinça DLC-8 no fruto a ser avaliado; B) Posicionamento da bolsa para envolver o cacho a ser adaptado ao escuro; C) Permanência do cacho ao escuro por 30 minutos; D) Realização da leitura das variáveis da fluorescência da clorofila *a*.

#### 4.3.2.2. Carboidratos solúveis (Frutose, Glicose e Sacarose)

Para a determinação dos carboidratos solúveis, uma amostra de 0,1g da polpa do fruto previamente descongelada foi macerada com nitrogênio líquido em gral de porcelana na presença de Polivinilpolipirrolidona (PVPP) 10% (p/v) e ácido ascórbico 50 mM. Após a obtenção de um pó fino, 1,0 mL de etanol 80% foi acrescentado e levemente misturado ao pó. O homogenato foi transferido para tubos tipo Eppendorf e homogeneizado em vortex, e em seguida levados a banho aquecido a 70°C por 90 minutos. Decorrido esse tempo, os tubos foram centrifugados a 13.000 RPM por 10 min a 4°C, coletando-se o sobrenadante, onde se encontram os açúcares. O pellet foi ressuspendido em 1 mL de etanol 80% e novamente centrifugado a 13.000 RPM por 10 minutos a 4°C, e o sobrenadante foi coletado e acrescentado ao sobrenadante coletado anteriormente. Esse novo homogenato foi congelado em N<sub>2</sub> e mantido a -18°C até o momento da quantificação dos açúcares solúveis.

As quantificações de glicose, frutose e sacarose foram realizadas por análise espectrofotométrica em resposta à redução do NAD<sup>+</sup> a 340 nm (Stitt et al., 1989) (Figura 5), as quais foram realizadas em leitor de microplacas modelo  $\mu$ -Quant (Biotek-USA). Nos poços de microplaca foram adicionadas a amostra, água e tampão (100 mM de Imidazole pH 7,4, 5 mM MgCl<sub>2</sub>, 2 mM NAD, 1mM ATP), para a qual 2U de glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PDH) e 1,5U de hexoquinase (EC 2.7.1.1) utilizada para a mensuração da glicose. Posteriormente à adição da enzima hexoquinase foram realizadas leituras em espectrofotômetro, a cada 10 minutos, para verificar a densidade óptica (DO), que inicialmente aumenta devido à redução do NAD<sup>+</sup> a NADH, associado às reações no meio, até o momento em que a DO estabiliza-se, indicando estabilização das reações. Após o término da reação, 3U de fosfoglicose isomerase (PGI) (EC 5.3.1.9) foram adicionados ao meio para a quantificação de frutose. Posteriormente à adição da enzima PGI foram realizadas leituras em espectrofotômetro, a cada 10 minutos, para verificar a estabilização da DO, como já descrito. A sacarose foi determinada adicionando-se 5U de  $\beta$ -fructosidase (Invertase) (EC 3.2.1.26) após a determinação da frutose. Após a adição da enzima invertase foram realizadas leituras em espectrofotômetro, a cada 10 minutos, para verificar a DO até o momento de estabilização das reações.

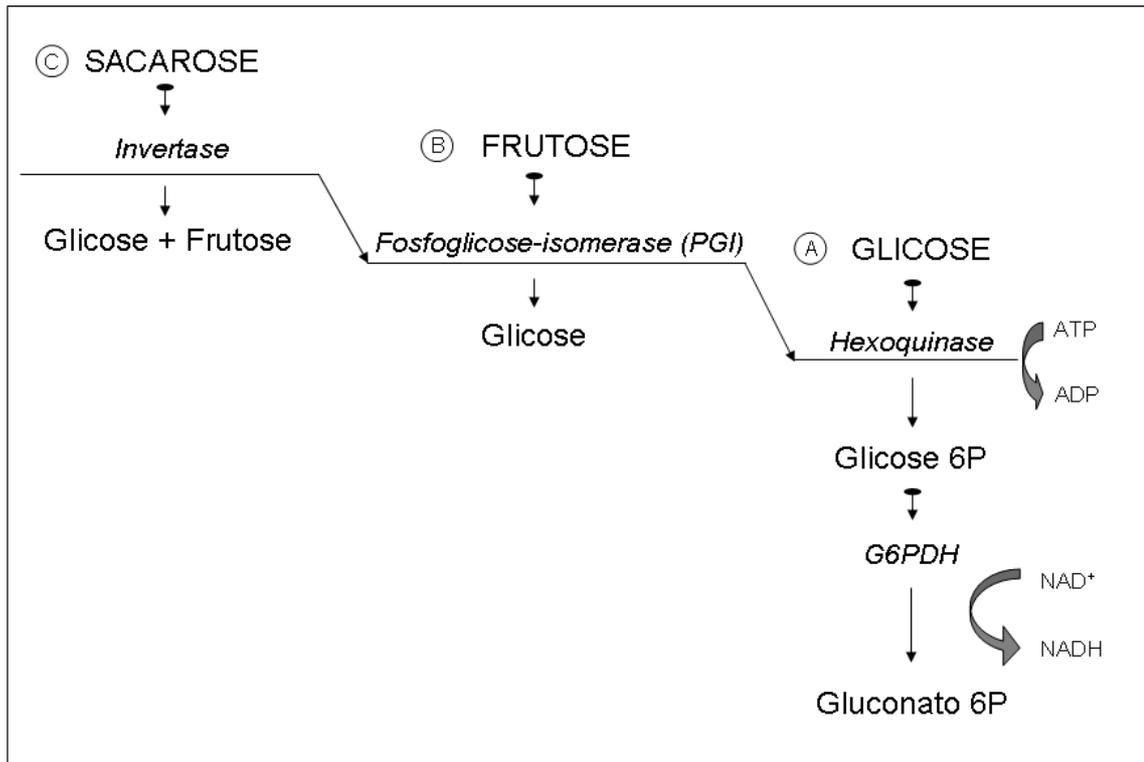


Figura 5 – Etapas da reação enzimática para a quantificação de açúcares solúveis (glicose, frutose e sacarose) presentes em amostras de uva. A) Etapa 1: determinação da concentração de glicose; B) Etapa 2: determinação da concentração de frutose; C) Etapa 3: determinação da concentração de sacarose.

#### 4.3.2.3. Teor de clorofila

A extração dos pigmentos foi realizada utilizando-se o método proposto por Hiscox e Israelitam (1979) com modificações. Para a determinação do teor de clorofila foi utilizado 1,0 g de casca de uva, colocados em tubos de ensaio contendo 5,0 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), permanecendo por 72 horas no escuro. Após a extração com o DMSO, foi retirada uma alíquota para leitura nos comprimentos de onda de 649 e 665 nm, no leitor de placas  $\mu$ -Quant (Bio-Tec). A partir destas leituras, por meio da metodologia proposta por Welburn (1994), foram determinados os teores de clorofilas *a*, *b* e total, os quais:

$$\text{Clorofila } a = (12,19 \times \text{ABS}_{665}) - (3,45 \times \text{ABS}_{649})$$

$$\text{Clorofila } b = (21,99 \times \text{ABS}_{649}) - (5,32 \times \text{ABS}_{665})$$

$$\text{Clorofila total} = \text{clorofila } a + \text{clorofila } b$$

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Características químicas dos frutos

Na análise de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT, foi constatado efeito significativo para o fator período e para a interação cultivar e período.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT avaliadas em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>		
		SST	ATT	SST/ATT
<b>Blocos</b>	3	0,05	0,07	2,23
<b>Cultivares (C)</b>	1	0,25 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	7,52 <sup>ns</sup>
<b>Períodos (P)</b>	8	154,34*	12,63*	453,69*
<b>C * P</b>	8	3,49*	0,26*	4,86*
<b>Resíduo</b>	51	0,35	0,03	1,94
<b>Média</b>		7,82	2,44	6,33
<b>CV (%)</b>		7,65	7,34	22,01

<sup>1/</sup>QM = quadrado médio. <sup>ns</sup> = Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \* = Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Durante o período de avaliação observou-se aumento do teor de sólidos solúveis totais para Niagara Rosada e Romana (Figura 6 A). De modo geral, para as duas houve tendência de aumento dos valores. No entanto, o valor médio de SST foi maior para a cultivar Romana em relação à Niagara Rosada, sendo respectivamente de 16,20 e 13,35° Brix, na ocasião da colheita (123 DAP). Entretanto, era de se esperar um teor de sólidos solúveis em torno de 18° Brix para Romana na época da colheita. Nota-se que houve maior incremento dos SST a partir do início da maturação, isto é, aos 95 DAP.

Em relação à acidez total titulável, para ambas as cultivares, observou-se que houve incremento do teor de acidez durante os estádios iniciais de desenvolvimento dos frutos seguidos e redução drástica após o início da maturação (Figura 6 B). O teor médio de ATT, na época da colheita, foi de 0,57 e 0,82 g 100g<sup>-1</sup> para Niagara Rosada e Romana, respectivamente.

Houve aumento dos valores para a relação SST/ATT, ao longo do desenvolvimento dos frutos para as duas cultivares. (Figura 6 C). Observou-se que os valores de SST/ATT aumentaram significativamente entre a primeira e a última coleta, passando de 1,30 para 23,87 e de 1,03 para 19,71, respectivamente, para Niagara Rosada e Romana. Nota-se ainda que, assim como verificado em SST os valores de SST/ATT aumentaram significativamente após o início da maturação.

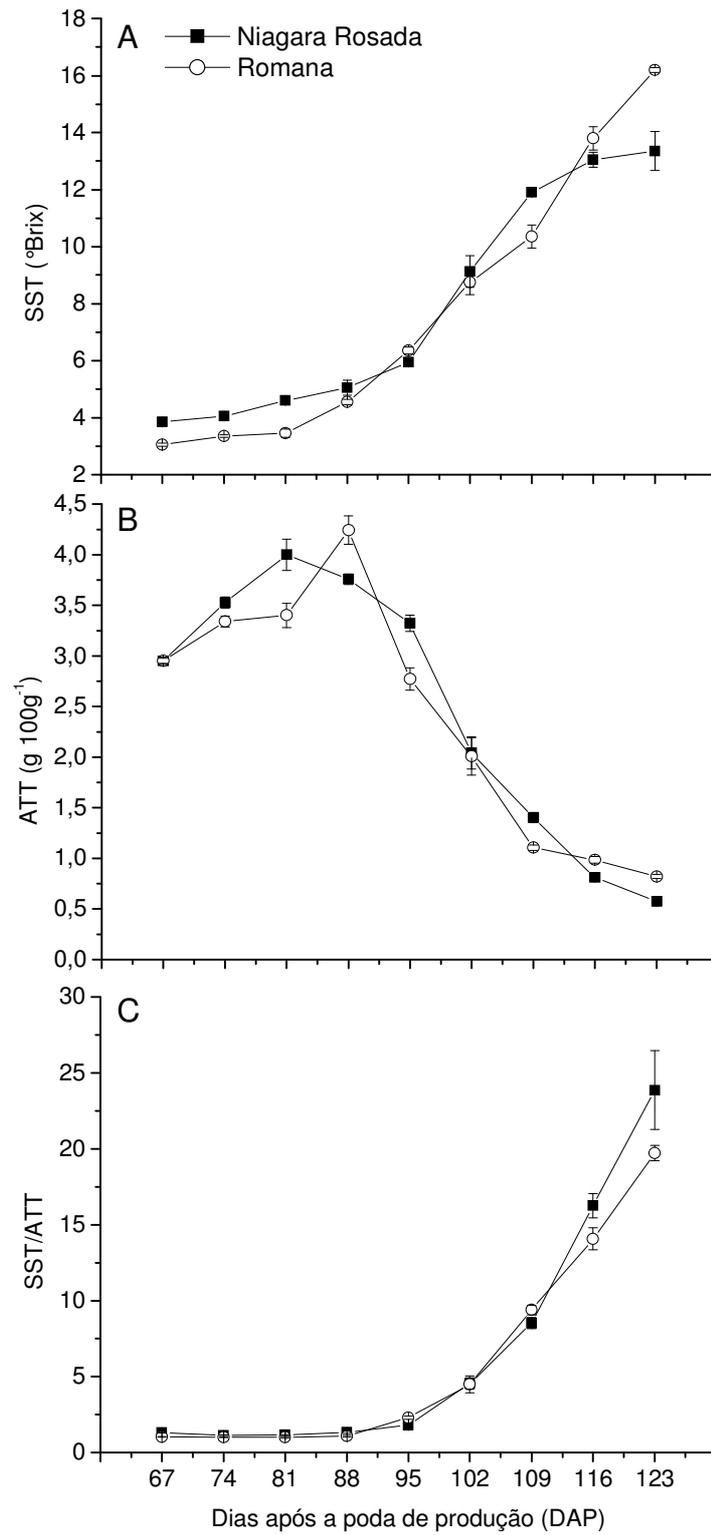


Figura 6 – Sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT avaliados em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

## 5.2. Carboidratos solúveis

Os resultados da análise de variância para as variáveis de carboidratos solúveis estão expressos na Tabela 4. Na análise de variância, para a variável açúcares solúveis totais houve efeito significativo para o fator período, a 5% de probabilidade pelo teste F. Para a variável glicose, houve efeito significativo para o fator período e para a interação cultivar e período, a 5% de probabilidade pelo teste F. Para a variável frutose, houve efeito significativo para os fatores cultivar e período, a 5% de probabilidade pelo teste F. Para as variáveis sacarose, razão glicose/frutose e razão frutose/glicose, houve efeito significativo para os fatores cultivar e período e para a interação cultivar e período, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Houve aumento do conteúdo de açúcares solúveis totais (AST) (Figura 7 A) ao longo do desenvolvimento. Para ambas as cultivares, até os 88 DAP, a concentração de açúcares totais permaneceu estável, porém em maior quantidade para a cultivar Niagara Rosada. Observou-se incremento do teor de açúcares solúveis totais a partir de 95 DAP, sobretudo após o início da maturação, aos 102 DAP. Nota-se que, durante a maturação os teores de AST foram semelhantes para as duas cultivares. Na ocasião da colheita, o teor de AST foi de 25,11  $\mu\text{mol g}^{-1}$  para Niagara Rosada e de 24,43  $\mu\text{mol g}^{-1}$  para Romana.

A sacarose (Tabela 5 e Figura 7 B) está presente em baixas concentrações, em relação ao teor de glicose e de frutose, nos frutos de Niagara Rosada e Romana. Para ambas as cultivares, o acúmulo de sacarose foi ínfimo e similar até os 88 DAP, passando em seguida, a ser acumulado em maiores proporções. No entanto, para Niagara Rosada observou-se um acúmulo em quantidades mais elevadas em comparação à Romana, sendo respectivamente de 2,53 e 0,69  $\mu\text{mol g}^{-1}$  aos 123 DAP. Esses valores representam para Niagara Rosada e Romana, respectivamente 10,10 e 2,84% do teor de açúcares totais. Salienta-se que, de modo geral, o teor de sacarose nas uvas viníferas não excede a 1,0% (Coombe, 1992).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para as variáveis açúcares totais (AST), sacarose, glicose, frutose e das razões glicose/frutose (Gli/Fru) e frutose/glicose (Fru/Gli) avaliadas em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>					
		AST	Sacarose	Glicose	Frutose	Gli/Fru	Fru/Gli
<b>Bloco</b>	3	11,52	0,02	2,54	3,55	1,70	0,005
<b>Cultivar (C)</b>	1	27,03 <sup>ns</sup>	3,24*	0,95 <sup>ns</sup>	19,13*	108,46*	2,86*
<b>Período (P)</b>	8	892,77*	2,91*	205,27*	199,21*	27,27*	0,60*
<b>C * P</b>	8	3,33 <sup>ns</sup>	0,71*	6,14*	0,51 <sup>ns</sup>	22,29*	0,13*
<b>Resíduo</b>	51	387,05	1,31	103,45	96,72	35,51	0,58
<b>Média</b>		11,11	0,55	5,63	4,92	2,42	0,69
<b>CV (%)</b>		24,77	28,99	25,27	27,93	34,39	15,25

<sup>1/</sup>QM = quadrado médio. <sup>ns</sup> = Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \* = Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Similarmente ao observado para açúcares totais e sacarose, o aumento do conteúdo de glicose e frutose foi expressivo somente a partir de 102 DAP. Ao observar o acúmulo de glicose (Figura 7 C) nota-se que na ocasião da colheita a cultivar Romana continha maior teor em relação à Niagara Rosada, respectivamente 12,58 e 9,25  $\mu\text{mol g}^{-1}$ . Diferente disso, o teor de frutose (Figura 7 D) foi maior para a cultivar Niagara Rosada somente no início do desenvolvimento, tornando-se semelhante após o início da maturação até a colheita.

Glicose e frutose são os principais carboidratos presentes nos frutos (Tabela 5), constituindo mais de 90% do teor de açúcares totais ao longo do desenvolvimento dos frutos de ambas as cultivares, exceto para Niagara Rosada que aos 123 DAP foi de 89,90%. O teor de glicose e de frutose representou, respectivamente, para Niagara Rosada 36,84 e 53,06% e para Romana 51,50 e 45,66% do teor de açúcares totais na ocasião da colheita.

A relação entre os açúcares glicose e frutose é importante do ponto de vista qualitativo dos frutos. As Figuras 7 E e F representam as razões glicose/frutose e frutose/glicose, respectivamente, ao longo do desenvolvimento. Embora a relação entre glicose e frutose possa ser expressa das duas formas, a razão frutose/glicose é utilizada preferencialmente por diversos autores.

Ao analisar a razão glicose/frutose observa-se que, para Romana, houve redução drástica dos valores entre 67 e 102 DAP, reduzindo de 8,40 para 1,13 respectivamente, mantendo-se estável até a colheita. Diferente disso, para Niagara Rosada a razão permaneceu estável ao longo do desenvolvimento mantendo-se próxima de 1,32, somente reduzindo nas duas últimas coletas quando alcança o valor de 0,68 aos 123 DAP.

Para a razão frutose/glicose observa-se o inverso ao que ocorreu para a razão glicose/frutose. Houve aumento dos índices para ambas as cultivares ao longo do desenvolvimento, passando de 0,68 para 1,44 e de 0,13 para 0,88, respectivamente, para Niagara Rosada e Romana, entre os 67 e 123 DAP.

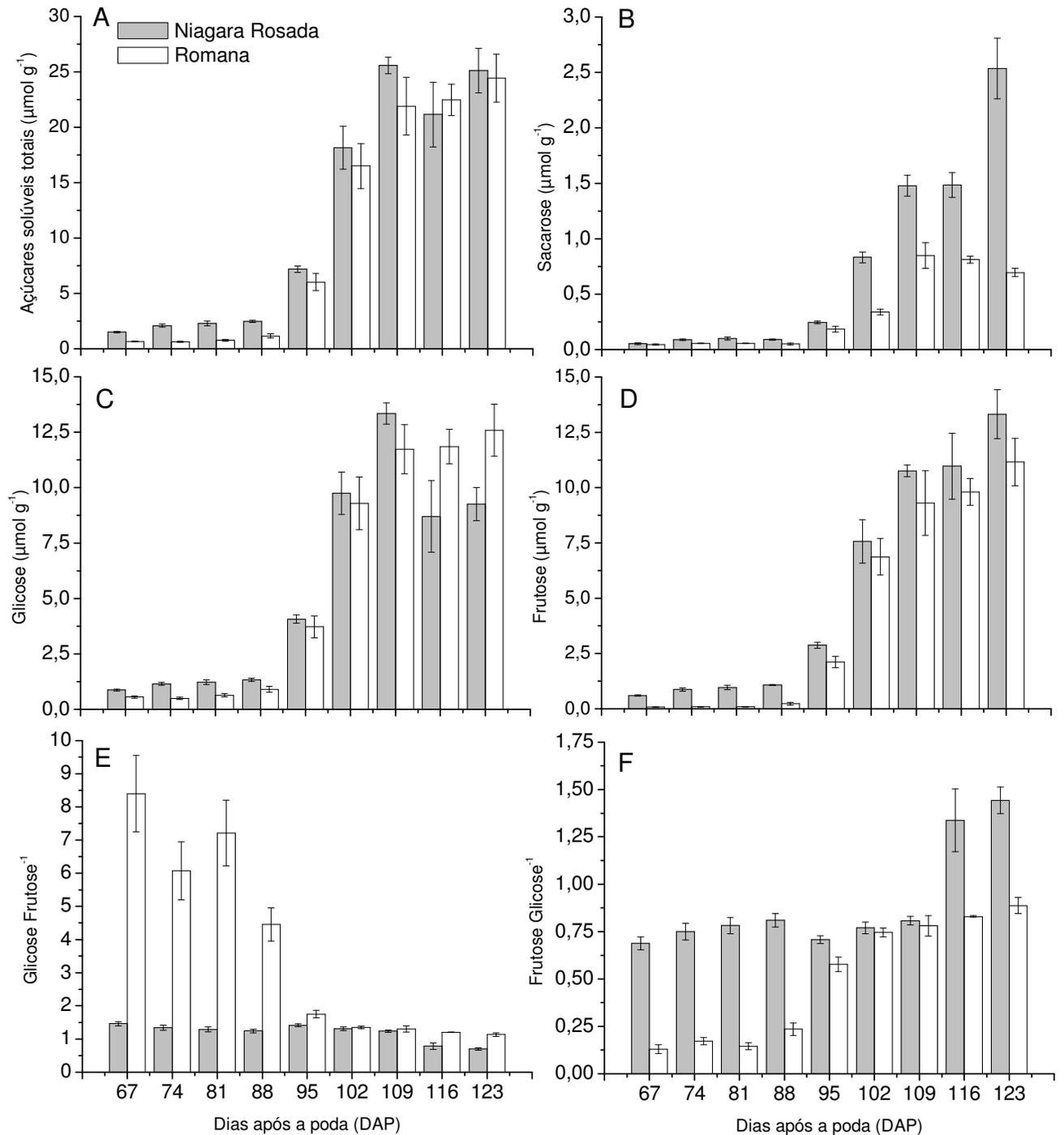


Figura 7 – Teor de açúcares solúveis totais, de sacarose, de glicose e de frutose e relações glicose/frutose e frutose/glicose avaliados em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

Tabela 5 – Percentual de sacarose (Sac), de glicose (Gli), de frutose (Fru) e de glicose + frutose (Gli+Fru), em relação ao teor de açúcares solúveis totais, avaliados em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

DAP <sup>1/</sup>	Niagara Rosada				Romana			
	Sac (%)	Gli (%)	Fru (%)	Gli+Fru (%)	Sac (%)	Gli (%)	Fru (%)	Gli+Fru (%)
<b>67</b>	3,54	57,16	39,30	96,46	6,47	83,02	10,50	93,53
<b>74</b>	4,14	54,61	41,25	95,86	8,56	78,30	13,14	91,44
<b>81</b>	4,46	53,58	41,95	95,54	7,10	81,09	11,81	92,90
<b>88</b>	3,67	53,33	42,99	96,33	4,31	76,68	19,01	95,69
<b>95</b>	3,40	56,57	40,03	96,60	3,08	61,80	35,13	96,92
<b>102</b>	4,59	53,69	41,72	95,41	2,05	56,31	41,64	97,95
<b>109</b>	5,76	52,19	42,05	94,24	3,87	53,60	42,53	96,13
<b>116</b>	7,01	41,13	51,87	92,99	3,62	52,74	43,64	96,38
<b>123</b>	10,10	36,84	53,06	89,90	2,84	51,50	45,66	97,16

<sup>1/</sup>DAP = dias após a poda de produção.

O incremento de frutose em relação à glicose e da razão frutose/glicose em relação à AST estão apresentados nas Figuras 8 A e B, respectivamente. Percebe-se que o aumento do conteúdo de frutose em relação à glicose, ao longo do desenvolvimento dos frutos foi de tendência linear positiva para ambas as cultivares (Figura 8 A).

Observa-se que as alterações da razão frutose/glicose em relação ao teor de AST ao longo do desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada e Romana (Figura 8 B) ajustaram-se linearmente para ambas as cultivares. Isso se deve ao fato de que em Niagara Rosada a razão frutose/glicose manteve-se em torno de 0,75 durante quase todo o período de desenvolvimento, somente aumentando nos estádios finais de amadurecimento, devido ao maior teor de frutose nessa fase. Diferente disso, para Romana, o teor de glicose foi muito superior ao de frutose nos estádios iniciais de formação dos frutos, e ao longo do desenvolvimento essa diferença foi diminuindo até aproximar-se de 1,0 durante a fase de maturação.

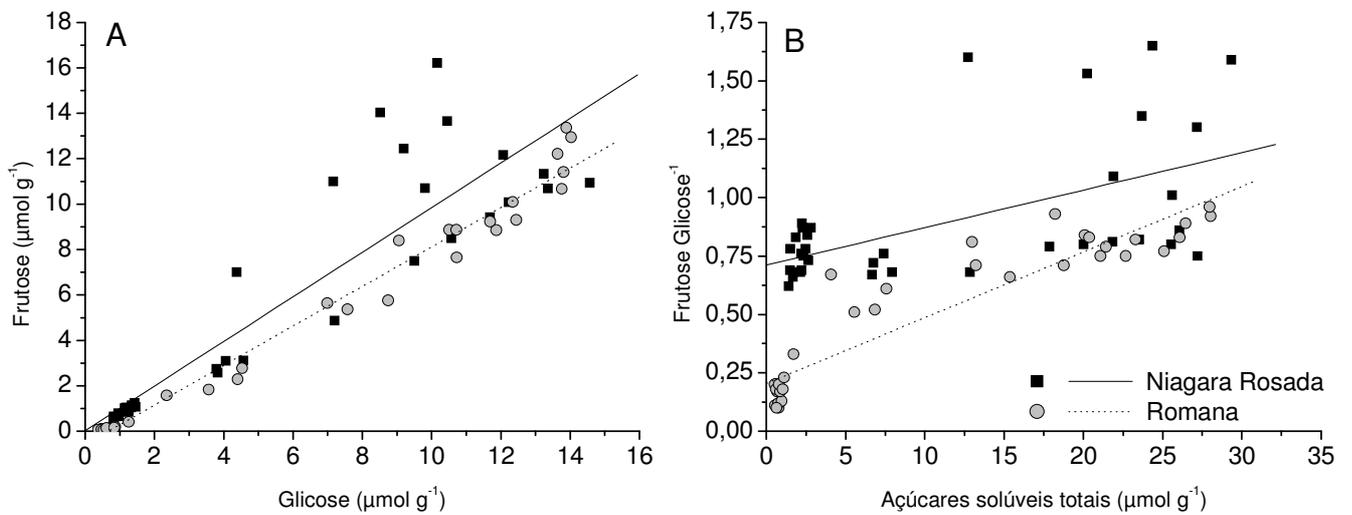


Figura 8 – Relação entre glicose e frutose (A) e relação entre a razão frutose/glicose e açúcares solúveis totais (B), para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008. A): Niagara Rosada  $f(x) = 0,0242 + 0,9819x$  ( $R^2 = 0,9061$ ), Romana  $f(x) = -0,5879 + 0,8697x$  ( $R^2 = 0,9902$ ); B): Niagara Rosada  $f(x) = 0,7111 + 0,0160x$  ( $R^2 = 0,5626$ ), Romana  $f(x) = 0,2053 + 0,0280x$  ( $R^2 = 0,9288$ ).

### 5.3. Teor de clorofila

Os resultados da análise de variância para clorofila *a* (Clor. *a*), clorofila *b* (Clor. *b*) e clorofila total (Clor. Total) estão expressos na Tabela 6. Houve efeito significativo para os fatores cultivar e período e para a interação cultivar e período, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila *a* (Clor. *a*), clorofila *b* (Clor. *b*) e clorofila total (Clor. Total) avaliadas em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>		
		Clor. <i>a</i>	Clor. <i>b</i>	Clor. Total
<b>Bloco</b>	3	0,10	0,21	0,50
<b>Cultivar (C)</b>	1	24,31*	160,32*	309,46*
<b>Período (P)</b>	8	18,63*	21,97*	77,40*
<b>C * P</b>	8	3,31*	12,59*	28,12*
<b>Resíduo</b>	51	0,33	1,16	2,38
<b>Média</b>		2,25	2,39	4,65
<b>CV (%)</b>		25,66	45,07	33,19

<sup>1/</sup>QM = quadrado médio. <sup>ns</sup> = Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \* = Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Foram observadas variações para as concentrações de clorofila *a*, *b* e total ao longo do desenvolvimento dos frutos (Tabela 7). O período entre 67 e 88 DAP caracterizou-se por incremento nos teores de clorofila *a*, *b* e total de 27,49%, 124,12% e 70,47%, respectivamente, para a cultivar Niagara Rosada. Entretanto, para Romana, nesse mesmo período, notou-se redução de 28,12% e 19,02% para os teores de clorofila *a* e total, e contrariamente o teor de clorofila *b* apresentou pequeno aumento de 7,39%.

Na data da colheita, aos 123 DAP, os teores de clorofila *a*, *b* e total para a cultivar Romana foram, respectivamente 0,482, 0,292 e 0,775  $\mu\text{g g}^{-1}$  PF, o que representou decréscimo de 84,97%, 74,60% e 82,19% em relação à primeira coleta.

Tabela 7 – Teores de clorofila *a* (Clor. *a*), clorofila *b* (Clor. *b*) e clorofila total (Clor. Total) avaliados em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

DAP <sup>1/</sup>	Clor. <i>a</i> <sup>2/</sup> (µg g <sup>-1</sup> PF)		Clor. <i>b</i> <sup>2/</sup> (µg g <sup>-1</sup> PF)		Clor. Total <sup>2/</sup> (µg g <sup>-1</sup> PF)	
	Niagara Rosada	Romana	Niagara Rosada	Romana	Niagara Rosada	Romana
67	4,29 ± 0,17	3,20 ± 0,52	3,42 ± 0,77	1,15 ± 0,21	7,71 ± 0,79	4,35 ± 0,74
74	4,35 ± 0,32	2,71 ± 0,08	6,08 ± 0,97	1,40 ± 0,03	10,43 ± 1,27	4,11 ± 0,09
81	4,82 ± 0,31	2,88 ± 0,14	7,58 ± 0,63	1,48 ± 0,04	12,40 ± 0,93	4,36 ± 0,18
88	5,47 ± 0,40	2,30 ± 0,30	7,67 ± 0,56	1,23 ± 0,09	13,14 ± 0,72	3,52 ± 0,40
95	3,34 ± 0,34	1,29 ± 0,31	4,82 ± 0,95	1,26 ± 0,60	8,17 ± 1,30	2,56 ± 0,89
102	0,17 ± 0,01	0,92 ± 0,14	0,23 ± 0,01	0,66 ± 0,28	0,40 ± 0,02	1,58 ± 0,42
109	0,29 ± 0,09	0,64 ± 0,08	0,42 ± 0,15	0,34 ± 0,03	0,71 ± 0,25	0,99 ± 0,07
116	0,64 ± 0,21	0,65 ± 0,10	1,09 ± 0,32	0,29 ± 0,05	1,17 ± 0,53	0,95 ± 0,11
123	2,16 ± 0,58	0,48 ± 0,06	3,66 ± 1,09	0,29 ± 0,02	5,83 ± 1,67	0,77 ± 0,07

<sup>1/</sup>DAP = dias após a poda. <sup>2/</sup>Valores ± erro padrão de quatro repetições.

#### 5.4. Fluorescência da clorofila *a*

Os resultados da análise de variância para fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e rendimento quântico máximo ( $F_v/F_m$ ) estão expressos na Tabela 8. Na análise de variância, para as variáveis fluorescência inicial, fluorescência máxima, fluorescência variável e rendimento quântico máximo houve efeito significativo para os fatores cultivar e período e para a interação cultivar e período, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para as variáveis fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e rendimento quântico máximo ( $F_v/F_m$ ) avaliadas em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>			
		$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
<b>Bloco</b>	3	1001	33378	24881	0,005
<b>Cultivar (C)</b>	1	405000*	2508800*	897800*	0,060*
<b>Período (P)</b>	8	128778*	2430572*	1452001*	0,001*
<b>C * P</b>	8	16710*	216786*	120827*	0,001*
<b>Resíduo</b>	51	911	13100	9732	0,002
<b>Média</b>		317	1210	894	0,73
<b>CV (%)</b>		9,53	9,45	11,03	3,98

<sup>1/</sup>QM = quadrado médio. <sup>ns</sup> = Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \* = Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Houve redução dos valores para as variáveis da fluorescência inicial, máxima e variável ao longo do desenvolvimento dos frutos para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Entretanto para o rendimento quântico máximo notou-se diminuição somente para Niagara Rosada durante o período de maturação (Figura 9).

Observou-se que, para a  $F_0$  (Figura 9 A), houve redução drástica ao longo do experimento, representando diminuição de 68,92% para Niagara Rosada e de 68,61% para Romana entre a primeira e a última coleta. Apesar de ter ocorrido

tendência de redução da variável  $F_0$  em ambas as cultivares, observou-se que, para Romana os valores dessa variável foram menores do que os de Niagara Rosada em todas as avaliações. Nota-se ainda que, para Niagara Rosada, os valores de  $F_0$  permaneceram estáveis até os 88 DAP, diferentemente de Romana, para a qual se observa redução da variável desde o início do experimento.

Assim como observado para  $F_0$ , houve drástica redução da fluorescência máxima (Figura 9 B) durante o experimento. Mas, para essa variável, observou-se maior redução para Niagara Rosada (75,78%) em relação à Romana (66,97%) entre a primeira e a última coleta. Embora tenha ocorrido tendência de redução de  $F_m$ , os valores dessa variável foram mais elevados para Niagara Rosada durante quase todo o experimento, equiparando-se à Romana apenas aos 116 e 123 DAP. Nota-se que, assim como observado para  $F_0$ , os valores de  $F_m$  permaneceram estáveis até os 88 DAP para ambas as cultivares.

Houve redução dos valores de fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_0$ ) no decorrer do experimento para ambas as cultivares (Figura 9 C). Devido à relação de  $F_v$  com as variáveis  $F_m$  e  $F_0$ , observou-se que os valores de  $F_v$  permaneceram elevados até os 88 DAP, tanto para Niagara Rosada quanto para Romana, assim como observado para as variáveis  $F_m$  e  $F_0$ , conforme já mencionado. Observou-se que os valores de  $F_v$  foram mais elevados para Niagara Rosada em relação à Romana durante quase todo o experimento, entretanto aos 116 e 123 DAP essa situação foi invertida.

Os valores do rendimento quântico máximo, representado pela razão  $F_v/F_m$  (Figura 9 D), variaram durante o experimento, sobretudo para Niagara Rosada que apresentou redução desse índice. O rendimento quântico máximo observado em tecidos fotossinteticamente ativos, isentos de estresse, varia entre 0,75 e 0,85 (Bolhar-Nordenkamp et al., 1989). Para a cultivar Romana, observou-se que os valores de  $F_v/F_m$  permaneceram em torno de 0,75 ao longo do desenvolvimento dos frutos, diferentemente de Niagara Rosada para a qual houve variação durante o período de maturação, sendo que o valor de  $F_v/F_m$  foi de 0,63 aos 123 DAP.

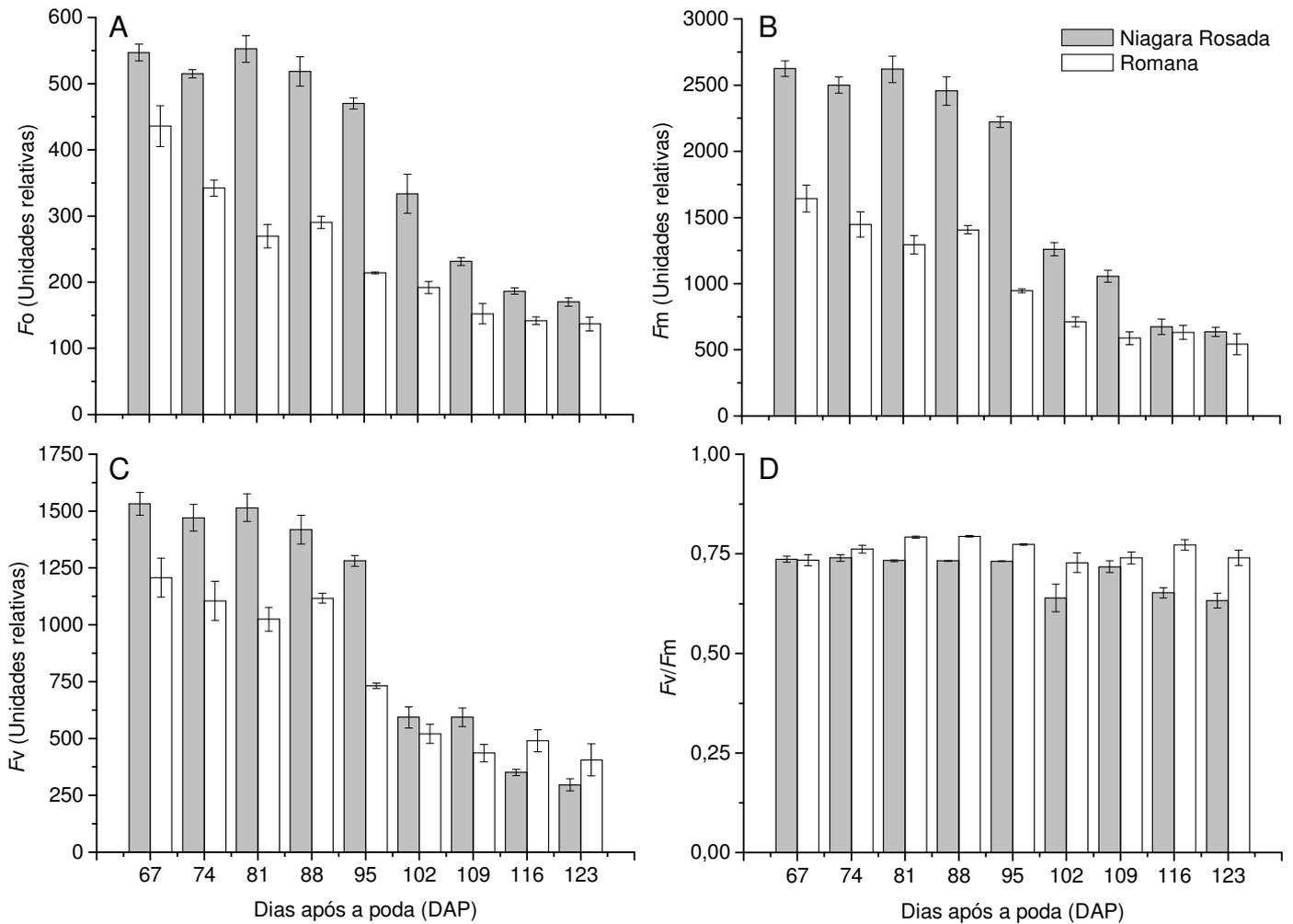


Figura 9 – Variáveis da fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e variável ( $F_v$ ) e rendimento quântico ( $F_v/F_m$ ) avaliados em nove períodos de coleta, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008.

## 5.5. Correlações

Os resultados da correlação de Pearson entre as variáveis da fluorescência da clorofila *a* e as demais variáveis estudadas estão expressos na Tabela 9.

Os resultados da correlação de Pearson, para os dados conjuntos de Niagara Rosada e Romana, foram significativos entre as variáveis da fluorescência  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  e as demais variáveis estudadas, exceto entre  $F_0$  e as variáveis rendimento quântico máximo, razão glicose/frutose e frutose/glicose. Embora,  $F_0$  e  $F_m$  tenham se correlacionado bem ( $r > 0,700$ ) com as variáveis sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais, a relação entre  $F_v$  e essas variáveis foi maior.

Ao analisar os resultados da correlação de Pearson somente para as variáveis avaliadas em Niagara Rosada, percebe-se que as variáveis da fluorescência da clorofila *a* correlacionaram-se bem ( $r > 0,700$ ) com a maioria das demais variáveis estudadas, excetuando-se as relações entre  $F_m$  e  $F_v$  com a razão frutose/glicose ( $r < 0,700$ ). Salienta-se que houve alta correlação ( $r > 0,900$ ) entre  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  e as variáveis SST e açúcares solúveis totais.

Da mesma forma, na cultivar Romana, percebe-se que as variáveis da fluorescência da clorofila *a* correlacionaram-se bem ( $r > 0,700$ ) com a maioria das demais variáveis estudadas. No entanto, observa-se alta correlação ( $r > 0,900$ ) para  $F_m$  e  $F_v$  com o teor de clorofila *a* e a razão frutose/glicose.

Percebe-se ainda que,  $F_m$  correlacionou-se melhor com SST enquanto  $F_v$  correlacionou-se com açúcares solúveis totais.

Pela Figura 10 (A – D) nota-se que houve tendência linear negativa entre  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  e os sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais, para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Salienta-se, que em todas as relações, a inclinação da reta, para a cultivar Niagara Rosada, foi maior em relação à Romana. Explica-se, parcialmente, esse fato devido aos maiores valores de  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  para Niagara Rosada do que para Romana, durante a maior parte do desenvolvimento dos frutos.

Notam-se os melhores ajustes das equações ( $R^2 > 0,90$ ) para a cultivar Niagara Rosada. Contudo, para a cultivar Romana os ajustes das equações ( $R^2$ ) foram sempre maiores que 0,80.

Tabela 9 – Correlação de Pearson<sup>1/</sup> entre as variáveis da fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e variável ( $F_v$ ) e outras variáveis testadas para os frutos das cultivares Niagara Rosada e Romana.

	$F_0$			$F_m$			$F_v$		
	Geral <sup>2/</sup>	NR <sup>3/</sup>	RM <sup>4/</sup>	Geral <sup>2/</sup>	NR <sup>3/</sup>	RM <sup>4/</sup>	Geral <sup>2/</sup>	NR <sup>3/</sup>	RM <sup>4/</sup>
<b><math>F_m</math></b>	0,95*	0,98*	0,94*						
<b><math>F_v</math></b>	0,92*	0,96*	0,90*	0,99*	0,99*	0,99*			
<b><math>F_v/F_m</math></b>	0,04 <sup>ns</sup>	0,63*	0,01 <sup>ns</sup>	0,31*	0,76*	0,32 <sup>ns</sup>	0,40*	0,79*	0,40*
<b>Clorofila a (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	0,83*	0,81*	0,86*	0,87*	0,84*	0,92*	0,87*	0,84*	0,91*
<b>Clorofila b (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	0,71*	0,66*	0,56*	0,68*	0,69*	0,66*	0,68*	0,70*	0,68*
<b>Clorofila Total (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	0,79*	0,73*	0,79*	0,78*	0,77*	0,87*	0,78*	0,77*	0,87*
<b>SST (<math>^{\circ}</math> Brix)</b>	-0,73*	-0,96*	-0,82*	-0,82*	-0,96*	-0,86*	-0,84*	-0,96*	-0,85*
<b>ATT (<math>\text{g } 100\text{g}^{-1}</math>)</b>	0,74*	0,94*	0,71*	0,84*	0,93*	0,83*	0,86*	0,93*	0,85*
<b>SST/ATT</b>	-0,67*	-0,85*	-0,72*	-0,75*	-0,84*	-0,76*	-0,76*	-0,83*	-0,76*
<b>Açuc. solúveis totais (<math>\text{nmol g}^{-1}</math>)</b>	-0,71*	-0,93*	-0,80*	-0,82*	-0,93*	-0,87*	-0,84*	-0,93*	-0,87*
<b>Sacarose (<math>\text{nmol g}^{-1}</math>)</b>	-0,55*	-0,91*	-0,76*	-0,68*	-0,90*	-0,82*	-0,71*	-0,89*	-0,82*
<b>Glicose (<math>\text{nmol g}^{-1}</math>)</b>	-0,70*	-0,85*	-0,80*	-0,80*	-0,86*	-0,88*	-0,81*	-0,86*	-0,88*
<b>Frutose (<math>\text{nmol g}^{-1}</math>)</b>	-0,69*	-0,94*	-0,78*	-0,81*	-0,94*	-0,86*	-0,84*	-0,94*	-0,86*
<b>Glicose Frutose<sup>-1</sup></b>	0,11 <sup>ns</sup>	0,72*	0,80*	0,25*	0,71*	0,84*	0,29*	0,70*	0,84*
<b>Frutose Glicose<sup>-1</sup></b>	-0,25*	-0,70*	-0,85*	-0,42*	-0,69*	-0,92*	-0,47*	-0,68*	-0,93*

<sup>1/</sup>Intensidade entre a variável da fluorescência e outras variáveis testadas; <sup>2/</sup>Dados conjuntos de Niagara Rosada e Romana, considerando ( $p$ ) para 72 dados computados; <sup>3/</sup>Dados de Niagara Rosada, considerando ( $p$ ) para 36 dados computados; <sup>4/</sup>Dados de Romana, considerando ( $p$ ) para 36 dados computados. Na tabela estão expressos os coeficientes de correlação ( $r$ ) e valores de probabilidade sendo: <sup>ns</sup> = Não significativo a 5% de probabilidade; \* = Significativo a 5% de probabilidade.

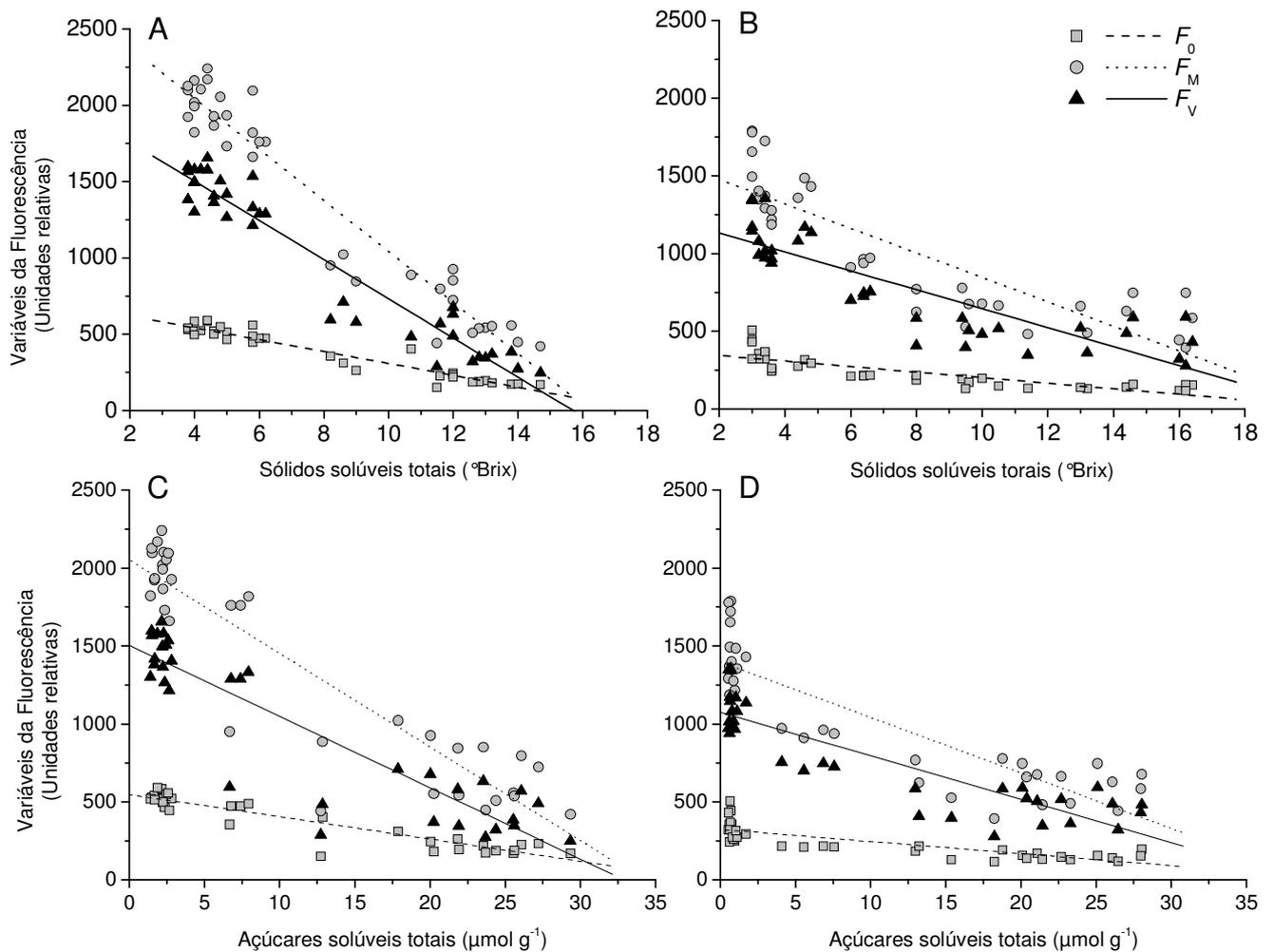


Figura 10 – Relações entre a fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ) e o teor de sólidos solúveis totais (SST) e o teor de açúcares solúveis totais, para as cultivares Niagara Rosada (A e C) e Romana (B e D). Sítio Tabuinha - São Fidélis, 2008. A)  $F_0 f(x) = 689,6454 - 38,9539x$  ( $R^2 = 0,9618$ );  $F_m f(x) = 2715,2312 - 167,2658x$  ( $R^2 = 0,9669$ );  $F_v f(x) = 2016,5858 - 128,3119x$  ( $R^2 = 0,9611$ ); B)  $F_0 f(x) = 546,9558 - 0,0292x$  ( $R^2 = 0,9358$ );  $F_m f(x) = 2052,5105 - 0,1232x$  ( $R^2 = 0,9202$ );  $F_v f(x) = 1505,5543 - 0,0939x$  ( $R^2 = 0,9082$ ); C)  $F_0 f(x) = 547,0108 - 14,2454x$  ( $R^2 = 0,9354$ );  $F_m f(x) = 2052,7370 - 60,0116x$  ( $R^2 = 0,9198$ );  $F_v f(x) = 1505,7262 - 45,7661x$  ( $R^2 = 0,9079$ ); D)  $F_0 f(x) = 323,0436 - 7,7456x$  ( $R^2 = 0,8013$ );  $F_m f(x) = 1398,0169 - 35,6237x$  ( $R^2 = 0,8758$ );  $F_v f(x) = 1074,9733 - 27,8780x$  ( $R^2 = 0,8785$ ).

## 6. DISCUSSÃO

Neste trabalho os frutos de Niagara Rosada e de Romana foram analisados ao longo do desenvolvimento, avaliando-se suas características qualitativas e bioquímicas, assim como as variáveis da fluorescência da clorofila *a*, para verificar uma possível utilização deste método como ferramenta para determinar de modo não destrutivo o grau de desenvolvimento dos frutos.

Os frutos de Niagara Rosada e de Romana acumularam açúcares solúveis totais (Figura 7 A), ao longo do desenvolvimento. É sabido que durante o desenvolvimento dos frutos de uva há acúmulo de solutos. No entanto, o aumento da concentração de açúcares ocorre somente na fase de maturação. Isso porque, durante a fase herbácea dos frutos ocorre acúmulo preferencial de ácidos orgânicos, málico e tartárico, em detrimento dos carboidratos (Ribereau-Gayon et al., 2003). Contudo, ao iniciar a maturação ocorrem alterações fisiológicas, como o decréscimo da biossíntese de ácidos e aumento das taxas respiratórias, que utilizam o ácido málico como principal substrato (Hardy, 1968; Ribereau-Gayon et al., 2003). Desse modo, durante a fase de maturação, os açúcares translocados para os frutos são armazenados, além de uma pequena quantidade de glicose ser sintetizada a partir do ácido málico (Mullins et al., 1992). Portanto, o padrão de acúmulo de carboidratos observado para os frutos de Niagara Rosada e Romana demonstram evidente aumento das concentrações de açúcares solúveis totais após o início da maturação, aos 102 DAP (Figura 7 A). Nota-se ainda que, a concentração de AST foi similar entre as duas cultivares durante a maturação. Os AST são constituídos principalmente por glicose e frutose (Coombe,

1992), sendo considerados os principais componentes da fração sólidos solúveis totais (SST), devido à redução do conteúdo de ácidos durante a fase de maturação (Carvalho e Chitarra, 1984).

Os carboidratos solúveis foram analisados separadamente (Figuras 4 B-D e Tabela 5) e pode-se observar que ambas as cultivares acumularam sacarose (Figura 7 B). As uvas, em geral, acumulam baixa concentração desse açúcar, principalmente nas *V. vinifera* L. (Pommer et al., 2003; Giovannini, 2008), nas quais o teor de sacarose perfazem menos de 1%. Foi observado que a cultivar Niagara Rosada acumulou significativa quantidade de sacarose no período final de maturação do fruto, alcançado 10,10% ao final do desenvolvimento (Tabela 5). Esse resultado pode ser comparado ao observado por Carroll e Marcy (1982), que constataram altos teores de sacarose em *Vitis rotundifolia*. Diferente disso, para Romana o teor de sacarose foi menor (2,84%), no entanto confere com os teores médios relatados para uvas híbridas (Giovannini, 2001). Salienta-se que, em termos percentuais, houve comportamento inverso entre as cultivares (Tabela 5), sendo que para Niagara Rosada a quantidade de sacarose aumentou com o desenvolvimento dos frutos até alcançar um percentual máximo ao final da maturação, enquanto para Romana o percentual desse açúcar reduziu gradativamente. Embora os açúcares também sejam sintetizados nos frutos, a principal fonte de produção são as folhas. Os açúcares sintetizados nas folhas são transportados para os frutos, via floema, na forma de sacarose (Hardy, 1968 e Mullins et al., 1992). A razão pela qual a sacarose é encontrada em baixas concentrações na uva, deve-se à ação de invertases (Carroll e Marcy, 1982), que a hidrolisam formando glicose e frutose (Kliwer, 1966). Contudo, foi constatado que a atividade da invertase é reduzida nos estádios finais de maturação (Famiani et al., 2000; Conde et al., 2006). Embora isso não tenha sido verificado nesse trabalho, pode-se sugerir que o maior acúmulo de sacarose em Niagara Rosada pode ter ocorrido devido à menor atividade desta enzima em relação à Romana.

Como já referido, a sacarose é hidrolisada em glicose e frutose assim que chega até a uva. Houve aumento da concentração destes açúcares nos frutos de ambas as cultivares (Figuras 7 C e D e Tabela 5), sobretudo no período de maturação. Glicose e frutose são os principais açúcares presentes nas uvas (Coombe, 1992), e ambas corresponderam a mais de 90% dos AST de Niagara Rosada e de Romana ao longo do desenvolvimento, exceto para cultivar Niagara Rosada aos 123 DAP (Tabela 5) devido à maior participação de sacarose (10,10%). Percebe-se que a concentração de glicose

e de frutose é baixa no período que antecede o início do amadurecimento em ambas as cultivares, aumentando substancialmente durante o amadurecimento (Figura 7 C e D). O acúmulo desses açúcares é parcialmente explicado pela alteração do metabolismo do fruto após o início da maturação (Ribereau-Gayon et al., 2003), visto que os açúcares redutores são utilizados como principal fonte de energia durante os estádios iniciais de desenvolvimento e, no período de maturação, o ácido málico passa a ser utilizado. A alteração do padrão de translocação de fotoassimilados dos órgãos fonte para os frutos na fase de amadurecimento (Mullins et al., 1992) também favorece o maior acúmulo dos açúcares nesta fase. O que vem sendo demonstrado por estudos recentes comprovando que o transporte de sacarose ocorre de via simplástica durante o período que antecede a maturação e em seguida ocorre via apoplástica (Conde et al., 2006; Zhang et al., 2006)

Apesar da hidrólise da sacarose resultar em quantidades equimolares de glicose e frutose (Coombe, 1992), é sabido que a relação entre glicose e frutose varia ao longo do desenvolvimento dos frutos. Isso pode ser verificado no presente trabalho (Figuras 7 E e F e Tabela 5). De modo geral, a concentração de glicose é maior que a de frutose nos estádios iniciais da formação do fruto, sendo reduzida à medida que o fruto se desenvolve para se tornarem equimolares no período de maturação. (Giovannini, 2008). Em ambas as cultivares houve alteração da relação entre glicose e frutose ao longo do desenvolvimento dos frutos (Figuras 7 E e F e Tabela 5). Todavia, para Romana pode-se observar maior variação da proporção entre esses açúcares, na qual glicose está presente em maior proporção, acima de 70%, em relação à frutose durante o estágio herbáceo dos frutos, havendo redução desta diferença no período de maturação (Tabela 5). Embora, para Niagara Rosada, a proporção entre os açúcares redutores não tenha sido tão discrepante, houve inversão da relação entre esses compostos ao final da maturação (Figura 7 F). É possível que a maior quantidade de glicose presente na uva durante o estágio herbáceo deva-se à utilização de frutose para a biossíntese de substâncias orgânicas enquanto glicose é utilizada como fonte de energia celular (Ribereau-Gayon et al., 2003). Outra possível razão para a maior razão glicose/frutose é a presença de transportadores de glicose ativos durante o estágio herbáceo dos frutos (Conde et al., 2007).

Embora tenha sido constatada variação entre as concentrações de glicose e frutose (Figura 7 C e D e Tabela 5), pode-se observar que o acúmulo de ambas segue tendência linear ao longo do desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada e de

Romana (Figura 8 A). Contudo, para Romana observa-se relação estequiométrica mais ajustada ( $R^2 = 0,9902$ ) do que para Niagara Rosada ( $R^2 = 0,9061$ ), justificando o evidente aumento, em termos proporcionais, do teor de frutose em relação à glicose para a cultivar Romana (Tabela 5), demonstrando que esta cultivar possui maior capacidade de acúmulo de frutose durante a maturação.

Os açúcares e ácidos são considerados fatores determinantes para o sabor dos frutos (Choudhury et al., 2001) e devido à maior participação de glicose e frutose na fração açúcares estes devem ser analisados separadamente, haja vista que existe diferença entre o poder adoçante entre eles, sendo maior para frutose (Winker et al., 1997). Por isso, é desejável que a razão frutose/glicose dos frutos seja superior a 1,0 (Coombe et al., 1980). Considerando-se a razão frutose/glicose, observou-se comportamento diferenciado entre Niagara Rosada e Romana (Figura 7 F e 8 B). Nota-se que a razão entre estes açúcares para cultivar Niagara Rosada mantém-se constante durante a maior parte do desenvolvimento havendo súbito aumento no estágio final da maturação, aproximando-se de 1,5. Diferentemente de Romana, para a qual houve significativo aumento dos valores da razão frutose/glicose, a partir de 95 DAP, porém não alcançou a média desejável (1,0). Salienta-se que devido à necessidade de colheita antecipada dos frutos da Romana, por causa da ocorrência de chuvas, supõem que a razão frutose/glicose poderia alcançar a média de 1,0. Contudo, observou-se que a cultivar Romana teve boa evolução da razão frutose/glicose em relação aos AST (Figura 8 B), na qual se percebe tendência de aumento superior à de Niagara Rosada, embora os valores relativos tenham sido menores.

A determinação do ponto de colheita da uva pode ser realizada levando-se em consideração atributos como aparência, cor, textura e sabor dos frutos, entretanto, a determinação do teor de sólidos solúveis totais, expresso em ° Brix é o método comumente utilizado (Resende et al., 2001). O desenvolvimento da uva foi bem caracterizado nesse trabalho, no qual foi possível acompanhar a evolução do teor de sólidos solúveis nos frutos de Niagara Rosada e Romana (Figura 6 A). Como mencionado anteriormente, os sólidos solúveis são constituídos por açúcares, principalmente glicose e frutose, por isso se observou tendência de aumento dos SST concomitante ao acúmulo de açúcares (Figura 7 A – D) verificado a partir do início da maturação.

Conforme as normas brasileiras são considerados maduros os frutos que contêm no mínimo 14° Brix, tanto para as uvas rústicas como para as uvas finas

(Brasil, 2002), entretanto para atender as exigências internacionais os frutos devem ser colhidos com o teor mínimo de sólidos solúveis entre 14 e 17,5° Brix, dependendo da cultivar (Choudhury et al., 2001). O teor médio de sólidos solúveis obtidos para a cultivar Niagara Rosada na época da colheita foi de 13,35° Brix, estando abaixo do índice recomendado, enquanto para a cultivar Romana o teor médio de SST dos frutos foi superior a 16° Brix, atendendo, portanto até mesmo as normas internacionais. Os valores de sólidos solúveis totais observados neste trabalho são semelhantes aos valores médios observados para ambas as cultivares (Pommer et al., 1997b; Orlando et al., 2003; Lulu, 2005; Pedro Junior et al., 2007a,2007b). Como o acúmulo de SST depende dos açúcares sintetizados pelas folhas, mediante o processo fotossintético, e translocados para os frutos (Mullins et al., 1992), as condições climáticas podem influenciar no acúmulo de SST nos frutos (Winkler et al., 1997). O período de maturação dos frutos coincidiu com a incidência de chuvas, o que pode ter diluído os açúcares nos frutos da cultivar Niagara Rosada, ocasionando um teor médio de SST baixo. Enquanto isto, para a cultivar Romana, a colheita foi realizada antecipadamente devido à incidência de podridões nos cachos, o que é comum nessa cultivar (Lulu, 2005). Por isso, é possível que os valores de SST fossem mais elevados nas colheitas posteriores.

Os principais ácidos orgânicos presentes na uva são o ácido málico e tartárico (Ribereau-Gayon et al., 2003). É sabido que teor de acidez varia ao longo do desenvolvimento dos frutos, estando em maior concentração nas fases iniciais e reduzindo após a maturação. Isto se deve ao consumo do ácido málico pelo processo respiratório dos frutos com o avanço da maturação e pela diluição do ácido tartárico (Mullins et al., 1992; Winkler et al., 1997), haja vista que este é insensível ao processo respiratório (Ribereau-Gayon et al., 2003). Observou-se que a acidez total titulável variou significativamente durante a maturação das uvas (Figura 6 B). Percebe-se que a acidez correspondeu ao comportamento padrão mencionado anteriormente, havendo aumento da acidez durante a fase herbácea dos frutos seguido de acentuada redução durante a maturação. A acidez determinada ao final do desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada ( $0,57 \text{ g } 100\text{mL}^{-1}$ ) e Romana ( $0,82 \text{ g } 100\text{mL}^{-1}$ ) satisfaz à legislação brasileira, que define limite máximo de  $0,9 \text{ g}$  de ácido tartárico  $100 \text{ mL}^{-1}$  (Brasil, 1974).

Embora a determinação do teor de sólidos solúveis totais seja um método prático e essa característica seja muito bem correlacionada com a palatabilidade dos frutos (Giovannini, 2008), a relação entre o teor de açúcares e acidez (SST/ATT) deve

ser analisada devido à sua influência no sabor dos frutos (Carvalho e Chitarra, 1984 e Resende et al., 2001). Houve aumento da relação SST/ATT para ambas as cultivares (Figura 6 C), porém observaram-se valores médios mais elevados para a Niagara Rosada (23,87) em relação à Romana (19,71). Para Choudhury et al. (2001), valores iguais ou superiores a 20 são ideais para atender às exigências gustativas dos consumidores, enquanto Resende et al. (2001) consideram a uva madura quando possui valor mínimo de 15, para uvas finas como Itália e cultivares similares, e de 16 para outras cultivares. Portanto a relação SST/ATT para Niagara Rosada e Romana atende às exigências qualitativas de comercialização, podendo ser consideradas em bom estado de maturação.

A utilização de técnicas não-destrutivas, como a fluorescência da clorofila *a*, capazes de avaliar um ou mais atributos qualitativos de frutos, pode auxiliar na seleção de produtos de melhor qualidade (Song et al., 1997). Os fluorímetros atuais possibilitam avaliar a cinética da fluorescência em tecidos com teores de clorofilas relativamente baixos, como em frutos maduros, os quais tiveram degradação de clorofilas e desestruturação dos cloroplastos contidos na casca, durante seu desenvolvimento (Nedbal et al., 2000). Diante disso, neste trabalho foram realizadas avaliações das variáveis da fluorescência da clorofila *a*, em frutos de Niagara Rosada e de Romana, ao longo do desenvolvimento para estimar as características qualitativas dos mesmos.

As variáveis da fluorescência alteraram-se com o avanço do desenvolvimento dos frutos (Figura 9), demonstrando redução da atividade fotossintética ocasionada pela redução da atividade do PSII (Santex et al., 1992). Devido à emissão de fluorescência da clorofila *a* estar associada com o PSII, as variáveis da fluorescência expressam as reações primárias da fotossíntese nos tilacóides (Krause e Weis, 1991). Portanto, a redução das variáveis da fotossíntese indica que houve degradação de clorofilas e desestruturação de cloroplastos nos frutos de Niagara Rosada e de Romana, durante o desenvolvimento. A desorganização da estrutura interna dos cloroplastos em frutos de uva foi observada por Diakou e Carde (2001), que constataram a presença de cloroplastos com extensivo sistema de membranas tilacóidais empilhadas, nos estádios antecedentes ao início da maturação, não estando mais presente nos frutos em estágio de maturação. No presente trabalho observou-se que houve redução de clorofilas *a*, *b* e total nos frutos de Niagara Rosada e de Romana (Tabela 7), indicando que houve a degradação dos pigmentos fotossintéticos ao longo do desenvolvimento.

A coloração verde dos frutos deve-se à presença de clorofila e a perda desse pigmento é uma alteração comum em tecidos vegetais (Heaton e Marongoni, 1996; Matile et al., 1999), devido à ação da enzima clorofilase (Hörtensteiner, 2006). Em uvas, os frutos em estádios iniciais possuem quantidades significativas de clorofilas que são reduzidas continuamente até a mudança de cor (Mullins et al., 1992), que ocorre devido ao desmascaramento de pigmentos pela degradação da clorofila e, nas uvas tintas, pela biossíntese de diferentes antocianinas (Prasana et al., 2007). A degradação de clorofilas foi confirmada nesse trabalho, no qual foi possível verificar a redução da concentração de clorofilas *a*, *b* e total em frutos de Niagara Rosada e de Romana (Tabela 7). Percebe-se que para Niagara Rosada, cultivar rosada, as concentrações de clorofilas ao final da maturação foram superiores às encontradas em Romana, cultivar branca. Giovanelli e Brenna (2007) constataram fato semelhante em cultivares italianas de uva branca e tinta. A maior concentração de clorofilas *a*, *b* e total nos frutos de Niagara Rosada em relação à Romana, até os 95 DAP, explica os valores mais altos das variáveis da fluorescência (Figura 9 A , B, C) para Niagara Rosada no mesmo período. No entanto, apesar da maior concentração de clorofilas em Niagara Rosada, aos 123 DAP (Tabela 8), os valores de  $F_m$  e  $F_0$  (Figura 9 B e C) não superaram os valores observados para Romana. Isto se deve ao fato de que a deposição de antocianinas na casca dos frutos durante o estágio de amadurecimento induz a redução dos sinais da fluorescência (Agati et al., 2007).

A presença de clorofilas em frutos indica que estes são capazes de captar energia para a fotossíntese (Carrara et al., 2001), o que é confirmado pelas avaliações das variáveis da fluorescência da clorofila. Além disso, estudos sobre a atividade fotossintética em frutos demonstram a capacidade de realização desse processo pela conformação estrutural dos cloroplastos (Santex et al., 1992; Montefiori et al., 2009) e pela presença de enzimas específicas com a ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBPCO) (Martin et al., 1979; Carrara et al., 2001). Embora essas análises não tenham sido realizadas neste trabalho, estudos com frutos de uva confirmam tais evidências (Famiani et al., 2000; Diakou e Carde, 2001). De acordo com Pommer (2003) e Giovannini (2008), os frutos de uva realizam fotossíntese, porém essa capacidade é reduzida com o avanço da maturação, o que confirma a redução dos valores das variáveis da fluorescência (Figura 9 A – C).

Como mencionado anteriormente, as variáveis da fluorescência da clorofila *a* expressam a atividade fotossintética relacionada com as reações na membrana

tilacoidal, caracterizando-se com indicador da estabilidade e da organização dessas membranas (Schreiber e Bilger, 1987). Portanto, mudanças decorrentes do processo de amadurecimento e senescência em frutos, como a perda de clorofila e desestruturação do cloroplasto, alteram as variáveis da fluorescência da clorofila *a* (Santex et al., 1992; DeEll et al., 1996), como observado durante o desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada e Romana (Figura 9 A – D). Houve redução dos valores das variáveis  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  para ambas as cultivares (Figura 9 A – C), com o avanço do desenvolvimento, enquanto para o rendimento quântico ( $F_v/F_m$ ) verificou-se pequena redução para a cultivar Niagara Rosada (Figura 9 D).

Os resultados da variável  $F_0$  reduziram ao longo do desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada e de Romana, alcançando os menores valores no período final de maturação (Figura 9 A), bem como para a variável  $F_m$  (Figura 9 B). A redução de  $F_0$  e  $F_m$  tem sido constatada ao longo do desenvolvimento e senescência de frutos (Nedbal et al., 2000; Carrara et al., 2001; Bron et al., 2004; Kolb et al., 2006). Variações de  $F_0$  estão associadas a alterações estruturais nas membranas tilacóidais (Kitao et al., 2000), enquanto decréscimos em  $F_m$  indicam aumento na formação de calor pelos centros de reação e complexo coletor de luz do PSII (Schreiber et al., 1998). Conforme Krause e Weis (1991) e Toivonen e DeEll (1998),  $F_0$  está intrinsecamente associada à concentração de clorofilas, o que explica algumas das diferenças entre as duas cultivares. Percebe-se que, para Niagara Rosada os valores de  $F_0$  permaneceram elevados até os 95 DAP, coincidindo com o período de maior concentração de clorofila. Diferente disso, para Romana houve diminuição de  $F_0$  a cada avaliação concomitante com a redução do pigmento, até estabilizar-se durante a maturação.

As alterações ocorridas para  $F_0$  e  $F_m$  influenciaram  $F_v$  (Figura 9 C), em virtude da relação entre essas variáveis. Redução de  $F_v$  indica perda de função dos cloroplastos com o avanço da maturação de fruto (Mir et al., 1998), enquanto Santex et al. (1992) associam a diminuição dessa variável com a redução dos teores de clorofilas. A proporcional redução das variáveis  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  resultou na baixa variação de  $F_m/F_v$ . Os valores relativamente estáveis do rendimento quântico ( $F_m/F_v$ ) indicam que não ocorreu grande variação da eficiência fotoquímica do PSII ao longo do desenvolvimento dos frutos, como sugere Kolb et al., 2006. Santex et al. (1992) observaram que  $F_m/F_v$  permaneceu estável durante a maior parte da maturação de frutos de mamão, demonstrando que mesmo com poucas unidades do PSII estes ainda eram funcionais.

Conforme sugerido anteriormente a técnica da fluorescência da clorofila *a* pode ser utilizada para auxiliar na seleção de frutos com qualidade superior. Portanto, analisou-se, pela correlação de Pearson, as variáveis da fluorescência da clorofila *a* de ambas as cultivares, coletivamente e em separado, com as demais variáveis avaliadas para verificar a relação entre as variáveis da fluorescência e os atributos qualitativos dos frutos (Tabela 9).

Analisando-se as correlações entre a variável  $F_0$  com as demais características avaliadas, observa-se que somente para os dados em conjunto não houve significância entre a variável da fluorescência e a relação glicose/frutose. As melhores correlações são verificadas para a cultivar Niagara Rosada, havendo elevada correlação ( $r > 0,900$ ) com as características como SST, ATT, AST e os açúcares glicose e frutose, assim como boa correlação ( $r > 0,700$ ) com as razões glicose/frutose e frutose/glicose. Embora na cultivar Romana a intensidade das correlações tenham sido mais baixa do que as observadas para Niagara, houve boas correlações ( $r > 0,800$ ) com características qualitativas importantes como SST, AST e com as razões glicose/frutose e frutose/glicose. A  $F_0$  foi a variável que melhor se correlacionou com os açúcares solúveis e com a relação frutose/glicose das cultivares de uva branca Bacchus e Silvaner, havendo boa correlação negativa ( $r > 0,800$ ). Portanto, a diminuição de  $F_0$  pode ser considerada bom indicador de melhoria das características qualitativas do fruto.

Devido à alta correlação entre  $F_0$  e  $F_m$  ( $r > 0,900$ ) e à similar tendência de redução ao longo do desenvolvimento dos frutos, observou-se que as correlações entre  $F_m$  e as demais características, de modo geral, equiparam-se às observadas em  $F_0$ , para as cultivares Niagara Rosada e Romana. Contudo, em relação aos dados coletivos das duas cultivares, nota-se que houve aumento da intensidade das correlações, havendo melhor correlação principalmente com SST, AST, glicose e frutose ( $r > 0,800$ ). A variável  $F_m$ , assim como  $F_0$ , correlacionou-se bem com características qualitativas como mudança de cor e firmeza dos frutos em mamão e maçã (Song et al., 1997; Bron et al., 2004). No entanto, em uvas, não houve boa correlação de  $F_m$  com açúcares solúveis (Kolb et al., 2006), diferentemente do que foi constatado para Niagara Rosada e Romana neste trabalho.

Para a variável  $F_v$ , observou-se que a intensidade entre as correlações da variável com as demais características qualitativas foi semelhante às de  $F_m$ . Explica-se isso, pela elevada correlação entre  $F_m$  e  $F_v$  ( $r > 0,990$ ). Entretanto, ao se comparar

minuciosamente as correlações de  $F_m$  e  $F_v$  entre os dados conjuntos de Niagara Rosada e Romana, observou-se que houve aumento da intensidade para as relações entre  $F_v$  e as características químicas e os açúcares solúveis.

Com base nas correlações entre as variáveis da fluorescência e as características qualitativas do fruto, estabeleceram-se relações entre  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  e teor de sólidos solúveis totais e teor de açúcares solúveis totais (Figura 10 A-D) para ambas as cultivares. Em relação aos sólidos solúveis totais (Figuras 10 A e B), houve alta correlação linear ( $R^2 > 0,90$ ) para as variáveis  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  para as duas cultivares. No entanto para a cultivar Niagara Rosada ( $R^2 > 0,96$ ) os ajustes das retas foram melhores do que os de Romana.  $F_v$  correlacionou-se melhor com SST para a cultivar Niagara Rosada ( $R^2 > 0,96$ ), assim como observado pela correlação de Pearson (Tabela 9). Para a cultivar Romana,  $F_0$  foi a variável que melhor se relacionou com SST ( $R^2 > 0,93$ ), diferentemente do resultado verificado pela correlação de Pearson, para a qual a variável  $F_m$  tinha sobressaído. Quanto aos açúcares solúveis totais, também foram verificadas altas correlações lineares ( $R^2 > 0,80$ ) para as variáveis  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  para ambas as cultivares. Novamente, para a cultivar Niagara Rosada,  $F_m$  foi a variável que teve melhor correlação com a característica analisada ( $R^2 > 0,86$ ). Porém, em relação à Romana, nesse caso  $F_v$  foi a variável que se correlacionou melhor com AST ( $R^2 > 0,88$ ), condizente com o resultado da correlação de Pearson.

O declínio das variáveis  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  ao longo do desenvolvimento dos frutos, associado às melhorias qualitativas dos mesmos, aliado às altas correlações das variáveis da fluorescência da clorofila *a* com SST, SST/ATT e frutose/glicose, possibilita inferir que a técnica da fluorescência da clorofila *a* pode ser utilizada para avaliar o estágio de desenvolvimento dos frutos de uva de modo não destrutivo.

## 7. CONCLUSÕES

O estágio de desenvolvimento dos frutos de Niagara Rosada e Romana pode ser determinado pelo uso da técnica da fluorescência da clorofila *a* devido à correlação entre o declínio de  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  e a melhoria das características qualitativas dos frutos.  $F_m$  é a variável que melhor se correlaciona com o teor de sólidos solúveis totais, com a razão SST/ATT e com o teor de açúcares solúveis totais.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agati, G., Pinelli, P., Ebner, S. C., Romani, A., Cartelat, A., Cerovic, Z.G. (2005) Nondestructive evaluation of anthocyanins in olive (*Olea europaea*) fruits by in situ chlorophyll fluorescence spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (5):1354-1363.
- Alvarenga, L.R. de, Abrahão, E. (1984) Escolha de cultivares na viticultura. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 10 (117):15-21.
- Antoniolli, L.R. (2005) Sistema de Produção de Uva de Mesa do Norte de Minas Gerais: Colheita e manuseio pós-colheita. Embrapa Uva e Vinho. ISSN 1678-8761 Versão Eletrônica (Sistema de Produção, 11) <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/MesaNorteMinas/colheita.htm>
- Araújo, J.L.P. (2004) Cultivo da Videira: Mercado, comercialização, custos e rentabilidade. Embrapa Semi-Árido. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica (Sistemas de Produção, 1) <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/custos.htm>

- Baker, N.R., Rosenqvist, E. (2004) Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 55 (403):1607–1621.
- Baker, N.R. (2008) Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis *in vivo*. *Annu. Ver. Plant Biol.*, 59:89-113.
- Barros, J.C.S.M., Ferri, C.P., Okawa, H. (1995) Qualidade da uva fina de mesa comercializada na Ceasa de Campinas. *Informações Econômicas*, São Paulo, 25 (7):53-61.
- Benato, E.A. (1998) Colheita, manuseio e conservação de uvas finas de mesa. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 19 (194):96-100.
- Bleinroth, E.W. (1993) Capítulo II. *In*: Gorgatti Neto, A. G., Gayet, J.P., Bleinroth, E.W., Matallo, M., Garcia, E., Garcia, A.E., Ardito, E.F.G., Bordin, M. Uva para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA – SPI. 40 p. (Série Publicações Técnicas Frupex; 2).
- Bolhar-Nordenkamp, H.R., Long, S.P., Baker, N.R., Oquist, G., Schreiber, U., Lechner, E.G. (1989) Chlorophyll Fluorescence as a Probe of the Photosynthetic Competence of Leaves in the Field: A Review of Current Instrumentation. *Functional Ecology*, 3:497-514.
- Bondada, B.R., Matthews, M.A., Shackel, K.A. (2005) Functional xylem in the post-*veraison* grape berry. *Journal of Experimental Botany*, 56 (421):2949-2957.
- Boss, P.K., Davies, C., Robinson, S.P. (1996) Analysis of the expression of anthocyanin pathway genes in developing (*Vitis vinifera* L.) cv Shiraz grape berries and the implications for pathway regulation. *Plant Physiol.*, 111 (4):1059-1066.
- Brandão, A.S.P. (2004) O pólo de fruticultura irrigada no norte e noroeste fluminense. *Revista de Política Agrícola*, 2: 78-86.

- Brasil (2000) Uva de Mesa. FrutiSéries 5 – Minas Gerais. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 4p.
- Brasil (2002) – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º1, de 1.º de fevereiro de 2002. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação da uva fina de mesa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 4 de fevereiro de 2002, Seção 1., 7p.
- Bron, I.U., Ribeiro, Azzolini, M., Jacomino, A.P., Machado, E.C. (2004) Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 33 (2):163–173.
- Buttrose, M.S. (1970) Fruitfulness in grapevines: the response of different cultivares to light, temperature and day length. *Vitis*, 9:121-125.
- Carrara, S., Pardossi, A., Soldatini, G.F., Tognoni, F. e Guidi, L. (2001) Photosynthetic activity of ripening tomato fruit. *Photosynthetica*, 39 (1):75-78.
- Carroll, D. E., Marcy, J. E. (1982) Chemical and physical changes during maturation of muscadine grapes (*Vitis rotundifolia*). *Am. J. Enol. Vitic.*, 33 (3):168-172.
- Carvalho, V.D. de (1994) Pós-colheita de uvas de mesa. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 17 (180):39-44.
- Carvalho, V.D. de, Chitarra, V.I.F. (1984) Aspectos qualitativos da uva. *Viticultura Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 10 (117):75-79.
- Choudhury, M.M., Costa, T.S. da (2004) Cultivo da videira: Colheita e pós colheita. Embrapa Semi-Árido. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica (Sistemas de Produção, 1)  
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/colheita.htm>

- Choudhury, M.M., Costa,T.S.; Resende,J.M. (2001) Atributos de qualidade mercadológica. *In: Choudhury, M.M. (Ed.), Uva de mesa: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2:17-25. (Frutas do Brasil,12).*
- Conde, C., Agasse , A. , Glissant, D., Tavares, R., Gerós, H. Delrot, S. (2006) Pathways of glucose regulation of monosaccharide transport in grape cells. *Plant Physiology*, 141:1563–1577.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R.M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós,H. (2007) Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine. *Food*, 1 (1):1-22.
- Coombe B.G. (1992) Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.*, 43 (1):101–110.
- Coombe, B.G., Dundon, R.J., Short, A.W.S. (1980) Indices of sugar-acidity as ripeness criteria for winegrapes. *J. Siec. Food Agric.*, 31 (5)495-502.
- Costa, A.F. (2004) Avaliação de características agronômicas em cultivares e de diversidade molecular em cultivares híbridos e espécies de videira. (Tese de Mestrado). Campos dos Goytacazes: UENF, 95p.
- Davies, C., Robinson, S.P. (2000) Differential Screening Indicates a Dramatic Change in mRNA profiles during grape berry ripening. Cloning and characterization of cDNAs encoding putative cell wall and stress response proteins. *Plant Physiology*, 122:803-812.
- DeEll, J.R., Prange, R.K., Murr, D.P. (1996) Chlorophyll fluorescence of Delicious apple at harvest as a potential predictor of superficial scald development during storage. *Postharvest Biol. Tecnol.*, 9 (1):1-6.
- Diakou, P. e Carde, J.P. (2001) In situ fixation of grape berries. *Protoplasma* ,218: 225-235.

- Drabent, R., Pliszka, B., Olszewska, T. (1999) Fluorescence properties of plant anthocyanin pigments. I. Fluorescence of anthocyanins in *Brassica oleracea* L. extracts. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*, 50 (1):53-58.
- Dreier, L.P., Hunte, J.J., Ruffner, H.P (1998) Invertase activity, grape berry development and cell compartmentation. *Plant Physiology Biochemistry*, 36 (12): 865-872.
- Eichhorn, K.W.; Lorenz, D.H. (1984) Phaenologische Entwicklungsstadien der Rede. *European and Mediterranean Plant Protection Organization*, Paris, 14 (2):295-298.
- Famiani, F., Walker R.P., Técsi, L., Chen, Z.H., Proietti, P., Leegood, R.D. (2000) An immunohistochemical study of the compartmentation of metabolism during the development of grape (*Vitis vinifera* L.) berries. *Journal of Experimental Botany*, 51 (345):675–683.
- Ferrante, A., Maggiore, T. (2007) Chlorophyll a fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of *Valeriana* leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (1):73–80.
- Fillion, L., Ageorges, A., Picaud, S., Coutos-The´venot, P., Lemoine, R., Romieu, C., Delrot, S. (1999) Cloning and expression of a hexose transporter gene expressed during the ripening of grape berry. *Plant Physiology*, 20;1083–1093.
- Giovanelli, G., e Brenna, O.V. (2007) Evolution of some phenolic components, carotenoids and chlorophylls during ripening of three Italian grape varieties. *Eur. Food Res. Technol.*, 225 (1):145-150.
- Giovannini, E. (2008) Produção de uvas para vinho, suco e Mesa. 3° Ed.: Editora Renascença, Porto Alegre, 364 p.
- Giovannoni J. (2001) Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52:725-749.

- Greer, D.H. (2005) Non-destructive chlorophyll fluorescence and colour measurements of 'Braeburn' and 'Royal Gala' apple (*Malus domestica*) fruit development throughout the growing season. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33:413-421.
- Guimarães, J.C., Moreno, D., Viana, L.H., Ribeiro, L.S., Bressan-Smith, R. (2006) Qualidade de uvas de mesa produzidas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. In: Carvalho, A.J.C. de, Vasconcellos, M.A. da S., Marinho, C.S., Campostrini, E. (Editores) Frutas do Brasil: Saúde para o mundo. Palestras e resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19. Cabo Frio-RJ:SBF/UENF/UFRuralRJ. 598 p. (343 e 345).
- Hagen, S.F., Solhaug, K.A, Bengtsson, G.B., Borge, G.I.A., Bilger, W. (2006) Chlorophyll fluorescence as a tool for non-destructive estimation of anthocyanins and total flavonoids in apples. *Postharvest Biology and Technology*, 41 (2):156–163.
- Hardy, P.J. (1968) Metabolism of Sugars and Organic Acids in Immature Grape Berries. *Plant Physiology*, 43:224-228.
- Hayes, M.A., Davies, C., Dry, I.B. (2007) Isolation, functional characterization, and expression analysis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) hexose transporters: differential roles in sink and source tissues. *Journal of Experimental Botany*, 58 (8):1985–1997.
- Heaton, J.W. e Marangoni, A.G. (1996) Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science & Technology*, 7 (1):8-15.
- Hiscox, J.D. e Israelstam, G.F. (1979) A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1332-1334.
- Hörtensteiner, S. (2006) Chlorophyll Degradation During Senescence. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57:55-77.

- Jordão, A.M., Ricardo-da-Silva, J.M., Laureano, O. (1998) Influência da rega na composição fenólica das uvas tintas da casta touriga francesa (*Vitis vinifera* L.). *Cienc. Technol. Aliment.*, 2 (2):60-73.
- Kennedy, J. (2002) Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard*. July/August. 5 p.
- Kitao, M. Lei, T.T., Koike, T., Tobita, H., Maruyama, Y., Matsomoto, Y., Ang, L.(2000) temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees. *Physiol. Plant.*, 109:284-290.
- Kliwer, W.K. (1966) Sugars and Organic Acids of *Vitis Vinifera*. *Plant Physiol.*, 41: 923-931.
- Kolb, C.A., Wirth, E., Kaiser, W.M., Meister, A., Riederer, M., Pfündel, E.E. (2006) Noninvasive evaluation of the degree of ripeness in grape berries (*Vitis vinifera* L. Cv. Bacchus and Silvaner) by chlorophyll fluorescence. *Journal Agric. Food Chem.*, 54 (2):299-305.
- Krause, G.H.,Weis, E. (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 42:313–439.
- Lai, A., Santangelo, E., Soressi, G.P., Fantoni, R. (2007) Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (3):335–342.
- Leão, P.C.S., Maia, J.D.G. (1998) Aspectos culturais em viticultura tropical – Uvas de Mesa. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 19 (194):34-40.
- Leão, P.C.S.; Silva, E.E.G. da (2003) Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de cultivares de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 25 (3):458-460.

- Lulu, J. (2005) Microclima e qualidade da uva de mesa 'Romana' (A1105) cultivada sob cobertura plástica. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Instituto Agrônomo, Campinas, 113 p.
- Lund, S.T., Bohlmann, J. (2006) The molecular basis for wine grape quality - A volatile subject. *Science*, 311 (5762):804-805.
- Manning, K., Davies, C., Bowen, H.C., White, P.J. (2001) Functional Characterization of Two Ripening-related Sucrose Transporters from Grape Berries. *Annals of Botany*, 87:125-129.
- Martin, B., Gauger, J.A. e Tolbert, E. (1979) Changes in activity of Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase and three peroxisomal enzymes during tomato fruit development and ripening. *Plant Physiology*, 63:486-489.
- Matile, P., Hörtensteiner, S. e Thomas, H. (1999) Chlorophyll degradation. *Annual Review Plant Physiology, Plant Molecular Biology*, 50:67-95.
- Maxwell, K., Johnson, G.L. (2000) Chlorophyll fluorescence – A practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51 (345):659-668.
- Mello, L.M.R. (2006) Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2006. EMBRAPA/CNPUV. [http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2006\\_vitivinicultura.pdf](http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2006_vitivinicultura.pdf)
- Mello, L.M.R. (2007a) Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2007. EMBRAPA/CNPUV. [http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2007\\_vitivinicultura.pdf](http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2007_vitivinicultura.pdf)
- Mello, L.M.R. (2007b) Atuação do Brasil no mercado vitivinicultura mundial: Panorama 2007. EMBRAPA/CNPUV. [http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2007\\_vitivinicola\\_mundial.pdf](http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2007_vitivinicola_mundial.pdf)
- Mir, N.A. Perez, R., Beaudry, R.M. (1998) Chlorophyll fluorescence and whole fruit senescence in 'Golden Delicious' apple. *Acta Hort.*, 464:121-126.

- Montefiori, M., McGhie, T.K., Hallett, I.C., Costa, G. (2009) Changes in pigments and plastid ultrastructure during ripening of green-fleshed and yellow-fleshed kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 119:377-387
- Moshou, D., Wahlen, S., Strasser, R., Schenk, A., Baerdemaeker, J. de, Ramon, H. (2005) Chlorophyll fluorescence as a tool for online quality sorting of apples. *Biosystems Engineering*, 91 (2):163–172.
- Mullins, M.G., Bouquet, A., Willians, L.E. (1992) Biology of horticultural crops: Biology of the grapevine. Ed. Cambridge University Press, 239 p.
- Murakami, K.R.N. (2002) Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda da Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) Campos dos Goytacazes: UENF, 56p.
- Murakami, K.R.N., Carvalho, A.C.J., Cereja, B.S., Barros, J.C.S.M., Marinho, C.S. (2002) Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (3):615-617.
- Nedbal, L., Soukupova, J., Whitmarsh, J., Trtilek, M. (2000) Postharvest imaging of chlorophyll fluorescence from lemons can be use to predict fruit quality. *Photosynthetica*, 38 (.4):571-579.
- Nogueira, D.J.P. (1984) Clima na viticultura. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 10 (117):11-14.
- Oliveira, C., Ferreira, C.A., Costa, P., Guerra, J., Pinho, P.G. de (2004) Effect of some viticultural parameters on the grape carotenoid profile. *J. Agric. Food Chem.*, 52 (13):4178-4184.
- Olmo, M., Nadas, A., García, J.M. (2000) Nondestructive Methods to Evaluate Maturity Level of Oranges. *Journal of Food Science*, 65 (2):365-369.

- Orlando, T. das G.S., Regina, M.A., Soares, A.M., Chalfun, N.N.J., Souza, C.M., Freitas, G.F., Toyota, M. (2003) Caracterização agronômica de cultivares de videira (*Vitis labrusca* L.) em diferentes sistemas de condução. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras. Edição Especial, 1460-1469.
- Pedro Júnior, M.J., Hernandez, J.L., Pezzopane, M.A.T., J.R.M., J.V. (2007a) Influência do sistema de condução no microclima, na produtividade e na qualidade de cachos da videira 'Niagara Rosada', em Jundiaí-SP. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 29 ( 2):313-317.
- Pedro Júnior, M.J., Pezzopane, J.R.M., Hernandez, J.L., Lulu, J. Castro, J.V. (2007b) Avaliações microclimáticas e das características de qualidade da uva de mesa 'Romana' com proteção individual dos cachos. *Bragantia*, Campinas, 66 (1):165-171.
- Pires, E.J.P. (1998) Emprego de reguladores de crescimento em viticultura tropical. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 19 (194):40-57.
- Pommer, C.V. (2003) Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 778 p.
- Pommer, C.V., Passos, I.R.S., Terra, M.M., Pires, E.J.P. (1997a) Cultivares de videira para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 59p. (Boletim Técnico, 166).
- Pommer, C.V.; Martins, F.P.; Passos, I.R.S.; Pires, E.J.P.; Terra, M.M. (1997b) Avaliação do clone híbrido A1105 de uvas brancas sem sementes sobre dois porta-enxertos. *Bragantia*, Campinas, 56 (1):163-168.
- Pratelli, R., Lacombe, B., Torregrosa, L., Gaymard, F., Romieu, C., Thibaud, J., Sentenac, H. (2002) A Grapevine gene encoding a guard cell K<sup>+</sup> channel displays developmental regulation in the grapevine berry. *Plant Physiology*, 128 :564–577.

- Regina, M. de A., Pereira, A.F., Alvarenga, A.A., Antunes, L.E.C, Abrahão, E., Rodrigues, D.J. (1998) Sistemas de condução para a videira. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 19 (194):28-33.
- Resende, J.M., Reis, C.S., Leão, P.C.S., Choudhury, M.M., Costa, T.S. (2001) Colheita e manuseio pós-colheita. *In*: Choudhury, M.M. (ed.) Uva de mesa pós-colheita. EMBRAPA Semi-Árido (Petrolina-PE). Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 55 p. (Frutas do Brasil; 12).
- Ribereau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Dnèche, B. (2003) Tratado de enología microbiología Del vino vinificaciones. 1ªEd., Buenos Aires: Heisferio Sur, 1: 636 p.
- Santex, S.S., Yamamoto, H.Y., Fisher, D.G., Chan, H.T.Jr. (1992) Development and decline of chloroplasts in exocarp of *Carica papaya*. *Can. J. Bot.*, 70 (2):364-373.
- Santos, H.P. de (2006) Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos. Bento Gonçalves-RS: EMBRAPA-CNPUV, 9p. (Comunicado Técnico, 71). <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado/cot071.pdf>
- Saquet, A.A., Streif, J. (2002) Chlorophyll fluorescence as a predictive method for detection of browning disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. *Ciência Rural*. Santa Maria, 32 (4):571-576.
- Schofield, R.A., DeEll, J.R., Murr, D.P., Jenni, S., (2005) Determining the storage potential of iceberg lettuce with chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biol. Technol.*, 38 (1):43-56.
- Schreiber, U., Bilger, W. (1987) Rapid assessment of stress effects on plants leaves by chlorophyll fluorescence measurements. *In*: Tenhunen, J.D., Catarino, F.M., Lange, O.L., Oechel, W.C. (Eds.), Plant Response to Stress-Functional Analysis in Mediterranean Ecosystems. NATO Advanced Science Institute Series. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 27–53 p.

- Sentelhas, P.C. (1998) Aspectos climáticos para a viticultura tropical. *Viticultura tropical. Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 19 (194):9-14.
- Silva, F.C.C. da (2006a) Avaliação de características químicas dos frutos, diversidade genética e detecção de marcas moleculares associadas ao gene da apirenia, em cultivares de videira. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Campos dos Goytacazes: UENF, 74 p.
- Silva, M.G.O. da (2006b) Avaliação qualitativa de cultivares de videira da coleção de germoplasma da UENF. (Monografia Graduação). Campos dos Goytacazes: UENF, 43 p.
- Silva, P.C.G. da, Correia, R.C. (2004) Cultivo da Videira: Caracterização social e econômica da videira. Embrapa Semi-Árido. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica (Sistemas de Produção, 1) <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/socioeconomia.htm>
- Song, F., Deng, W., Beaudry, R.M., Armstrong, P.R. (1997) Changes in chlorophyll fluorescence of apple fruit during maturation, ripening and senescence. *Journal Agric. Food Chem.*, 45 (1):891-896.
- Sousa, J.S.I. de (ed.) (1996) *Uvas para o Brasil*. Piracicaba: FEALQ, 791 p.
- Stitt, M., Lilley, R.M., Gerhardt, R., Heldt, H. (1989) Metabolite levels in specific cells and subcellular compartments of plant leaves. *Methods in Enzymology*, 174 :518-552.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Santarém, E.R. et al. (Trad.). 3ª ed. – Porto Alegre: Artimed, 643 p.
- Tattersall D.B., Van Heeswijck R., Hoj P.B. (1997) Identification and characterization of a fruit-specific, thaumatin-like protein that accumulates at very high levels in conjunction with the onset of sugar accumulation and berry softening in grapes. *Plant Physiology*, 114 (3):759–769.

- Teixeira, A.H. (2004) Cultivo da Videira: Clima. Embrapa Semi-Árido. ISSN 1807-0027  
Versão Eletrônica (Sistemas de Produção, 1)  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/c  
lima.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira/c<br/>lima.htm)
- Teixeira, A.H. de C.; Souza, R. A. de; Ribeiro, P.H. B.; Reis, V.C. da S.; Santos, M. das  
G. L. dos (2002) Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia,  
Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande,  
PB, 6(1):107-111.
- Terra, M.M., Pires, E.J.P., Nogueira, N.A.M. (1998) Tecnologia para produção de uva  
'Itália' na região Noroeste do Estado de São Paulo. Campinas: CATI,. 51p.  
(Documento Técnico, 97).
- Thomas, T.R., Matthews, M.A., Shackel, K.A. (2006) Direct *in situ* measurement of cell  
turgor in grape (*Vitis vinifera* L.) berries during development and in response to  
plant water deficits. *Plant, Cell and Environment*, 29:993-1001.
- Toivonen, P.M.A., DeEll, J.R. (1998) Differences in chlorophyll fluorescence and  
chlorophyll content of broccoli associated with maturity and sampling section.  
*Postharvest Biology and Technology*, 14 (1):61–64.
- Viana, L.H., Moreno, D., Guimarães, J.C., Ribeiro, L.S., Bottini, R., Bressan-Smith, R.  
(2006) Estudos sobre o efeito de GA3 em uva de mesa "Itália", produzidas na  
região Norte Fluminense. In: Carvalho, A.J.C. de, Vasconcellos, M.A. da S.,  
Marinho, C.S., Campostrini, E. (Editores) Frutas do Brasil: Saúde para o mundo.  
Palestras e resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19. Cabo Frio-  
RJ:SBF/UENF/UFRuralRJ. 598 p. (343 e 345).
- Wang, H.C., Huang, X.M., Hu, H.B., Yang, Z.Y., Huang, H.B. (2005) A comparative  
study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the  
pericarp of fast- and slow-degreening litchi pericarp. *Scientia Horticulturae*, 106  
(2): 247-257.

Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliwer, W.M., Lider, L.A. (1997) *General Viticulture*. Ed. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 710 p.

Zhang, X.Y., Wang, X.L., Wang, X.F., Xia, G.H. Pan, Q.H., Fan, R.C., Wu, F.Q., Yu, X.C., Zhang, D.P. (2006) A shift of phloem unloading from symplasmic to apoplasmic pathway is involved in developmental onset of ripening in grape berry. *Plant Physiology*, 142:220–232.

## APÊNDICE

Dados climatológicos das médias mensais durante as avaliações experimentais na propriedade rural Tabuinha, situada no município de São Fidélis, RJ.

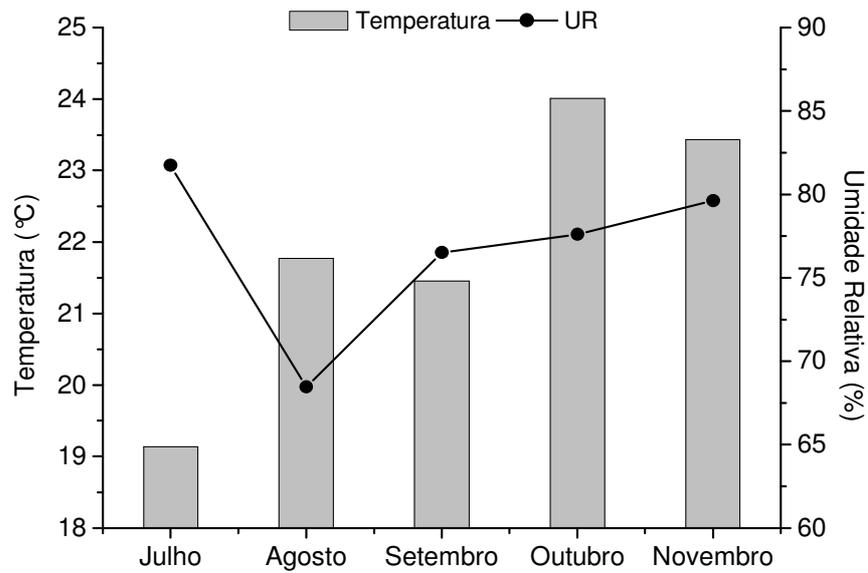


Figura 1 – Dados climatológicos das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar.