

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS EM VINHEDO DE ‘NIÁGARA  
ROSADA’ SOB COBERTURA PLÁSTICA**

Bruna Maria Machado Heckler  
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Agrometeorologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2009



## AGRADECIMENTOS

Agradeço...

...aos professores João Ito Bergonci e Homero Bergamaschi, pela orientação, conhecimentos transmitidos, amizade, incentivo e dedicação desde a minha iniciação científica. Muito obrigada!

...à colega Flávia Comiran, pela integração perfeita para realização deste trabalho, por toda ajuda, companheirismo, dedicação, sensibilidade e exemplo.

...aos pesquisadores Henrique Pessoa dos Santos e Francisco Mandelli pela colaboração e apoio importante durante a realização deste trabalho, pelo exemplo e dedicação.

...ao pesquisador Antonio Odair Santos pelo empréstimo de equipamento, disposição e conhecimento compartilhado.

...à minha família, pai Bruno, mãe Cida, manas Ana e Jaci, e sobrinha Maria, fonte constante de apoio, incentivo, exemplo, compreensão e amor. Palavras não são suficientes para descrever a importância de vocês. Muito obrigada!

...ao meu namorado Bruno pelo amor e pelos momentos mágicos compartilhados, sendo companhia perfeita nos momentos de distração. Agradeço também a família Timponi Cambiagli pelo carinho e amizade.

...às amigas Falzinha (Flávia Comiran) e Catita (Cátia Rommel), pessoas raras que a vida me presenteou a oportunidade de compartilhar ideais, sentimentos, sonhos, medos, experiências que dividiram a vida entre antes e depois. Feliz da vida a vocês abraço!

...à família Machado, vó Marina, tios e primos, pela amizade, carinho e apoio sempre.

...aos bolsistas de iniciação científica, Diane, Vanessa, Francine, Fabrício e Mauro, e aos funcionários da Embrapa Uva e Vinho pela valiosa colaboração durante a realização do experimento e processamento dos dados.

...aos amigos e professores da Agrometeorologia, Berlato, Denise, Viviane, Loana, Ana, Leonardo, Marcondes, Leosane, Eliana, Amanda, Dona Cátia, Dona Maria e todos os bolsistas, pelo convívio, apoio e alegria. Também agradeço à secretária do programa de pós-graduação, Marisa Carvalho Bello, pela atenção e ajuda.

...à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, à Faculdade de Agronomia e ao Programa de pós-graduação em Fitotecnia, pela possibilidade de realização do curso.

...ao CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudos.

...à Deus, pela da vida.

# PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS EM VINHEDO DE ‘NIÁGARA ROSADA’ SOB COBERTURA PLÁSTICA <sup>1</sup>

Autor: Bruna Maria Machado Heckler  
Orientador: Prof. Dr. João Ito Bergonci  
Co-orientador: Prof. Dr. Homero Bergamaschi

## RESUMO

O cultivo protegido de videiras é uma alternativa de manejo para minimizar as adversidades climáticas na produção vitícola da “Serra Gaúcha”. A cobertura plástica modifica o microclima do vinhedo, e como consequência, a fisiologia das plantas também é alterada. O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros fisiológicos de videiras (cv. Niágara Rosada) sob cobertura plástica, na comparação ao cultivo descoberto. O experimento foi desenvolvido num vinhedo de três anos, conduzido em sistema “latada” na Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS, na safra 2007/2008. Foram mantidas cinco filas de plantas cobertas com plástico transparente, tipo rafia, com espessura de 160 µm, ficando o restante descoberto. Em cada tratamento mediu-se a taxa fotossintética líquida, condutância foliar e temperatura da folha, utilizando-se um analisador de gases com detecção por radiação infravermelha. Com o mesmo equipamento determinou-se a curva de resposta da fotossíntese à radiação fotossinteticamente ativa. Avaliou-se a condição hídrica das plantas através do potencial da água na folha, medido com câmara de pressão antes do nascer do sol (potencial de base) e às 13h (potencial mínimo). O rendimento final e seus componentes foram avaliados em 10 plantas por tratamento, na colheita. Os potenciais da água na folha, de base e mínimo, foram maiores no vinhedo protegido. A melhor condição hídrica das plantas e o menor déficit de pressão de vapor entre folha e ar, no vinhedo coberto, proporcionaram maior condutância foliar e maior taxa fotossintética líquida. O potencial fotossintético, avaliado através da resposta da taxa fotossintética líquida à disponibilidade de radiação, apresentou diferenças entre os dois ambientes. No início da compactação dos cachos a taxa máxima fotossintética líquida das folhas expostas à luz solar foi 49% superior na área coberta que na descoberta. Porém, na maturação dos frutos esta taxa não apresentou diferença entre plantas cobertas e descobertas. O rendimento foi maior no vinhedo coberto que no descoberto. Este conjunto de respostas pode ser atribuído a diversos fatores, mas grande parte deles se deve às alterações micrometeorológicas proporcionadas pela cobertura plástica.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (68 p.). Abril de 2009.

# ECOPHYSIOLOGIC PARAMETERS OF GRAPEVINES ‘NIÁGARA ROSADA’ UNDER PLASTIC COVERING <sup>1</sup>

Author: Bruna Maria Machado Heckler

Advisor: João Ito Bergonci

Co-advisor: Homero Bergamaschi

## ABSTRACT

The protected cultivation of grapevines is an important alternative for controlling climatic limitations in the “Serra Gaúcha” region, in Southern Brazil. The plastic overhead covering modifies the microclimate on vineyards. However, it allows also to alterations in the plants physiology, as a consequence. The objective of this work was to evaluate some ecophysiological parameters of grapevines (cv. Niágara Rosada) under plastic covering, in comparison to open sky cultivation. The experiment was carried out on a three year-old vineyard, in Bento Gonçalves, Brazil, during the 2007/2008 annual cycle. Five lines of plants were maintained under an overhead transparent plastic film, with 160  $\mu\text{m}$  thick, while the rest of the vineyard remained in open sky. The net photosynthesis rate, leaf conductance, and leaf temperature were measured in each treatment. For this purpose, a gas analyzer with detection for infrared radiation was used. The same equipment was used for measuring the response curve of net photosynthesis to incident light. The water condition of plants was evaluated in terms of leaf water potential, which was measured in a pressure chamber before sunrise (predawn leaf water potential) and at 1:00 p.m. (minimum leaf water potential). The fruit yield and its components were determined in 10 plants per treatment. The predawn and minimum leaf water potentials were higher in covered plants than in open sky. The higher leaf water potentials and lower leaf-to-air vapor pressure deficit in covered plants allowed to a higher leaf conductance and higher net photosynthesis rates than in open sky. The potential photosynthesis, evaluated through the net photosynthesis rate in response to the incident light, showed differences among treatments. At the beginning of fruit set the maximum net photosynthesis rate of sunny leaves was 49% higher in covered plants than in open sky. During the maturation of grapes it decreased 47% in relation to the previous period, but there has no difference among covered and uncovered plants. The yield of the covered vineyard was higher than in open sky. This set of responses can be attributed to several factors, but great part of them should be attributed to microclimate alterations promoted by the plastic covering. The cumulative effects over time have to be also considered in this case, since the environment has been modified continually by the overhead plastic covering throughout the plant growth.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (68 p.) April 2009.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Viticultura no Brasil e no Rio Grande do Sul .....	4
2.2 Influências da cobertura plástica .....	6
2.2.1 Alterações no microclima do vinhedo e relações ecofisiológicas .....	6
2.2.1.1 Radiação solar .....	6
2.2.1.2 Temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento .....	9
2.3 Indicadores da condição hídrica das plantas sob cobertura plástica .....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Caracterização da área experimental .....	16
3.2 Determinações em plantas .....	18
3.2.1 Potencial fotossintético em relação à disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa .....	18
3.2.2 Taxa fotossintética, condutância foliar, temperatura da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar externo em relação ao horário e a radiação fotossinteticamente ativa incidente em cada ambiente .....	19
3.2.3 Potencial de base e potencial mínimo da água na folha .....	20
3.2.4 Componentes do rendimento .....	21
3.2.5 Indicadores da relação fonte:dreno .....	21
3.2.6 Análise dos dados .....	22
3.3 Determinações no solo .....	22
3.3.1 Umidade volumétrica .....	22
3.3.2 Potencial matricial da água no solo .....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1 Condições meteorológicas do período experimental .....	26
4.2 Condição hídrica do solo .....	28
4.3 Condição hídrica das plantas .....	35
4.3.1 Potencial de base e potencial mínimo da água na folha .....	35
4.4 Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, temperatura da folha, taxa fotossintética líquida e condutância foliar em relação ao horário .....	38
4.5 Fotossíntese potencial em relação à disponibilidade de radiação .....	43
4.6 Relações entre parâmetros ecofisiológicos e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar .....	50
4.7 Produção .....	54
5 CONCLUSÕES .....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
7 APÊNDICES .....	67

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1. Déficit de pressão de vapor entre folha e ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) em vinhedo com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica, para diferentes datas e horários. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.....39
2. Taxa máxima fotossintética líquida ( $AN_{\text{máx}}$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), ponto de compensação de luz ( $\Gamma$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), respiração no escuro ( $Re$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e eficiência quântica aparente ( $\phi_a$ ) em folhas de videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 2007/08.....44
3. Componentes do rendimento em videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2008.....56
4. Parâmetros para avaliação da relação fonte:dreno em videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08. ....58

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Temperatura média do ar e precipitação pluvial mensal, observadas na Estação Agroclimática da EMBRAPA Uva e Vinho. Normais climatológicas referentes ao período de 1961 a 1990. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA, 2008. ....	17
2. Precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ), umidade relativa (UR) e temperatura média do ar (T <sub>média</sub> ) de outubro de 2007 a março de 2008. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA, 2008. ....	27
3. Precipitação pluvial e umidade volumétrica do solo a 0 (linha de plantas), 40, 80 e 120 cm de distância da linha, em vinhedos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008. Bento Gonçalves, RS. ....	29
4. Potencial matricial da água no solo ( $\Psi_m$ ) a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade na linha de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, e precipitação pluvial de dezembro de 2007 a janeiro de 2008. Bento Gonçalves, RS. ....	31
5. Potencial matricial da água no solo ( $\Psi_m$ ) a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade na entrelinha de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, e precipitação pluvial de dezembro de 2007 a janeiro de 2008. Bento Gonçalves, RS. ....	32
6. Potencial de base ( $\Psi_b$ ) em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem cobertura plástica (descoberto) e respectivo desvio padrão, na média de cinco repetições. Bento Gonçalves, RS, 2007/08. ....	36
7. Potencial mínimo ( $\Psi_{\min}$ ) da água em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem cobertura plástica (descoberto) e respectivo desvio padrão, na média de cinco repetições. Bento Gonçalves, RS, 2007/08. ....	38
8. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ), condutância foliar ( $g_f$ ), temperatura da folha ( $T_f$ ) e radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA <sub>i</sub> ) em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica nos dias 21/11/07, 04/12/07 e 08/01/08. Bento Gonçalves, RS. ....	41
9. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente nas folhas de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a	

luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 07 de novembro 2007.....	45
10. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente nas folhas de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 09 de janeiro 2008. ....	47
11. Relação entre taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{f-ar}$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.....	51
12. Relação entre condutância foliar ( $g_f$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{f-ar}$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.....	52
13. Relação entre taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e condutância foliar ( $g_f$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08. ....	54

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da videira pode ser realizado na maioria das regiões do planeta. Porém, a maior concentração de vinhedos está localizada nas regiões de clima temperado e mediterrâneo, entre os paralelos 30° e 39° N e 30° a 44°S. No Rio Grande do Sul, a principal região produtora é a Encosta Superior da Serra do Nordeste, conhecida como “Serra Gaúcha”. Esta região detém cerca de 59% e 84% da área vitícola do Brasil e do Estado, respectivamente.

O clima é fator preponderante na duração do ciclo, no rendimento, na qualidade do produto e na fitossanidade das videiras. A “Serra Gaúcha” apresenta restrições para o cultivo da videira, devido ao excesso de precipitação no decorrer do ciclo produtivo. Esta condição impõe maior dificuldade para produção de uvas de alta qualidade, quando comparada com outras regiões vitícolas, principalmente no que se refere à maior incidência de doenças fúngicas da parte aérea e no controle das mesmas. Nestas condições, a viabilização da viticultura requer a aplicação preventiva e freqüente de produtos químicos para o controle das doenças fúngicas durante o ciclo vegetativo.

Para minimizar o efeito das adversidades climáticas na produção vitícola o cultivo protegido se apresenta como uma alternativa de manejo na Região. A cobertura plástica reduz a precipitação sobre as plantas, evitando a presença de água

livre sobre as folhas e frutos e, conseqüentemente, diminuindo o desenvolvimento de doenças fúngicas.

Os cultivos protegidos tendem a estabelecer um microclima específico, com relação à radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar. Como conseqüência dessa modificação no microclima do vinhedo, alguns parâmetros fisiológicos das plantas se alteram. Tais alterações se devem a mudanças combinadas da demanda evaporativa da atmosfera, do potencial da água no solo, da densidade e distribuição radicular, além de outras relações entre as plantas e o meio.

No Brasil, alguns trabalhos já foram conduzidos buscando avaliar modificações causadas por cobertura plástica no microclima dos vinhedos, na produção e na qualidade da uva. Porém, poucos estudos buscaram detalhar as influências dessas modificações de ambiente na fisiologia da videira, principalmente, em vinhedos de *Vitis labrusca*. Assim, considerando as alterações microclimáticas provocadas pela cobertura plástica, o presente trabalho lança as seguintes pressuposições:

- Devido à menor demanda evaporativa da atmosfera, as videiras sob cobertura plástica apresentam condições hídricas diferentes daquelas em céu aberto, resultando em maior condutância foliar e menor fluxo transpiratório;
- As videiras sob cobertura plástica apresentam alteração na taxa fotossintética em relação ao cultivo a céu aberto, principalmente em dias em que a demanda evaporativa da atmosfera é contrastante entre as áreas.

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar alterações em parâmetros ecofisiológicos de videiras *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada, cultivadas

sob cobertura plástica, na comparação ao cultivo a céu aberto, em resposta a modificações no microclima do vinhedo.

Os objetivos específicos foram:

- Quantificar o potencial da água na planta, a taxa fotossintética líquida e a condutância foliar de videiras sob cobertura plástica, em comparação ao cultivo a céu aberto;
- Avaliar o potencial fotossintético de videiras sob cobertura plástica, em resposta a modificações no seu microclima;
- Avaliar a condição hídrica do solo de um vinhedo sob cobertura plástica, na comparação ao cultivo descoberto;
- Quantificar os indicadores da relação fonte:dreno do vinhedo com e sem cobertura plástica, assim como o potencial de produção e os componentes do rendimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Viticultura no Brasil e no Rio Grande do Sul

As principais cultivares comerciais de videira pertencem as espécies *Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca*. A videira surgiu no período terciário, provavelmente na atual Groenlândia. A partir daí, as videiras primitivas foram se dispersando, seguindo em duas direções principais: uma américo-asiática e outra euro-asiática (Souza, 1996). O cultivo de *Vitis vinifera* teve início na região do Mar Cáspio e do Mar Negro. Posteriormente, foi difundida na Europa (Winkler, 1974) e, atualmente, sua produção se encontra em mais de 88 países do mundo (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO, 2007). O centro de origem da atual espécie *Vitis labrusca* está localizado nas áreas atlânticas dos Estados Unidos, México e Costa Rica (Souza, 1996).

O Brasil ocupa a 12<sup>a</sup> posição no *ranking* dos produtores mundiais de uvas, sendo a Itália o primeiro destes (FAO, 2007). Os Estados com maior área para produção de uvas são Rio Grande do Sul, com aproximadamente 44 mil ha (59% da área nacional) e São Paulo, com 10 mil ha (14% da área nacional). O cultivo também é expressivo em Pernambuco, Bahia, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais (IBGE, 2006).

O Rio Grande do Sul é o principal produtor de uvas para processamento do país. Em 2004, produziu 697 mil toneladas de uvas, o que representou 54% do total

produzido no País (IBGE, 2006). No Estado, a viticultura está presente em 24 microregiões, sendo que a “Serra Gaúcha” é a principal, com 84% da área vitícola. Seguem-se as microregiões de Guaporé e Vacaria, cada uma com 4% da área total de cultivo. O restante está difundido pelas regiões da Campanha, Serra do Sudeste e Alto Uruguai (Mello, 2004).

A “Serra Gaúcha” caracteriza-se por propriedades vitivinícolas com área média de aproximadamente 15 ha, sendo destes 2,5 ha de vinhedos. Entre as cultivares exploradas destacam-se as americanas (pertencentes a *Vitis labrusca*) e híbridas (81%), sendo a Isabel a de maior expressão. As variedades de *Vitis vinifera* representam 17% da produção, dentre as quais se destacam Moscato Branco e Cabernet Sauvignon. O sistema de condução predominante é latada ou pérgula, proporcionando produções de 18 a 30 t ha<sup>-1</sup> de acordo com a cultivar e com a safra (Mello, 2001, citado por Protas, 2001).

Segundo a Classificação Climática Multicritério (CCM), que define o clima das regiões vitícolas em nível mundial, a “Serra Gaúcha” apresenta clima *IS<sub>00</sub> IH<sub>4</sub> IF<sub>2</sub>*, caracterizando-se como úmido, temperado quente e de noites temperadas (Tonietto & Carbonneau, 2004). Tal condição climática apresenta restrições do ponto de vista fitossanitário para o cultivo da videira. Isto se deve ao excesso de chuvas e ao elevado período de molhamento (em que a água permanece sobre as plantas), principalmente na maturação dos frutos, que contribuem para a incidência de doenças fúngicas, comprometendo a qualidade da uva produzida. As principais doenças fúngicas da videira na “Serra Gaúcha” são o míldio (*Plasmopora viticola*), a antracnose (*Elsinoe ampelina*) e as podridões dos cachos (*Botrytis cinerea*, *Glomerella cingulata*, *Melanconium fuligineum*) (Garrido & Sônego, 2003). Neste

contexto, a utilização de cobertura plástica sobre as plantas representa uma alternativa para o manejo fitossanitário.

## **2.2 Influências da cobertura plástica**

O uso da cobertura plástica na agricultura é uma estratégia adotada para amenizar limitações climáticas. Destacam-se, como vantagens, a proteção contra adversidades climáticas (granizo, geada, excesso hídrico, ventos fortes) e, como desvantagens, o aumento do custo de investimento e a manutenção do plástico. Porém, com o uso de coberturas plásticas ocorrem alterações no microclima, que têm efeito direto na condição hídrica das plantas e nas trocas gasosas.

### **2.2.1 Alterações no microclima do vinhedo e relações ecofisiológicas**

#### **2.2.1.1 Radiação solar**

A radiação solar incidente no interior de um ambiente protegido por cobertura plástica é sempre menor que no ambiente externo (Farias *et al.*, 1993; Radin, 2002; Ferreira, 2003; Lulu & Pedro Júnior, 2006; Gonçalves, 2007; Cardoso *et al.*, 2008). A quantidade de radiação transmitida ao seu interior depende do tipo de material da cobertura (Calvete *et al.*, 1999) e do tempo de exposição às condições ambientais (Galvani *et al.*, 2001; Chavarria, 2008)

Pesquisando na Itália o efeito de dois tipos de cobertura no microclima do vinhedo da cultivar Itália, Rana *et al.* (2004) observaram que a radiação global, o saldo de radiação e a radiação fotossinteticamente ativa foram atenuados pelo filme plástico em 14%, 25% e 32%, respectivamente. Em vinhedo da cultivar Moscato Giallo sob cobertura plástica, em Flores da Cunha (RS), Cardoso *et al.* (2008)

observaram redução de 33% na disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel coberto, em relação ao ambiente externo.

O tempo de exposição do material de cobertura altera a quantidade de radiação transmitida ao seu interior. Chavarria (2008) observou diminuição de 10% na transmitância do plástico entre duas safras consecutivas. Galvani *et al.* (2001) também constatou redução na transmissividade do polietileno de baixa densidade (120 $\mu$ m) após um ano de uso. No primeiro ano a transmissividade média foi de 73% e, no segundo ano, foi de 67,65%. Esta redução foi atribuída à degradação do material de cobertura por efeito dos raios solares e, em parte, pela deposição de poeira sobre a cobertura.

As plantas têm suficiente plasticidade para adaptarem seu desenvolvimento a uma amplitude de regimes de luz. Esta plasticidade se relaciona com a habilidade do aparelho fotossintético de adaptar-se à radiação incidente, o que torna importante o estudo da taxa fotossintética líquida para o entendimento dessa capacidade (Boardman, 1977).

A energia radiante é fixada em forma de energia química por meio do processo fotossintético. A quantidade de CO<sub>2</sub> fixado por unidade de área foliar e tempo, denominada taxa fotossintética líquida, depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de radiação solar. As plantas apresentam respostas fotossintéticas típicas à luz, medidas por curvas de resposta, a partir de medição da fixação de CO<sub>2</sub> pelas folhas, sob fluxo de luz crescente (Taiz & Zeiger, 2004). Na porção linear da curva, o ponto de compensação da luz é aquele em que há um exato equilíbrio entre absorção e liberação de CO<sub>2</sub>. Para as folhas de videiras, esse ponto se situa próximo de 50  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Mullins *et al.*, 1992). Em fluxos fotônicos mais elevados, a resposta da fotossíntese começa a estabilizar-se e alcança a saturação. A saturação

representa o nível de radiação no qual a taxa fotossintética líquida se torna constante. Toda a radiação solar absorvida pela planta, além do ponto de saturação, acarretará aumento da temperatura das folhas e, conseqüentemente, elevação da taxa respiratória. Em plantas C<sub>3</sub> o ponto de saturação da fotossíntese por luz ocorre, geralmente, com uma densidade de fluxo fotônico de 600-700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Mullins *et al.*, 1992). Isto representa cerca de 30% da radiação fotossinteticamente ativa de um dia claro de verão, nas condições da “Serra Gaúcha”.

Em folhas expostas a uma quantidade de radiação maior que a saturação a fotossíntese pode ser diminuída por fotoxidação, que envolve os pigmentos receptores de luz. Quando estes absorvem muita radiação, ficam excitados por muito tempo e interagem com o CO<sub>2</sub> produzindo radicais livres, como o superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), o qual pode destruir os pigmentos (Taiz & Zeiger, 2004) e causar diminuição da capacidade fotossintética da folha. Entretanto, as plantas possuem mecanismos fotoprotetores, de forma que o excesso de energia absorvida possa ser dissipado. Existem várias rotas de dissipação de energia, dentre as quais se destaca a transferência para a produção de calor (Taiz & Zeiger, 2004).

Em videiras ‘Tempranillo’, sob diferentes sistemas de condução, Pilar *et al.* (2005) encontraram um ponto de compensação médio de 47,75  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa, variando de 15 a 75  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , e fotossíntese máxima entre 13,93 e 17,31  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>.

Em videiras ‘Cabernet Sauvignon’ em sistema de cultivo protegido, onde a cobertura diminuiu em 30% a radiação incidente sobre as plantas, Mota (2007) observou pequenas diferenças entre as plantas cobertas e descobertas na curva de resposta da fotossíntese à luz. Observou, em ambos tratamentos, tendência de saturação da fotossíntese em torno de 800  $\mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . A taxa

fotossintética líquida máxima foi de  $15,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  nas plantas cobertas e de  $14,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nas descobertas.

Pesquisando parâmetros fotossintéticos em folhas de *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada sob cobertura plástica, em experimento realizado em Caxias do Sul, RS, Venturin & Santos (2004) observaram que a cobertura plástica antecipa o potencial fotossintético das plantas. Na mudança de cor das bagas a taxa máxima de assimilação de  $\text{CO}_2$  foi de  $15,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e a saturação da fotossíntese ocorreu em  $1080 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

A atividade fotossintética aumenta substancialmente durante os primeiros 30 a 40 dias após a brotação, tornando-se máxima quando as folhas alcançam seu tamanho final (Kriedman *et al.*, 1970). Nas primeiras duas ou três semanas após a brotação, o movimento dos assimilados se dá, predominantemente, em direção às pontas dos ramos, que dependem de carboidratos e compostos nitrogenados armazenados em outras partes da planta. Do crescimento dos frutos até a mudança de cor das bagas, os fotossintatos se movem em direção a três drenos: a ponta dos ramos, os cachos e a planta em si. Da mudança de cor até a maturação os principais drenos são os cachos. Após a colheita, todos os tecidos lenhosos de armazenamento constituem drenos, sendo as raízes os principais (Kliwer, 1990). Algumas práticas de manejo realizadas durante o ciclo produtivo podem modificar esta movimentação de assimilados, como o desponte e a desfolha.

### **2.2.1.2 Temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento**

A diferença entre a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos e no ambiente externo depende da quantidade de radiação solar incidente, do volume

de ar interno e do manejo da cobertura. Sob proteção plástica, as amplitudes térmicas são maiores que as verificadas no campo, uma vez que as temperaturas mínimas do ar são semelhantes entre os dois ambientes e as temperaturas máximas são superiores no ambiente protegido (Farias *et al.*, 1993; Camacho *et al.*, 1995; Sousa *et al.*, 2002; Cunha & Escobedo, 2003; Vásquez *et al.*, 2005).

Em vinhedo cultivado sob estufa plástica, Schiedeck (1996) observaram que as diferenças entre as médias da temperatura máxima do ar no interior da estufa e a céu aberto variaram de 0,2°C a 9,6°C.

Avaliando a modificação no microclima de um vinhedo por cobertura plástica, em Jundiaí, SP, Ferreira (2003) verificou que a média das temperaturas máximas do ar foi de 32,6°C no ambiente protegido e de 31,4°C no ambiente externo, com a diferença chegando a um valor máximo de 4,4°C.

Em vinhedo sob cobertura plástica, em Flores da Cunha, RS, Cardoso (2007) observou a mesma tendência de efeito mais expressivo da cobertura sobre a temperatura do ar nos períodos diurnos. No tratamento coberto as temperaturas foram mais elevadas entre a cobertura e o dossel, com diferenças de 0,4°C a 5,8°C em relação ao ar livre. Na altura dos cachos as diferenças variaram de 0,1 a 3,6°C.

Apesar das temperaturas máximas do ar serem mais elevadas nos ambientes protegidos, a temperatura da folha é menor devido à diminuição na disponibilidade de radiação solar, que reduz o aquecimento do dossel (Taiz & Zeiger, 2004). Segundo Kriedman (1968), citado por Mullins *et al.* (1992), a temperatura foliar considerada ótima para fotossíntese em vinhedos a céu aberto situa-se entre 25 e 35°C, sendo que a 10°C ela diminui a quase zero e também decresce em temperaturas acima da faixa ótima.

A temperatura influencia a pressão de saturação de vapor d'água do ar e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ), uma vez que, no interior da folha, o ar é considerado saturado. O  $DPV_{\text{folha-ar}}$  é caracterizado pela diferença entre a pressão de saturação de vapor d'água do ar dentro da folha ( $e_{\text{sfolha}}$ ), controlada pela temperatura da folha, e a pressão de vapor do ar ( $e_{\text{ar}}$ ), controlada pela temperatura e umidade do ar que circunda a folha (Taiz & Zeiger, 2004). O déficit de pressão de vapor d'água entre o interior da folha e o ar externo ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) é um importante fator que afeta a condutância estomática (Streck, 2003).

Avaliando o comportamento estomático e a taxa fotossintética líquida de videiras na Espanha, sob ampla faixa de condições de temperatura e umidade e com suficiente suprimento hídrico, Jacobs *et al.* (1996) observaram alta correlação entre taxa fotossintética líquida e condutância estomática, sendo que esta relação é fortemente influenciada pelo déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar. Outros trabalhos mostraram que a taxa fotossintética líquida e a condutância estomática diminuem com o aumento do déficit de pressão de vapor (Machado *et al.*, 2005; Streck, 2003; Habermann *et al.*, 2003; Jacobs *et al.*, 1996).

Estudando o efeito da cobertura plástica de polietileno de baixa densidade sobre parâmetros ecofisiológicos de *Vitis vinifera* cv. Moscato Giallo, Chavarria (2008) observou uma diminuição média de 57% no déficit de pressão de vapor do ar no vinhedo coberto, quando comparado ao descoberto (nível dos cachos). Os maiores contrastes na condutância estomática e na fotossíntese entre as áreas coberta e descoberta ocorreram nos dias em que a diferença relativa no DPV foi maior.

A velocidade do vento também tem grande alteração com a adoção de coberturas plásticas sobre plantas. Este elemento tem grande importância na renovação do ar em ambientes protegidos e interfere nos gradientes de temperatura e

umidade relativa do ar. Ele exerce efeito na transpiração das plantas, interferindo na espessura da camada limite que envolve a folha, cuja espessura depende do tamanho da folha e velocidade do vento. Próximo à superfície foliar há diminuição da velocidade das moléculas que participam das trocas gasosas. Com isto, a resistência da camada limite é especialmente grande quando há um fraco movimento de ar próximo à superfície da folha (Larcher, 2000).

A velocidade do vento no interior dos ambientes protegidos é considerada nula. Porém, em ambientes com as laterais abertas sua redução em relação ao ambiente externo é em torno de 90% (Cardoso, 2007). Assim, a demanda evaporativa do ar à qual as plantas sob cobertura plástica estão submetidas é menor que no ambiente externo. Esta redução se deve, principalmente, à diminuição da velocidade do vento e da radiação solar incidente, elementos meteorológicos determinantes da demanda evaporativa da atmosfera.

No Brasil, alguns trabalhos já foram conduzidos buscando avaliar modificações causadas pela cobertura plástica em microclimas de vinhedos (Ferreira, 2003; Lulu & Pedro Júnior, 2006; Cardoso, 2007) e na produção e qualidade de uvas (Schiedeck, 1996; Ferreira, 2003; Gonçalves, 2007). Porém, poucos trabalhos avaliaram as influências dessas modificações de ambiente na fisiologia da videira, principalmente em cultivares de *Vitis labrusca* (Venturin & Santos, 2004; Mota, 2007; Chavarria, 2008).

### **2.2.1.3 Indicadores da condição hídrica das plantas sob cobertura plástica**

O potencial da água ( $\Psi$ ) descreve o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos no sistema solo-planta-atmosfera. O potencial da água indica a

diferença entre o estado energético da mesma no sistema considerado e no estado de referência, e neste é considerado zero (Taiz & Zeiger, 2004).

O potencial da água nas células é resultante da soma do potencial osmótico e do potencial de pressão. Em geral, o potencial de pressão, que corresponde à pressão hidrostática no interior das células, varia de um valor positivo máximo, quando a célula está na turgidez máxima, a zero quando a célula perde a turgidez, tornando-se flácida por perda de água. O potencial osmótico representa o efeito de solutos sobre o potencial da água. O potencial osmótico da água na solução é sempre menor que o da água pura. Portanto, ele assume valores negativos (Taiz & Zeiger, 2004).

Diversos trabalhos utilizaram o potencial da água na folha ( $\Psi_f$ ) como indicador do estado hídrico das plantas. Assim foi feito para videira por Girona *et al.* (2006), Patakas *et al.* (2005) e Choné *et al.* (2001), para pessegueiro por Paço (2003) e para milho por Bergonci *et al.* (2000) e Bianchi (2004). Este é considerado um indicador adequado da condição hídrica das plantas porque reflete a combinação de muitos fatores, como o déficit de pressão de vapor, a disponibilidade da água no solo, a condutividade hidráulica da planta e seu controle estomático (Patakas *et al.*, 2005).

O potencial da água na folha medido antes do nascer do sol, denominado potencial de base ( $\Psi_b$ ), é considerado um indicador do estado hídrico do solo na zona radicular (Katerji & Hallaire, 1984) por corresponder ao estado de hidratação da planta no final da noite. A medição feita neste momento do dia pressupõe que se estabeleceu um equilíbrio entre a água do solo e a água da planta, estando esta no seu estado máximo de hidratação possível para as condições hídricas do solo consideradas. O potencial da água na folha mínimo ( $\Psi_{min}$ ) ocorre no momento de maior demanda evaporativa da atmosfera, que é por volta do meio-dia solar (ou logo após). Segundo Choné *et al.* (2001) o potencial da folha mínimo pode ser um

adequado indicador da condição hídrica da videira somente em situações de restrição hídrica leve a média. Porém, perde sensibilidade à medida que a restrição aumenta.

Mundialmente, a viticultura está concentrada em regiões de clima temperado e mediterrâneo, entre os paralelos 30° e 39° N a 30° a 44°S, onde freqüentemente as videiras são expostas a condições de restrição hídrica. Nesse contexto, diversos trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de estudar a influência do déficit hídrico no crescimento vegetativo (Winkel & Rambal, 1993; Pilar *et al.*, 2007), nas trocas gasosas pelas plantas (Jacobs *et al.*, 1996; Medrano *et al.*, 2002; Ojeda *et al.*, 2004; Cifre, *et al.*, 2005; Patakas *et al.*, 2005; Poni *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2005) e na qualidade da uva (Ferreira, 2003; Roby *et al.*, 2004; Ojeda *et al.*, 2004; Pilar *et al.*, 2007). O potencial da água na folha vem sendo utilizado em países como França e Estados Unidos para estabelecer referenciais de qualidade enológica (Ojeda *et al.*, 2007). Contudo, no Brasil há poucos trabalhos que estudaram a condição hídrica das videiras, especialmente em vinhedos sob cobertura plástica (Chavarria, 2008).

Tendo como indicador o potencial de base, Carbonneau (1998), citado por Ojeda *et al.* (2004), estabeleceu limites para videira, provenientes de um conjunto de observações nas regiões francesas de Bourdeaux e Languedoc. Ele considerou a restrição hídrica ausente ou leve se a videira apresentar  $\Psi_b$  entre 0 e -0,2 MPa. A restrição é forte se  $\Psi_b$  estiver abaixo de -0,6 MPa.

Sob forte restrição hídrica a condutância estomática ( $g_s$ ) e a assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_N$ ) são afetadas, proporcionalmente ao déficit. Se for fraca ( $\Psi_b$  entre 0 e -0,3 MPa)  $g_s$  fica entre 0,5 e 0,15 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e  $A_N$  tem pouca redução, sendo a regulação estomática seu único fator limitante. Sob estresse severo ( $\Psi_b < -0,6$  MPa)  $g_s$  é fortemente diminuída ( $\leq 0,05$  mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e causa grande redução de  $A_N$ , predominando limitações não-estomáticas à fotossíntese (Medrano *et al.*, 2002).

Considerando que estes limites foram determinados para *Vitis vinifera*, com o objetivo de produzir vinhos com alta qualidade enológica questiona-se se estes limites de potencial de base seriam os mesmos para a cultivar estudada, Niágara Rosada, já que esta é destinada à produção de uvas de mesa, onde os critérios de qualidade da uva são outros. No entanto, devido a não existência destas faixas para a cultivar bem como para a condição climática estudadas, estes podem servir como referência.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na safra de 2007/2008, em área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (EMBRAPA – CNPUV), no município de Bento Gonçalves. Localiza-se na região ecoclimática do Planalto Superior - Serra do Nordeste, do Estado do Rio Grande do Sul (latitude 29°09'S, longitude 51°31'W e altitude aproximada de 640m).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é temperado, do tipo fundamental Cfb. De acordo com as normais climatológicas (Figura 1), a temperatura média do ar do mês mais quente (janeiro) é de 22°C, enquanto que a temperatura média do mês mais frio (junho) é de 13°C. Apresenta chuvas distribuídas ao longo de todos os meses do ano, com total anual de 1736 mm. O total de precipitação acumulado no período vegetativo da videira (setembro a abril) é de 1146 mm (EMBRAPA, 2008).

O solo da área experimental é classificado como Neossolo, com relevo acidentado (EMBRAPA, 1999).

O trabalho foi desenvolvido em um vinhedo de *Vitis labrusca* cv. Niágara rosada sob porta-enxerto Paulsen 1103. As plantas tinham três anos de idade, sendo conduzidas em sistema de latada, com espaçamento de 2,5m entre fileiras e 1,5m

entre plantas na fila. A haste principal foi conduzida até uma altura de 1,90m, de onde partem dois ramos, um para cada lado, e destes partem as brotações da safra.

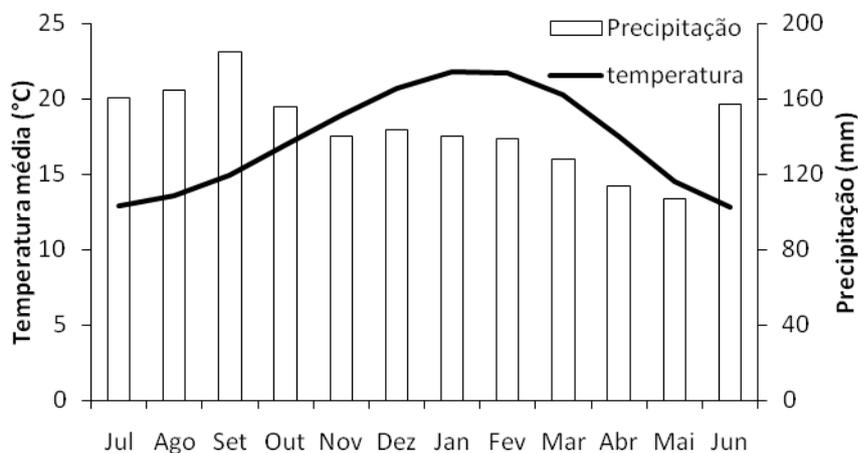


FIGURA 1. Temperatura média do ar e precipitação pluvial mensal, observadas na Estação Agroclimática da EMBRAPA Uva e Vinho. Normais climatológicas referentes ao período de 1961 a 1990. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA, 2008.

No vinhedo de aproximadamente 0,5 ha, foram avaliados dois sistemas de cultivo dispostos lado a lado: com e sem cobertura plástica. O trabalho seguiu o delineamento em faixas com 5 e 10 repetições por tratamento para as avaliações dos parâmetros fisiológicos e para produção de frutos, respectivamente.

Cinco linhas de plantas tiveram cobertura de filme plástico transparente, do tipo rafia, espessura de 160  $\mu\text{m}$ , com aditivos anti-gotejo e anti-UV. A cobertura foi disposta ao longo das linhas de plantas a uma altura de 3 m do solo e 1,10 m em relação ao dossel, e apoiada sobre arcos de PVC, que foram fixados a uma estrutura de madeira. A largura da cobertura é de 2,35 m entre as duas extremidades laterais.

A cobertura plástica foi colocada sobre as plantas no ano seguinte da instalação do vinhedo. As linhas de plantas tinham direção leste/oeste e o terreno tem inclinação para o norte.

A poda, do tipo mista, foi realizada no dia 28 de agosto de 2007, obtendo-se uma média de 20 gemas brotadas por planta, e não se fez uso de cianamida hidrogenada ou qualquer outro produto para promover a brotação. A adubação do vinhedo foi feita com composto orgânico.

O controle fitossanitário foi realizado somente no tratamento descoberto. Quando as plantas se encontravam em estágio de alongamento da inflorescência foram realizadas aplicações semanais de calda bordalesa. Nas primeiras aplicações, a concentração da calda bordalesa foi de 0,3%, passando a 0,6% na floração e 1% após a floração. As duas últimas aplicações foram realizadas após a mudança de cor das bagas.

### **3.2 Determinações em plantas**

#### **3.2.1 Potencial fotossintético em relação à disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa**

Foram selecionadas cinco plantas, com vigor semelhante, em cada tratamento. Em cada planta selecionada foram marcadas duas folhas maduras, opostas aos cachos ou próximas a estes, uma totalmente exposta à radiação solar e outra sombreada pelo dossel. As plantas avaliadas estavam localizadas em linhas centrais deixando-se sempre uma linha como bordadura em cada interface entre os tratamentos.

As medições da taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) foram efetuadas com um analisador de gases com detecção por radiação infravermelha (*IRGA*), da marca LICOR e modelo 6400, nos dias 7 de novembro de 2007 e 9 de janeiro de 2008, entre as 9h e 11h. Na primeira data as plantas estavam no estágio fenológico de

início da compactação de cachos. Na segunda data, as videiras estavam em mudança de cor das bagas.

As leituras foram feitas com uma fonte luminosa artificial do tipo led modelo LI-6400-02B, sendo a folha submetida a fluxos de radiação fotossinteticamente ativa incidente de 0, 90, 250, 500, 800 e 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para expressar a taxa fotossintética líquida em resposta à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi ajustada uma função polinomial hiperbólica ( $A = a + [(A_{N_{\text{max}}} \times \text{RFA}) / (b + \text{RFA})]$ ), sendo  $A_{N_{\text{max}}}$  a taxa máxima fotossintética líquida,  $a$  respiração no escuro e  $b$  o coeficiente de ajuste da equação. A eficiência quântica aparente ( $\Phi_a$ ) e o ponto de compensação de luz ( $\Gamma$ ), correspondente ao valor de RFA em que  $A$  é igual a zero, foram estimadas pelo ajuste de uma equação linear, para valores em que a taxa fotossintética líquida em função da RFA foi linear.

### **3.2.2 Taxa fotossintética, condutância foliar, temperatura da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar externo em relação ao horário e a radiação fotossinteticamente ativa incidente em cada ambiente**

A taxa fotossintética líquida, a condutância foliar e a temperatura da folha foram medidas com um analisador de gases com detecção por radiação infravermelha (*IRGA*), da marca LICOR e modelo 6400, equipado com câmara de topo aberto (modelo LI-6400-02B). As avaliações foram realizadas em dois dias durante o estágio de compactação dos cachos (21 de novembro e 04 de dezembro de 2007) e na mudança de cor das bagas (08 de janeiro de 2008), às 9, 12 e 14 horas. As medições foram realizadas em cinco folhas maduras, opostas aos cachos ou próximas a estes,

totalmente expostas à radiação solar e previamente marcadas nas cinco plantas selecionadas em cada tratamento.

O déficit de pressão de vapor d'água entre a folha e o ar externo ( $DPV_{folha-ar}$ ) foi estimado pela diferença entre a pressão de saturação de vapor d'água do ar dentro da folha ( $e_{sfolha}$ ), e a pressão de vapor do ar ( $e_{ar}$ ). O  $e_{sfolha}$  foi estimado a partir dos dados de temperatura da folha medido com o *IRGA*, calculada pela equação de Tetens. A pressão de vapor do ar ( $e_{ar}$ ) foi calculada pela temperatura do ar medida com psicrômetros de bulbo seco e úmido, utilizando-se o método analítico. Utilizaram-se as seguintes funções:

$$DPV_{folha-ar} = e_{s(folha)} - e_{(ar)} \quad (1)$$

$$e_{s(folha)} = 0,6108 * 10^{7,5t / 237,3+t} \quad (2)$$

$$e_{(ar)} = e_{s,tu(ar)} - \gamma P_{atm} (t_s - t_u) \quad (3)$$

sendo  $DPV_{folha-ar}$  (kPa) o déficit de pressão entre a folha e o ar externo,  $e_{s(folha)}$  (kPa) a pressão de saturação de vapor d'água do ar dentro da folha,  $e_{ar}$  (kPa) a pressão real de vapor d'água do ar,  $t$  (°C) a temperatura da folha,  $e_{su(ar)}$  (kPa) a pressão de vapor à temperatura do bulbo úmido,  $\gamma$  a constante psicrométrica,  $P_{atm}$  (kPa) a pressão atmosférica local,  $t_s$  (°C) a temperatura do bulbo seco e  $t_u$  (°C) a temperatura do bulbo úmido.

### 3.2.3 Potencial de base e potencial mínimo da água na folha

O potencial da água na folha foi medido em dois horários distintos durante o dia: próximo às 5h, logo antes do nascer do sol (que corresponde ao potencial de base) e às 13h (que corresponde ao potencial mínimo). As leituras foram realizadas

em cinco folhas opostas aos cachos ou próximas a estes, expostas à radiação solar e coletadas aleatoriamente em cada tratamento. Foram feitas medições quinzenais, do início da compactação do cacho a colheita, com câmara de pressão (Scholander *et al.*, 1965).

### **3.2.4 Componentes do rendimento**

Foi determinada a produção de uvas em 10 plantas por tratamento (coberto e descoberto), previamente selecionadas pelo vigor semelhante. As seguintes variáveis dos componentes do rendimento foram avaliadas: número de cachos por planta, massa e comprimento do cacho, número de bagas por cacho, diâmetro e massa da baga, produção por planta ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ), produção por hectare ( $\text{Mg.ha}^{-1}$ ). O número de bagas por cacho, assim como o peso e o comprimento dos cachos foram medidos em três cachos por planta, perfazendo um total de 30 cachos por tratamento. O diâmetro e o peso da baga foram avaliados em 10 bagas por cacho. Para quantificação dos componentes do rendimento foram utilizados balança digital, paquímetro digital e régua graduada.

### **3.2.5 Indicadores da relação fonte:dreno**

O Índice de Ravaz é reconhecido como critério para avaliação do equilíbrio entre a vegetação e a produção, é a razão entre massa de frutos de cada videira e a respectiva massa dos ramos no momento da poda. Este foi quantificado reunindo-se e pesando-se todos os ramos eliminados em cada planta na poda da safra seguinte (15 de agosto de 2008), e relacionando-se esse peso com a produção de frutos determinada na data de colheita (22 de janeiro de 2008).

A área foliar por planta foi obtida pela razão entre a área foliar estimada multiplicada pelo número de folhas. Um modelo de estimativa de área foliar foi testado através da relação entre a área foliar calculada (multiplicando-se a largura e o comprimento de 10 folhas por planta, provenientes de 10 plantas por tratamento) e a área foliar medida. Esta foi obtida em planímetro eletrônico da marca LICOR, modelo LI – 3000, em amostras de 100 folhas maduras por tratamento. Para isto, foram utilizados os valores de largura e comprimento medidos no dia 05 de dezembro de 2007, próximo à área foliar máxima da cultura. A área foliar por produção foi quantificada relacionando-se a área foliar máxima estimada com a massa de frutos produzida por planta (Comiran *et al.*, 2008).

### **3.2.6 Análise dos dados**

Os diferentes parâmetros ecofisiológicos foram submetidos à análise de variância entre os tratamentos coberto e descoberto, ao nível de 1 e 5% de probabilidade de erro.

## **3.3 Determinações no solo**

### **3.3.1 Umidade volumétrica**

A umidade volumétrica do solo foi estimada a partir de valores medidos por reflectometria. Esta técnica consiste em correlacionar a condutividade elétrica dos materiais com o teor de umidade no solo. Devido à inclinação da área, buscou-se realizar a instalação dos sensores na mesma cota do terreno nos dois tratamentos.

Foram instalados 4 sensores do tipo WCR (modelo CS616 da Campbell Scientific Inc.) em cada área, em distâncias diferentes, a partir da linha de plantas. O

primeiro foi instalado junto à linha das plantas, e os outros a 40, 80 e 120 cm de distância da linha de plantas, em direção à entrelinha. Os sensores foram instalados verticalmente, sendo as medidas referentes à média da umidade nos primeiros 30 cm de profundidade do solo. Estes sensores foram conectados a um datalogger (CR10 - Campbell Scientific Inc.) sendo efetuadas leituras a cada 1 min e registrada a média a cada 15 min.

Em laboratório, procedeu-se a calibração dos sensores, obtendo-se um curva linear para estimar a umidade volumétrica do solo utilizado, a partir dos valores medidos pelo WCR no campo.

Para a calibração foram coletadas seis sub-amostras de 27000cm<sup>3</sup> de solo (30x30x30) de uma área do experimento. As sub-amostras foram retiradas duas do solo na linha de plantas, duas do solo na metade da entrelinha e duas intermediária a estas. Para determinação da densidade do solo, foram coletadas com cilindros de PVC três amostras indeformadas de solo da profundidade de 0-30 cm.

As amostras indeformadas foram secas em estufa com temperatura em torno de 100°C por três dias e após pesadas, obtendo-se assim a massa do solo seco de cada amostra separadamente. Dividindo a massa de solo seco pelo volume de solo da amostra, obteve-se a densidade pela média dos valores das três amostras.

O solo das seis sub-amostras trazidas do campo, foi primeiramente esboroado, peneirado e seco ao ar por aproximadamente uma semana. Após, foram colocados 22 kg de solo em cada balde de PVC (diâmetro de 29,5 cm), sendo compactado até a profundidade de 31 cm de forma a manter a densidade original (1,04 g cm<sup>-3</sup>) o mais uniforme possível. Foram utilizados seis baldes, sendo três destes para cada nível de umidade.

Utilizaram-se seis sensores WCR (modelo CS616 da Campbell Scientific Inc.), conectados a um datalogger (CR10 - Campbell Scientific Inc.), sendo efetuadas leituras a cada 1 min e registrada a média a cada 10 min.

Para cada balde o seguinte procedimento foi realizado: primeiramente amostrava-se em torno de 250g de solo para determinação da umidade em base de massa e anotava-se o horário da retirada das amostras, para posterior relação com os valores de leitura do TDR e umidade medida. Após a retirada das amostras, mesma quantidade de solo seco era repostada ao solo de cada balde. Pulverizava-se 1060 ml de água e revolvava-se o solo para homogeneização da umidade. Este era devolvido ao balde e novamente compactado até a profundidade de 31 cm, de forma a sempre manter densidade original. Instalava-se o TDR e cobria-se o balde com plástico a fim de evitar perda de água por evaporação. Este procedimento foi realizado para cada etapa de umedecimento até que o solo estivesse próximo a saturação de água, que ocorreu com umidade volumétrica em torno de 46%. Os valores de umidade em base de massa, junto com os valores de densidade seca, permitiram a determinação da umidade volumétrica.

Para elaboração da curva de calibração, consideraram-se os valores dos períodos registrados pelo datalogger correspondentes aos horários em que foram efetuadas as amostragens para determinação da umidade. Os valores de cada balde foram considerados amostras distintas e não repetições. Com os valores dos períodos ( $\mu$ s) e de umidade volumétrica, estabeleceu-se a curva de calibração para o solo amostrado, ajustando-se uma curva linear.

### **3.3.2 Potencial matricial da água no solo**

Para medições do potencial matricial da água no solo foram utilizados tensiômetros de coluna de mercúrio instalados a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade,

na linha e na entrelinha das plantas nos sistemas coberto e descoberto. Instalou-se 4 tensiômetros na linha e 4 na entrelinha por tratamento, sendo 1 em cada profundidade.

Para o cálculo do potencial matricial da água no solo utilizou-se a seguinte equação:

$$\Psi_m = (-12,6H + hc + z)0,0001 \quad (4)$$

sendo  $\Psi_m$  o potencial matricial da água no solo (MPa),  $H$  a leitura da coluna de mercúrio acima da cuba (cm),  $hc$  a altura média do mercúrio na cuba acima do nível do solo (cm) e  $z$  a profundidade de instalação no solo do centro da cápsula porosa do tensiômetro (cm). A constante 0,0001 converte  $\Psi_m$  de centímetros de coluna de água para MPa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Condições meteorológicas do período experimental

A condição meteorológica do período experimental (outubro de 2007 a março de 2008), quando comparada às médias climatológicas de Bento Gonçalves (Apêndice 1), apresentou diferenças principalmente em relação à precipitação pluvial. No subperíodo de desenvolvimento do cacho (novembro e dezembro), a precipitação pluvial foi 88 mm superior à média climatológica do local. Em dezembro ela foi 46% maior à média climatológica. As condições ocorridas propiciaram o desenvolvimento de antracnose (*Elsinoe ampelina*) e míldio (*Plasmopora viticola*) nas folhas, ramos e, principalmente, nos cachos das plantas descobertas, exigindo aplicações semanais de calda bordalesa. No entanto, em janeiro, fevereiro e março a precipitação foi inferior à normal do período, sendo que janeiro teve diminuição de 95 mm. Como a maturação da uva ocorreu no mês de janeiro, esta condição foi favorável ao não desenvolvimento de doenças fúngicas, como podridões do cacho. Devido à interceptação da água da chuva pela cobertura plástica, não se observou doenças fúngicas nas videiras cobertas, sendo desnecessária a aplicação de calda bordalesa neste sistema (Comiran *et al.*, 2009).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi maior que a normal, principalmente no mês de outubro e dezembro. Já em novembro, janeiro e fevereiro ET<sub>o</sub> foi menor que a média histórica.

Dados mensais de precipitação pluvial, evapotranspiração de referência, umidade relativa e temperatura do ar do período experimental são apresentados na Figura 2. A temperatura média do ar foi semelhante à normal local durante todos os meses de condução do experimento. Em outubro e novembro ocorreram as maiores diferenças na temperatura do ar, em relação à normal climatológica da região (Apêndice 1).

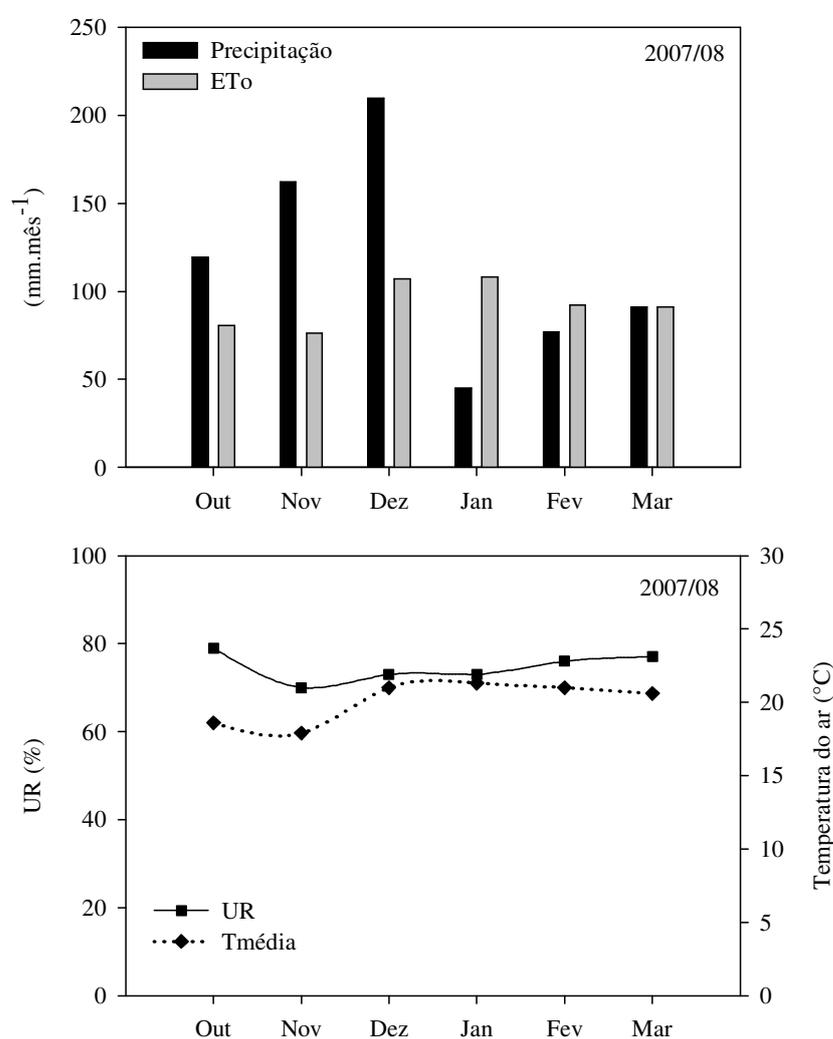


FIGURA 2. Precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ETo), umidade relativa (UR) e temperatura média do ar (Tmédia) de outubro de 2007 a março de 2008. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA, 2008.

A temperatura mínima de outubro foi, em média, 2°C superior e em novembro ela foi 2°C inferior que a normal. As médias mensais de umidade relativa do ar variaram entre 70 e 79% no período, sendo semelhantes à condição normal da região, que é de 75% (Apêndice 1).

O Apêndice 2 apresenta valores horários de radiação solar global, déficit de pressão de vapor d'água (DPVar) e velocidade do vento dos dias em que foram feitas medições de parâmetros fisiológicos. Em 21 de novembro houve diferenças de RFA e velocidade do vento entre os tratamentos, porém o DPVar foi semelhante. Os dias 04 de dezembro e 08 de janeiro tiveram alta demanda evaporativa da atmosfera, com elevado DPVar. Em 04 de dezembro houve a maior diferença entre os tratamentos, das 8 às 17 h. Já em 08 de janeiro a diferença entre os tratamentos foi pequena, apesar de ter sido um dia de alta demanda evaporativa.

#### **4.2 Condição hídrica do solo**

A umidade volumétrica do solo apresentou variação nos dias avaliados, com picos de umidade do solo coincidindo com a ocorrência de precipitação pluvial (Figura 3). O tratamento descoberto mostra a condição de umidade do solo sem influência da cobertura plástica. No mês de dezembro ocorreram as maiores umidades no solo com menor diferença entre a linha de plantas (0 cm) e a entrelinha (120 cm) na área descoberta. Entre 25 e 31 de dezembro a precipitação foi de 109 mm (metade do total precipitado no mês), elevando a umidade volumétrica no solo para 39% na área descoberta. Já, em janeiro e início de fevereiro, devido à pouca precipitação e elevada demanda hídrica pela cultura, que apresentava área foliar máxima, a umidade do solo foi baixa, se comparada ao mês anterior.

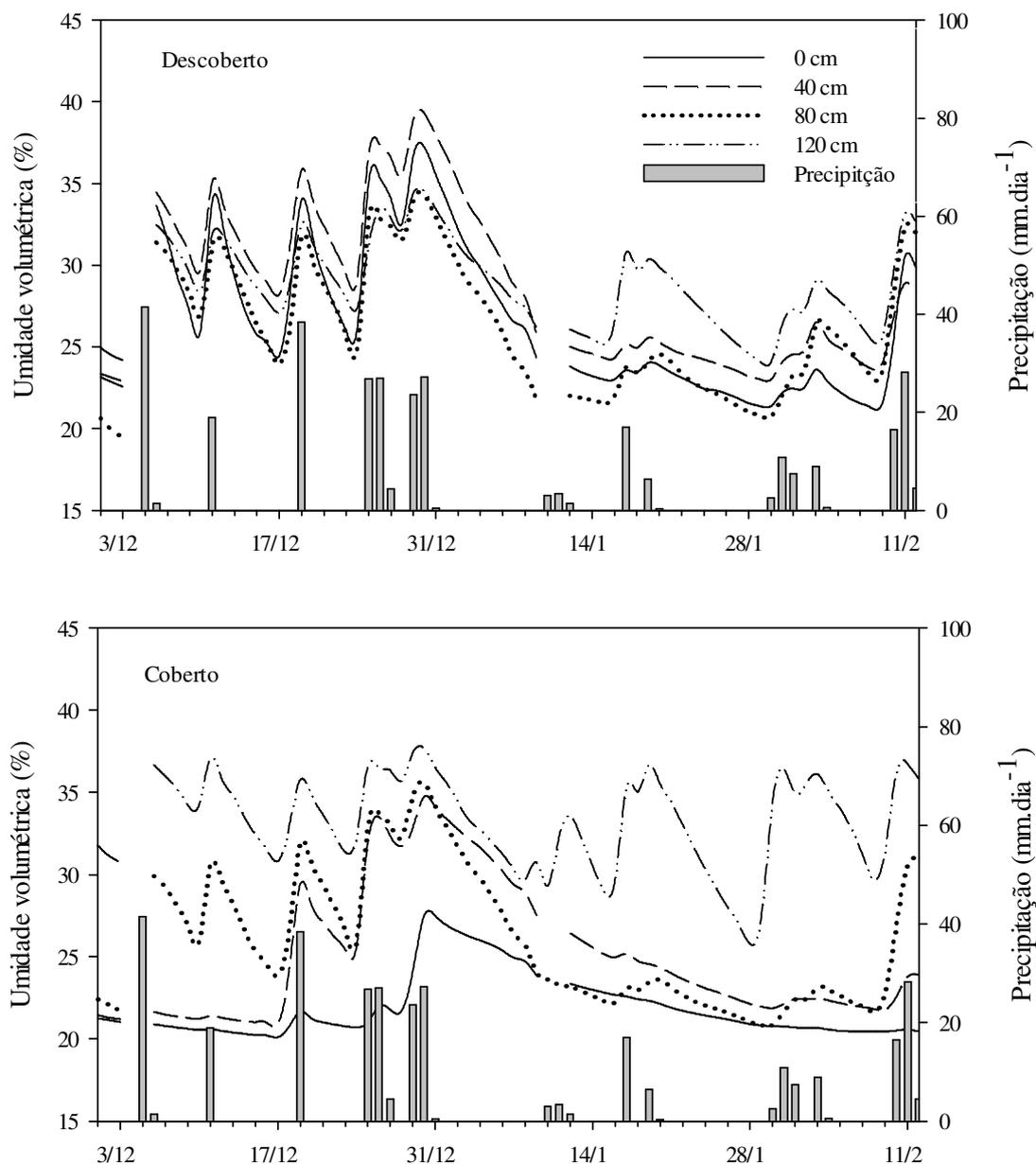


FIGURA 3. Precipitação pluvial e umidade volumétrica do solo a 0 (linha de plantas), 40, 80 e 120 cm de distância da linha, em vinhedos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008. Bento Gonçalves, RS.

A evolução da umidade volumétrica do solo, mostrada na Figura 3, está de acordo com o observado no potencial matricial da água no solo (Figura 4). Analisando o potencial matricial da água no solo na linha de plantas do tratamento descoberto, nota-se que, em dezembro, todas as profundidades avaliadas

apresentaram  $\Psi_m$  semelhantes, variando entre 0 e -0,02 MPa (Figura 4). Já em janeiro, ocorreram potenciais mais negativos que no mês anterior, sendo que as camadas superficiais atingiram potenciais baixos (-0,08 MPa) na primeira quinzena do mês (Figura 5).

Na área coberta houve interferência da cobertura plástica na umidade do solo nas diferentes distâncias da linha de plantas e também no potencial matricial. Devido à interceptação da água da chuva houve maior concentração de água na entrelinha. A variação da umidade do solo no tratamento coberto foi de 20% a 26% na linha e de 26% a 38% na entrelinha de plantas (Figura 3). Este mesmo resultado observa-se, na Figura 4, onde o solo na linha de plantas sob cobertura plástica apresentou  $\Psi_m$  mais negativos que no tratamento descoberto, tanto em dezembro como em janeiro. Na profundidade de 20 cm o solo manteve  $\Psi_m$  em torno de -0,08 MPa, em praticamente todo o período. Portanto, na linha de plantas da área coberta a quantidade de água disponível para as plantas, na profundidade de 20 cm, foi bastante reduzida. Na profundidade de 30 cm os potenciais se mantiveram mais elevados se comparados aos valores da profundidade de 20 cm, com variação ao longo do período.

Valores semelhantes de potencial matricial foram observados por Cardoso (2007), comparando a condição hídrica do solo em vinhedo coberto e descoberto. O autor verificou potenciais matriciais de -0,08 MPa na linha de plantas do tratamento coberto, de janeiro a março de 2006.

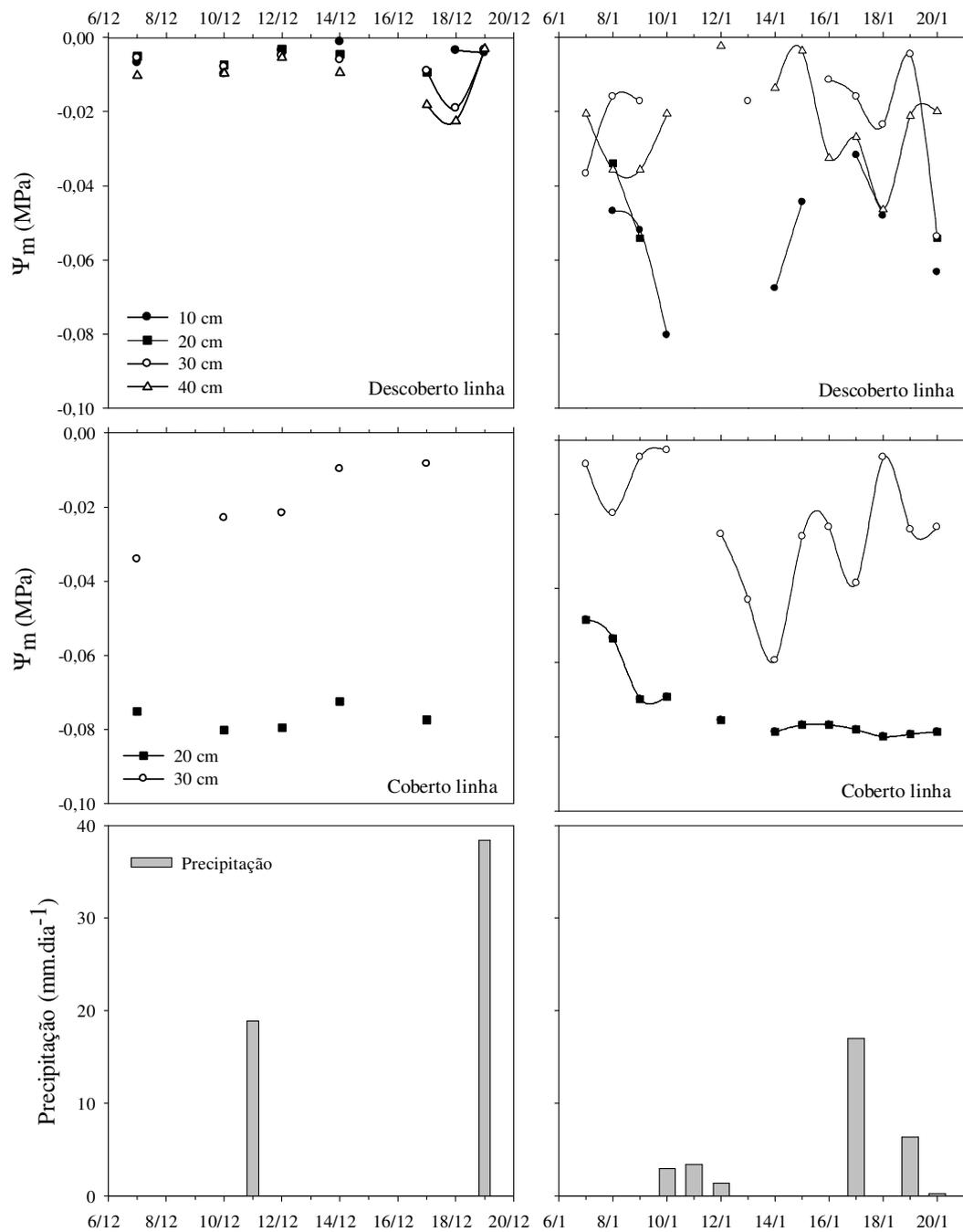


FIGURA 4. Potencial matricial da água no solo ( $\Psi_m$ ) a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade na linha de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, e precipitação pluvial de dezembro de 2007 a janeiro de 2008. Bento Gonçalves, RS.

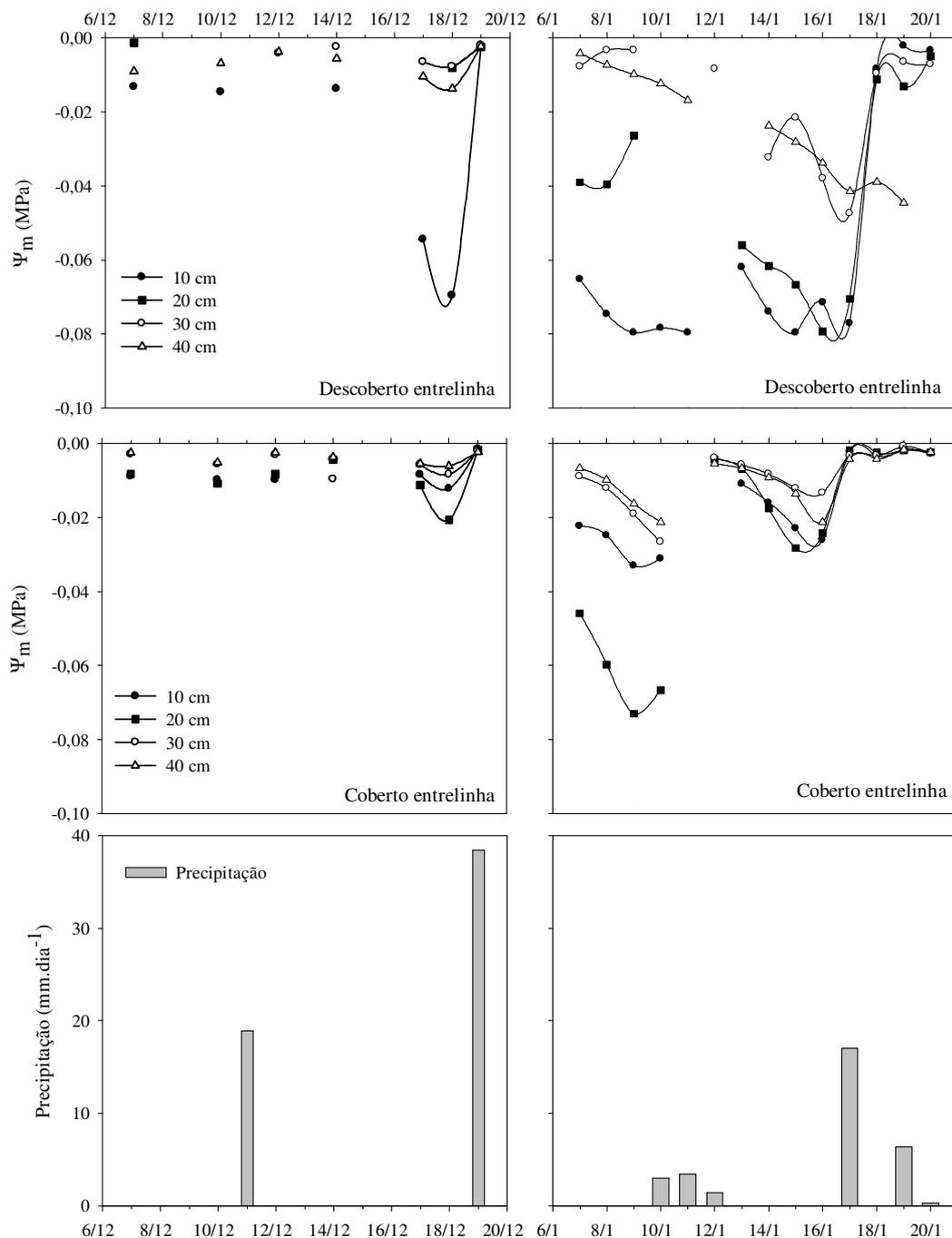


FIGURA 5. Potencial matricial da água no solo ( $\Psi_m$ ) a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade na entrelinha de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos sem (descoberto) e com (coberto) cobertura plástica, e precipitação pluvial de dezembro de 2007 a janeiro de 2008. Bento Gonçalves, RS.

No vinhedo sob cobertura plástica os valores de potencial matricial da água no solo nas profundidades de 10 e 40 cm, na linha das plantas, não foram plotados na Figura 4 devido a problemas no funcionamento dos tensiômetros, o que

impossibilitou a análise nessas profundidades. Assim como, os cortes observados nas linhas das figuras 4 e 5 são decorrentes de dias em que houve quebra da coluna de mercúrio ou formação de bolhas nas colunas de água.

Considerando que não ocorreu precipitação na linha de plantas do tratamento coberto, provavelmente a variação de  $\Psi_m$  foi causada por infiltração lateral da água proveniente da entrelinha das plantas, onde se concentrava a água da chuva (Figura 4). Não houve aumento de  $\Psi_m$  na profundidade de 20 cm, possivelmente, devido à maior concentração de raízes de outras plantas, que cresceram espontaneamente na área, de forma que o consumo de água até 20 cm de profundidade do solo fosse maior, sem variação de  $\Psi_m$  por infiltração lateral.

A tendência de menor disponibilidade hídrica na linha de plantas e maior na entrelinha, no tratamento coberto, também foi observada por Chavarria (2008). Este verificou que, no perfil de 30 cm de profundidade, a umidade do solo foi de 20 a 60% menor que na linha de plantas do cultivo sem cobertura.

Considerando que a cobertura plástica restringe a disponibilidade hídrica na linha de plantas, esta deve ser colocada após as plantas estarem com o sistema radicular bem desenvolvido, caso o vinhedo não seja irrigado. Com o objetivo de evitar prejuízos devido à restrição hídrica na linha de plantas durante o crescimento inicial das videiras no período de formação do vinhedo.

Na média de todo o período, a umidade na linha de plantas (0 cm) foi 21% e somente precipitações acima de 40 mm.dia<sup>-1</sup> ou a precipitação acumulada de 109 mm, durante cinco dias no final de dezembro, foram suficientes para aumentar a umidade na linha de plantas. Em janeiro, com a diminuição da precipitação e aumento da demanda hídrica pela cultura, houve equilíbrio entre a umidade do solo na linha de plantas, a 40 e a 80 cm desta. Provavelmente, devido a esse perfil de

distribuição de umidade do solo no tratamento coberto, ao longo do seu desenvolvimento, as videiras direcionaram o crescimento radicular para os locais com maior disponibilidade de água, portanto na direção da entrelinha. O sistema radicular das videiras, sob condições que favoreçam o crescimento, é capaz de explorar uma ampla área de solo. Em solos rasos o aprofundamento das raízes pode ser limitado, porém o crescimento lateral é raramente restrito (Winkler, 1974).

A média total da umidade do solo foi 27% e 28% nos tratamentos coberto e descoberto, respectivamente. Portanto, na média do período analisado e dos locais avaliados, a umidade do solo foi semelhante entre os tratamentos, apesar das diferenças na sua distribuição espacial.

Na entrelinha das plantas do tratamento descoberto (Figura 5), o potencial matricial da água no solo apresentou padrão semelhante ao analisado na linha de plantas do mesmo tratamento (Figura 4). Observou-se potenciais mais elevados em dezembro, e todas as profundidades tiveram quantidade de água disponível semelhante. Em janeiro, as camadas mais superficiais (10 e 20 cm) apresentaram potenciais mais negativos que em 30 e 40 cm, indicando maior disponibilidade de água para as plantas nas camadas mais profundas. O menor potencial matricial nas profundidades de 10 e 20 cm pode ser atribuído a dois fatores: o maior consumo de água pelas videiras e pela vegetação espontânea, até 30 cm de profundidade e também, devido ao processo evaporativo, pois a secagem do solo inicia pelas camadas mais superficiais.

Estas diferenças na disponibilidade de água para as plantas entre os tratamentos descoberto e coberto, estão relacionadas à condição imposta pela adoção da cobertura plástica sobre o dossel das plantas, concentrando a chuva na entrelinha das mesmas. Porém, como será discutido no próximo item, esta menor

disponibilidade de água na linha de plantas no tratamento coberto não condiciona menor potencial da água nas folhas dessas.

### **4.3 Condição hídrica das plantas**

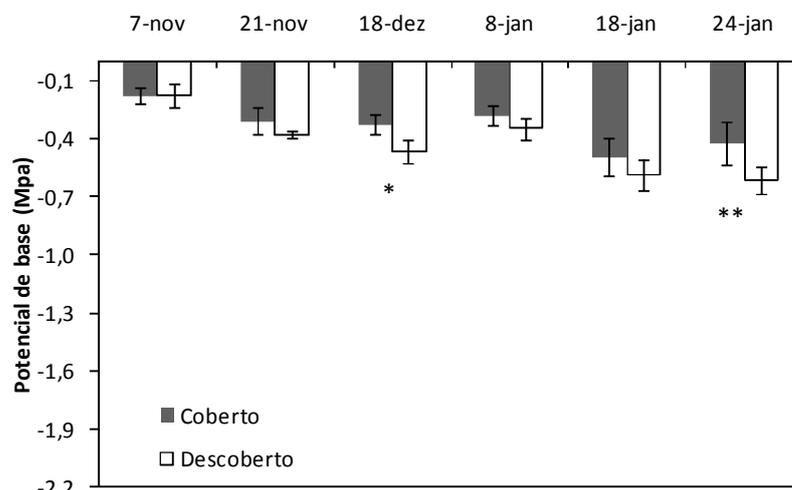
#### **4.3.1 Potencial de base e potencial mínimo da água na folha**

Na Figura 6 está representado o potencial de base ( $\Psi_b$ ) da água na folha, medido em alguns dias, durante a condução do experimento. Ele foi maior na área coberta do que na descoberta, embora tenha apresentado diferenças estatisticamente significativas em apenas dois dias.

No estágio de crescimento herbáceo da baga (dezembro) o potencial de base variou de -0,2 a -0,3 MPa no tratamento coberto e de -0,2 a -0,5 MPa no descoberto. Na maturação dos frutos, a variação foi de -0,3 a -0,5 MPa no coberto e de -0,3 a -0,6 no descoberto. Carbonneau (1998), citado por Ojeda (2007), estabeleceu faixas de potencial de base que caracterizam estados hídricos ótimos para *Vitis vinífera*, em função do estágio fenológico em que a videira se encontra, para a Europa. A condição hídrica foi considerada ótima quando os valores de potencial de base estiverem entre 0 e -0,6 MPa durante o crescimento herbáceo da baga e entre -0,3 e -0,6 MPa na maturação dos frutos. Apesar dessas faixas terem sido atribuídas para espécies diferentes e em condições edafoclimáticas distintas, elas podem servir como referências em outras condições, já que poucos trabalhos foram desenvolvidos nas condições da ‘Serra Gaúcha’.

Considerando que o potencial de base é lido antes da abertura estomática, há uma relação de equilíbrio entre o potencial de base e o potencial da água no solo (Katerji & Hallaire, 1984). Observando-se os dados de potencial de base, percebe-se

que estes acompanharam os valores de potencial da água no solo. Maiores potenciais de base (observados em dezembro) seguiram os maiores potenciais da água no solo, assim como as menores disponibilidades hídricas no solo (observadas em janeiro) (Figuras 4 e 5) proporcionaram menores potenciais de base nas folhas (Figura 6).



Diferenças significativas a 5% (\*) e 1% (\*\*) de probabilidade de erro, pela análise de variância.

FIGURA 6. Potencial de base ( $\Psi_b$ ) em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem cobertura plástica (descoberto) e respectivo desvio padrão, na média de cinco repetições. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

Apesar da menor disponibilidade de água na linha de plantas do vinhedo coberto demonstrada pelos valores de potencial da água no solo (Figura 4), as videiras em cultivo protegido apresentaram maior potencial de base. Provavelmente, estas plantas estenderam suas raízes até a entrelinha, onde a disponibilidade hídrica era maior. Além disso, a demanda evaporativa da atmosfera do ambiente coberto é menor (Cardoso *et al.*, 2008), sendo este o fator mais importante que influenciou nas diferenças entre os tratamentos. Nestas condições os potenciais de base foram mais elevados nas plantas sob cobertura plástica.

Pesquisando o microclima e as relações hídricas em vinhedos de *Vitis vinifera* cv. Itália, e comparando vinhedo coberto e descoberto, na Itália, Rana *et al.* (2004) também observaram a tendência de potenciais de base mais elevados nas plantas da

área coberta que na descoberta. Também atribuíram influência da cobertura plástica sobre os maiores potencial de base, pois as plantas cobertas demoraram 27 dias para diminuir seu potencial de base de -0,1 para -0,3 MPa, enquanto na área descoberta as plantas atingiram esse potencial em apenas nove dias. Portanto, a cobertura plástica sobre as videiras demonstra ser um atenuante para períodos de déficit hídrico.

O potencial mínimo ( $\Psi_{\text{mín}}$ ) da água na folha, medido em alguns dias durante a condução do experimento, está representado na Figura 7. Assim como o potencial de base, o potencial mínimo foi maior na área coberta que na descoberta, com diferenças estatisticamente significativas em quatro dias, dos seis avaliados.

Na média das avaliações, a diferença no potencial mínimo da água na folha entre os tratamentos foi de 0,1 MPa, variando de 0,1 a 0,4 MPa. Este efeito demonstra, sobretudo, a influência das alterações do microclima sobre a condição hídrica das plantas, devido à cobertura plástica. De modo coerente, o potencial mínimo da água na folha ( $\Psi_{\text{mín}}$ ) teve relação com a variação diária da demanda evaporativa da atmosfera. Sob cobertura plástica, as videiras mantiveram potenciais da água mais elevados (portanto, mais água nos tecidos), o que está relacionado a uma menor transpiração devido a uma menor demanda evaporativa.

Segundo Choné *et al.* (2001) o potencial mínimo da água na folha pode ser um adequado indicador da condição hídrica em situações de restrição hídrica leve a média. Segundo os valores de potencial de base, nas condições do experimento, as videiras estavam expostas a uma restrição hídrica de leve a média. Portanto, para condições meteorológicas semelhantes àsquelas observadas em 2007/08, o potencial da água na folha mínimo pode ser considerado um adequado indicador da condição hídrica das videiras.

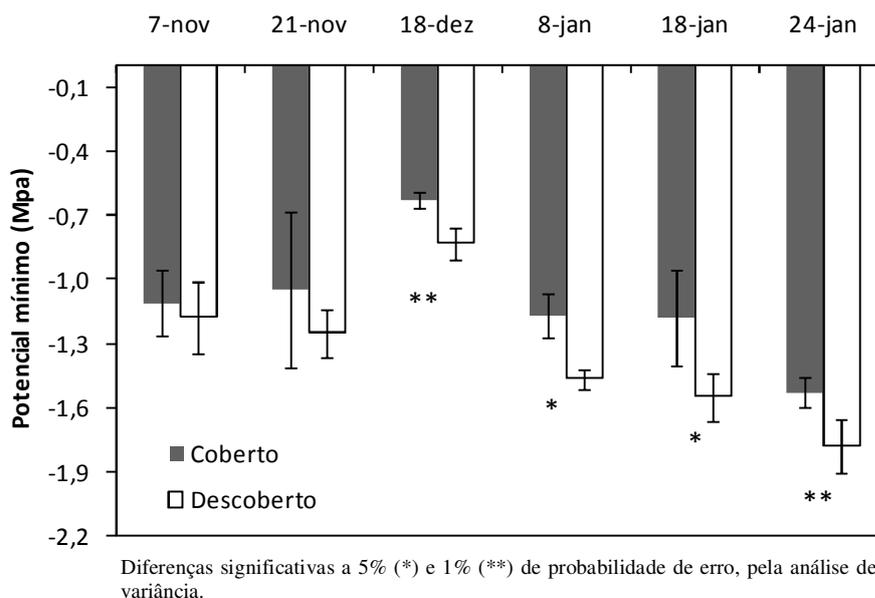


FIGURA 7. Potencial mínimo ( $\Psi_{\text{mín}}$ ) da água em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem cobertura plástica (descoberto) e respectivo desvio padrão, na média de cinco repetições. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

#### 4.4 Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, temperatura da folha, taxa fotossintética líquida e condutância foliar em relação ao horário

A Tabela 1 mostra o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) nos dias e horários em que foram feitas medições de trocas gasosas. Em todos os dias e horários avaliados,  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foi superior no vinhedo descoberto, com diferença média de 1,0 kPa entre os tratamentos, o que representa um déficit superior em 26% no tratamento descoberto em relação ao coberto. No dia 21 de novembro a diferença média entre os tratamentos foi de 0,64 kPa. Nesse dia, a maior diferença entre os tratamentos ocorreu às 9h (0,8 kPa), quando  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foi 33% maior no tratamento descoberto (Tabela 1).

No dia 04 de dezembro, e nos horários de maior demanda evaporativa da atmosfera (12 e 14h) ocorreram os maiores valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  no vinhedo a céu aberto, bem como a maior diferença entre os tratamentos, em comparação aos outros

períodos avaliados (Tabela1). Às 14h  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foi de 4,32 kPa no vinhedo descoberto e de 2,57 kPa sob cobertura plástica. Portanto, ele foi 40% superior no vinhedo a céu aberto. Por outro lado,  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foi semelhante entre os dois ambientes em 08 de janeiro de 2008, sendo somente 12% maior no tratamento descoberto, sem significância estatística (Tabela 1). Este foi um dia em que a temperatura e a umidade do ar foram semelhantes entre as áreas, assim como a diferença na velocidade do vento nos dois ambientes. Pelo observado no Apêndice 2, comparando o déficit de pressão de vapor do ar entre os dias analisados, no dia 08 de janeiro foi quando ocorreram os maiores valores de déficit de pressão de vapor do ar no ambiente com cobertura plástica, o que pode ter restringido a abertura estomática neste ambiente, em relação aos outros dias.

TABELA 1. Déficit de pressão de vapor entre folha e ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) em vinhedo com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica, para diferentes datas e horários. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

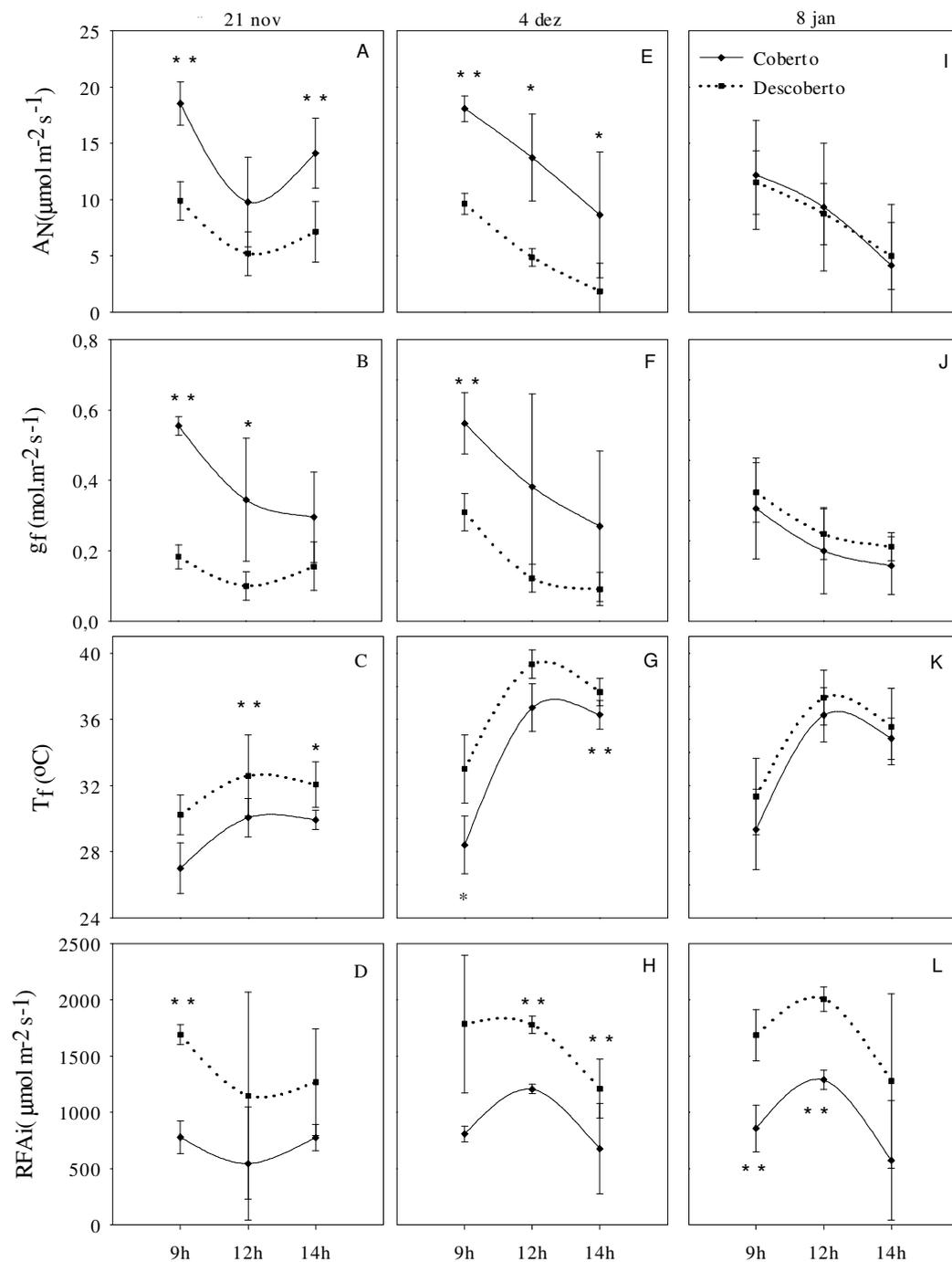
Hora	Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (KPa)								
	21/nov		4/dez		8/jan				
	Coberto	Descoberto	Coberto	Descoberto	Coberto	Descoberto			
09:00	1,62	2,43	*	1,43	2,06	*	1,87	2,34	ns
12:00	1,79	2,40	ns	2,97	4,71	*	3,36	3,77	ns
14:00	1,68	2,19	*	2,57	4,32	*	2,99	3,26	ns

Diferenças significativas a 5% (\*) de probabilidade de erro, pela análise de variância.

Nos três dias avaliados a temperatura da folha foi maior nas plantas a céu aberto que nas cobertas (Figura 8 C, G e K). A temperatura das folhas variou de 27,0 a 36,7°C no ambiente coberto e de 30,0 a 39,3°C a céu aberto, sendo que as maiores temperaturas ocorreram próximo às 12h. A menor temperatura da folha nas plantas sob cobertura plástica pode ser atribuída à diminuição na disponibilidade de radiação solar e, portanto, do fluxo energético incidente sobre o dossel. A radiação solar absorvida pela planta, acima do ponto de saturação, acarreta aumento da temperatura

das folhas e, conseqüentemente, elevação da taxa respiratória (Mullins, 1992). As temperaturas mais elevadas que ocorreram nas folhas do vinhedo descoberto, como de 39°C no dia 04 de dezembro de 2007 (Figura 8), podem ter limitado a taxa fotossintética líquida pela instabilidade térmica de enzimas e ruptura da integridade das membranas fotossintéticas (Kliewer, 1990).

As temperaturas das folhas estiveram acima das temperaturas do ar em 2 a 6°C no vinhedo coberto e em 4 a 9°C no descoberto. Maiores diferenças entre as temperaturas da folha e do ar circundante implicam em maior  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Jones, 1992). Valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  expressam a diferença entre a pressão de saturação de vapor d'água do ar dentro da folha ( $e_{\text{sfolha}}$ ), controlada pela temperatura da folha, e a pressão de vapor do ar ( $e_{\text{ar}}$ ), que é função da temperatura e da umidade do ar que circunda a folha (Taiz & Zeiger, 2003). As maiores temperaturas das folhas no vinhedo descoberto (Figura 8 C, G e K) foram responsáveis pelos maiores  $DPV_{\text{folha-ar}}$  observados (Tabela 1). O  $DPV_{\text{folha-ar}}$  é um importante fator que afeta a condutância estomática (Streck, 2003).



Diferenças significativas a 5% (\*) e 1% (\*\*) de probabilidade de erro, pela análise de variância.

FIGURA 8. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ), condutância foliar ( $g_f$ ), temperatura da folha ( $T_f$ ) e radiação fotossinteticamente ativa incidente ( $RFA_i$ ) em folha de videiras cv. Niágara Rosada com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica nos dias 21/11/07, 04/12/07 e 08/01/08. Bento Gonçalves, RS.

Nas avaliações pontuais de trocas gasosas observou-se que a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre as videiras a céu aberto variou de 1210 e 2006  $\mu\text{mol de f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (Figura 8 D, H e L). No tratamento coberto os valores observados ficaram entre 544 a 1288  $\mu\text{mol de f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Nos dois ambientes a radiação incidente foi suficiente para que a m\u00e1xima taxa de fotoss\u00edntese fosse alcan\u00e7ada, se outros fatores n\u00e3o estivessem limitando. No entanto, a céu aberto, a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente foi maior do que a radiação em que ocorre a satura\u00e7\u00e3o da taxa fotossint\u00e9tica l\u00edquida. Esta maior radiação excedente tende a provocar aumento da temperatura da folha (Taiz & Zeiger, 2004), como foi observado na Figura 8.

As respostas das plantas, no que se refere \u00e0 taxa fotossint\u00e9tica l\u00edquida, condut\u00e2ncia foliar e temperatura da folha observadas na Figura 8 refletem a influ\u00eancia das condi\u00e7\u00f5es micrometeorol\u00f3gicas \u00e0s quais as plantas foram submetidas, bem como a condi\u00e7\u00e3o h\u00eddrica das mesmas. Como as medidas foram tomadas em condi\u00e7\u00f5es de campo, \u00e9 importante considerar que os fatores ambientais n\u00e3o exercem influ\u00eancias isoladamente, mas em intera\u00e7\u00e3o uns com os outros.

Nos dias 21 de novembro e 04 de dezembro as plantas sob cobertura pl\u00e1stica apresentaram maior taxa fotossint\u00e9tica l\u00edquida (55%) e maior condut\u00e2ncia foliar (61%), em compara\u00e7\u00e3o \u00e0s plantas a céu aberto (Figura 8 A, E, B e F). Estas respostas refletem a influ\u00eancia das altera\u00e7\u00f5es micrometeorol\u00f3gicas impostas pela cobertura pl\u00e1stica sobre as plantas. Nos dias em que o contraste no  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$  entre os tratamentos foi maior (Tabela 1), as diferen\u00e7as na taxa fotossint\u00e9tica l\u00edquida ( $A_N$ ) e na condut\u00e2ncia foliar ( $g_f$ ) foram maiores, como nos dias 21 de novembro e 04 de dezembro. No entanto, no dia 08 de janeiro,  $A_N$  e a  $g_f$  foram semelhantes nos dois tratamentos (Figura 8 I e J). Possivelmente, o potencial fotossint\u00e9tico das plantas

cobertas era menor que nos dias anteriores de avaliação devido ao fato das videiras apresentavam sintomas de deficiência de magnésio. A carência deste elemento nas folhas pode ter diminuído seu potencial fotossintético, o que está de acordo com a resposta fotossintética à disponibilidade de luz em 09 de janeiro de 2008 (Figura 10). Outro fator que pode ter contribuído foi o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  semelhante nas duas áreas em 08 de janeiro, devido a temperatura e umidade do ar estarem semelhantes entre as áreas, assim como a velocidade do vento.

Independente do tratamento, os maiores valores de  $A_N$  e  $g_f$  foram observados às 9h da manhã, nos três dias de avaliação. Isto se deve, provavelmente, à condição hídrica da planta, devido ao elevado teor de água nesse horário. Com o aumento da demanda evaporativa, ao longo do dia, a difusão de água para fora da folha também aumenta, até o momento em que não é suficientemente fornecida pela estrutura vascular e radicular da planta, causando déficit hídrico de curto prazo (Streck, 2003). Por essa razão, em resposta à perda de água, os estômatos regulam sua abertura nos momentos de maior demanda evaporativa da atmosfera, como foi observado em 04 de dezembro de 2007 e 08 de Janeiro de 2008 (Figura 8 F e J). Já, no dia 21 de novembro de 2007, as respostas em  $A_N$  e  $g_f$  demonstram estar mais associadas à radiação fotossinteticamente ativa disponível no momento da leitura, em particular a redução de  $A_N$  e  $g_f$  às 12h e posterior aumento nas leituras realizadas às 14h (Figura 8 A, B e D).

#### **4.5 Fotossíntese potencial em relação à disponibilidade de radiação**

A fotossíntese potencial em função da disponibilidade de radiação apresentou diferenças entre os dois ambientes na avaliação realizada no estádio de início da compactação dos cachos. Nas Figuras 9 e 10 estão representadas as

avaliações realizadas em 07 de novembro de 2007 (estádio início da compactação do cacho) e 09 de janeiro de 2008 (mudança de cor das bagas).

No início da compactação do cacho (07 de novembro de 2007), as plantas da área coberta apresentaram ponto de compensação ( $\Gamma$ ) de  $37,78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (folhas expostas à radiação solar), e na área descoberta foi de  $67,94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Tabela 2). Os valores observados são coerentes com resultados de Pilar *et al.* (2005), que variaram de 15 a  $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , dependendo do sistema de condução das plantas. O menor ponto de compensação em plantas cobertas pode ser atribuído às taxas respiratórias mais baixas (Tabela 2), devido a um processo de aclimatação que, normalmente, ocorre em plantas submetidas à menor disponibilidade de radiação (Lambers et al., 1998).

TABELA 2. Taxa máxima fotossintética líquida ( $A_{N\text{máx}}$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), ponto de compensação de luz ( $\Gamma$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), respiração no escuro ( $R_e$ ) ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e eficiência quântica aparente ( $\phi_a$ ) em folhas de videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

Parâmetros	7/nov/07				9/jan/08			
	Folha exposta		Folha sombreada		Folha exposta		Folha sombreada	
	Coberto	Descoberto	Coberto	Descoberto	Coberto	Descoberto	Coberto	Descoberto
$A_{N\text{máx}}$	28,69aA	14,62bA	16,14aA	13,7aA	15,1aB	13,67aA	16,31aA	14,5aA
$\Gamma$	37,78aA	67,94bA	18,17aA	26,95aA	55,17aA	47,41aA	23,42aA	24,92aA
$R_e$	1,97aA	2,42aA	1,1aA	1,61aA	1,95aA	1,97aA	1,24aA	1,4aA
$\phi_a$	0,04aA	0,03bA	0,04aA	0,03aA	0,03aB	0,03aA	0,03aA	0,03aA

Médias na linha seguidas por letras minúsculas (entre cultivos coberto e descoberto) ou maiúsculas (entre datas em cada cultivo) distintas diferem entre si a 5% de probabilidade de erro, pela análise de variância.

A saturação da taxa fotossintética líquida, em folhas expostas a radiação solar incidente, ocorreu em torno de  $1000 \mu\text{mol}$  de fótons. $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no vinhedo coberto e em torno de  $700 \mu\text{mol}$  de fótons. $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no descoberto. Esta diferença pode ser atribuída à melhor condição hídrica das videiras (Figura 6) e ao menor déficit de pressão de vapor do ambiente sob cobertura plástica, que possibilitaram maior abertura

estomática e saturação da fotossíntese em valores mais elevados de radiação fotossinteticamente ativa. As videiras a céu aberto recebiam uma quantidade maior de radiação solar e apresentaram saturação da taxa fotossintética em valores menores de energia incidente que na área coberta. Nessas condições, uma maior quantidade de radiação não é aproveitada pela fotossíntese, ocasionando maior aquecimento do dossel e, conseqüentemente, maior déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

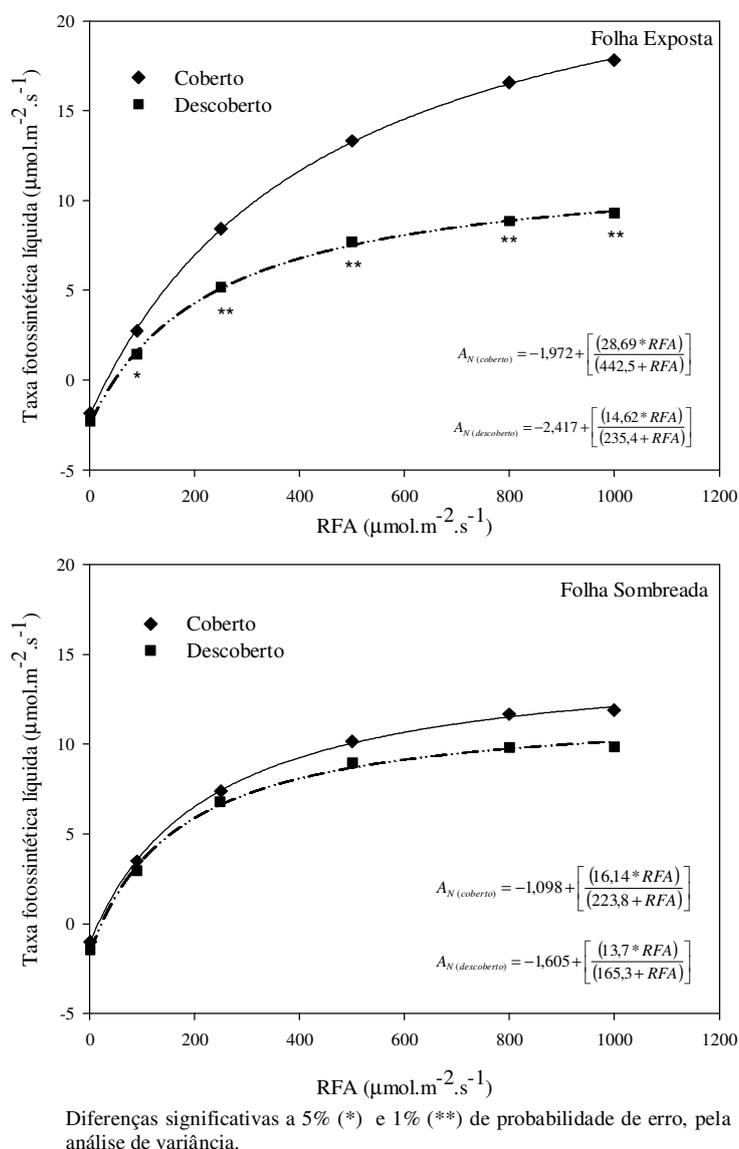


FIGURA 9. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente nas folhas de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 07 de novembro 2007.

A eficiência quântica aparente ( $\phi_a$ ), avaliada em 07 de novembro de 2007, foi 25% maior no tratamento coberto que a céu aberto (Tabela 2). Para assimilar um  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  as plantas cobertas necessitavam 25  $\mu\text{mol}$  de fótons, enquanto a céu aberto elas necessitavam de 33  $\mu\text{mol}$  de fótons. Provavelmente, a maior eficiência das plantas cobertas seja decorrente da menor energia destinada aos processos de manutenção celular, por apresentarem taxas respiratórias mais baixas.

A diferença do potencial fotossintético entre os tratamentos foi maior nas avaliações realizadas no início da compactação do cacho (07 de novembro). Na primeira data de avaliação, as videiras cobertas apresentaram potencial fotossintético mais elevado que as plantas a céu aberto (Figura 9). As taxas de fotossíntese líquida máxima ( $A_{N_{\text{máx}}}$ ) nas folhas expostas à radiação solar foram de 28,69  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  nas plantas cobertas e de 14,62  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  nas descobertas, o que representa uma diferença de 49% (Tabela 2). Nas folhas sombreadas pelo dossel a diferença entre os tratamentos foi de 15%, porém esta diferença não foi significativa.

Valor semelhante ao observado nas plantas descobertas foi verificado por Pilar *et al.* (2005) avaliando respostas de videiras ‘Tempranillo’ sob diferentes sistemas de condução, quando encontraram  $A_{N_{\text{máx}}}$  de 15,65  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Os maiores valores de  $A_{N_{\text{máx}}}$  observados nas videiras cobertas podem ser atribuídos à melhor condição hídrica das plantas (Figuras 6 e 7) e ao menor déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar no ambiente sob cobertura plástica, que possibilitaram maior abertura estomática (Figura 8).

Um fator que pode ter contribuído para aumento das taxas fotossintéticas líquidas no vinhedo coberto, na avaliação realizada no início da compactação do cacho, pode ter sido o maior teor de clorofila (quantidade de clorofila por massa fresca). As plantas submetidas à menor disponibilidade de luz possuem folhas mais

finas, com cloroplastos maiores e com maior quantidade de clorofila, se comparadas às plantas expostas à alta luminosidade (Boardman, 1977). Durante o crescimento, as videiras cobertas aumentam o parênquima paliçádico e modificam a composição de pigmentos, tendo maior quantidade de clorofila e menor razão clorofila a/b (Chavarria, 2008). Estas alterações morfológicas, em conjunto com alterações na demanda evaporativa da atmosfera, permitem que as plantas sob cobertura alcancem maiores taxas fotossintéticas líquidas.

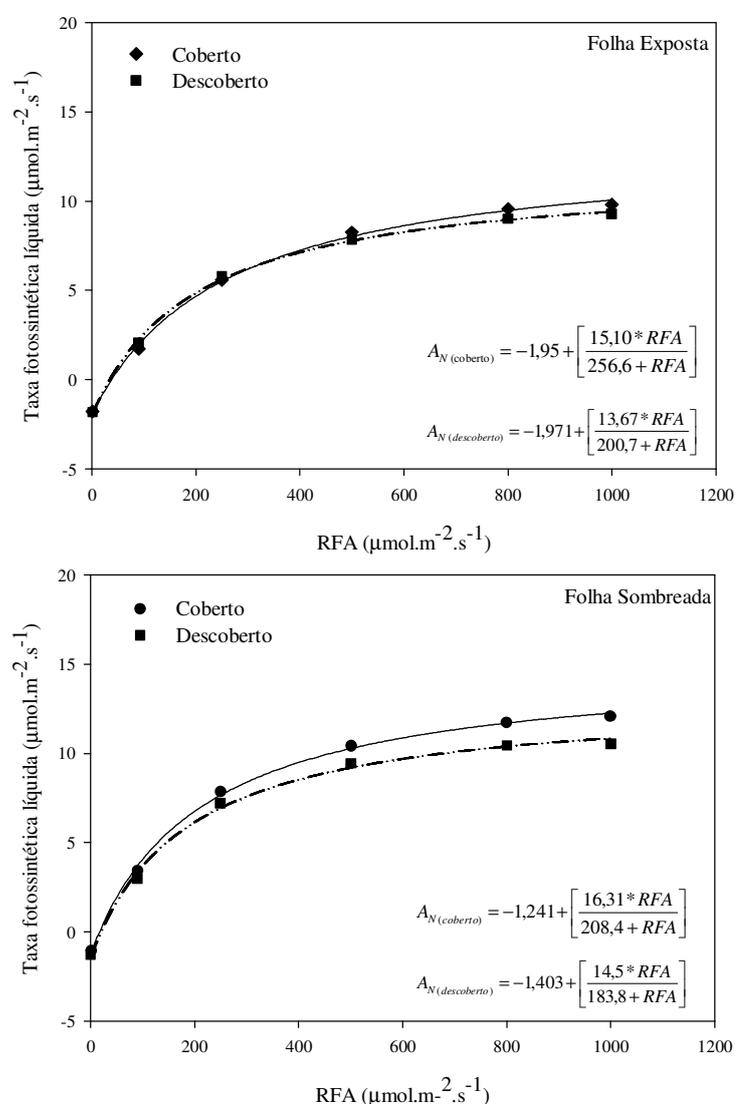


FIGURA 10. Taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente nas folhas de videiras cv. Niágara Rosada nos tratamentos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica em diferentes exposições a luminosidade (exposta e sombreada). Bento Gonçalves, RS, 09 de janeiro 2008.

A condição fitossanitária das plantas também pode ter influenciado nas diferenças entre taxas de fotossíntese líquida potencial. Os primeiros sintomas de míldio e antracnose foram observados nas folhas e ramos das plantas à céu aberto, no estágio de plena floração (Comiran *et al.*, 2009). Portanto, a incidência de doenças fúngicas nas folhas das plantas descobertas também pode ter contribuído à redução do potencial fotossintético destas videiras.

A diferença no potencial fotossintético observado no estágio de compactação dos cachos (Tabela 2 e Figura9) pode ser também atribuída à antecipação da maturidade fisiológica das folhas das videiras cobertas em relação as das plantas descobertas. Em função do maior acúmulo de calor, propiciado pela cobertura plástica, ocorre antecipação da brotação das videiras neste ambiente, sendo antecipada as fases fenológicas das plantas cobertas da brotação até a mudança de cor das bagas (Chavarria, 2008). As folhas das videiras alcançam atividade fotossintética máxima quando estão totalmente expandidas (Kriedemann *et al.*, 1970). Devido à brotação antecipada, as folhas das plantas cobertas podem ter atingido a maturidade fotossintética antes que as folhas das videiras a céu aberto. Este aspecto em conjunto com o microclima ao qual as plantas da área coberta estavam submetidas podem ter favorecido o processo fotossintético.

No estágio da maturação dos frutos (09 de janeiro de 2008), o potencial fotossintético das plantas na área coberta diminuiu, quando comparado às medidas obtidas no início da compactação dos cachos (07 de novembro de 2007) (Tabela 2), não apresentando diferença em relação ao tratamento descoberto (Figura 10). Nas folhas expostas à radiação solar observou-se taxa máxima fotossintética líquida de 15,1 e de 13,67  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  para as plantas cobertas e descobertas, respectivamente.

Em videiras ‘Cabernet Sauvignon’ sob cultivo protegido, em Caxias do Sul – RS, também no subperíodo de início da maturação dos frutos, Mota (2007) observou curvas de resposta da taxa fotossintética líquida à luz similares entre plantas cobertas e descobertas, com valores de  $A_{N_{máx}}$  de 15,2 e 14,1  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente.

Comparando os valores encontrados nas duas datas de avaliação (Tabela 2), houve redução de 47% na  $A_{N_{máx}}$  das plantas do tratamento coberto, entre o início da compactação do cacho (07 de novembro de 2007) e o estágio de mudança de cor das bagas (09 de janeiro de 2008).

Outro aspecto que pode ter contribuído para a redução do potencial fotossintético das plantas cobertas foi a deficiência de nutrientes. Em 09 de janeiro de 2008 as videiras sob cobertura plástica apresentavam sintomas de deficiência de magnésio. Este sintoma se caracteriza por clorose entre as nervuras foliares que, devido à sua mobilidade, é visualizado primeiramente nas folhas mais velhas (Taiz & Zeiger, 2004). Este nutriente é absorvido pelas plantas por fluxo transpiratório ou de massa, originado pela diferença de potencial da água no sistema solo-planta-atmosfera (Gianello, 2004). A deficiência de magnésio pode ter sido causada pela diminuição do fluxo de seiva, ocasionada pela menor demanda evaporativa da atmosfera à qual estavam submetidas às videiras sob cobertura (Tabela 2). A relação entre fluxo de seiva e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar foi avaliada por Patakas *et al.* (2005), em *Vitis vinifera* L. cv. Malagouzia, na Grécia. Os autores observaram que o fluxo de seiva, em plantas bem hidratadas, aumenta linearmente com o  $DPV_{\text{folha-ar}}$ . Possivelmente, o menor  $DPV_{\text{folha-ar}}$  observado no vinhedo coberto pode ter ocasionado redução da absorção de magnésio por fluxo de massa.

Nos vegetais os íons magnésio são importantes na ativação de enzimas que participam da respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, integrando também

a estrutura em anel da molécula de clorofila (Taiz & Zeiger, 2004). Portanto, a redução de  $A_{N_{\text{máx}}}$  entre as duas datas de avaliação (Tabela 2), nas plantas cobertas, pode ter sido causada pela deficiência de magnésio. Segundo Larcher (2000) a deficiência de magnésio e ferro causa declínio da fotossíntese em um terço dos valores originais.

A transpiração e o fluxo de seiva, bem como a mobilidade dos nutrientes, precisam ser melhor estudados em videiras sob cobertura plástica. No presente estudo, tentou-se medir o fluxo de seiva nas plantas dos dois tratamentos, nas safras 2007/08 e 2008/09, através de equipamento desenvolvido por Santos *et al.* (2005), no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Porém, não foi possível obter valores precisos, por problemas técnicos na instalação dos sensores e durante as medições.

#### **4.6 Relações entre parâmetros ecofisiológicos e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar**

A taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) relacionada ao déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) está representada na Figura 11. A taxa fotossintética líquida diminuiu com o aumento de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  comprovando uma relação entre as duas variáveis. Na mesma figura, observa-se que os maiores valores de taxa fotossintética líquida correspondem aos menores valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  e esses ocorreram no tratamento coberto. Ao contrário, os menores valores de taxa fotossintética líquida estão associados aos maiores valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  que foram verificados no tratamento descoberto.

A grande dispersão dos valores de taxa fotossintética líquida entre 1,5 e 3,5 kPa de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  é devida a influência de outros fatores no momento da leitura (Figura 11). Principalmente no tratamento coberto, os diferentes valores de  $A_N$  para

um mesmo valor de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  são devido a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFAi) na folha no momento da leitura. Para um mesmo valor de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  de 2 kPa, observa-se no tratamento coberto valores de  $A_N$  de 4 e também de 14  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Esta diferença foi ocasionada principalmente pela RFAi no momento da medição que foi de 206 e 963  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente. No entanto no tratamento descoberto, além da RFAi, outros fatores exerceram influência, como velocidade do vento e condição hídrica das plantas.

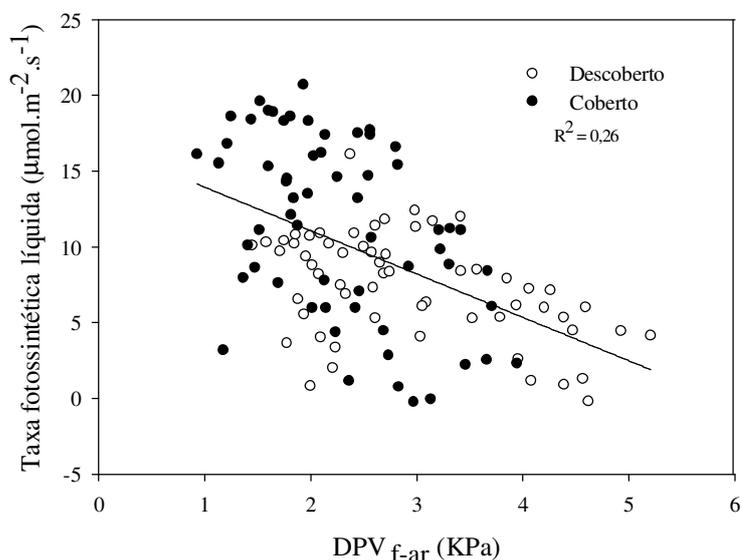


FIGURA 11. Relação entre taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{f-ar}}$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

A condutância foliar relacionada ao  $DPV_{\text{folha-ar}}$  está representada na Figura 12. Observa-se que a condutância foliar esteve relacionada de forma exponencial com o  $DPV_{\text{folha-ar}}$ . Observa-se que os maiores valores de condutância foliar estão relacionados com os menores valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  verificados no tratamento coberto. O sombreamento reduziu a temperatura das folhas, como observado na

Figura 8. Conseqüentemente, o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  diminuiu, resultando em maiores condutâncias foliares e taxas fotossintéticas líquidas.

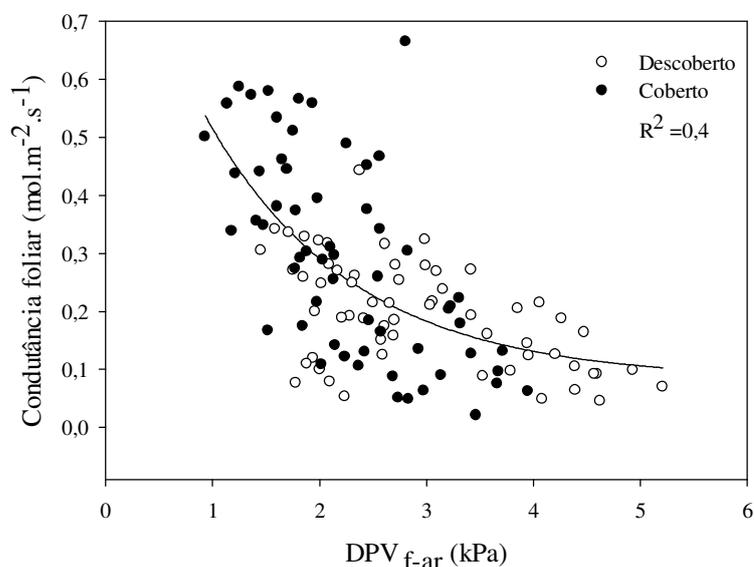


FIGURA 12. Relação entre condutância foliar ( $g_f$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{f-ar}$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

Resposta semelhante foi observada por Jifon & Syvertsen (2003) que caracterizaram as limitações estomáticas e não estomáticas sobre a taxa fotossintética líquida em folhas de citros sombreadas e expostas ao sol. Os autores observaram que a taxa fotossintética líquida e a condutância estomática diminuíram com o aumento do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar. Quando  $DPV_{\text{folha-ar}}$  aumentou de 1,5 para 5 kPa a condutância estomática diminuiu em torno de 75% e a taxa fotossintética líquida sofreu redução de 40%. Da mesma forma, Dai *et al.* (1992) observaram que a taxa fotossintética líquida e a condutância estomática diminuíram com o aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  em duas espécies de plantas  $C_3$  e uma espécie  $C_4$ .

As respostas dos parâmetros de trocas gasosas ao  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Figuras 11 e 12) apresentaram grande variabilidade, o que pode ser atribuído às interações com outras

variáveis micrometeorológicas. Sob condições de campo, os fatores ambientais não exercem influência isoladamente, mas em interação uns com os outros.

Observa-se que o coeficiente de determinação da relação entre a condutância foliar e o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Figura 12) foi maior que entre a taxa fotossintética líquida e o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (Figura 11). Isto ocorre porque a taxa fotossintética líquida, além de ser influenciada pelos mesmos fatores que interferem na condutância foliar, ainda sofre a influência dos fatores bioquímicos que estão relacionados ao processo fotossintético, como a quantidade de enzimas que são indispensáveis ao processo, o que proporciona aumento na dispersão dos pontos. A condutância estomática exerce influência na taxa fotossintética líquida, porém na fotossíntese ainda há outros fatores não estomáticos induzidos pela alta radiação e aumento da temperatura da folha (Jifon & Syvertsen, 2003).

A Figura 13 evidencia que a taxa fotossintética líquida aumentou com o aumento da condutância foliar. A relação obtida entre estes parâmetros é consistente com outras observações recentes para videira (Medrano *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2005; Cifre *et al.*, 2005).

Na Figura 13 observa-se que o intervalo de valores de condutância foliar no vinhedo descoberto foi menor que no coberto e que os maiores valores de taxa fotossintética líquida (relacionados aos maiores valores de condutância) ocorreram no tratamento coberto. A maior quantidade de pontos no tratamento descoberto ficou compreendida entre condutâncias foliares de 0,04 e 0,32  $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Condutâncias entre 0,35 e 0,66  $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  foram observadas somente em videiras cobertas. Estas respostas podem ser atribuídas às condições micrometeorológicas, principalmente ao  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , como descrito anteriormente (Figuras 11 e 12). Além disso, as plantas

descobertas foram submetidas à maiores velocidades do vento, que também atuam sobre os estômatos e podem restringir sua abertura.

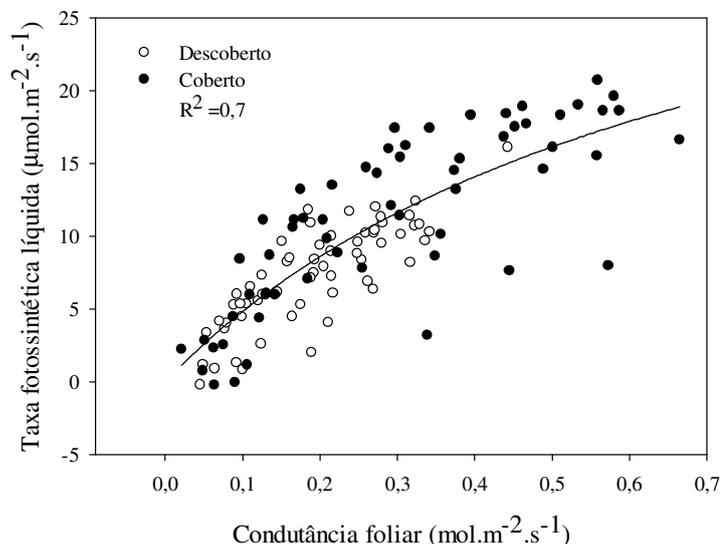


FIGURA 13. Relação entre taxa fotossintética líquida ( $A_N$ ) e condutância foliar ( $g_f$ ) de videiras em cultivos com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

Outro fator que pode ter restringido a condutância foliar nas plantas descobertas é o potencial da água na folha, já que estas apresentaram potenciais de base entre -0,2 e -0,6 MPa (Figura 6). Em uma revisão sobre indicadores fisiológicos da videira que poderiam ser utilizados para programar a irrigação, Cifre *et al.* (2005) observaram que videiras com potenciais de base entre 0 e -0,3 MPa apresentam condutância estomática variável, com valores entre 0,5 e 0,05  $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ; porém, em valores menores que -0,4 MPa a condutância estomática é reduzida a quase a zero.

#### 4.7 Produção

Na Tabela 3 são apresentadas médias dos componentes do rendimento dos vinhedos coberto e descoberto. Observa-se que as condições micrometeorológicas impostas pela cobertura, que também foram aplicadas às plantas na safra anterior, não influenciaram o potencial de diferenciação das gemas, já que o número de

cachos por planta foi semelhante entre os tratamentos coberto e descoberto. Com relação aos outros componentes do rendimento, nota-se que houve diferença significativa entre as áreas.

A massa do cacho está relacionada com o número de bagas e a massa de cada baga. As plantas da área coberta apresentaram, em média, 81 bagas.cacho<sup>-1</sup> enquanto que na área descoberta, os cachos tinham, em média, 47 bagas (Tabela 3). Como resultado, a massa do cacho foi significativamente maior no vinhedo com cobertura plástica (média de 331,9 g) em relação ao descoberto (média de 163,6 g). Provavelmente, o número de bagas foi influenciado pela condição fitossanitária das plantas, já que os primeiros sintomas de míldio e antracnose foram observados somente na área descoberta, no estágio de plena floração, o que pode ter causado diminuição do número de bagas (Comiran *et al.*, 2009). Outro fator que pode ter contribuído para as diferenças observadas no número de bagas por cacho foi a ocorrência de precipitação quando as plantas da área descoberta estavam no estágio de floração. Neste aspecto, a cobertura plástica atuou como uma barreira física, evitando o impacto das gotas de chuva nas inflorescências, o que pode ter contribuído para o maior número de bagas por cacho observado na área coberta na comparação ao cultivo a céu aberto.

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação da Uva Rústica (Brasil, 2002), os cachos são classificados de acordo com o seu peso em gramas em cinco classes ou calibres, variando da classe 1 ou 50, onde se enquadram os cachos com peso maior ou igual a 50 e menor que 150g, até a classe 5 ou 450, que enquadra os cachos com peso maior ou igual a 450. Pelos valores de massa de cacho produzido pelas plantas cobertas, estes seriam identificados dentro das classes 3 e 4. Já, os da área descoberta estariam nas classes 1

e 2. Além do menor peso, ainda os cachos do vinhedo descoberto apresentavam diversos defeitos considerados graves, que depreciam a qualidade dos frutos, como podridão e rompimento da epiderme da baga. Portanto, a cobertura plástica sobre as videiras Niágara Rosada proporcionou a produção de cachos com maior valor comercial.

TABELA 3. Componentes do rendimento em videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2008.

<b>Componentes do Rendimento</b>	<b>Coberto</b>	<b>Descoberto</b>		<b>CV (%)</b>
Comprimento de cachos (cm)	13,8	10,5	**	16,25
Massa.cacho <sup>-1</sup> (g)	331,9	163,6	**	23,94
Diâmetro das bagas (mm)	18,8	17,8	**	3,16
Massa.baga <sup>-1</sup> (g)	4,7	4,0	**	3,3
Número de bagas.cacho <sup>-1</sup> (unidades.cacho <sup>-1</sup> )	80,6	46,7	**	27,07
Número de cachos.planta <sup>-1</sup> (unidades.pl <sup>-1</sup> )	33,8	34,1	ns	32,47
Produção.planta <sup>-1</sup> (kg.pl <sup>-1</sup> )	10,2	4,6	**	35,56
Produção.área <sup>-1</sup> (Mg.ha <sup>-1</sup> )	27,1	12,3	**	35,56

Diferenças significativas a 1% (\*\*) de probabilidade de erro, pela análise de variância.

A produção de frutos diferiu entre os tratamentos por planta e, conseqüentemente, a produção por área foi maior no vinhedo coberto (Tabela 3), com diferença média de 55%. O maior rendimento reflete as condições de desenvolvimento às quais as plantas foram submetidas, tanto na safra avaliada como nas anteriores. Como foi discutido anteriormente, nos resultados de trocas gasosas e potencial fotossintético, o microclima imposto pela cobertura às plantas beneficia o processo fotossintético e a condição hídrica das mesmas, assim como desfavorece o desenvolvimento de doenças fúngicas. Como conseqüência, a vida útil das folhas foi prolongada (Comiran *et al.*, 2008), podendo favorecer o acúmulo de reservas pelas videiras e conseqüentemente refletindo-se em melhor desenvolvimento das plantas sob cobertura.

O índice de Ravaz é reconhecido como critério para avaliação do equilíbrio entre a vegetação e a produção da videira. Os valores admissíveis ou mais adequados desse índice estão de acordo com cada variedade e condições de cultivo, e foram determinados para serem um indicador de manejo da copa, principalmente para videiras destinadas à produção de vinhos de qualidade. Em uma revisão sobre a razão entre área foliar e peso de frutos em videiras e sua influencia na composição do fruto e na qualidade do vinho, Kliewer & Dokoozlian (2005) encontraram valores ótimos entre 4 e 10.

O índice de Ravaz apresentou diferença entre os tratamentos coberto e descoberto, sendo respectivamente 10 e 5 (Tabela 4). Por ser a razão entre massa de frutos de cada videira e a respectiva massa dos ramos no momento da poda, a diferença observada se deve à menor produção de frutos na área a céu aberto, já que a massa da madeira de poda não apresentou diferenças. Portanto, as condições microclimáticas impostas pela cobertura plástica sobre as plantas aumentaram o potencial produtivo do vinhedo.

Outros indicadores de relação fonte:dreno são a área foliar de cada planta por sua respectiva produção, expressa em metros quadrados de área foliar por quilograma de fruto, e o número de folhas por cacho. Na área com cobertura estes dois parâmetros foram menores que no tratamento descoberto (Tabela 4). Os valores considerados ideais estão compreendidos entre 0,8 e 1,2 m<sup>2</sup> de área foliar.kg<sup>-1</sup> de frutos (Kliewer & Dokoozlian, 2005). Portanto, segundo esses autores, os valores observados estariam fora dessa faixa. Mas, ressalta-se que os valores ideais foram atribuídos a *Vitis vinifera* L. destinada à produção de vinhos de qualidade, além de terem sido determinados em condições climáticas distintas às do local do

experimento. Portanto, estes podem não ser adequados à cultivar Niágara Rosada e às condições da Serra Gaúcha.

As plantas da área coberta apresentaram maior número de folhas por planta, no entanto a área foliar por planta foi semelhante entre os dois tratamentos. O que pode ser explicado pela diferença no tamanho de cada folha. O sombreamento e a condição hídrica mais elevada das plantas sob cobertura plástica proporcionaram folhas maiores se comparadas às folhas das videiras a céu aberto, o que explica as diferenças observadas nos parâmetros área foliar e número de folhas por planta apresentados na tabela 4.

TABELA 4. Parâmetros para avaliação da relação fonte:dreno em videiras cultivadas com (coberto) e sem (descoberto) cobertura plástica. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

	<b>Coberto</b>	<b>Descoberto</b>		<b>CV (%)</b>
Produção.planta <sup>-1</sup> (kg.pl <sup>-1</sup> )	10,2	4,6	**	35,56
Massa da madeira de poda (kg. pl <sup>-1</sup> )	1,0	1,0	ns	34,76
Índice de Ravaz	10	5	**	40,46
Área foliar.planta <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> de folhas.pl <sup>-1</sup> )	6,9	5,6	ns	22,04
Área foliar.produção <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> de folhas.kg <sup>-1</sup> de fruto)	0,7	1,4	*	51,34
Número de folhas.planta <sup>-1</sup> (unidades.pl <sup>-1</sup> )	298,0	451,4	**	23,22
Número de folhas.cacho <sup>-1</sup> (unidades.pl <sup>-1</sup> )	9,2	14,2	*	33,85

Diferenças significativas a 5% (\*) e 1% (\*\*) de probabilidade de erro, pela análise de variância (F-teste)

Apesar das plantas cobertas apresentarem menor área foliar por produção e menor número de folhas por cacho, devido à maior massa de frutos produzida por planta (Tabela 4), a qualidade dos frutos não diferiu entre os tratamentos, quanto à quantidade de sólidos solúveis totais por volume de mosto (Comiran et al., 2008). Isto pode estar relacionado com as diferenças entre as áreas no potencial fotossintético das plantas e duração da área foliar. Conforme discutido nos itens 4.5 e 4.4, as plantas sob cobertura plástica apresentaram maior potencial fotossintético e, portanto, maior potencial de produção de açúcares, o que pode ter compensado o

menor número de folhas por cacho e menor área foliar fotossintetizante por quilograma de fruto, além disto, a vida útil das folhas foi maior na área coberta.

Tendo em visto que a cobertura plástica altera os parâmetros fisiológicos das videiras, bem como os indicadores da relação fonte:dreno, o manejo da copa nesses ambientes deve ser repensado. Para isso, outros estudos devem ser desenvolvidos com o objetivo de buscar índices mais adequados para as condições ambientais e fisiológicas destas plantas, buscando alcançar o equilíbrio do vinhedo.

Observando os resultados de produção, fica claro que a cobertura plástica exerce impacto positivo no rendimento do vinhedo, demonstrando ser uma alternativa viável para a produção de uvas de mesa com alta qualidade, além de possibilitar o cultivo orgânico. Considerando que este foi o primeiro ano de produção no vinhedo, provavelmente estas diferenças entre as áreas cobertas e descobertas tendem a se intensificar nos anos subseqüentes, em função do desenvolvimento diferenciado das plantas. Ressalta-se, que devido à elevada produção na área coberta o manejo do vinhedo deve ser repensado, com especial atenção para adubação do vinhedo, para se evitar o esgotamento das plantas pelo excesso de produção.

## 5 CONCLUSÕES

A cobertura plástica sobre as plantas restringe a disponibilidade hídrica no solo ao longo da linha das plantas e aumenta na entrelinha. No entanto, as videiras sob cobertura apresentam maior potencial de base e mínimo da água na folha.

As condições microclimáticas impostas pela cobertura plástica sobre as plantas alteram os parâmetros ecofisiológicos das videiras.

A temperatura da folha em videiras sob cobertura plástica é menor que em plantas a céu aberto. Como consequência, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar tem a tendência de ser menor no ambiente coberto.

A condutância foliar e a taxa fotossintética líquida são maiores em videiras sob cobertura plástica que a céu aberto principalmente entre a brotação e a mudança de cor das bagas e quando a demanda evaporativa é contrastante entre as áreas

A condutância foliar e a taxa fotossintética líquida apresentam relação negativa com o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

A cobertura plástica não altera o número de cachos por planta. Porém a produção de uvas em vinhedo coberto é maior que a céu aberto, devido ao maior número de bagas por cacho e à maior massa de cada baga.

A área foliar por produção é menor nas videiras sob cobertura plástica que nas descobertas, devido à diferença na produção de uvas entre os dois vinhedos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BIANCHI, C. A. M. **Condição hídrica de milho (*Zea mays* L.) sob diferentes sistemas de semeadura e níveis de disponibilidade de água no solo**. 2004 98f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of Sun and shade plants. **Annual Reviews Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.

BRASIL. Instrução normativa/MAPA Nº 001, de 01 de fevereiro de 2002. Anexo III - Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a classificação da Uva Rústica. **Diário oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, seção 1, p. 2, 04 abr. 2002 Disponível em <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=12872>>. Acesso em: 20 dez. 2008, 19:50.

CALVETE, E. O. et al. Determinações micrometeorológicas sob diferentes materiais de cobertura para aclimatização de plantas *ex vitro*. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 151-156, 1999.

CAMACHO, M. J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.

CARDOSO, L. S. **Alterações microclimáticas em vinhedos de *Vitis vinifera* L. cv. Moscato Giallo pelo uso de cobertura plástica**. 2007. 134f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CARDOSO, L. S. et al. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.441-447, 2008.

CHAVARRIA, G. L. **Ecofisiologia e fitotecnia do cultivo protegido de videiras cv. Moscato Giallo (*Vitis vinifera* L.)**. 2008. 136f. Tese (doutorado) – Programa de

Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHONÉ, X. et al. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, London, v.87, p. 477-483, 2001.

CIFRE, J. et al. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 106, p. 159-170, 2005.

COMIRAN, F. et al. Evolução da área foliar e maturação de *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada com e sem cobertura plástica, na Serra Gaúcha. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA TROPICAL, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória, 2008. 1 CD-ROM.

COMIRAN, F. et al. Fungal diseases in organic cultivation of table grapes under plastic covering and open air. CONGRESO LATINOAMERICANO DE FITOPATOLOGÍA, 15.; CONGRESO CHILENO DE FITOPATOLOGÍA. ORGANIZA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD CHILENA DE FITOPATOLOGÍA, 18., 2008, Santiago do Chile. **Resúmenes...** Santiago do Chile, 2009. 318 p. 1 CD-ROM

CUNHA, A. R. da; ESDOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n.1, p. 15-27, 2003.

DAI, Z.; EDWARDS, G. E.; KU, M. S. B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor bean) by leaf to air vapor pressures deficit. **Plant Physiology**, Rockville, v.99, p. 1426-1434, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMBRAPA. **Base de dados meteorológicos**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/prodserv/meteorologia/>>. Acesso em: 14 set. 2008, 10:25.

FAO.[FAOSTAT].Produção,Cultivos. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>>. Acesso em: 19 ago. 2008. 15:32.

FARIAS, J. R. B. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.31-36, 1993.

FARIAS, J. R. B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FERREIRA, M. A. **Influencia da modificação parcial do ambiente por cobertura plástica, no microclima e em parâmetros fitotécnicos de vinhedo de ‘Cabernet**

**Sauvignon'**. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Agroicultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n.2, 2001.

GARRIDO, L. da R.; SÔNEGO, O. R. **Doenças Fúngicas e Medidas de Controle**. Sistemas de produção. Uvas para processamento em Regiões de Clima Temperado. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho. Versão eletrônica, Jul./2003. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferas/RegioesClimaTemperado/doenca.htm>>. Acesso em: 16 dez 2008. 14:36.

GIANELLO, C. Fatores que afetam o rendimento das culturas. In: FERTILIDADE dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre : Genesis, 2004. 276p.

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

GONÇALVES, A. L. **Efeito do sombreamento artificial contínuo no microclima, crescimento e produção da videira 'Niágara Rosada'**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

HABERMANN, G. et al. Gas exchange rates at different vapor pressure deficits and water relations of 'Pera' sweet orange plants with citrus variegated chlorosis (CVC). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.98, p. 233–245, 2003.

IBGE. **Estatística -Produção Agrícola Municipal 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em: 19 ago. 2008. 16:30.

JACOBS, C. M. J.; HURK, B. J. J. M. van den; BRUIN, H. A. R. de. Stomatal behaviour and photosynthetic rate of unstressed grapevines in semi-arid conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 80, p. 111-134, 1996.

JIFON, J. L.; SYRVERTSEN, J. P. Moderate can increase net gas exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. **Tree Physiology**, Victoria, v. 23, p. 119-127, 2003.

JONES, H.G. **Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology**. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 1992. 428p.

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

KLIEWER, W.M.. **Fisiologia da videira : como produz açúcar uma videira?**. Campinas: Instituto agronômico, 1990. 20 p. (Documentos IAC; 20).

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.56, n.2, p.170-181, 2005.

KRIEDMAN, P. E. et al. Leaf age and photosynthesis in vitis vinifera L.. **Vitis**, Quedlinburg, v. 9, p.97-104, 1970.

LAMBERS, H; CHAPIN II, T.S; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer,1998. 540p. : il.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p. : il.

LULU, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Microclima de vinhedos cultivados sob cobertura plástica e a céu aberto. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 14, n.1, p. 106-115, 2006.

MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1161-1170, dez. 2005

MEDRANO, H. et al. Regulation of Photosynthesis of C3 Plants in Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance as a Reference Parameter. **Annals of Botany**, London, v.89, p.895-905, 2002.

MELLO, L. M. R de. **Evolução da área vitícola do Rio Grande do Sul no decênio 1995-2004**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Versão eletrônica, artigos técnicos, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/evolucao95\\_05.pdf](http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/evolucao95_05.pdf)>. Acesso em: 8 ago. 2007. 17:44.

MOTA, C.S. **Ecofisiologia de videiras ‘Cabernet Sauvignon’ em sistema de cultivo protegido**. 2007. 45f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2007.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of the grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239p. : il.

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

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

PAÇO, M. T. G. **A Modelação da Evapotranspiração em Cobertos Descontínuos Programação da Rega em Pomar de Pessegueiro**. 2003. 251f. Dissertação (Doutorado - Engenharia Agrônômica) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003.

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

PILAR, B. et al. Ecophysiological and Agronomic Response of Tempranillo Grapevines to Four Training Systems. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n. 2, p.129-138, 2005.

PILAR, B. et al. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.114, p.151–158, 2007.

PONI, S.; BERNIZZONI, F.; CIVARDI, S. Response of “Sangiovese” grapevines to partial root-zone drying: Gas-exchange, growth and grape composition, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, p. 96-103, 2007.

PROTAS, J. F. da S. et al. **A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/vitivinicultura/>>. Acesso em: 19 ago. 2008.

RADIN, B. et al. Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, 2003.

RANA, G. et al. Microclimate and plant water relationship of the overhead table grape vineyard managed with three different covering techniques. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, n.102, p. 105-120, 2004.

ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Oxford, v.10, p. 100-107, 2004.

SANTOS, A. O. et al. Determinação do fluxo de seiva em videira através da técnica do pulso de calor. **Revista Brasileira de Agronometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.2, p. 262-272, 2005.

SCHIEDECK, G. **Ecofisiologia da videira e qualidade da uva Niágara Rosada conduzida sob estufa plástica**. 1996. 111f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, p.339-347, 1965.

SOUSA, J. W. de. et al. Alterações da temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido com cobertura de polietileno difusor de luz. **Revista Brasileira de Agronometeorologia**, Santa Maria, V. 1, p.1-9, 2002

SOUZA, C. R. de. et al. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.106, p.261–274, 2005.

SOUZA, J. S. I. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: Fealq, 1996. 791p.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 317-322, 2003.

TAIZ, L. R.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.792p.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.124, p. 81–97, 2004.

VÁSQUEZ, M. A. N. et al. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.137-143, 2005.

VENTURIN, M.; SANTOS, H. Caracterização microclimática e respostas fisiológicas de uvas de mesa (*Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*) cultivadas em ambiente protegido. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004. CD-ROM.

WINKLER, A. J. **General viticulture**. Rev. and enl. ed. Berkeley: University of California Press, [1974]. 710 p.

WINKEL, T.; RAMBAL, S. Influence of water stress on grapevines growing in the field: from leaf to whole-plant response. **Australian Journal Plant Physiology**, Victoria, v. 20, p.143-157, 1993.

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Temperatura do ar, Precipitação pluvial, umidade relativa do ar, velocidade do vento, evapotranspiração de referência e insolação mensal do período experimental e normais climatológicas de 1961-1990. Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

### Período experimental 2007/08

Mês	Temperatura do ar (°C)			Precipitação pluvial (mm.mês <sup>-1</sup> )	Umidade relativa do ar (%)	Veloc. média vento (m.s <sup>-1</sup> )	ETo	Insolação (h)
	Média	Máxima	Mínima					
Out	18,6	23,2	14,5	119,2	79	2,2	80,7	138,1
Nov	17,9	23,8	12,6	162,3	70	2	76,1	250,6
Dez	21	27,4	16	209,6	73	1,7	107,0	255,5
Jan	21,3	26,5	16,9	44,8	73	2	108,8	246,8
Fev	21	26,6	16,6	76,8	76	1,6	91,8	223,1
Mar	20,6	26	16,6	91,1	77	1,7	91,4	232,1

Fonte: Estação Agroclimática – EMBRAPA/CNPUV (EMBRAPA, 2008)

### Normais climatológicas de 1961-1990

Mês	Temperatura do ar (°C)			Precipitação pluvial (mm.mês <sup>-1</sup> )	Umidade relativa do ar (%)	Veloc. média vento (m.s <sup>-1</sup> )	ETo	Insolação (h)
	Média	Máxima	Mínima					
Out	17	22,8	12,3	156	74	1,8	68,9	192
Nov	18,9	24,8	14,2	140	73	1,7	83,7	219
Dez	20,7	26,7	16	144	72	1,6	104,3	239
Jan	21,8	27,8	17,3	140	75	1,5	113,3	231
Fev	21,7	27,5	17,3	139	77	1,5	97,3	199
Mar	20,3	26	16,1	128	78	1,5	89,0	208

Fonte: Estação Agroclimática – EMBRAPA/CNPUV (EMBRAPA, 2008).

APÊNDICE 2. Radiação solar global, déficit de pressão de vapor do ar e velocidade do vento de 21 de novembro, 04 de dezembro, 08 de janeiro em vinhedos com (coberto) e sem cobertura plástica (descoberto). Bento Gonçalves, RS, 2007/08.

