

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

**MICROCLIMA, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO
DE VIDEIRAS 'NIÁGARA ROSADA' EM CULTIVO ORGÂNICO
SOB COBERTURA PLÁSTICA**

Flávia Comiran
Engenheira Agrônoma/UFRGS

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

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2009

AGRADECIMENTOS

Ao professor Homero, pela orientação exemplar, confiança e dedicação. Ao Henrique, pela orientação, empenho e trabalho. À Bruna, pelos preciosos momentos compartilhados. Aos professores da Faculdade de Agronomia, em especial ao João Ito, Berlato, Denise, Marodin e Sérgio, e ao professor Arno Heldwein. Ao PPG-Fitotecnia, em especial à Marisa. Ao CNPq, pela concessão de bolsas e auxílio financeiro. À Embrapa Uva e Vinho, em especial aos pesquisadores Mandelli, Olavo e Wellington, pela disponibilidade e contribuições com seus conhecimentos. Aos funcionários da Embrapa Uva e Vinho, pelo apoio na realização dos trabalhos. Aos bolsistas de Iniciação Científica e estagiários Fabrício, Diane, Mauro, Vanessa, Pedro, Chico, Ezequiel, Cristiano, Francini e Manuela, pelo trabalho e amizade. Aos amigos e colegas de departamento Loana, João Felipetto, Geraldo, Vivi, Ana, Ricardo, Marcondes, Eliana, Leosane, Tatiana e D. Kátia, pelo convívio alegre, pelas experiências e conhecimentos compartilhados e pela ajuda no trabalho. Ao Genei e à Cleusa, pela formação, confiança e amizade. À Cátia, pelos sonhos e esperanças compartilhadas. Aos amigos Leo e Mateus, pelos momentos de diversão e estudo. Ao Christian, por todo amor. A Deus, pela vida e oportunidades. Aos meus pais, Tudi e Paulo, pelo amor incondicional e confiança. Aos meus irmãos, Fran e Beto, pela diversidade que somos e pelos momentos que vivemos juntos.

MICROCLIMA, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE VIDEIRAS 'NIÁGARA ROSADA' EM CULTIVO ORGÂNICO SOB COBERTURA PLÁSTICA¹

Autor: Flávia Comiran

Orientador: Homero Bergamaschi

Co-orientador: Henrique Pessoa dos Santos

RESUMO

Radiação solar, precipitação, vento, temperatura e umidade do ar são os elementos de maior influência sobre o desenvolvimento e a produção de videiras. Em microescala eles podem ser alterados pelo uso de cobertura plástica sobre vinhedos, visando melhorar a produção e a qualidade das uvas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar alterações micrometeorológicas causadas pelo uso de plástico sobre vinhedos e seus efeitos no desenvolvimento e produção de videira Niágara Rosada. O estudo foi conduzido num vinhedo em cultivo orgânico, no sistema latada, em Bento Gonçalves, RS, na safra 2007/08. Cinco linhas de plantas foram cultivadas sob plástico transparente (160 μm) em arcos descontínuos. Ao lado, foram mantidas linhas descobertas como controle. Nos dois ambientes foram monitoradas radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura e umidade do ar, ao nível do dossel e dos cachos, e velocidade do vento. Calculou-se a eficiência de interceptação do dossel para RFA, o acúmulo de graus-dia e a evapotranspiração de referência (ET_o). Foram monitorados fenologia, índice de área foliar (IAF), peso e diâmetro de bagas, teor de sólidos solúveis e acidez total titulável, incidência de doenças fúngicas e rendimento de frutos. A cobertura reduziu em 34% a RFA incidente e aumentou a temperatura do ar junto ao dossel, com maior efeito nas máximas diárias (+3,1°C). Ela reduziu em 93% a velocidade média do vento. No período diurno o ambiente coberto teve menor umidade relativa, maior pressão de vapor e maior déficit de saturação que em céu aberto. Com isto, ET_o foi reduzida em 11% pela cobertura. A eficiência média de interceptação de RFA foi 0,59 no vinhedo descoberto e 0,56 no coberto, com respectivos máximos de 0,79 e 0,75 na mudança de cor das bagas, quando IAF foi máximo (2,1 e 2,5). A cobertura acelerou o desenvolvimento das videiras até a maturação das uvas, mas retardou a queda de folhas. Ela também promoveu maior IAF e maior duração da área foliar, com melhor condição fitossanitária das plantas. Não foi observada incidência de doenças fúngicas no vinhedo coberto. A cobertura proporcionou aumento na produção de uvas de 12,3 para 27,1 t ha⁻¹. Portanto, o uso de cobertura plástica sobre vinhedos é uma alternativa importante visando à produção de uvas de mesa na região da Serra Gaúcha em sistemas de cultivo orgânico.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (74p.) Março, 2009.

MICROCLIMATE, DEVELOPMENT AND YIELD OF 'NIÁGARA ROSADA' GRAPEVINES IN ORGANIC CULTIVATION UNDER PLASTIC COVERING¹

Author: Flávia Comiran
Advisor: Homero Bergamaschi
Co-advisor: Henrique Pessoa dos Santos

ABSTRACT

Solar radiation, rainfall, wind, air temperature, and air humidity have a great influence on the development and yield of grapevines. In a micro scale level these elements can be modified by using plastic covering on vineyards, allowing to improvements of production and quality of grapes. The objective of this study was to quantify microclimatic alterations caused by the plastic covering, as well as to evaluate its effects on the plant development and production of grapevines cv. Niágara Rosada. A field experiment was carried out in a three-year old vineyard, in Bento Gonçalves, RS, during the 2007/08 growing season. Five rows of plants were grown under a transparent plastic film (160 μm) in discontinuous arcs. The rest of the vineyard was kept in open sky, as control. In both the environments the photosynthetically active radiation (PAR), air temperature and humidity, and wind velocity were monitored. The efficiency of PAR interception, degree-days accumulation, and reference evapotranspiration (ET_o) were estimated. The crop phenology and leaf area index (LAI), the weight, diameter, sugar concentration and acidity in grapes, as well as the incidence of fungal diseases and fruit yields were determined. The plastic covering reduced in 34% the incident PAR on the canopy, but increased the air temperature, in particular the maximum daily temperature (+3.1°C). It reduced the wind velocity in 93% in comparison to open air. During the day, the air relative humidity was reduced, while the water vapor pressure and the vapor pressure deficit were increased under the covering. ET_o in the covered environment was 89% of ET_o in open air. The mean efficiency of PAR interception was 0.59 and 0.56 for the uncovered and covered vineyards, respectively. Maximum efficiencies rose to 0.79 and 0.75 at beginning of grape maturation, with maximum LAI (2.1 and 2.5). The coverage has accelerated the plant development until the fruit maturation, but delayed the senescence of leaves. It has also promoted increments of LAI and leaf area duration, and prevented the incidence of fungal diseases on the covered vineyard. The grape yields were 12.3 and 27.1 t ha⁻¹ in the uncovered and covered vineyards, respectively. Therefore, the use of plastic covering over vineyards seems to be an important alternative practice for producing table grapes in organic cultivation systems, in the Serra Gaúcha region of Rio Grande do Sul, Brazil.

¹ Master of Science Dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (74p.) March, 2009.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 A CULTURA DA VIDEIRA E O CLIMA.....	4
2.2 CULTIVOS PROTEGIDOS.....	10
2.2.1 ALTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS.....	10
2.2.2 RESPOSTAS DE VIDEIRAS ÀS ALTERAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS EM AMBIENTE PROTEGIDO	15
2.3 CULTIVO ORGÂNICO DE VIDEIRAS.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.1.2 CARACTERÍSTICAS E MANEJO DA CULTURA	19
3.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	20
3.2.1 MICROCLIMA DOS VINHEDOS.....	20
3.3 DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS, PRODUÇÃO E DOENÇAS.....	23
3.3.1 FENOLOGIA	23
3.3.2 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	24
3.3.3 RENDIMENTO E QUALIDADE DE FRUTOS	25
3.3.4 INCIDÊNCIA DE DOENÇAS FÚNGICAS	26
3.4 PARÂMETROS DERIVADOS DAS MEDIÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS	26
3.4.1 DISTRIBUIÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NO DOSEL VEGETATIVO	26
3.4.2 ACÚMULO DE GRAUS-DIA.....	28
3.4.3 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA	28
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	31
4.2 MICROCLIMA DOS VINHEDOS	33
4.2.1 RADIAÇÃO SOLAR FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA	33
4.2.2 QUALIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR	37
4.2.3 TEMPERATURA DO AR	40
4.2.4 VELOCIDADE DO VENTO.....	41
4.2.5 UMIDADE RELATIVA DO AR	43
4.2.6 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	45
4.2.7 SALDO DE RADIAÇÃO EM VINHEDO DE NIÁGARA ROSADA	48
4.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS	49
4.3.1 FENOLOGIA.....	49
4.3.2 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	53
4.3.3 EFICIÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO E COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA	56

4.3.4 RENDIMENTO.....	59
4.3.5 QUALIDADE DE FRUTOS	60
4.3.6 INCIDÊNCIA DE DOENÇAS FÚNGICAS	62
5 CONCLUSÕES.....	67
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Escala fenológica de Eichhorn & Lorenz (1977), divulgada em EPPO (1984), com estádios agrupados em subperíodos.....	24
2. Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluvial ($\text{mm m\acute{e}s}^{-1}$), duração do brilho solar (h) e velocidade média do vento (m s^{-1}) de setembro a abril de 2007/2008 e normais climatológicas (1961 a 1990), entre parênteses, obtidas na Estação Agroclimatológica Bento Gonçalves (RS), na Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA-CNPUV, 2009.....	31
3. Redução (%) da velocidade média horária do vento (m s^{-1}) causada pela cobertura plástica em relação ao vinhedo descoberto, para diferentes faixas de velocidade. Bento Gonçalves, 2007/2008.....	42
4. Incidência de míldio e antracnose (%) em folhas, ramos e cachos de Niágara Rosada, cultivada a céu aberto, tratada com calda bordalesa. Bento Gonçalves, RS, 2007.....	64

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Localização dos sensores micrometeorológicos em vinhedo descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	22
2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel descoberto (RFA doss D), dossel coberto com filme plástico (RFA doss C), cachos descobertos (RFA cach D) e cachos cobertos (RFA cach C). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	33
3. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre os dosséis coberto com filme plástico (RFA doss C) e descoberto (RFA doss D), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	34
4. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre os cachos (RFA cach) e sobre o dossel descoberto (RFA doss D), nos tratamentos descoberto (\square D) e coberto com filme plástico (\blacklozenge C), de outubro a fevereiro (totais diários das 9 às 16h). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	35
5. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao nível do solo (RFA _t) e incidente sobre o dossel (RFA _{inc}) nos tratamentos descoberto (\square D) e coberto com filme plástico (\blacklozenge C), de outubro a fevereiro (totais diários das 9 às 16h). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	36
6. Relação entre a radiação solar incidente na altura dos dosséis coberto com filme plástico (Doss C) e descoberto (Doss D), por faixa do espectro. Bento Gonçalves, RS, 09/01/2008.	38
7. Distribuição proporcional da radiação solar (300 a 850nm) na altura do dossel descoberto (Doss D), dossel coberto (Doss C), cachos descobertos (Cach D) e cachos cobertos (Cach C). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	39
8. Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar (°C), de outubro a fevereiro, medidas em diferentes alturas dos vinhedos coberto com filme plástico (C) e descoberto (D). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	41
9. Velocidade média do vento ($m s^{-1}$) a 2m de altura, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	41
10. Médias horárias de umidade relativa do ar (UR) (%) e umidade absoluta (UA) ($g cm^{-3}$), em diferentes alturas dos vinhedos descoberto (D) e coberto	

com filme plástico (C), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS 2007/2008.....	44
11. Médias horárias de temperatura média do ar (°C) e déficit de saturação de vapor (mmHg), em diferentes alturas dos vinhedos descoberto (D) e coberto com filme plástico (C), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.....	44
12. Evapotranspiração de referência (ET _o) (mm dia ⁻¹) calculada pelo método de Penman-Montheith-FAO, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	46
13. Razão entre a evapotranspiração de referência (ET _o) (mm dia ⁻¹) em vinhedos descoberto (D) e coberto com filme plástico (C). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.....	47
14. Relação entre saldo de radiação (R _n) e radiação solar global incidente (R _g) (cal cm ⁻² min ⁻¹) em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	49
15. Porcentagem de plantas em cada subperíodo fenológico em diferentes datas de avaliação e, entre parênteses, o respectivo acúmulo de graus-dia de vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.....	50
16. Índice de área foliar (IAF) observado (□♦) e estimado (---- e —) em função de graus-dia acumulados em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	53
17. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (ε _{int}) em função de graus-dia acumulados, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	56
18. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa em função do índice de área foliar, para vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	57
19. Coeficiente de extinção da radiação solar fotossinteticamente ativa em função do índice de área foliar, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.	58
20. Diâmetro e peso de bagas de videiras descobertas (D) e cobertas com filme plástico (C). Bento Gonçalves, RS, 2008.	62
21. Acidez total titulável (meq L ⁻¹) e teor de sólidos solúveis (°Brix) em mosto de videiras descobertas (D) e cobertas com filme plástico (C). Bento Gonçalves, RS, 2008.	62

1 INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul o potencial produtivo para a videira é satisfatório do ponto de vista edáfico. No entanto, há restrições climáticas em qualquer região do Estado. O “tripé vital da parreira” é composto pelos fatores água, temperatura e luz, sendo que no RS o desequilíbrio desse tripé ocorre em função do excesso de precipitação (Sousa, 1996).

Assim, as melhores safras na Serra Gaúcha acontecem quando há menor disponibilidade hídrica no solo. Esse fator está associado à menor precipitação e à maior insolação, que são condições que possibilitam às uvas melhores condições para maturação. Além disso, a colheita pode ser realizada mais tardiamente, pois a incidência de podridões nos frutos diminui.

Nesse contexto, tem aumentado o uso de coberturas plásticas sobre os vinhedos na Serra Gaúcha, como estratégia de maior controle da produção, atenuando limitações climáticas. Vislumbra-se conter o excesso de precipitação, especialmente durante a maturação, e dessa forma obter frutos de melhor qualidade e alterar o período de colheita.

Outro importante efeito da cobertura que merece destaque é a diminuição ou ausência de doenças nas plantas, em função de alterações nas condições de molhamento do dossel. Esta modificação no ambiente protegido vem acompanhada pela redução ou supressão de tratamentos fitossanitários. Tais constatações parecem

ser decisivas para viabilizar um sistema de produção orgânica de uvas, no qual há restrições para o uso de agrotóxicos no controle de moléstias.

Surge, assim, a necessidade de avaliar as alterações de ambiente ocasionadas pela utilização da cobertura plástica sobre vinhedos e suas influências sobre o desenvolvimento e a produção das plantas.

Para este estudo, foram consideradas as seguintes hipóteses:

- A cobertura plástica promove alterações microclimáticas, principalmente relacionadas à quantidade e qualidade da radiação solar (inclusive do saldo de radiação), bem como aos regimes térmico e hídrico do ambiente;

- Alterações produzidas pela cobertura plástica na incidência de radiação solar modificam a distribuição e a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel;

- A demanda evaporativa atmosférica é menor junto ao vinhedo coberto em comparação ao descoberto;

- O crescimento e o desenvolvimento das plantas são modificados pela presença de cobertura plástica sobre o dossel;

- A qualidade dos frutos produzidos é influenciada pela presença de cobertura plástica.

O estudo teve por objetivo geral caracterizar as alterações microclimáticas causadas pelo uso do filme plástico sobre videiras 'Niágara Rosada' e seus efeitos no desenvolvimento das plantas.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Caracterizar as alterações microclimáticas produzidas pelo uso de cobertura plástica sobre vinhedos de *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada, quanto à radiação

solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, e principais influências no balanço de energia.

- Quantificar o balanço de radiação e o respectivo saldo energético sobre videiras cobertas e descobertas.

- Identificar efeitos da cobertura plástica no desenvolvimento de videiras, comparando a evolução do índice de área foliar, o desenvolvimento e a qualidade dos frutos a céu aberto e sob cobertura.

- Comparar a incidência de doenças fúngicas em sistema de cultivo orgânico com e sem cobertura plástica nas videiras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da videira e o clima

Dentro da família Vitaceae, o gênero *Vitis* é o de maior importância econômica, social e histórica. Seus fósseis mais antigos foram encontrados na Groelândia, de onde a disseminação seguiu duas direções principais: américo-asiática e euro-asiática. Destas se originaram as cultivares atualmente agrupadas em “americanas” e “viníferas”, respectivamente (Sousa, 1996).

Huglin & Schneider (1998) definem três tipos de clima como os mais importantes para a viticultura mundial. O primeiro é o clima temperado, caracterizado por temperatura média anual superior a 4°C e por cinco meses com média mensal inferior a 10°C, embora com diferentes regimes pluviométricos. O segundo é o clima mediterrâneo, correspondente a verões secos e estação fria chuvosa e, do ponto de vista térmico, com temperatura média em pelo menos um mês superior a 22°C e em pelo menos oito meses superior a 10°C. Finalmente, o terceiro é o clima subtropical, que difere do anterior devido à ausência de aridez nas estações quentes. É subdividido em subtropical propriamente dito, no qual está inserido o extremo sul do Brasil, com amplitude térmica anual inferior a 20°C, e subtropical continental, com amplitude térmica superior a 20°C.

Tonietto & Carbonneau (2004) criaram um sistema de classificação climática multicritério, combinando variáveis climáticas para formar índices representativos da

variabilidade de climas da viticultura mundial e, posteriormente, relacioná-los com qualidade das uvas e características dos vinhos. De acordo com estes índices, o clima da região da Serra Gaúcha, representada por Bento Gonçalves, foi classificado como úmido, temperado quente e de noites temperadas.

No Rio Grande do Sul, foram utilizados dois critérios para indicação de zonas propícias para o cultivo de videira americana no Macrozoneamento Agroecológico e Econômico (RIO GRANDE DO SUL, 1994). O primeiro foi o acúmulo de horas de frio abaixo de 7,2°C e o segundo foi o índice heliopluiométrico de maturação, o qual relaciona insolação e precipitação pluvial durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Com base nesses critérios foram determinadas as zonas mais e menos propícias para a cultura, sendo considerada preferencial a maior parte da metade sul do Estado (com exceção da região litorânea) e tolerada a região que inclui a Serra Gaúcha, devido à restrição no período de maturação das uvas.

Segundo Mandelli (2002), na Serra Gaúcha as condições heliotérmicas são propícias para maturação das uvas, mas a umidade é alta. As condições heliotérmicas dizem respeito às temperaturas média e máxima do ar e ao comprimento do dia, indiretamente relacionando horas de brilho solar. Assim, o autor constata que as melhores safras são aquelas que apresentam maior incidência de radiação solar e menor volume de chuvas, sendo estes os elementos de maior importância para a qualidade da produção.

O cultivo de videiras no Brasil ocupa, aproximadamente, 77 mil hectares e a produção de uvas é da ordem de 1,2 milhões de toneladas, anualmente. Destas 45% são destinados à indústria de vinhos, sucos e derivados e 55% são comercializados como uvas de mesa (IBRAVIN, 2009).

O Rio Grande do Sul é o estado brasileiro com a maior produção vitícola, com 53% da área cultivada no Brasil, seguido por São Paulo e Pernambuco. Em 2007 a produção gaúcha totalizou 52% da produção nacional, sendo da ordem de 705 mil toneladas, havendo um incremento aproximado de 13% em relação à safra anterior (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009). Em torno de 90% da uva produzida destina-se à agroindústria, para produção de vinhos, sucos e outros derivados (Mello, 2007). Por sua vez, a cultivar Niágara Rosada é uma das principais variedades de uva de mesa cultivada na Serra Gaúcha.

A Niágara Rosada surgiu no Brasil, mais precisamente em Jundiaí/SP, no ano de 1933, em decorrência de uma mutação somática ocorrida numa planta de Niágara Branca. A cultivar mutante foi muito bem aceita e sua área cultivada superou rapidamente a área daquela que lhe deu origem (Sousa, 1996).

Segundo Sousa (1996) videiras Niágara Rosada são plantas de vigor médio, com elevada resposta à fertilidade do solo, suscetíveis à antracnose (*Elsinoe ampelina*), em locais muito úmidos e com pouca ventilação, e ao míldio (*Plasmopara viticola*). Os cachos variam de pequenos a médios, medianamente compactos, cilíndricos, alados ou não. O tamanho de bagas está entre médio a grande. São arredondadas, com deposição de pruína, polpa mole e doce, sabor e aroma fortemente “foxados”. De maturação precoce, quando cultivadas em mesoclimas mais quentes, podem ser colhidas a partir de quinze de dezembro, enquanto que em áreas de altitude a colheita pode se prolongar até meados de fevereiro (Camargo, 2009).

A cultivar copa é estabelecida sobre porta-enxertos visando obter características desejáveis deste para o vinhedo. Por apresentar tolerância à fusariose o porta-enxerto Paulsen 1103 foi amplamente difundido no Rio Grande do Sul e em

Santa Catarina. É originário do cruzamento *V. berlandieri* x *V. Rupestris*. Apresenta elevado vigor, facilidade de enraizamento e adequada pega de enxertia (Camargo, 2009).

Camargo (2003) descreve o sistema de condução latada, também chamado pérgola, como sendo o mais utilizado na Serra Gaúcha. O sistema de condução é fator determinante do número de folhas e do seu arranjo, além de volume da copa da videira. Em função disso, a forma como é conduzida a planta tem grande influência no microclima junto ao dossel (Mullins *et al.*, 1992). No sistema latada o dossel é horizontal e realiza-se poda mista ou em cordão esporonado. As varas são atadas horizontalmente aos fios do sistema de sustentação do vinhedo. As videiras são alinhadas em fileiras distanciadas, geralmente, de 2 a 3m, sendo 2,5m o mais usual. A distância entre plantas é de 1,5 a 2m, conforme a variedade e o vigor. Os frutos da videira encontram-se a aproximadamente 1,8m acima do solo. A carga de gemas também é variável, sendo em geral de 100 mil a 140 mil gemas por hectare (Camargo, 2009).

Entre as vantagens da condução de videiras em sistema latada está a possibilidade de obter desenvolvimento de videiras vigorosas, que armazenam quantidades elevadas de material de reserva, elevada carga de gemas no vinhedo devido ao grande desenvolvimento vegetativo, satisfatória rentabilidade econômica e fácil adaptação à topografia de relevo montanhoso, como na Serra Gaúcha (Miele & Mandelli, 2003).

Como desvantagens podem ser citados os elevados custos de implantação e manutenção do sistema de sustentação, a posição horizontal do dossel e o elevado vigor, que podem causar sombreamento excessivo, afetando a fertilidade de gemas e a qualidade da uva. O elevado índice de área foliar, em caso de mau manejo,

favorece o acúmulo de umidade excessiva junto às folhas e cachos, propiciando o aparecimento de doenças fúngicas. Dessa forma, uma importante prática cultural é a poda verde, incluindo desbrota, desfolha e desponta, para que haja melhor distribuição espacial das folhas e maior captação da radiação solar (Miele & Mandelli, 2003).

O míldio da videira (*Plasmopara viticola*) é uma das mais importantes doenças de países produtores de uvas onde o verão é úmido, incluindo as regiões sudeste e sul do Brasil. A ausência de chuvas no verão limita a disseminação da doença. A antracnose (*Elsinoe ampelina*) também ocorre em regiões úmidas e causa grandes prejuízos, pois reduz quantitativa e qualitativamente a colheita, atacando todos os tecidos jovens da planta, inclusive as bagas (Kimati *et al.* 1995).

Além da suscetibilidade do hospedeiro e da presença do inóculo do patógeno, a incidência e a severidade de doenças são muito influenciadas pelas condições meteorológicas. Segundo Gava *et al.* (2004) a radiação solar direta, sobretudo pelo efeito da faixa ultravioleta do espectro, tem efeito negativo em epidemias por causar a morte de micélio e esporos expostos. O vento, além do efeito mecânico que pode causar ferimentos nas plantas, é um dos principais agentes de disseminação de fungos. Temperaturas extremas podem retardar ou interromper o crescimento fúngico. A umidade relativa é uma variável meteorológica resultante da interação de várias outras, como temperatura, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e/ou irrigação, e também influencia o desenvolvimento de doenças.

Alguns autores estudaram as condições climáticas durante o ciclo da videira e a ocorrência de doenças (Pedro Júnior *et al.*, 1999; Czermainski & Sônego, 2004; Chavarria *et al.*, 2007). Para as doenças fúngicas temperatura, umidade relativa do ar e precipitação são as variáveis de maior importância. De acordo com Kimati *et al.*

(1995), as mais sérias epidemias de míldio ocorrem quando um inverno úmido é seguido de uma primavera também úmida e de verão chuvoso, condições que permitem o desenvolvimento rápido da doença na época de crescimento vegetativo da planta. Pedro Júnior *et al.* (1999) testaram a validade do uso de totais pluviométricos para previsão de épocas de aplicação de fungicida visando o controle de antracnose, míldio e mancha-das-folhas em videira Niágara Rosada, em Jundiaí/SP. Concluíram que a aplicação de fungicida após ocorrência de 20mm de chuva controla satisfatoriamente estas doenças, principalmente, a antracnose. Dessa forma reduziram em 40% o número total de pulverizações em comparação com o uso de calendário fixo com tratamentos semanais.

Na maioria dos casos para as aplicações de fungicidas não se consideram as condições ambientais prevalentes ou o manejo de irrigação. Considerações sobre estágio fenológico das plantas e condições ambientais poderiam determinar quando e se a aplicação de fungicidas é necessária (Gava *et al.*, 2004).

Para míldio da videira a adoção de um manejo que melhora as condições de aeração e insolação do dossel é uma forma de diminuir o tempo de molhamento foliar e serve como controle preventivo para a doença, assim como manter uma adubação equilibrada e fazer podas verdes para controle do crescimento vegetativo (Maia *et al.*, 2003). Para o controle químico, é permitido o uso de calda bordalesa, que é um fungicida cúprico utilizado amplamente em diversos cultivos e permitido na produção orgânica (MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009). O míldio da videira tem importância histórica, pois foi o responsável direto pela descoberta acidental da calda bordalesa (Kimati *et al.* 1995). A utilização de fungicidas cúpricos é recomendada entre os estádios de “chumbinho” até o amolecimento das bagas e logo após a colheita. Quando se utiliza cobre durante

o florescimento e logo após o pegamento dos frutos pode ocorrer fitotoxidez (Maia *et al.*, 2003).

O fungo causador da antracnose sobrevive de um ano para outro nas lesões dos sarmentos e gavinhas, bem como sobre restos de cultura no solo (Kimati *et al.*, 1995). Por isso, quando há o inoculo nas plantas, recomenda-se poda e queima dos ramos doentes no período de repouso da videira e pulverizações com calda sulfocálcica, a fim de diminuir o inóculo inicial (Sonogo & Garrido, 2003). Recomenda-se também fazer pulverizações no período de brotação, devido à alta umidade dos tecidos. As demais aplicações devem levar em conta as condições meteorológicas e a persistência do produto utilizado. Após o estágio de meia baga os frutos tornam-se resistentes. Segundo Maia *et al.*, (2003) em locais onde a doença está presente o controle deve ser preventivo até os primeiros 60 dias após a poda.

2.2 Cultivos protegidos

2.2.1 Alterações microclimáticas

A literatura sobre cultivos protegidos é vasta, quando se trata de estufas plásticas. Foram bastante estudados e são amplamente conhecidos os efeitos do uso dessas estruturas nos cultivos de olerícolas e flores, ou seja, espécies herbáceas de pequeno porte. Este conhecimento já consolidado serve como base para os estudos mais recentes que vem sendo desenvolvidos nessa área. Tem-se observado uma expansão na utilização de ambiente protegido para o cultivo de frutíferas arbóreas. As estruturas utilizadas vêm sendo adaptadas às necessidades de cada situação de cultivo e para atender diferentes objetivos.

O uso de cobertura plástica possibilita vantagens de cultivo, como estender o período de produção de determinadas espécies, antecipar a colheita, proteger contra fenômenos meteorológicos adversos e obter produtos de melhor qualidade (Mourad, 1993). Ao mesmo tempo, a técnica tem custo considerável e requer conhecimento da sua utilização, para a obtenção de resultados satisfatórios.

Não há informações precisas sobre a época e o local de origem dos primeiros cultivos protegidos. Schiedeck (1996), citando Taft (1917) e Wrigth (1950), afirma que a primeira estufa da qual se teve informação precisa foi construída com vidro na Alemanha em 1619, para cultivo de laranjeiras.

Segundo Mourad (1993), a utilização de plásticos na agricultura iniciou nos anos 1940 nos Estados Unidos, seguidos pelo Japão, Alemanha, Itália e França. O autor afirma que há diversos tipos de plástico utilizados, sendo que o polietileno de baixa densidade (PEBD) é o que teve maior difusão, devido à versatilidade e qualidade dos produtos elaborados a partir dele, aliados ao seu baixo custo, se comparado a materiais similares. No Rio Grande do Sul, desde a década de 1980, estufas e túneis altos e baixos, construídos com PEBD, têm sido usados como forma de proteger cultivos contra condições meteorológicas adversas (Camacho *et al.*, 1995).

A utilização de ambientes protegidos por cobertura plástica implica em modificações micrometeorológicas, que alteram as relações planta-ambiente (Guiselini, 2002). Radiação solar, temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar são os elementos meteorológicos de maior influência sobre o desenvolvimento, produção e qualidade da uva na Serra Gaúcha (Mandelli, 2008) e são fortemente influenciados pelo uso de cobertura plástica sobre os vinhedos.

No interior de estufas plásticas a densidade de fluxo de radiação solar é menor, embora a fração difusa seja maior (Camacho *et al.*, 1995). Farias *et al.* (1993a) verificaram que 83% da radiação solar global incidente por volta do meio-dia foi transmitida para o interior da estufa plástica, com variação de 65 a 90% entre os dias avaliados.

Em dias nublados, quando a radiação multidirecional é mais presente, ocorre, proporcionalmente, maior penetração da radiação dentro da estufa em relação ao exterior que em dias ensolarados (Ferreira *et al.*, 2004a). Nesse caso, a quantidade de radiação solar nos dois ambientes difere menos que em dias ensolarados e em momentos de maior fluxo de radiação, quando os ambientes tendem a se diferenciar mais quanto à radiação solar incidente sobre as plantas. Em dia de céu limpo, Farias *et al.* (1993a) verificaram que 45% da radiação solar interna era radiação difusa, enquanto que, externamente, a fração difusa representava 24% do total, evidenciando o efeito dispersante da cobertura plástica.

Comparando vinhedos da cv. Romana com e sem cobertura plástica, em Jundiaí/SP, Lulu & Pedro Júnior (2006) verificaram que a irradiância foi superior a céu aberto e decrescente do topo do dossel para a altura dos cachos em ambos tratamentos e que a transmitância da cobertura foi de 73%. Num experimento em Flores da Cunha/RS com a cv. Moscato Giallo, Cardoso *et al.* (2008) verificaram que a radiação fotossinteticamente ativa transmitida na altura dos cachos pelo dossel foi 20% superior àquela transmitida pelo dossel + PEBD.

Em ambientes protegidos a alteração na densidade de fluxo de radiação solar incidente, associada às diferenças nas condições de ventilação, produz variações na temperatura do ar, especialmente sobre os valores máximos (Camacho *et al.*, 1995).

Foram verificadas diferenças de temperatura entre o interior e o exterior de estufa plástica que variaram de 0,5 a 6,4°C entre as temperaturas máximas e de 0 a 4,6°C entre as mínimas (Farias *et al.*, 1993b). Ferreira *et al.* (2004a) também encontraram valores superiores de temperatura máxima do ar em estufa que no cultivo a céu aberto. Em média, os valores observados foram 32,6 e 31,3°C, respectivamente, em ambos ambientes, sendo que as temperaturas extremas, tanto máximas quanto mínimas, também foram superiores no ambiente protegido.

A maior diferença na temperatura máxima é atribuída à estreita relação entre radiação solar e aquecimento do ambiente, ao menor volume de ar a ser aquecido, dentro da estufa, e à menor circulação do ar nesse ambiente. Sobre as temperaturas mínimas, ocorridas geralmente no período noturno, o efeito da estufa é reduzido em função da baixa eficiência do plástico polietileno de baixa densidade em reter radiação de onda longa dentro da estufa (Farias *et al.*, 1993b). A cobertura plástica descontínua sobre a linha de plantas conduzidas em sistema Y (ípsilon) aumentou, em média, em 3,4°C as temperaturas máximas junto ao dossel vegetativo da videira e em 1,3°C junto aos cachos (Cardoso *et al.*, 2008).

Trabalhando com feijão-de-vagem em Pelotas/RS, Farias *et al.* (1993b) verificaram que a estufa plástica aumentou a amplitude diária da umidade relativa do ar (UR), sem alterar os valores médios. Também foi verificado que a UR passou a ser superior no interior da estufa quando a cultura estava desenvolvida, devido à elevação da transpiração e à necessidade de irrigação mais frequente.

Debaixo de cobertura plástica descontínua verificou-se que a umidade relativa do ar durante o dia foi menor, enquanto que a pressão de vapor e o déficit de saturação do ar foram maiores, em comparação com o ambiente descoberto (Cardoso

et al., 2008). Isto está relacionado com alterações na temperatura do ar e com a redução da demanda evaporativa da atmosfera, induzidas pelo uso do plástico.

O saldo de radiação (R_n), que é a porção da radiação solar utilizada nos processos de aquecimento e resfriamento do solo e do ar, transferência de água na forma de vapor do solo para a atmosfera e metabolismo das plantas, é um elemento de fundamental importância em estudos micrometeorológicos. A partir do balanço de energia pode-se estimar a magnitude desses processos e isso auxilia a compreensão de diferenças microclimáticas, sobretudo na dinâmica da água no ambiente e nas variações na temperatura do ar (Pereira *et al.*, 1998). Entretanto, há poucos estudos que investigam o balanço de energia em cultivos protegidos. Os trabalhos citados a seguir se referem a cultivos de videira a céu aberto.

Num estudo realizado em Jundiaí/SP, com a cultivar Niágara Rosada conduzida em espaldeira, Pezzopane & Pedro Júnior (2003) encontraram saldo de radiação distribuído nas proporções de 59, 38 e 3% em fluxo de calor latente, calor sensível e fluxo de calor no solo, respectivamente.

Diferenças na densidade de plantas e índice de área foliar modificam a repartição do saldo de radiação disponível entre o solo e a cultura (Heilman *et al.*, 1996). O teor de umidade do solo também influencia a repartição do saldo de radiação nos fluxos para o solo e para a atmosfera. Estudando evapotranspiração em vinhedos na Austrália em dias quentes e secos, Yunusa *et al.* (2004) verificaram que 92% do saldo de radiação foram divididos igualmente entre os fluxos de calor latente de evaporação e calor sensível para aquecimento do ar. No entanto, com temperaturas mais amenas e maior umidade no solo, 51% do saldo de radiação foram consumidos pelo calor latente de evaporação, sendo que o calor sensível diminuiu para 38% de R_n .

2.2.2 Respostas de videiras às alterações micrometeorológicas em ambiente protegido

Em resposta às alterações ambientais dos cultivos protegidos, as plantas modificam seu padrão de crescimento e desenvolvimento. Trabalhando com Niágara Rosada em Bento Gonçalves/RS, município pertencente à Serra Gaúcha, Schiedeck (1997) verificou diminuição do número de dias entre poda e maturação dentro de estufa plástica, comparando com plantas a céu aberto, em função do maior acúmulo de graus-dia no ambiente protegido, no mesmo intervalo.

Na Serra Gaúcha, Chavarria *et al.* (2009) verificaram antecipação da brotação, devido ao maior acúmulo de calor sob a cobertura plástica, e aumento no período de maturação das uvas, em comparação ao ambiente a céu aberto. No mesmo experimento, Cardoso (2007) observou maior índice de área foliar nas plantas descobertas, em função do maior número de folhas nesta área. Contudo, a área individual de cada folha foi maior no tratamento coberto e a duração da área foliar também.

No início da mudança de cor de uvas Moscato Giallo cultivadas sob cobertura plástica o teor de açúcares foi superior e a acidez total foi inferior às videiras descobertas, em duas safras consecutivas (Chavarria, 2008). Tais resultados são atribuídos às maiores temperaturas ocorridas debaixo do plástico, favorecendo a degradação dos ácidos orgânicos e, assim, antecipando a maturação.

O teor de sólidos solúveis pode ser expresso em °Brix ou °Babo. É um indicador de qualidade, utilizado, até mesmo, para diferenciar preços de comercialização de uvas para vinificação (°Babo). Para uvas de mesa é importante para indicar o momento de maturação e colheita. Estudos sobre cobertura plástica,

conduzidos em São Paulo, demonstraram que o excesso de chuvas é um fator limitante ao acúmulo adequado de sólidos solúveis para a produção de vinhos de qualidade (Ferreira *et al.*, 2004a). Entretanto, houve diferenças significativas na comparação entre ambientes, sendo maiores os valores a céu aberto que no ambiente coberto. Possivelmente este resultado está relacionado com disponibilidade de radiação solar, pois Pedro Júnior *et al.* (2006) concluíram que condições de maior insolação nos cachos proporcionam maior acúmulo no teor de açúcar.

A acidez total titulável, composta principalmente pelos ácidos tartárico e málico, é decrescente com o avanço da maturação. O primeiro é mais influenciado pela disponibilidade hídrica, enquanto que o segundo é influenciado pela temperatura do ar (Rizzon & Sganzerla, 2007). A acidez total titulável foi mais elevada no mosto de uvas cultivadas em estufa do que a céu aberto, segundo Antonacci (1993), citado por Conte (1996). Comparando vinhedos em ambiente coberto e a céu aberto, Ferreira *et al.* (2004b) não observaram diferenças de pH e acidez total titulável.

Quanto à incidência de doenças, o principal efeito da cobertura é na redução do tempo de molhamento foliar, o que desfavorece a ocorrência de doenças. Na Serra Gaúcha verificou-se uma redução na incidência de podridões dos cachos na colheita da ordem de 80% nas plantas sob cobertura plástica em comparação com aquelas a céu aberto (Chavarria *et al.*, 2007). A redução na ocorrência de doenças também interfere na qualidade das uvas, pois pode-se realizar a colheita com os teores de açúcar desejados e não em função de evitar perdas causadas por moléstias.

2.3 Cultivo orgânico de videiras

São raros os estudos sobre cultivo orgânico de videiras. Alguns autores estudaram estratégias de manejo orgânico de plantas daninhas (Vargas & Oliveira,

2009) e avaliaram diferentes condições de armazenamento para ‘Niágara Rosada’ cultivada em sistema orgânico (Detoni et al., 2005). Entretanto, para as condições da Serra Gaúcha, pode-se apontar como fator mais limitante a ocorrência de doenças, principalmente durante a maturação das uvas, determinando a necessidade de controle com sucessivas aplicações de agrotóxicos. A cobertura plástica é capaz de diminuir a ocorrência de doenças e, conseqüentemente, a necessidade de tratamentos fitossanitários (Chavarria et al. 2007), sendo, no contexto atual, um instrumento importante para viabilizar a produção orgânica de uvas nas condições da Serra Gaúcha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido num vinhedo de *Vitis labrusca*, cultivar Niágara Rosada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, durante a safra 2007/08. O mesmo estava implantado na sede da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves/RS, na Serra Gaúcha, principal região produtora de uvas no Estado, situada a $-29,16^\circ$ de latitude, $-51,53^\circ$ de longitude e altitude de 640m.

O clima da região é temperado, do tipo fundamental Cfb, segundo a classificação climática de Köppen (Moreno, 1961). Segundo a Normal Agroclimatológica (1961-1990) da Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves (EMBRAPA-CNPUV, 2009), as chuvas são bem distribuídas ao longo de todos os meses e totalizam anualmente 1736mm. A temperatura média é $17,2^\circ\text{C}$, sendo janeiro o mês mais quente e junho o mais frio, com temperaturas médias de $21,8$ e $12,8^\circ\text{C}$, respectivamente. A direção predominante dos ventos é noroeste-sudeste e ocorrem 2240 horas de brilho solar ao ano.

O solo é classificado como Neossolo litólico (EMBRAPA-CNPS, 1999). O relevo é ondulado e a inclinação do terreno é para norte, sendo que as linhas de plantas se encontravam na direção leste-oeste.

3.1.2 Características e manejo da cultura

No início do experimento o vinhedo tinha três anos. Assim, as avaliações foram realizadas no primeiro ano de produção. O mesmo era conduzido em sistema latada. A formação da planta foi feita da seguinte maneira: a copa da videira foi formada a uma altura de 1,90m, de onde partiam dois braços, um para cada lado, dos quais partiam as brotações da safra. A altura dos cachos em relação ao solo era de, aproximadamente, 1,70m. O espaçamento era de 2,5m entre linhas e de 1,5m entre plantas.

Desde a instalação do experimento, cinco linhas de plantas permaneceram cobertas com filme plástico transparente tipo ráfia, com aditivos anti-UV e anti-gotejo e espessura de 160 μm . O mesmo foi colocado em forma de arcos descontínuos que chegava a 3m de altura no centro da linha de plantas. Estas linhas constituíram o tratamento “coberto”. As demais fileiras de plantas foram mantidas a céu aberto e constituíram o tratamento “descoberto”. Foram marcadas 10 plantas nas linhas centrais do tratamento coberto e 10 plantas no descoberto, nas terceira e quarta linhas, contadas a partir da última linha com cobertura. Nessas videiras foram realizadas avaliações de índice de área foliar, fenologia e produção, descritas mais adiante. Todas avaliações foram feitas simultaneamente nas áreas descoberta e coberta do vinhedo.

A poda de frutificação foi realizada em 28 de agosto de 2007. Foram deixados varas e esporões, caracterizando poda mista. No dia 22 de janeiro de 2008 realizou-se a colheita em ambos tratamentos.

Desde a implantação do vinhedo adotou-se o manejo orgânico. Em função disso, não foi utilizado nenhum produto para quebra de dormência das gemas e para controle de doenças utilizou-se somente calda bordalesa. O manejo de plantas

daninhas se deu por meio de roçadas nas entrelinhas das plantas e a adubação foi feita com composto orgânico à base de borra de suco de uva e engaço.

Para tratamentos fitossanitários foi empregada calda bordalesa no vinhedo a céu aberto, enquanto que as plantas cobertas não receberam tratamentos. No tratamento sem cobertura, foram feitas aplicações semanais de calda bordalesa, a partir de 05 de outubro de 2007, quando as plantas se encontravam em estágio de alongamento da inflorescência. Nas primeiras aplicações, a concentração da calda bordalesa foi de 0,3%, passando a 0,6% na floração e 1% após a floração. Depois do início da maturação (9 de janeiro) foram realizados os últimos dois tratamentos.

3.2 Variáveis meteorológicas

O monitoramento mesoclimático foi feito a partir de uma estação agrometeorológica instalada na sede da Embrapa Uva e Vinho, próxima ao experimento. Foram coletados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluvial e duração do brilho solar. Estes dados foram comparados com as normais climatológicas e com dados micrometeorológicos coletados nos vinhedos com e sem cobertura.

3.2.1 Microclima dos vinhedos

A partir da poda das videiras, mediu-se a radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) por meio de conjuntos de sensores formados por cinco células fotovoltaicas de silício amorfo, ligadas em paralelo e montadas em barras de alumínio de 1m de comprimento, com cobertura de acrílico transparente. A qualidade da radiação foi determinada no dia 08 de janeiro de 2008, em horário próximo ao meio-dia e sem presença de nuvens. Utilizou-se um espectrorradiômetro portátil Li-

Cor, modelo LI-1800, tanto no tratamento a céu aberto quanto sob cobertura plástica. A velocidade do vento foi medida por anemômetros de concha, modelo A100R Vector, acima dos dosséis coberto e descoberto. As medições de temperatura foram realizadas com psicrômetros constituídos por pares termoeletrônicos de cobre-constantan.

Assim, a disposição dos sensores ocorreu da seguinte forma, nos vinhedos coberto e descoberto (Figura 1):

- três barras com células fotovoltaicas (BCF) acima do dossel vegetativo, medindo RFA incidente sobre o dossel;
- três BCF voltadas para baixo, acima do dossel vegetativo, medindo RFA refletida pelo solo + dossel;
- três BCF ao nível dos cachos, medindo RFA transmitida pelo dossel vegetativo e pelo dossel + cobertura plástica, nos ambientes sem e com cobertura, respectivamente;
- três BCF voltadas para baixo, ao nível dos cachos, medindo RFA refletida pelo solo;
- três BCF junto ao solo, a 0,20 m da superfície, medindo RFA transmitida pelo dossel e pelo dossel + cobertura plástica, nos ambientes sem e com cobertura, respectivamente;
- dois psicrômetros medindo temperatura do ar acima do dossel;
- dois psicrômetros medindo temperatura do ar ao nível dos cachos;
- um anemômetro medindo a velocidade do vento acima do dossel;
- um saldo-radiômetro acima do dossel.

No tratamento coberto também foram colocados os seguintes sensores acima do filme plástico:

- três BCF medindo RFA a 0,50 m acima da cobertura;
- dois psicrômetros medindo temperatura do ar acima da cobertura.

Em cada área (coberta e descoberta) os sensores foram conectados a um multiplexador de canais e este ligado a um *datalogger* Campbell modelos CR21X ou CR10, tendo uma unidade armazenadora acoplada. Foram processadas leituras a cada 30s e armazenadas médias horárias. Os resultados foram tabulados e avaliados em planilhas de dados específicas para cada variável de medição.

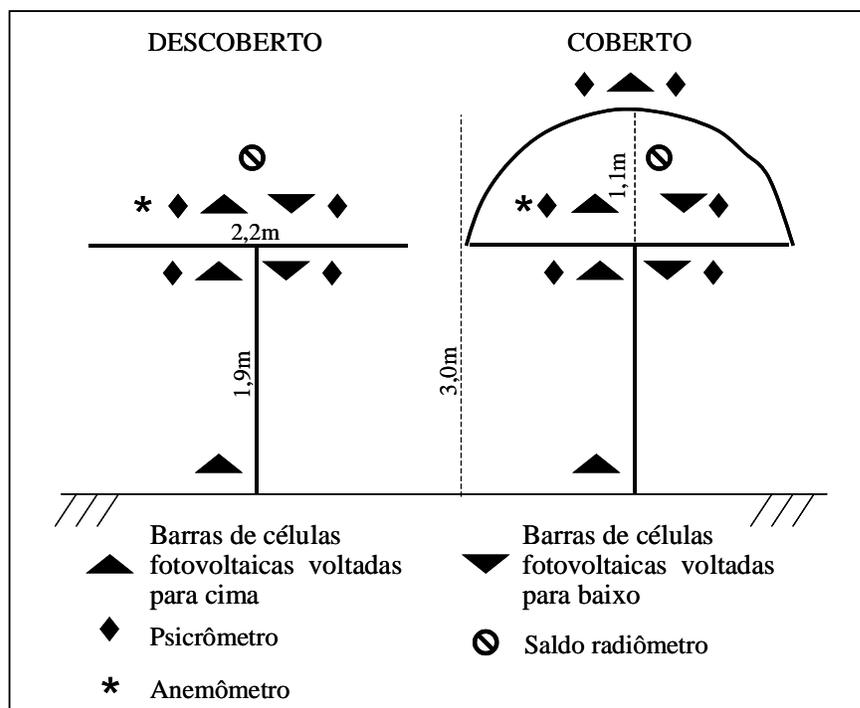


FIGURA 1. Localização dos sensores micrometeorológicos em vinhedo descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A partir dos dados de temperatura do ar calculou-se umidade relativa, umidade absoluta e déficit de saturação do ar, de acordo com as seguintes equações (Ometto, 1981):

$$UR = \left(\frac{e}{es} \right) 100 \quad (1)$$

$$UA = 289 \left(\frac{e}{273 + t_s} \right) \quad (2)$$

$$DS = es - e \quad (3)$$

$$es = 4,58 * 10 \exp \left(\frac{7,5 t_s}{237,5 + t_s} \right) \quad (4)$$

$$e = es_u - 0,6 * t_s - t_u \quad (5)$$

$$es_u = 4,58 * 10 \exp \left(\frac{7,5 t_u}{237,5 + t_u} \right) \quad (6)$$

sendo UR (%) a umidade relativa do ar, e (mm Hg) a pressão real de vapor d'água, es (mm Hg) a pressão de saturação de vapor d'água, UA (g m⁻³) a umidade absoluta do ar, DS (mm Hg) o déficit de saturação do ar, t_s (°C) temperatura do ar medida acima do dossel pelo bulbo seco do psicrômetro e t_u (°C) temperatura do ar medida acima do dossel pelo bulbo úmido do psicrômetro.

3.3 Desenvolvimento das plantas, produção e doenças

3.3.1 Fenologia

O desenvolvimento fenológico das videiras foi acompanhado semanalmente, a partir da poda. Foram analisadas todas as gemas de 20 plantas marcadas (10 a céu aberto e 10 sob cobertura plástica) e feita uma média para cada tratamento. As determinações dos estádios fenológicos basearam-se na escala fenológica descrita por Eichhorn & Lorenz, divulgada por EPPO (1984). Os estádios descritos nessa escala foram agrupados em cinco subperíodos dentro do ciclo vegetativo anual da videira: brotação, vegetativo, florescimento, frutificação e maturação (Tabela 1).

TABELA 1. Escala fenológica de Eichhorn & Lorenz (1977), divulgada por EPPO (1984), com estádios agrupados em subperíodos.

ESTÁDIO	DESCRIÇÃO	SUBPERÍODO
01	Gemas dormentes	
02	Inchamento de gemas	
03	Algodão	Brotação
05	Ponta verde	
07	1ª folha separada	
09	2 ou 3 folhas separadas	
12	5 ou 6 folhas separadas; inflorescência visível	Vegetativo
15	Alongamento da inflorescência; flores agrupadas	
17	Inflorescência desenvolvida; flores separadas	
19	Início de florescimento; primeiras flores abertas	Florescimento
21	25% das flores abertas	
23	50% das flores abertas (pleno florescimento)	
25	80% das flores abertas	
27	Frutificação (limpeza do cacho)	
29	Grãos tamanho “chumbinho”	Frutificação
31	Grãos tamanho “ervilha”	
33	Início da compactação do cacho	
35	Início da maturação	
38	Maturação plena	Maturação
41	Maturação dos sarmentos	
43	Início da queda de folhas	
47	Final da queda de folhas	

3.3.2 Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi estimado de forma não destrutiva, pelo método descrito por Carbonneau (1976), com algumas adaptações. Foi calculada a área de cada folha a partir das suas medidas de comprimento e largura, sendo que o valor obtido foi multiplicado pelo número de folhas por planta. Semanalmente, em cada área, foi contado o número de folhas das 10 plantas marcadas em cada tratamento. Além disso, eram escolhidas ao acaso, nos terços inicial, médio e final dos ramos, 10 folhas por planta e feitas medições de comprimento e largura.

Quando as folhas estavam maduras, foram coletadas amostras de 100 folhas para determinar a área de cada uma, em equipamento eletrônico da marca LICOR, modelo LI 3000, a fim de ajustar o método de estimativa de área foliar.

O índice de área foliar foi calculado pela seguinte fórmula:

$$IAF = \frac{NF \cdot AF}{S} \quad (7)$$

sendo NF o número de folhas por planta, S a área de solo ocupada por planta e AF a área média de folhas por planta.

3.3.3 Rendimento e qualidade de frutos

Para a determinação do rendimento foram colhidos e pesados todos os cachos das 10 plantas marcadas em cada tratamento. Determinou-se o rendimento por planta, em kg planta^{-1} , e o rendimento médio por área, em t ha^{-1} .

Considerou-se que a uva encontra-se em maturação comercial quando atinge 15°Brix e maturação fisiológica quando atinge 18°Brix , segundo Conte (1996). Assim, a evolução da maturação até atingir estes valores foi acompanhada, a partir da mudança de cor das bagas. A colheita foi realizada nas áreas descoberta e coberta no dia 22 de janeiro de 2008. Entretanto, algumas plantas do tratamento coberto não foram colhidas nesse dia, para que se continuasse avaliando a qualidade dos frutos e a possibilidade de atrasar a colheita.

Foram coletadas, semanalmente, 100 bagas no terço médio dos cachos, em ambos tratamentos. Previamente, as bagas eram pesadas e o seu diâmetro era medido. A seguir, as uvas eram esmagadas para extrair o mosto, com o qual determinava-se o teor de sólidos solúveis (SS) e a acidez total titulável. O teor de SS, expresso em $^\circ\text{Brix}$, foi analisado com um refratômetro digital de bancada com controle automático de temperatura (marca American Optical; modelo 10460). A

acidez total foi medida por titulação do mosto com NaOH 0,1N, utilizando o azul de bromotimol como indicador.

3.3.4 Incidência de doenças fúngicas

Avaliou-se visualmente a incidência (presença ou ausência) de duas das doenças fúngicas mais importantes na Serra Gaúcha, o míldio da videira (*Plasmopara viticola*) e a antracnose (*Elsinoe ampelina*) (Sonogo & Garrido, 2003). Foram monitoradas folhas, ramos e cachos em 10 plantas fora da cobertura e 10 plantas abaixo do plástico. As avaliações iniciaram a partir da brotação e os resultados são apresentados em porcentagem de incidência.

No vinhedo descoberto, o controle fitossanitário foi realizado por meio de aplicações semanais de calda bordalesa, cujo uso é permitido na agricultura orgânica (MAPA, 2009). Nas primeiras pulverizações o produto foi aplicado na concentração de 0,3%, chegando a 0,6% na floração. Após a floração a concentração foi elevada para 1% e as aplicações estenderam-se até o início da maturação. No vinhedo coberto não foram feitas pulverizações.

3.4 Parâmetros derivados das medições micrometeorológicas

3.4.1 Distribuição da radiação solar no dossel vegetativo

Foram medidos os seguintes componentes do balanço de radiação fotossinteticamente ativa (RFA): radiação incidente sobre o dossel (RFAinc), radiação transmitida pela cultura (RFA_t), radiação refletida pela cultura e radiação refletida pelo solo. A partir desses componentes e do índice de área foliar, calculou-se os seguintes parâmetros:

- radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFA_{int}) e absorvida (RFA_{abs}) pelo dossel;

- eficiência de interceptação da RFA pelo dossel vegetativo;

- coeficiente de extinção para radiação fotossinteticamente ativa.

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a absorvida pela cultura foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$RFA_{int} = RFA_{inc} - RFA_t \quad (8)$$

$$RFA_{abs} = RFA_{inc} + RFA_{rs} - RFA_{rsc} - RFA_t \quad (9)$$

sendo RFA_{inc} a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel, RFA_t a radiação fotossinteticamente ativa transmitida pelo dossel, RFA_{rs} a radiação fotossinteticamente ativa refletida pelo solo e RFA_{rsc} a radiação fotossinteticamente ativa refletida pelo solo + cultura.

A eficiência de interceptação de RFA pela cultura (ε_{int}) foi estimada a partir de RFA_{int} e do total incidente sobre o dossel (RFA_{inc}), pela seguinte expressão:

$$\varepsilon_{int} = \frac{RFA_{int}}{RFA_{inc}} \quad (10)$$

Relacionando a eficiência de interceptação com o índice de área foliar foi estimado o coeficiente de extinção de RFA do dossel. Esta estimativa foi feita pelo ajuste do coeficiente angular da função linear (11), baseada na Lei de Beer, adaptada por Monsi & Saeki (1953) e apresentada por Larcher (1995):

$$\ln(1 - \varepsilon_{int}) = -b.IAF \quad (11)$$

sendo b o coeficiente angular da equação.

3.4.2 Acúmulo de graus-dia

Calculou-se o acúmulo de graus-dia para cada tratamento, coberto e descoberto, de acordo com as equações descritas a seguir (Ometto, 1981):

$$GD = (T_m - T_b) + \frac{(TM - T_m)}{2} \quad \text{para } T_m > T_b; \quad (12)$$

$$GD = \frac{(TM - T_b)^2}{2(TM - T_m)} \quad \text{para } T_m < T_b \quad (13)$$

$$GD = 0 \quad \text{para } T_b > TM, \quad (14)$$

sendo GD graus-dia em $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, TM a temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$), T_m a temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$), e T_b a temperatura base inferior para videira de 10°C (Pedro Junior *et al.*, 1994).

As temperaturas máxima e mínima diárias foram medidas pelos pares termoeletrônicos dos psicrômetros (temperatura de bulbo seco) na altura do dossel vegetativo, em ambos tratamentos, descoberto e coberto.

3.4.3 Estimativa da evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) diária foi calculada pelo método Penman-Montheith parametrizado pela FAO (Allen *et al.*, 1998), de acordo com as seguintes funções:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma 900U_2(e_s - e_a) / T + 273}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (15)$$

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (16)$$

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} Patm \quad (17)$$

$$Patm = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \quad (18)$$

$$e_s = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27T}{T + 237,3} \right] \quad (19)$$

$$e_a = \frac{e_s \cdot UR}{100} \quad (20)$$

sendo Δ (kPa °C⁻¹) a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura, Rn (MJ m⁻² dia⁻¹) o saldo de radiação, G (MJ m⁻² dia⁻¹) o fluxo total diário de calor no solo, γ o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹), U_2 (m s⁻¹) a velocidade do vento a 2m de altura, e_s (kPa) a pressão de saturação de vapor d'água, e_a (kPa) a pressão real de vapor, T (°C) a temperatura média do ar na altura do dossel de cada tratamento, $Patm$ (kPa) a pressão atmosférica local e z (m) a altitude local.

O fluxo de calor no solo (G) foi desprezado por não haver registros dessa variável no local do experimento e, sobretudo, por representar uma pequena fração do balanço de energia das 24 horas.

O saldo de radiação (Rn) foi medido com saldo radiômetro nos dois ambientes a, aproximadamente, 1m acima do dossel vegetativo. Por haver disponível apenas um sensor, as medições foram realizadas alternadamente em ambos os tratamentos por intervalos de, aproximadamente, uma semana. A partir das medições estabeleceu-se uma relação entre radiação global (Rg) e Rn que foi utilizada para o cálculo de ET_o .

3.5 Análise estatística

Dados de radiação fotossinteticamente ativa, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, evapotranspiração de referência e produção foram submetidos à análise da variância. As médias de temperatura do ar foram comparadas pelo teste de Tukey.

Análises de regressão entre variáveis observadas e tratamentos (com e sem cobertura) ou condições de ambiente resultantes desses também foram utilizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas

Em termos médios, as condições meteorológicas verificadas no período de setembro de 2007 a abril de 2008, foram semelhantes às normais climatológicas de 1961 a 1990, registradas pela Estação Agroclimatológica da Embrapa Uva e Vinho (Tabela 2). Este intervalo de tempo é analisado por compreender o período desde a brotação até o final da queda de folhas das plantas.

TABELA 2. Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviual (mm mês^{-1}), duração do brilho solar (h) e velocidade média do vento (m s^{-1}) de setembro a abril de 2007/2008 e normais climatológicas (1961 a 1990), entre parênteses, obtidas na Estação Agroclimatológica Bento Gonçalves (RS), na Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, RS. Fonte: EMBRAPA-CNPUV, 2009.

	Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)			Um. relativa (%)	Precipitação (mm)	Brilho solar (h)	Vel. vento (m.s^{-1})
	média	máxima	mínima				
Set	17,7 (14,9)	22,9 (20,4)	13,4 (10,6)	74 (76)	270 (185)	181 (162)	1,9 (1,9)
Out	18,6 (17,0)	23,2 (22,8)	14,5 (12,3)	79 (74)	119 (156)	138 (192)	2,2 (1,8)
Nov	17,9 (18,9)	23,8 (24,8)	12,6 (14,2)	70 (73)	162 (140)	251 (219)	2,0 (1,7)
Dez	21,0 (20,7)	27,4 (26,7)	16,0 (16,0)	73 (72)	210 (144)	256 (239)	1,7 (1,6)
Jan	21,2 (21,8)	26,4 (27,8)	16,8 (17,3)	73 (75)	45 (140)	247 (231)	2,0 (1,5)
Fev	21,0 (21,7)	26,6 (27,5)	16,6 (17,3)	76 (77)	77 (139)	223 (199)	1,6 (1,5)
Mar	20,6 (20,3)	26,0 (26,0)	16,6 (16,1)	77 (78)	91 (128)	232 (208)	1,7 (1,5)
Abr	17,1 (17,5)	23,0 (22,9)	12,6 (13,3)	74 (78)	87 (114)	198 (173)	1,3 (1,5)
Méd/Tot	19,4 (19,1)	24,9 (24,9)	14,9 (14,6)	74 (75)	1061 (1146)	216 (203)	1,8 (1,6)

A temperatura do ar média do período foi de $19,4^{\circ}\text{C}$, sendo $0,3^{\circ}\text{C}$ superior à normal climatológica, destacando-se os meses de setembro ($+2,8^{\circ}\text{C}$) e outubro

(+1,6°C) como mais quentes que a normal. O mesmo se verificou para as temperaturas mínimas, enquanto que as máximas não diferiram. A umidade relativa do ar média, próxima a 75%, foi semelhante à normal climatológica, porém o mês de outubro foi mais úmido.

A precipitação pluviométrica total do período foi de 1061mm, sendo 7% inferior à média de 1961 a 1990. Em outubro e janeiro, meses de floração e maturação da uva Niágara Rosada, a precipitação foi inferior à normal, evidenciando uma tendência geral de redução da incidência de doenças fúngicas, por reduzir a presença de água livre sobre as plantas. Dezembro apresentou elevada precipitação (210mm), sendo que entre os dias 25 e 30 ocorreram, aproximadamente, 100mm.

A menor precipitação no período de setembro de 2007 a abril de 2008 está associada ao aumento na duração do brilho solar, pressupondo aumento na radiação solar incidente. A duração do brilho solar é registrada pela Estação Agroclimatológica Bento Gonçalves, situada na Embrapa, que é totalizada ao final de cada mês. No período experimental a duração do brilho solar totalizou 1726h, sendo 6% superior à média normal, embora em outubro ela tenha sido 30% menor que a normal.

Outubro foi o mês de maior ocorrência de vento, com média de $2,2\text{m s}^{-1}$. Normalmente, janeiro é um dos meses de menor ocorrência de ventos. No entanto, foi quando se verificou a maior diferença entre o ocorrido e a normal, sendo o ocorrido $0,5\text{m s}^{-1}$ superior, correspondente a um aumento de 30%.

As condições meteorológicas do período avaliado assemelham-se às normais climatológicas, com as maiores diferenças ocorrendo no mês de outubro, embora com tendência mais favorável para a maturação das uvas, considerando a menor precipitação e a maior duração do brilho solar.

4.2 Microclima dos vinhedos

4.2.1 Radiação solar fotossinteticamente ativa

O fluxo de energia radiante incidente foi crescente do início de outubro até meados de dezembro, em função da variação na declinação solar ao longo da primavera, que resulta em aumento do fluxo de radiação solar. O máximo valor de radiação incidente ocorreu em 12 de dezembro de 2007 e foi $13,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. A partir do segundo decêndio de fevereiro de 2008 a RFA incidente na altura dos cachos descobertos passa a aumentar (Figura 2), o que pode ser atribuído ao início da senescência de folhas nas plantas a céu aberto. Não foram obtidos dados de RFA ao nível dos cachos no tratamento coberto a partir do terceiro decêndio de dezembro devido a problemas com os equipamentos.

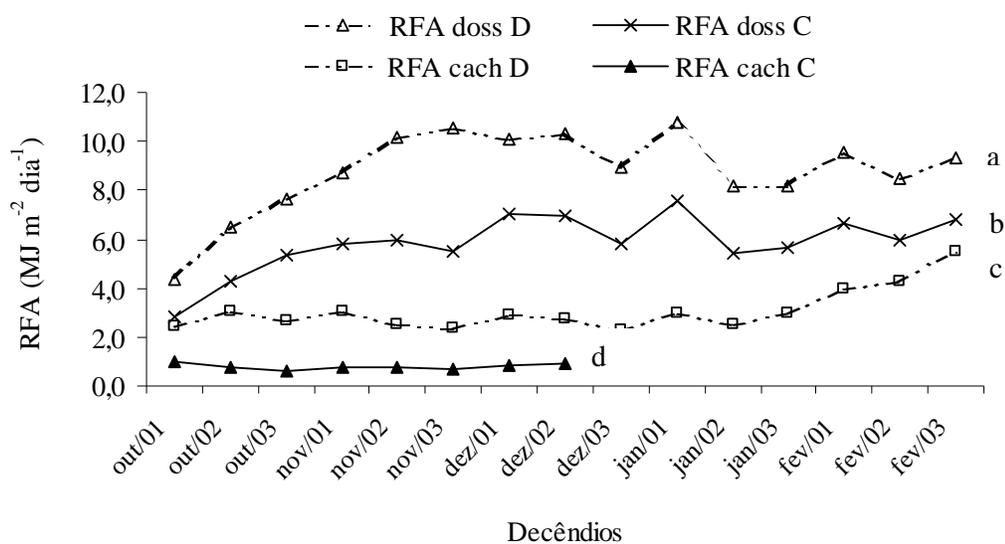


FIGURA 2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel descoberto (RFA doss D), dossel coberto com filme plástico (RFA doss C), cachos descobertos (RFA cach D) e cachos cobertos (RFA cach C). Valores seguidos por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A transmitância média da cobertura foi de 66% da radiação fotossinteticamente ativa incidente (Figura 3). Entre os fatores que interferem neste resultado estão as condições atmosféricas (nebulosidade), a idade do plástico e o ângulo de incidência da radiação solar. Em estufa plástica Camacho *et al.* (1995) encontraram transmitância de 65% em dias ensolarados, 89% em dias nublados e na média 78%. Na Serra Gaúcha, Cardoso *et al.* (2008) verificaram que a cobertura plástica transmitiu 68% da RFA incidente e Chavarria (2008) verificou redução de 9% na transmitância do filme plástico de um ciclo para o seguinte.

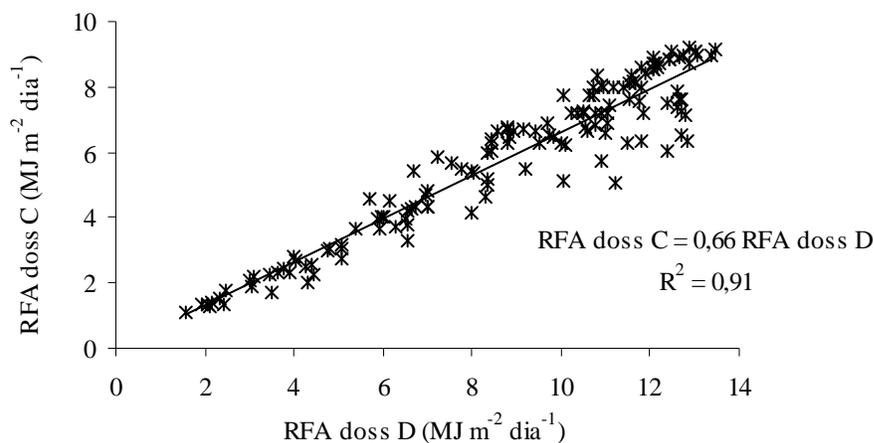


FIGURA 3. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre os dosséis coberto com filme plástico (RFA doss C) e descoberto (RFA doss D), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

Por ser tratar de um dossel descontínuo, com um espaço de cerca de 30cm entre as copas das videiras em linhas adjacentes, observou-se que, no início da manhã e no final da tarde, havia radiação solar direta incidindo sobre os sensores que mediam RFA transmitida ao nível do solo. Dessa forma, o efeito de atenuação da radiação pelo dossel não era percebido pelos sensores, constituindo uma impropriedade na experimentação. Em função disso, os resultados apresentados a seguir foram calculados com base nas medições obtidas em horário de maior

elevação solar, entre 9 e 16h, quando os raios solares têm menor ângulo zenital e, conseqüentemente, incidem de forma mais perpendicular à superfície, atravessam o dossel e só então atingem o solo. Verificou-se que o fluxo energético incidente sobre o dossel neste intervalo de horário corresponde a 75% do total diário.

Do total de RFAinc 31% atingiram os cachos descobertos e 8% os cachos cobertos (Figura 4). De acordo com Mullins *et al.* (1992), o sistema de condução e a área foliar da videira determinam a quantidade de luz que atinge o nível dos cachos. Em sistema de condução do tipo Y e com a cultivar Moscato Gialo, Cardoso *et al.* (2008) encontraram valores superiores para RFA ao nível dos cachos, que foram de 36% para o vinhedo descoberto e 16% para o coberto. Pedro Júnior *et al.* (2006) não encontraram diferenças, a partir de 70 dias após a poda da videira Niágara Rosada, entre os sistemas de condução em espaldeira, cortina dupla e latada, em ambiente a céu aberto, sendo que 20% da radiação solar incidente foi transmitida ao nível dos cachos.

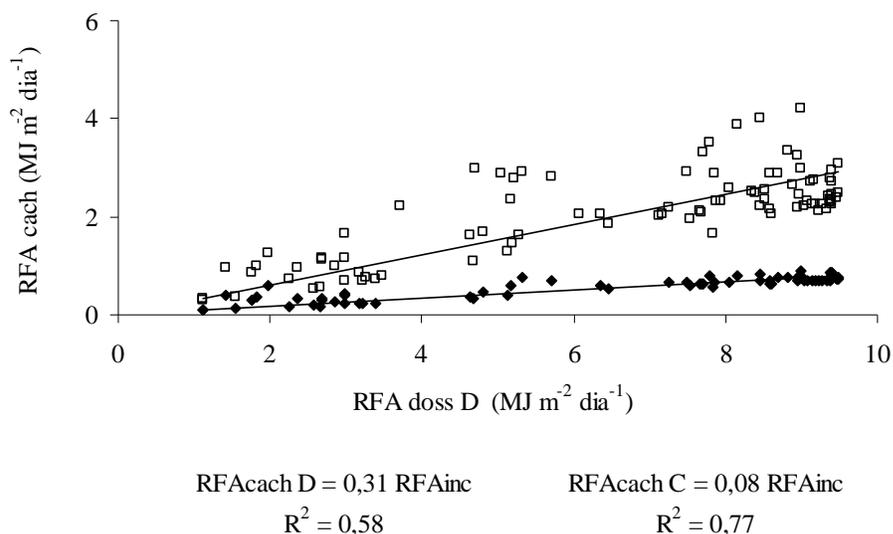
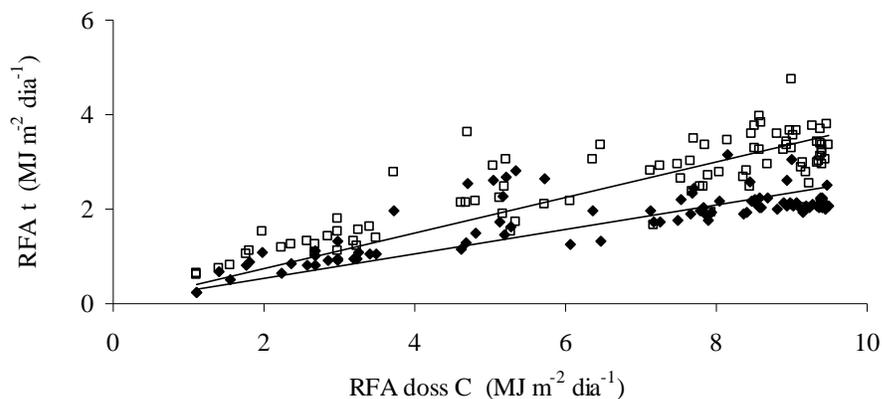


FIGURA 4. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre os cachos (RFA cach) e sobre o dossel descoberto (RFA doss D), nos tratamentos descoberto (□ D) e coberto com filme plástico (◆ C), de outubro a fevereiro (totais diários das 9 às 16h). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A radiação transmitida ao nível do solo foi 38 e 26% de RFAinc, nos tratamentos descoberto e coberto, respectivamente (Figura 5). Portanto, ao nível do solo incidiu uma quantidade maior de radiação que na altura dos cachos. Isto é explicado pelo arranjo de plantas em filas espaçadas e sua arquitetura, que formam um dossel descontínuo. Assim, por entre as linhas de plantas, com orientação leste-oeste, passava uma parcela da radiação solar que não era atenuada pelo dossel descoberto e nem pelo plástico + dossel no ambiente coberto. Essa parcela contribuiu para que o fluxo radiante fosse maior junto ao solo que junto aos cachos.



$$\begin{aligned} \text{RFA t D} &= 0,38 \text{ RFA doss C} & \text{RFA t C} &= 0,26 \text{ RFA doss C} \\ R^2 &= 0,67 & R^2 &= 0,50 \end{aligned}$$

FIGURA 5. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao nível do solo (RFA_t) e incidente sobre o dossel (RFA_{inc}) nos tratamentos descoberto (□ D) e coberto com filme plástico (♦ C), de outubro a fevereiro (totais diários das 9 às 16h). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A quantidade de RFA interceptada pela cultura foi cerca de 60% daquela incidente sobre o dossel, em ambos tratamentos descoberto e coberto. Mais de 90% da radiação fotossinteticamente ativa interceptada também foram absorvidos pelas plantas, sendo os 10% restantes refletidos pela cultura. Este resultado é semelhante ao que foi encontrado em outros ambientes e culturas (Radin, 2002; Müller & Bergamaschi, 2005).

4.2.2 Qualidade da radiação solar

De acordo com Ometto (1981), o espectro de emissão da radiação solar abrange desde os comprimentos de onda de 220 até 4000nm. Entre 220 e 400nm está a radiação ultravioleta (UV), a faixa de maior frequência, mas em menor quantidade, da ordem de 4% do total da radiação global. A maior parte da radiação UV fica retida, principalmente, pelo ozônio presente na atmosfera e menos de 0,05% atinge o solo. Entre 400 e 700nm está o espectro visível, o qual é absorvido pelas plantas para ativação da fotossíntese, cuja quantidade de energia corresponde a 44% da radiação global. Esta é a faixa que corresponde à radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Entre 700 a 4000nm está a faixa do infravermelho próximo, com 52% da energia solar total.

Para o presente estudo, foi avaliado o espectro entre 300 e 850nm. Os resultados apresentados a seguir, sobre qualidade da radiação, correspondem às medições realizadas num dia ensolarado (8 de janeiro de 2008), por volta do meio-dia solar. A nebulosidade altera o espectro da radiação, pois a radiação infravermelha extrema é mais absorvida pelas gotículas de água que formam as nuvens e pelo vapor d'água presente na atmosfera e a radiação ultravioleta é mais dispersada (Mourad, 1993). Outro aspecto que interfere na qualidade da radiação transmitida é a idade do plástico. Venturin & Santos (2004) estudaram a qualidade da radiação abaixo de coberturas plásticas de diferentes idades e verificaram que as diferenças qualitativas da radiação incidente aumentam com o envelhecimento do plástico, pelo escurecimento do mesmo.

A Figura 6 apresenta a relação entre a radiação solar incidente sobre os dosséis coberto e descoberto para cada faixa analisada do espectro, indicando quanto da radiação é retida pelo plástico.

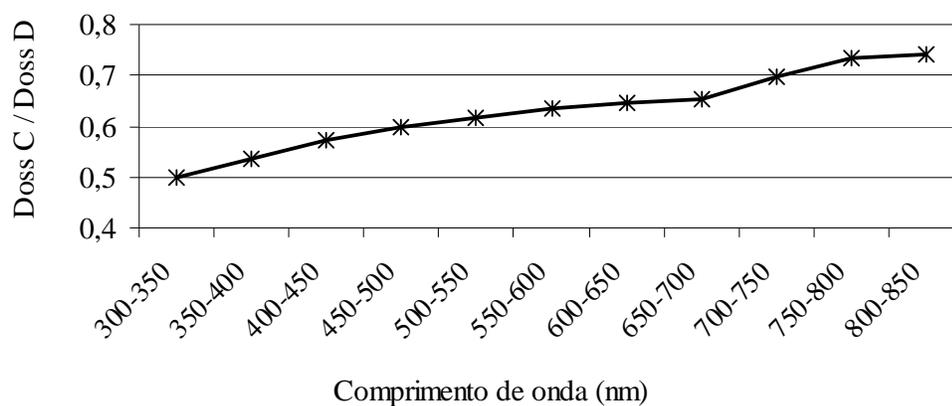


FIGURA 6. Relação entre a radiação solar incidente na altura dos dosséis coberto com filme plástico (Doss C) e descoberto (Doss D), por faixa do espectro. Bento Gonçalves, RS, 09/01/2008.

Verificou-se que a transmissividade do plástico aumentou com o aumento do comprimento de onda. Isto ocorre porque o plástico utilizado recebe na sua fabricação aditivos químicos contra a ação da radiação UV (PROPEX, 2009). Para os comprimentos próximos de 300nm a cobertura plástica transmitiu em torno de 50% da radiação, enquanto que dos comprimentos de onda entre 800 e 850nm a porção transmitida foi de 74% do total incidente. Portanto, a atenuação da radiação diminuiu na medida em que aumentou o comprimento de onda. Para todo o espectro de medição a transmissividade média do plástico foi de 65% e para a faixa entre 400 e 700nm (RFA) foi de 63%. Estes valores são próximos aos apresentados na Figura 3.

Na altura das folhas, em torno de 70% da radiação solar incidente estão na faixa do espectro visível de comprimento de onda, isto é, entre 400 e 700nm (Figura 7). Os 30% restantes estão na região do infravermelho. Na altura dos cachos, as

porções praticamente se invertem, pois cerca de 35% estão no espectro do visível e 65% na região do infravermelho.

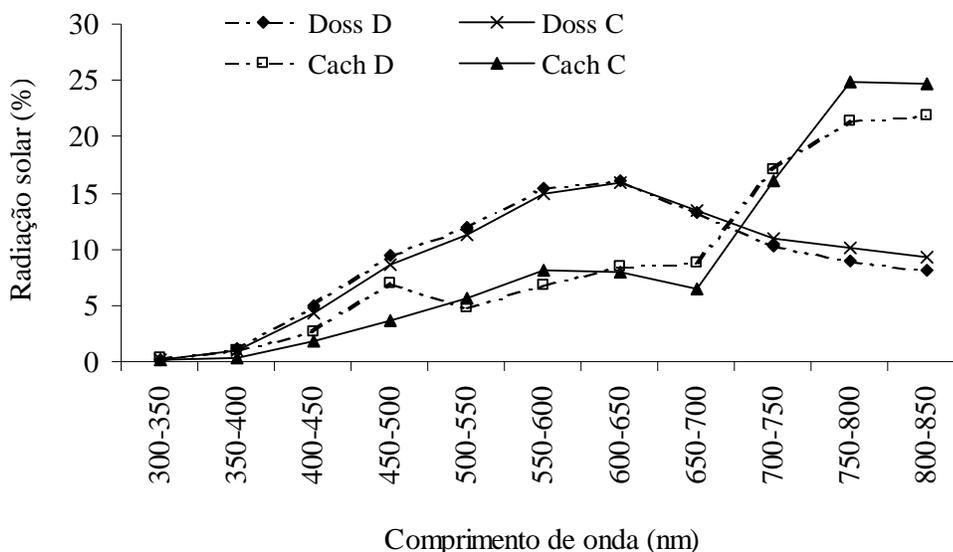


FIGURA 7. Distribuição proporcional da radiação solar (300 a 850nm) na altura do dossel descoberto (Doss D), dossel coberto com filme plástico (Doss C), cachos descobertos (Cach D) e cachos cobertos (Cach C). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

Ao atravessar um dossel a qualidade de radiação é alterada em função da absorção, sobretudo das faixas de luz azul e vermelha absorvidas pelas clorofilas, com maior transmissão da radiação vermelha distante. Além disso, segundo Jones (1992) na luz difusa, predominante em ambientes sombreados, aumenta a relação entre luz azul e aquela com maiores comprimentos de onda. Dentro da faixa espectral visível estão os picos de radiação absorvida pelas clorofilas, correspondentes às cores azul e vermelho, cujos comprimentos de onda são, respectivamente, 430 e 660nm (Ometto, 1981). Isto explica a diferença entre a porção de RFA que incide sobre o dossel e aquela que atinge os cachos, depois de atravessar o dossel. Portanto, as folhas apresentam transmissividade menor para a RFA e maior para os comprimentos de onda maiores.

4.2.3 Temperatura do ar

Apesar de haver menor fluxo de radiação debaixo da cobertura, a temperatura máxima do ar foi maior nesse ambiente que em céu aberto (Figura 8). As temperaturas mais elevadas foram verificadas acima do dossel coberto, decrescendo para os cachos cobertos, acima da cobertura e, finalmente, acima do dossel descoberto e junto aos cachos descobertos. As maiores diferenças entre alturas e tratamentos estão nas temperaturas máximas, as quais diferiram estatisticamente, enquanto que as médias e mínimas tiveram valores semelhantes. O aumento nas temperaturas máximas abaixo do plástico pode ser explicado, principalmente, pelo efeito da cobertura em restringir a movimentação do ar e, dessa forma, conservar o calor naquele ambiente, durante o período diurno. Estes resultados estão de acordo com outros estudos de ambientes protegidos (Farias *et al.*, 1993b; Camacho *et al.*, 1995; Cardoso *et al.*, 2008).

As temperaturas mínimas diárias, normalmente, foram registradas durante a noite. As pequenas diferenças encontradas nas temperaturas mínimas do ar podem ser explicadas pela permeabilidade do plástico à radiação de ondas longas emitida pela cultura. Assim, não ocorre o chamado “efeito estufa” (Cardoso, 2007) e o calor acumulado durante o dia pode ser perdido à noite, diminuindo a diferença de temperatura do ar.

O aumento da temperatura do ar, sobretudo nas máximas, devido ao uso de cobertura plástica, faz com que haja diferenças no tempo térmico percebido pelas plantas abaixo e fora do plástico. Essa diferença se traduz em maior acúmulo de graus-dia no tratamento coberto que no descoberto. Os efeitos desta diferença são verificados no crescimento desigual do dossel vegetativo e também na fenologia das plantas, como será discutido nos itens 4.3.1 e 4.3.2.

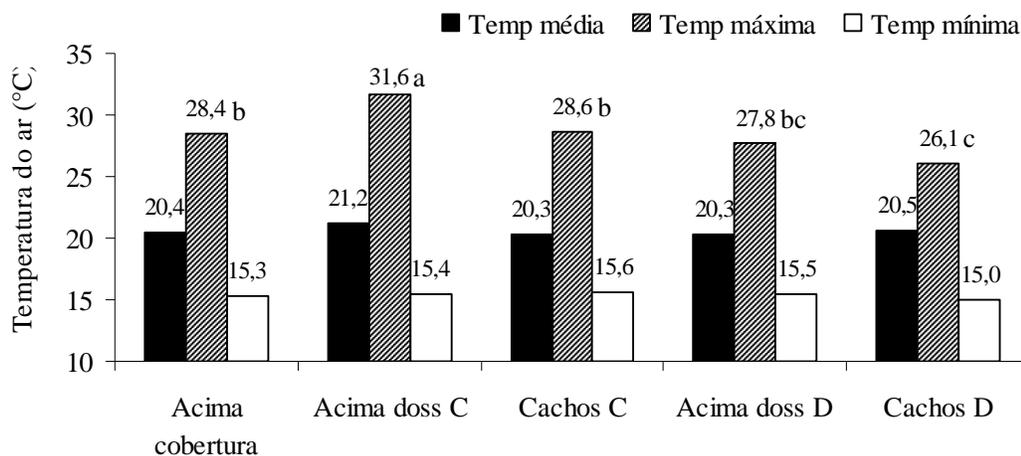


FIGURA 8. Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$), de outubro a fevereiro, medidas em diferentes alturas dos vinhedos coberto com filme plástico (C) e descoberto (D). Valores médios do período seguidos por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

4.2.4 Velocidade do vento

A velocidade média diária do vento registrada junto ao dossel descoberto foi de $1,6\text{ m s}^{-1}$, enquanto que junto ao dossel coberto ela foi de $0,3\text{ m s}^{-1}$ (Figura 9). A diferença na média entre os tratamentos foi significativa em nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

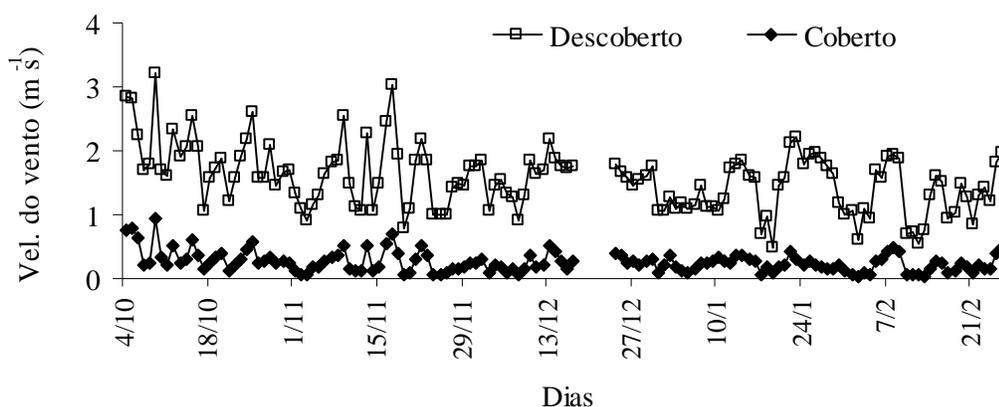


FIGURA 9. Velocidade média do vento (m s^{-1}) a 2m de altura, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

Considerando as médias diárias, a cobertura plástica promoveu uma redução de 93% na velocidade do vento. Cardoso et al. (2008) verificou redução média de 88% na velocidade do vento devido ao uso de cobertura plástica descontínua sobre vinhedo conduzido em sistema Y (ípsilon), na mesma região.

Entretanto, quando a análise foi feita por faixas de velocidade do vento, observou-se que a redução devido à cobertura foi menor na medida em que aumentou a velocidade do vento (Tabela 3). Dentro das condições analisadas, o efeito da cobertura sobre a velocidade do vento diminuiu linearmente com o aumento na sua velocidade ($r^2 = 0,986$). É provável que essa diminuição progressiva do efeito da cobertura plástica sobre as velocidades observadas se deva, pelo menos em parte, à inércia dos sensores, embora tenham sido utilizados anemômetros sensíveis, de pulso eletrônico. Isto implicaria na necessidade de uma velocidade mínima para impulsionar os anemômetros, para dar início ao registro de vento. Este aspecto pode justificar os efeitos diferenciais da cobertura plástica em reduzir o vento sobre o vinhedo, segundo a própria velocidade de deslocamento do ar.

TABELA 3. Redução (%) da velocidade média horária do vento ($m s^{-1}$) causada pela cobertura plástica em relação ao vinhedo descoberto, para diferentes faixas de velocidade. Bento Gonçalves, 2007/2008.

	Faixas de velocidade média do vento ($m s^{-1}$)				
	0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-4,8
Redução (%)	90	87	80	74	70

A velocidade de rajadas de vento também foi reduzida pela cobertura. Por exemplo, no dia 9 de outubro de 2007 foram registradas velocidades de $4,8m s^{-1}$ no descoberto e $1,7m s^{-1}$ no coberto, significando que o plástico reduziu em 65% a máxima velocidade registrada.

Considerado de forma isolada, até determinadas velocidades o vento contribui para o aumento da evapotranspiração, pela diminuição da resistência da camada limite junto às folhas (Jones, 1992) e maior remoção de vapor d'água do ambiente. Com isto, a diminuição da velocidade do vento implica em diminuição da demanda evaporativa da atmosfera e dos processos de evaporação e transpiração. Esta questão

será novamente abordada no item 4.2.6, levando-se em conta outros fatores importantes.

A ação mecânica direta do vento sobre as plantas pode ser danosa, sobretudo porque as maiores velocidades ocorrem predominantemente durante a primavera, de acordo com as normais climatológicas de Bento Gonçalves e com as medições efetuadas no experimento. É nessa época do ano, em particular em outubro, que a videira está com brotações e ramos jovens e frágeis, susceptíveis à quebra pelo vento. Dessa forma, a cobertura plástica tem efeito benéfico sobre as plantas como forma de proteção contra rajadas de vento.

4.2.5 Umidade relativa do ar

A UR média diária foi próxima de 80% em todas as alturas, nos dois tratamentos e não apresentou diferenças estatisticamente significativas. Diferenças entre os ambientes sem e com cobertura foram mais evidentes na marcha diária da UR do ar (Figura 10). Estes resultados estão de acordo com observações de Farias *et al.* (1993b), segundo as quais a estufa plástica aumenta a amplitude diária da umidade relativa do ar, não alterando os valores médios. A umidade relativa se diferenciou entre os tratamentos durante o período diurno, contudo a umidade absoluta foi ligeiramente superior junto às plantas cobertas ao longo das 24 horas. Este pode ser considerado um efeito direto da redução da velocidade do vento promovido pela cobertura plástica devido à sua impermeabilidade, que não permite a dissipação, no sentido vertical, do vapor d'água presente no ambiente coberto.

Comparando-se a umidade relativa e a umidade absoluta, nota-se que ocorreu um padrão de variação inverso entre ambas ao longo das 24 horas. Ou seja, os horários de mínima umidade relativa (durante o dia) correspondem aos de máxima

umidade absoluta e vice-versa, independentemente da presença ou não cobertura plástica. Isto pode ser explicado comparando-se as variações na temperatura do ar (Figura 11), pois a diminuição acentuada da temperatura, durante a noite, corresponde a uma redução da tensão de saturação de vapor d'água no ambiente (Farias *et al.*, 1993b) e, conseqüentemente, aumenta a umidade relativa e reduz o déficit de saturação (Figura 11), ocorrendo o contrário durante o dia.

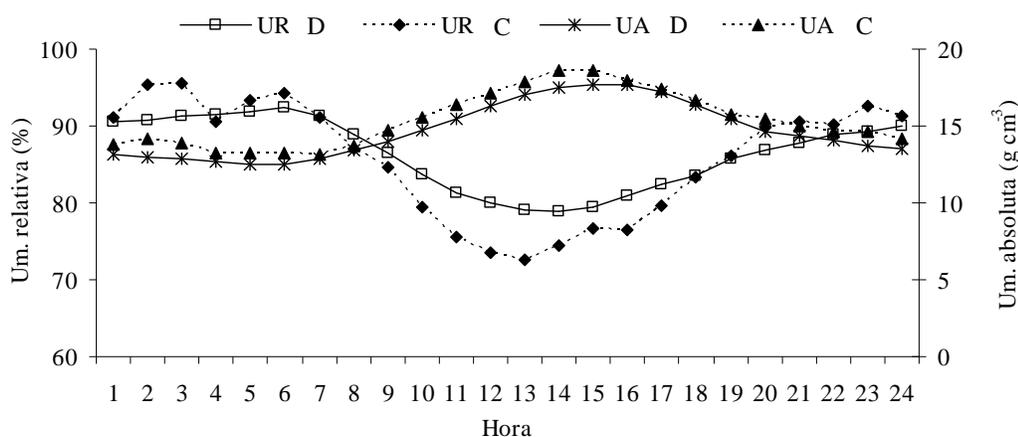


FIGURA 10. Médias horárias de umidade relativa do ar (UR) (%) e umidade absoluta (UA) (g cm⁻³), em diferentes alturas dos vinhedos descoberto (D) e coberto com filme plástico (C), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

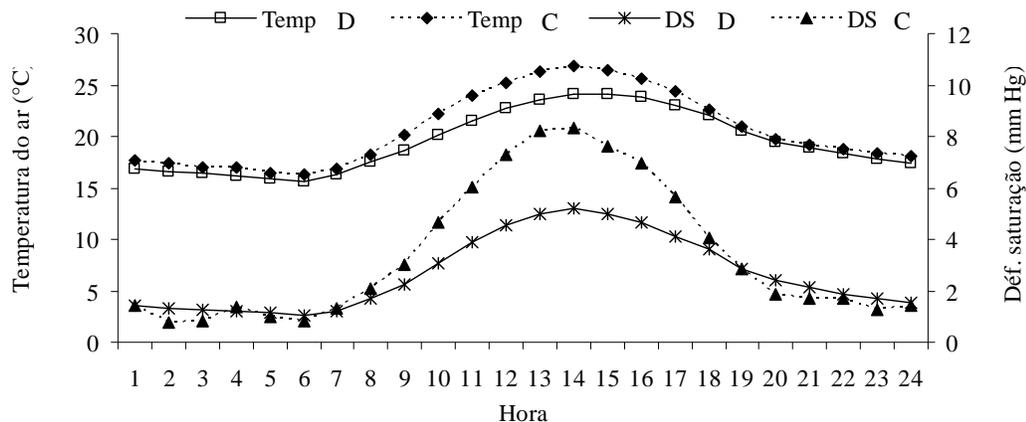


FIGURA 11. Médias horárias de temperatura média do ar (°C) e déficit de saturação de vapor (mmHg), em diferentes alturas dos vinhedos descoberto (D) e coberto com filme plástico (C), de outubro a fevereiro. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A amplitude diária da UR foi maior no vinhedo coberto que no descoberto, a exemplo do que ocorreu com a temperatura média do ar. Maior temperatura do ar, sobretudo durante o dia, resulta em maior tensão de saturação de vapor d'água no ambiente. Embora houvesse maior pressão de vapor d'água (e umidade absoluta) nas horas mais quentes do dia, a UR foi menor debaixo da cobertura que a céu aberto e, conseqüentemente, o déficit de saturação de vapor foi maior. Isso se justifica porque a UR tende a ser inversamente proporcional à temperatura, pela razão discutida no parágrafo anterior.

As variações no teor de umidade do ar também influenciam a demanda evaporativa da atmosfera e, portanto, os processos de evaporação e transpiração, a repartição do balanço de energia no ambiente e a incidência de doenças nas plantas.

4.2.6 Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração potencial diária (ET_o) tendência de incremento a partir do mês de outubro de 2007 e certa estabilização a partir do mês seguinte, em ambos ambientes (Figura 12). Dezembro foi o mês com maior evapotranspiração, sendo a média diária de 2,9mm para o tratamento descoberto e 2,7mm para o coberto, possivelmente em função de maior quantidade de energia disponível no ambiente pela ocorrência de maior número de horas de brilho solar e maiores temperaturas diurnas do ar (Tabela 2) do que nos outros meses. Ao longo do ciclo, a ET_o média calculada a céu aberto foi de 2,6mm dia⁻¹, com variação de 0,4 a 4,5mm dia⁻¹. No ambiente coberto a média foi 2,3mm dia⁻¹, variando de 0,2 a 3,9mm dia⁻¹. As médias entre os tratamentos diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outros autores estudaram a evapotranspiração em vinhedos e os resultados variam conforme as características dos cultivos e sua localização. Em Flores da Cunha/RS, na região da Serra Gaúcha, Cardoso *et al.* (2008) encontraram valores máximos de 6,4mm dia⁻¹ em vinhedo descoberto e 4,2mm dia⁻¹ em vinhedo coberto, no mês de dezembro, utilizando o método de Penman. Na média do ciclo vegetativo a ETo foi 3,7 e 2,4mm dia⁻¹, respectivamente, para os vinhedos descoberto e coberto. Para um vinhedo de *V. vinifera*, cultivar Shiraz, conduzido em dupla cortina a céu aberto, em clima mediterrâneo do sul da França, Trambouze & Voltz (2001) estimaram que a ETo média foi de 5,3mm dia⁻¹. Os autores calcularam a transpiração potencial e obtiveram 2,3 mm dia⁻¹, sendo que a transpiração real medida foi de 1,9mm dia⁻¹. Observaram que, quando havia água disponível no solo, a transpiração seguia a demanda atmosférica e a transpiração real se aproximava da potencial. Porém, na medida em que o solo secava, as plantas reduziam a transpiração em relação à demanda.

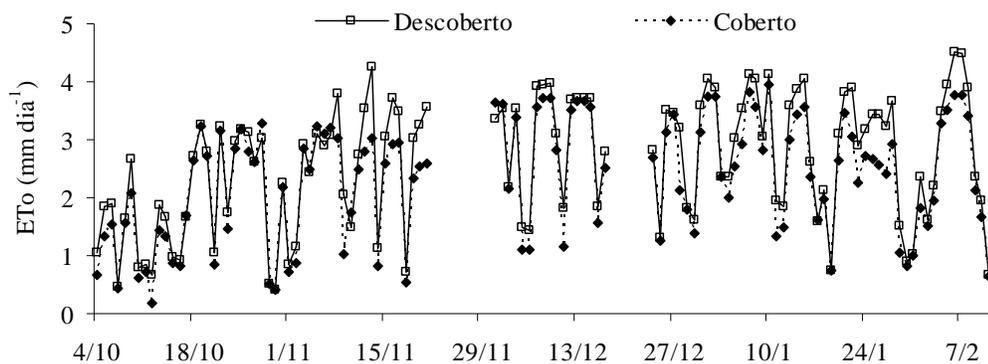


FIGURA 12. Evapotranspiração de referência (ETo) (mm dia⁻¹) calculada pelo método de Penman-Montheith-FAO, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

A evapotranspiração de referência calculada para o ambiente protegido foi 89% daquela calculada para o ambiente descoberto (Figura 13). Cardoso *et al.* (2008)

verificaram maior redução, sendo que a ET_o calculada para o ambiente coberto foi 65% daquela calculada para o descoberto. Em estufa plástica Farias *et al.* (1994) observaram que a evapotranspiração no ambiente interno foi 71% daquela a céu aberto, devido à opacidade parcial da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera. Para uva de mesa, cultivar Sultana na Austrália, Yunusa *et al.* (2004) verificaram que a evapotranspiração da cultura foi de 3,1 e 1,5mm dia⁻¹, respectivamente, para seqüências de dias com solo úmido e com solo seco. A evaporação do solo foi 2 e 0,4mm dia⁻¹ nos respectivos períodos.

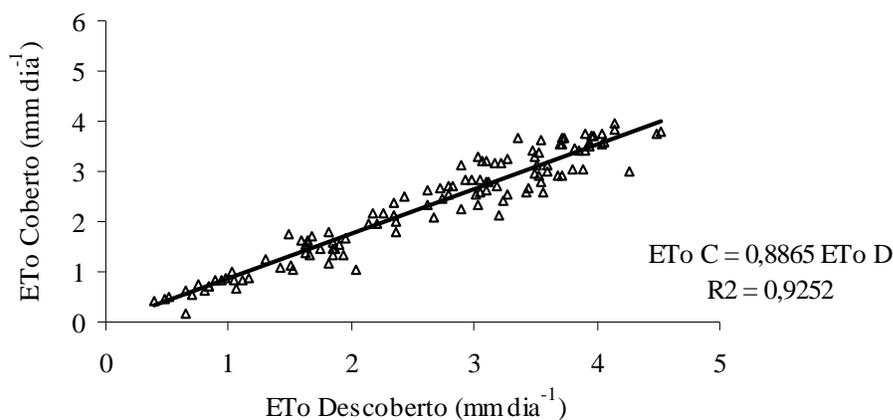


FIGURA 13. Razão entre a evapotranspiração de referência (ET_o) (mm dia^{-1}) em vinhedos descoberto (D) e coberto com filme plástico (C). Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

No presente trabalho, a cobertura plástica causou diminuição na quantidade de radiação solar incidente em mais de 30% e redução na velocidade do vento de 93%, em relação a céu aberto. Pode-se inferir que estas alterações tiveram maior efeito sobre a demanda evaporativa da atmosfera que a elevação das temperaturas diurnas e as modificações no teor de umidade do ambiente.

É possível que as diferenças encontradas sejam menores que resultados referidos em outros trabalhos devido a diferenças na metodologia de cálculo. Para

este trabalho utilizou-se o método de Penman-Montheith, indicado como padrão pela FAO para cálculo da evapotranspiração, enquanto que na maioria dos trabalhos foi utilizado o método de Penman. Outra justificativa possível, talvez de maior relevância neste estudo, é que o saldo de radiação utilizado nos cálculos foi estimado a partir de um modelo gerado no próprio experimento, que o torna mais representativo da condição real da cultura.

4.2.7 Saldo de radiação em vinhedo de Niágara Rosada

A medição do saldo de radiação em ambiente protegido é importante porque todo o balanço de energia, que depende do balanço de radiação, é modificado pela presença do plástico. Além disso, as condições de umidade no ambiente são alteradas, modificando a demanda evaporativa da atmosfera e a evapotranspiração das culturas, que consome grande quantidade de energia. Por estes motivos, a medição do saldo de radiação, através de métodos apropriados, parece ser mais coerente do que calcular R_n em função de modelos obtidos a céu aberto e ajustados para outras culturas.

A Figura 14 apresenta um modelo de regressão linear que relaciona o saldo de radiação (R_n), medido no experimento, com a radiação solar global incidente estimada em função de RFA incidente. Verifica-se que R_n , isto é, a quantidade de radiação disponível, sobretudo para os processos de evapotranspiração e aquecimento do solo e do ar, corresponde a cerca de 40% da radiação solar global incidente.

Devido à semelhança nos parâmetros das equações geradas com os dados de cada ambiente, separadamente, optou-se por adotar uma equação de regressão única para os dois tratamentos. Quanto à dispersão de pontos, Santos et al. (1994)

obtiveram estimativas mais precisas da evapotranspiração de referência ao utilizarem saldo de radiação medido sobre alfafa, do que quando foi determinado sobre gramado, de acordo com Bergamaschi & Guadagnin (1990).

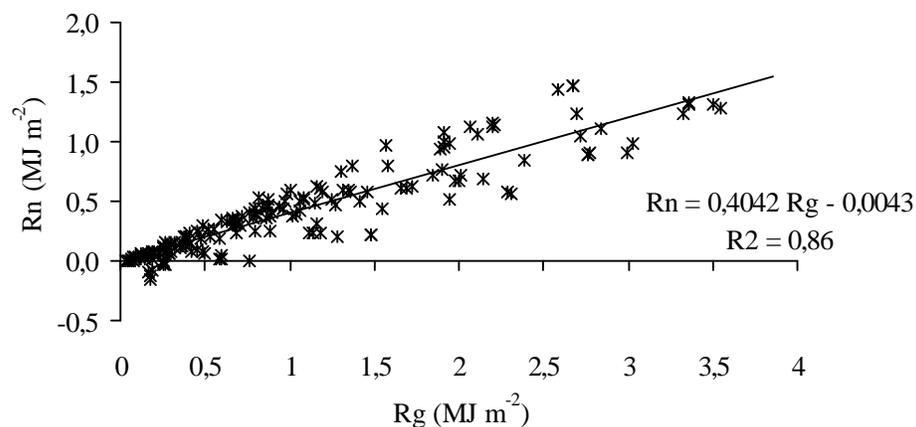


FIGURA 14. Relação entre saldo de radiação (R_n) e radiação solar global incidente (R_g) ($\text{cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$) em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

Alguns autores demonstraram que a disponibilidade hídrica é o principal fator determinante da repartição do saldo de radiação entre aquecimento do solo, calor latente de evaporação e calor sensível (Yunusa *et al.*, 2004). No presente trabalho, a repartição do saldo de radiação nos fluxos energéticos para o solo e para a atmosfera não foi determinada, em razão da grande área de bordadura necessária à obtenção de resultados confiáveis. Além disso, entre a cobertura plástica e o dossel há um espaço reduzido para medição de gradientes verticais de temperatura e umidade na atmosfera, que seriam necessários para desdobrar os fluxos de transporte de calor e vapor no ar da camada limite, junto ao dossel.

4.3 Desenvolvimento de plantas

4.3.1 Fenologia

A Figura 15 apresenta as porcentagens de gemas encontradas em cada subperíodo fenológico, nas datas de avaliação, e o respectivo acúmulo de graus-dia. Por exemplo, no dia 14 de setembro de 2007, todas as plantas descobertas permaneciam no subperíodo 1 ou “brotação”, enquanto que 5% das plantas cobertas já estavam no subperíodo 2 ou “vegetativo”. Esta antecipação das plantas cobertas em relação ao vinhedo descoberto persistiu até a maturação de colheita. Isto pode ser atribuído a diferenças nas temperaturas diurnas entre os ambientes e, portanto, no acúmulo de graus-dia (GD).

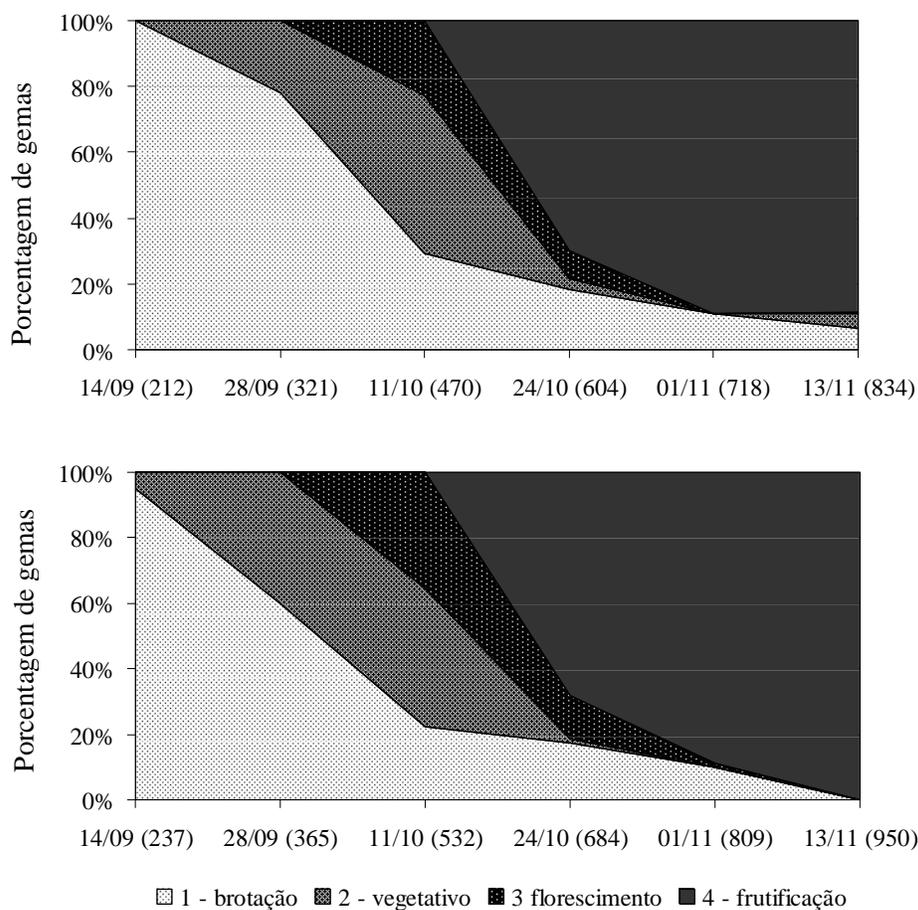


FIGURA 15. Porcentagem de gemas brotadas em cada subperíodo fenológico em diferentes datas de avaliação e, entre parênteses, o respectivo acúmulo de graus-dia de vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

O pleno florescimento ocorreu em 16 de outubro de 2007 no tratamento coberto, sendo de 581 GD o acúmulo térmico até esta data. Para o vinhedo descoberto houve um atraso de dois dias, ocorrendo o pleno florescimento em 18 de outubro de 2007, quando o acúmulo térmico nesse ambiente foi de 536 GD. Neste estágio de desenvolvimento das videiras, alta umidade no ambiente é prejudicial, pois favorece o surgimento de doenças. Do início ao final do subperíodo “florescimento” decorreram cerca de duas semanas, quando houve chuvas no total de 67mm, entre os dias 11 e 17 de outubro de 2007. De 29 de outubro a 02 de novembro de 2007 ocorreram mais precipitações, que totalizaram mais de 100mm. Segundo Mandelli (2008), a seqüência de dias chuvosos que ocorreu no final de outubro e início de novembro de 2007 prejudicou a floração e o pegamento dos frutos de algumas cultivares.

Em 17 de dezembro de 2007 foram encontradas as primeiras bagas em mudança de cor no vinhedo coberto, mas não em número suficiente para caracterizar este estágio fenológico (estádio 35). Em 9 de janeiro de 2008 as videiras de ambos tratamentos estavam no subperíodo “maturação”, porém, com diferenças na concentração de açúcares nas bagas. Neste dia, somente as uvas do tratamento coberto já estavam em maturação de colheita (15°Brix), sendo de 1918 GD o acúmulo térmico neste ambiente. As uvas do vinhedo descoberto atingiram este ponto no dia 12 de janeiro de 2008, com acúmulo térmico de 1744 GD. Entretanto, as diferenças entre os tratamentos não permaneceram, sendo que em 22 de janeiro de 2008 foi realizada a colheita em ambos tratamentos, quando estavam próximos da maturação fisiológica (18°Brix). Segundo Mandelli (2002), a insolação acumulada durante a maturação das uvas influencia diretamente o acúmulo de açúcares. Possivelmente, por esta razão, o vinhedo coberto iniciou a maturação antes que o

descoberto, mas a diferença não persistiu até a realização da colheita. Resultados semelhantes foram encontrados por Chavarria et al. (2009). Os autores consideraram que a temperatura do ar foi o fator determinante para o desenvolvimento das plantas desde o início da brotação até as bagas começarem a mudança de cor, quando a radiação solar se tornou mais importante, prolongando o período de maturação na área coberta.

A partir da maturação de colheita a cobertura prolongou o desenvolvimento da planta, retardando a queda de folhas. O início da queda de folhas (estádio 43) iniciou cerca de 45 dias antes no vinhedo descoberto que no coberto, em 30 de dezembro de 2007 e 12 de fevereiro de 2008, respectivamente. Da mesma forma, o final da queda de folhas (estádio 47) foi em 4 de abril de 2008 nas plantas descobertas e 24 de abril de 2008 naquelas cobertas. Nessa etapa do ciclo pode-se dizer que o efeito produzido pela cobertura foi indireto, pois o aumento da duração das folhas está associado à melhor condição fitossanitária do dossel coberto, em função da ausência de doenças e fitotoxidez, como será discutido posteriormente.

Pode-se concluir que a cobertura plástica acelerou o desenvolvimento do vinhedo até a maturação das uvas, a partir de quando o efeito foi contrário, causando atraso desde a maturação até o final do ciclo vegetativo anual das plantas (queda de folhas). Entretanto, o resultado mais importante verificado na avaliação da fenologia, durante este experimento, foi de que não houve antecipação do término da maturação para colheita das uvas na área coberta, diferentemente do que foi observado por Schiedeck (1999), com a mesma cultivar. Por outro lado, também foi muito importante o fato de que houve condições para retardar a colheita no vinhedo sob cobertura plástica, o que será discutido mais adiante.

4.3.2 Índice de área foliar

A evolução do índice de área foliar (IAF) foi diferenciada em cada ambiente e manteve relação quadrática com o acúmulo de graus-dia (Figura 16). As plantas sob cobertura plástica apresentaram maior índice de área foliar que as plantas descobertas, ao longo de todo o período avaliado. Além do maior acúmulo térmico, que proporcionou crescimento mais rápido das plantas cobertas, a condição hídrica pode ter contribuído para aumentar as diferenças observadas, segundo Heckler *et al.* (2008a).

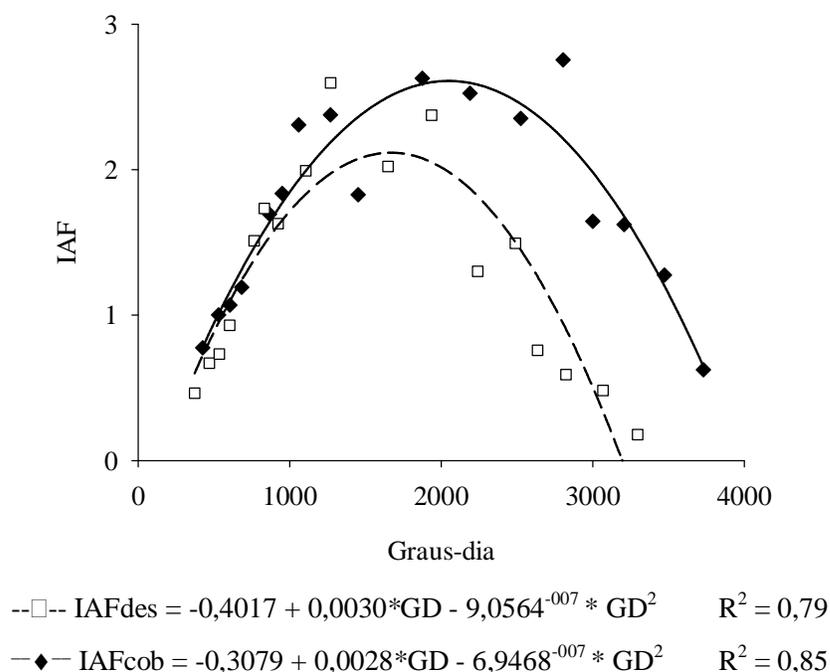


FIGURA 16. Índice de área foliar (IAF) observado (□◆) e estimado (---- e —) em função de graus-dia acumulados em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

O máximo índice de área foliar ocorreu próximo ao estágio de mudança de cor das bagas, que ocorreu no início de janeiro de 2008. Os valores máximos estimados foram 2,1 e 2,5 para videiras descobertas e cobertas, respectivamente.

O início da diminuição do índice de área foliar se deu em 1900 e 2300 graus-dia, em 18 de janeiro e 1º de fevereiro de 2008, respectivamente para os tratamentos

descoberto e coberto. O final da queda de folhas ocorreu em abril para ambos, com atraso de 20 dias no vinhedo coberto em relação ao descoberto. A manutenção da área foliar por mais tempo nas plantas sob cobertura pode ser atribuída, principalmente, à melhor condição fitossanitária do vinhedo. Além da incidência de doenças no ambiente descoberto, também foram observados alguns sintomas de toxidez por cobre devido às aplicações de calda bordalesa, que tiveram maior concentração após a floração, a partir da segunda metade de outubro de 2007.

O número médio de folhas por planta foi 30% superior no vinhedo descoberto, em relação ao coberto. Por outro lado, a área individual média das folhas foi de 137 e 252cm², para os respectivos tratamentos, fazendo com que a área foliar por planta no tratamento coberto superasse aquela do descoberto.

Também foi observado crescimento maior de entrenós nas plantas em cultivo protegido que em céu aberto, que resultou em diferentes datas para o desponte de ramos. Possivelmente, o maior comprimento de entrenós nestas plantas está associado à diminuição da relação entre a quantidade de radiação das faixas de vermelho e vermelho extremo, que ocorre em ambientes sombreados (Jones, 1992). A poda verde foi realizada sempre que os ramos atingissem aproximadamente 1,1m de comprimento, em direção à fila de plantas ao lado. No vinhedo coberto o primeiro desponte foi realizado em 17 de outubro de 2007, enquanto que no descoberto ele se deu somente no dia 13 de novembro. Outro desponte de ramos foi realizado em 30 de novembro de 2007, em ambos tratamentos. Venturin & Santos (2004) também verificaram maior crescimento de entrenós, expansão foliar e acúmulo de clorofila por unidade de matéria fresca em plantas sob cobertura que em céu aberto. Em função disso, os autores inferiram que, em ambiente protegido, as videiras podem ser

submetidas a uma poda verde mais intensa que em céu aberto, sem haver comprometimento da produção.

As diferenças morfológicas das plantas sob cobertura, em relação às plantas em céu aberto, podem ser explicadas pelas alterações microclimáticas que o plástico proporciona para o desenvolvimento da videira. Dentre elas, podem-se destacar a diminuição da relação entre radiação vermelha e vermelha distante, o aumento no acúmulo de graus-dia, a maior turgidez e a redução da demanda evaporativa da atmosfera, sendo esta resultante da menor disponibilidade de radiação, menor velocidade do vento e maior pressão de vapor d'água no período diurno (Cardoso *et al.*, 2008). Tais diferenças são semelhantes às verificadas entre folhas de sombra e de sol, principalmente porque, neste caso, o nível de radiação sobre o dossel coberto foi menor desde o início do crescimento do vinhedo. Segundo Salisbury & Ross (1994), em comparação com folhas de sol, as folhas de sombra têm maior área por folha e menos camadas de tecido paliçádico. Por isso, são mais finas, têm menor peso por unidade de área, se distribuem em menor densidade nos ramos, têm pecíolos mais compridos e contêm menos clorofila por unidade de área.

Por outro lado, a principal diferença entre os tratamentos se deu na duração da área foliar das videiras. Maior longevidade das folhas no vinhedo coberto pressupõe que a fotossíntese se manteve por mais tempo, resultando em maior produção de fotoassimilados para os frutos e para o acúmulo de reservas. Isto determina condições de aumento nas diferenças entre os tratamentos nas safras subsequentes, resultando num efeito cumulativo da cobertura ao longo do tempo, considerando que o vinhedo era jovem e estava no primeiro ano de produção, com tendência de aumento no tamanho e vigor das plantas.

4.3.3 Eficiência de interceptação e coeficiente de extinção da radiação solar fotossinteticamente ativa

A Figura 17 apresenta a evolução da eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (ϵ_{int}) ao longo do ciclo da cultura, até máximo índice de área foliar. Em ambos vinhedos observou-se evolução semelhante de ϵ_{int} . Porém, algumas características se diferenciaram entre os tratamentos, principalmente no início do crescimento das plantas. Na primeira quinzena de outubro de 2007 as plantas descobertas tiveram maior eficiência de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa, apesar da menor área foliar. Possivelmente, isto está relacionado a diferenças na arquitetura dos dosséis descoberto e coberto, devido ao maior número de folhas e menor comprimento de entrenós nas plantas descobertas.

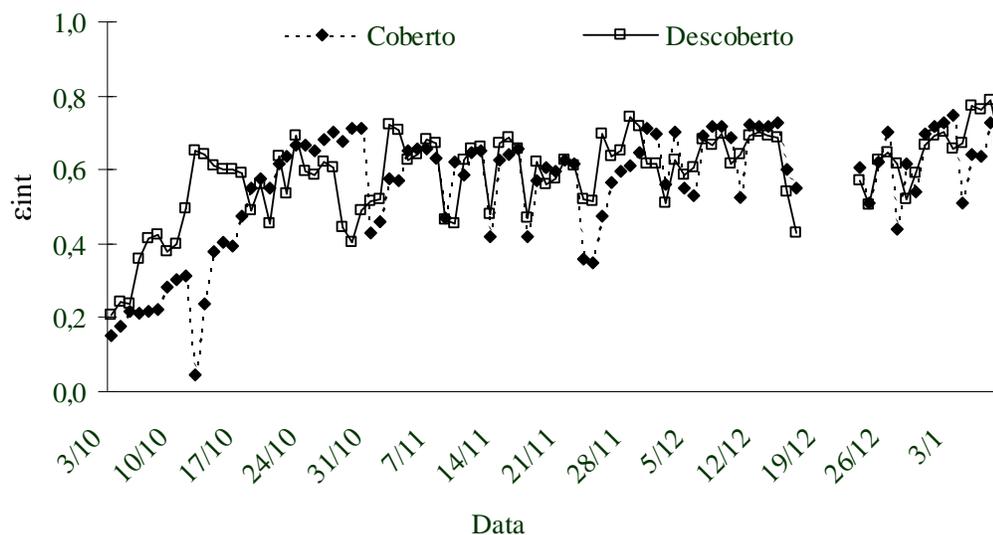
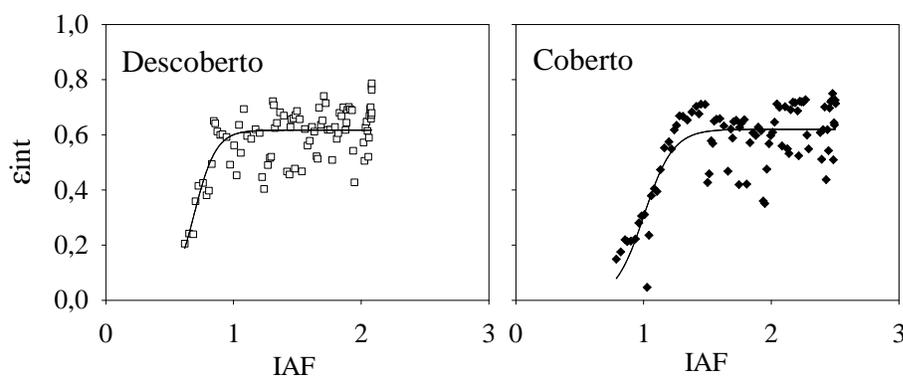


FIGURA 17. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (ϵ_{int}) em função de graus-dia acumulados, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

No vinhedo descoberto a eficiência de interceptação média do período foi de 0,59 e no coberto ela foi de 0,56. Os valores máximos de ϵ_{int} foram,

respectivamente, 0,79 e 0,75. Ambos ocorreram no estágio de mudança de cor de bagas, quando o índice de área foliar era máximo.

A evolução de ϵ_{int} para RFA em função do IAF da cultura é apresentada na Figura 18. O modelo que melhor se ajustou foi sigmóide, para ambos tratamentos. Os primeiros valores calculados para o tratamento descoberto se aproximaram de 0,2, enquanto que para o coberto ficaram em torno de 0,1, com IAF de 0,6 e 0,8, respectivamente. Isto significa que, para interceptar a mesma quantidade de radiação, foi necessário um IAF maior no dossel coberto, o que pode ser atribuído a diferenças na arquitetura de planta, sobretudo no número e tamanho das folhas e no comprimento de entrenós. No vinhedo coberto, a ϵ_{int} estabilizou quando o IAF atingiu o valor de 1,5. Já no descoberto a estabilização ocorreu com IAF em torno de 1,0.



$$\epsilon_{int} \text{ descoberto} = 0,6167 / (1 + \exp(-(IAF - 0,6898) / 0,0866)) \quad R^2 = 0,48$$

$$\epsilon_{int} \text{ coberto} = 0,6199 / (1 + \exp(-(IAF - 1,0046) / 0,1134)) \quad R^2 = 0,64$$

FIGURA 18. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa em função do índice de área foliar, para vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

De acordo com Salisbury & Ross (1994), a estrutura do dossel determina a quantidade de radiação absorvida pelas folhas, individualmente, numa comunidade de plantas. Os autores afirmam que culturas cujo dossel cresce rapidamente e cobre

totalmente o solo são mais eficientes em interceptar radiação solar. Por isto, comparando-se o padrão de crescimento e interceptação de radiação da videira com outras culturas observam-se diferenças importantes. Geralmente, plantas de lavoura, como milho e soja, atingem valores de ϵ_{int} superiores a 0,9 (Müller & Bergamaschi, 2005; Kunz, 2006; Martorano, 2007). São culturas cujo IAF atinge, normalmente, valores mais elevados que a videira, e cujo dossel cobre completamente o solo.

A Figura 19 apresenta a relação entre IAF e $\ln(1-\epsilon_{int})$, cujo parâmetro angular da regressão representa o coeficiente de extinção (k) do dossel para radiação solar fotossinteticamente ativa.

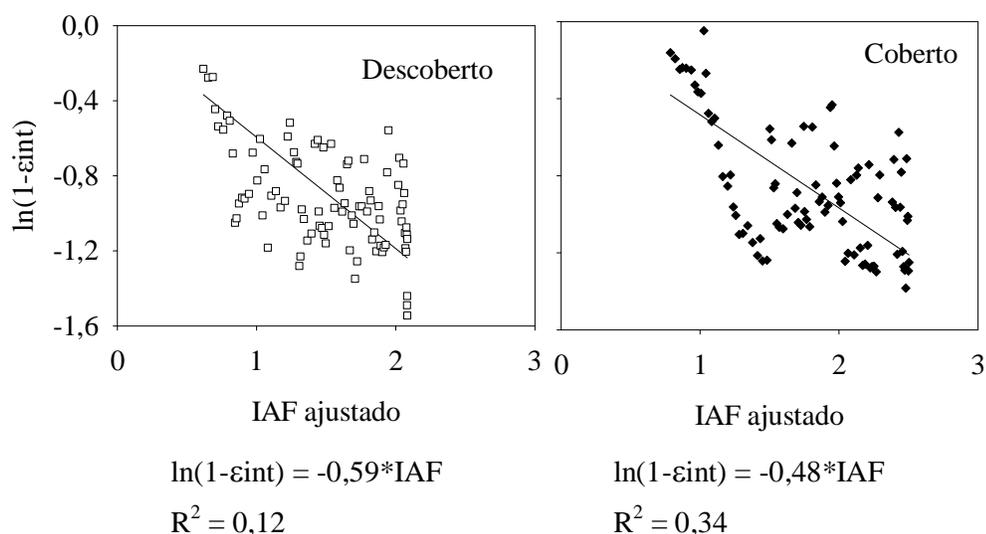


FIGURA 19. Coeficiente de extinção da radiação solar fotossinteticamente ativa em função do índice de área foliar, em vinhedos descoberto e coberto com filme plástico. Bento Gonçalves, RS, 2007/2008.

Observou-se que k do tratamento descoberto superou em 19% aquele do vinhedo coberto, com valores 0,59 e 0,48, respectivamente. O menor coeficiente de extinção no tratamento coberto é coerente com a menor eficiência de interceptação da radiação neste ambiente, conforme foi observado em milho por Müller & Bergamaschi (2005). Por outro lado, quanto menor for o coeficiente de extinção

maior será a transmissão de radiação solar para o interior do dossel, o que pode resultar em melhor aproveitamento da radiação (Lambers *et al.*, 1998). Assim, se por um lado o dossel coberto foi menos eficiente em interceptar RFA, por outro, ele foi mais eficiente na sua utilização, como é evidenciado pelo maior IAF neste ambiente. A transmissividade do dossel para radiação solar está diretamente relacionada com a fração de radiação difusa incidente, a qual foi mais elevada debaixo da cobertura que no ambiente externo, conforme observaram Ferreira *et al.* (2004a).

Embora os coeficientes de determinação sejam baixos (0,12 e 0,34), a tendência de maior coeficiente de extinção no dossel descoberto do que no coberto é coerente com resultados obtidos por outros autores (Radin, 2002; Cardoso, 2007). A elevada dispersão de pontos em ambos os tratamentos reproduz a variabilidade verificada nos valores de ϵ_{int} da radiação fotossinteticamente ativa em função de IAF, já que foram utilizados dados de medição (não ajustados).

4.3.4 Rendimento

A produção de uvas por planta foi de 4,6 e 10,2 kg, enquanto que a produção estimada por área foi de 12,3 e 27,1 t ha⁻¹ para os tratamentos descoberto e coberto, respectivamente. Portanto, o rendimento do vinhedo descoberto representou 45% do rendimento do tratamento coberto. Esta diferença foi significativa a 1% de probabilidade de erro, pela análise de variância, tanto para a produção por planta quanto para a produção por área.

A diferença de rendimento entre os tratamentos pode ser atribuída, mesmo que de forma indireta, às alterações micrometeorológicas proporcionadas pela cobertura plástica, principalmente em termos de radiação solar e condições hídricas. A redução da demanda evaporativa da atmosfera, verificada abaixo da cobertura, fez

com que as plantas apresentassem melhores condições hídricas neste ambiente (Heckler *et al.*, 2008a) e maior taxa fotossintética (Heckler *et al.*, 2008b). Além disso, como a cobertura diminui a ocorrência de água livre sobre os tecidos vegetais, não houve incidência de doenças nesse ambiente. É importante considerar que a cobertura plástica foi instalada no ano seguinte à implantação do vinhedo e desde então as plantas cobertas foram submetidas a alterações microclimáticas. Portanto, além das diferenças nas variáveis meteorológicas observadas na safra em estudo (2007/2008), houve efeitos de longo prazo (diretos e indiretos) da presença da cobertura sobre as plantas.

4.3.5 Qualidade de frutos

A qualidade das uvas foi avaliada quanto ao tamanho e peso de bagas, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis. O diâmetro e o peso de bagas tiveram diferenças significativas (Tukey a 5% de probabilidade) entre os tratamentos descoberto e coberto (Figura 20). No vinhedo coberto o diâmetro foi 5% maior e o peso de bagas 20% maior que em céu aberto. Estas diferenças podem ser atribuídas à redução da demanda evaporativa atmosférica pela cobertura plástica e, conseqüentemente, à maior turgidez das bagas, e contribuem para a diferença de rendimento entre os tratamentos.

Destaca-se que o diâmetro e o peso das bagas se mantiveram constantes no vinhedo coberto, mesmo quando a colheita foi atrasada por quase 40 dias em relação ao cultivo em céu aberto (Figura 20). Portanto, não haveria diferenças de rendimento, com relação a estes atributos físicos, no caso de haver atraso na colheita.

Quanto à composição química dos frutos, a acidez total titulável (ATT) diminuiu com o avanço da maturação, enquanto que o teor de sólidos solúveis (SS)

aumentou (Figura 21). Em 9 de janeiro de 2008 houve diferença significativa entre os tratamentos para as duas variáveis (Tukey a 5% de probabilidade), evidenciando antecipação da maturação no vinhedo coberto. Estas diferenças encontradas podem ser atribuídas às alterações micrometeorológicas causadas pela presença de cobertura plástica, na temperatura do ar, principalmente, e na quantidade de radiação incidente sobre os cachos, as quais alteram a composição dos frutos (Mullins *et al.*, 1992). Segundo os autores, a concentração de açúcares aumenta ligeiramente com aumentos na temperatura até 30°C e o teor de ácidos orgânicos diminui. Porém, na avaliação seguinte, em 16 de janeiro de 2008, as diferenças no acúmulo de açúcares e na quantidade de acidez não persistiram.

Por ocasião da colheita o teor de sólidos solúveis totais foi superior a 17°Brix e a acidez total titulável foi cerca de 80meq L⁻¹ em ambos tratamentos (Figura 21). Acompanhando a evolução da maturação dos frutos do vinhedo coberto, na última colheita realizada no dia 27 de fevereiro verificou-se que o teor de SS continuou aumentando, alcançando 22°Brix, enquanto ATT continuou diminuindo e chegou a 53meq L⁻¹. Estes resultados demonstram que é possível prolongar a colheita das uvas do vinhedo coberto por cerca de 40 dias depois de atingida a maturação de colheita, sem prejuízos quanto à qualidade dos frutos para comercialização. Entretanto, o mesmo não poderia ser recomendado para vinhedos descobertos, sobretudo em função de podridões, as quais eram observadas na maturação de colheita. A possibilidade de atrasar a colheita poderia proporcionar ganhos financeiros aos produtores de uvas de mesa, principalmente devido à racionalização no emprego da mão-de-obra e à possibilidade de comercialização do produto fora do período de maior oferta, assim obtendo melhores preços.

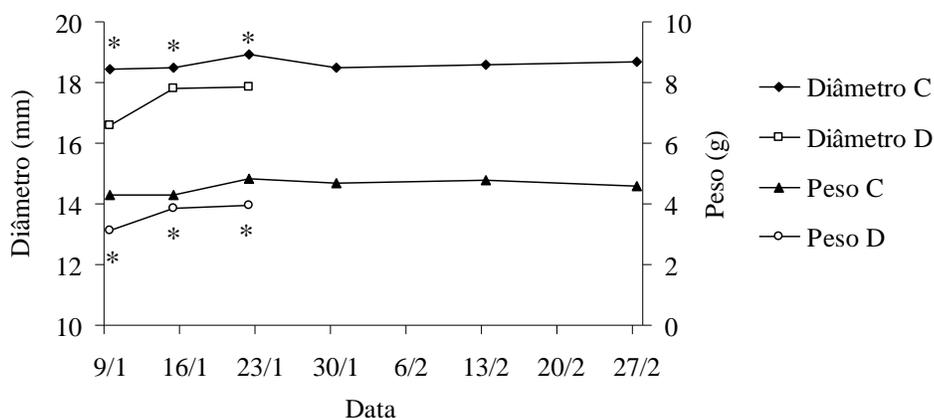


FIGURA 20. Diâmetro e peso de bagas de videiras descobertas (D) e cobertas com filme plástico (C). *Diferença significativa ao nível de 5% de significância pela análise de variância. Bento Gonçalves, RS, 2008.

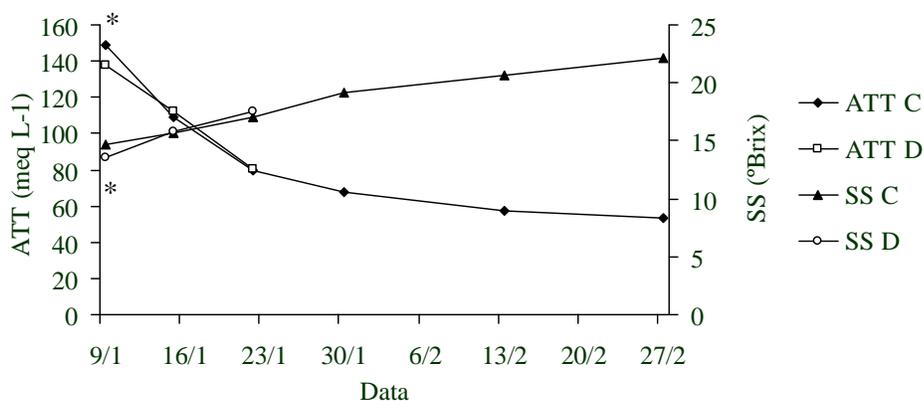


FIGURA 21. Acidez total titulável (meq L^{-1}) e teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) em mosto de videiras descobertas (D) e cobertas com filme plástico (C). *Diferença significativa ao nível de 5% de significância pela análise de variância. Bento Gonçalves, RS, 2008.

4.3.6 Incidência de doenças fúngicas

Foi acompanhada a evolução das principais doenças fúngicas que ocorrem na videira Niágara Rosada, na Serra Gaúcha: míldio e antracnose. Verificou-se a ocorrência dessas doenças somente no vinhedo a céu aberto, enquanto que nas plantas sob cobertura plástica não foram observados sintomas durante todo o ciclo.

Os primeiros sintomas de míldio da videira e antracnose foram observados nas plantas a céu aberto em 11 de outubro de 2007, logo antes do estágio de plena floração. Porém, não houve evolução da doença, pois os sintomas ficaram controlados pelas pulverizações de calda bordalesa até as bagas chegarem ao tamanho de chumbinho, no início de novembro, durante o subperíodo “frutificação”.

As condições térmicas dos meses de setembro, outubro e novembro de 2007 não foram limitantes para ocorrência das doenças. Entretanto, na maioria dos dias a temperatura média do ar esteve abaixo da faixa ótima para as doenças. De acordo com Sonogo & Garrido (2003) a temperatura ideal para o desenvolvimento do míldio está entre 18 e 25°C; para antracnose ela está entre 2 e 32°C, sendo o intervalo ótimo entre 24 e 26°C.

Ambas doenças são favorecidas por alta umidade sobre os tecidos, provocada por precipitação pluvial, nevoeiro e orvalho. São necessárias, pelo menos, 2 h de água livre sobre os tecidos vegetais para haver infecção por míldio (Sonogo & Garrido, 2003) e 12 h para haver infecção dos tecidos por antracnose (Kimati *et al.*, 1995). Possivelmente, a evolução destas doenças no vinhedo a céu aberto foi favorecida pela sequência de precipitações em meados de outubro de 2007 e no período de 29 de outubro a 02 de novembro do mesmo ano.

A partir do início de novembro de 2007, houve aumento de antracnose, sobretudo nos cachos (Tabela 4). No caso desta doença, todos os órgãos das plantas podem ser atacados. Nas folhas as manchas evoluem, ficando o centro perfurado. Nos ramos a doença causa o aparecimento de cancos com formatos irregulares de coloração cinzenta no centro e bordas pretas. Nas bagas aparecem manchas chamadas "olho-de-passarinho", circulares, acinzentadas no centro e pretas nas bordas. Na avaliação de 8 de novembro de 2007 as plantas descobertas estavam no

estádio fenológico de grão ervilha (subperíodo “frutificação”). Nesse subperíodo a sensibilidade das bagas é grande e é imprescindível a realização de tratamentos fitossanitários para o controle da doença, a fim de minimizar seu impacto sobre a produção tanto qualitativa como quantitativa (Kimati *et al.*, 1995).

O progresso do míldio foi verificado na avaliação de 22 de novembro de 2007 (Tabela 4), quando os cachos já estavam compactados (no subperíodo “frutificação”). O período crítico para o desenvolvimento desta doença inicia na floração e se estende até a maturação. Nas folhas, o míldio se desenvolve produzindo manchas pálidas e translúcidas, que se tornam necrosadas com o tempo. Nas inflorescências infectadas ocorre o escurecimento da ráquis, podendo ainda haver esporulação do fungo, seguido por secagem e queda dos botões florais. Bagas desenvolvidas são infectadas pelos pedicelos e o fungo se desenvolve no seu interior, tornando-as escuras, duras e com superfícies deprimidas (“grão-preto”). Os órgãos mais atacados foram os cachos, nos quais a incidência da doença chegou a quase 30% e ocorreu o chamado “grão preto”. Não foram verificados sintomas da doença nos ramos.

TABELA 4. Incidência de míldio e antracnose (%) em folhas, ramos e cachos de Niágara Rosada, cultivada a céu aberto, tratada com calda bordalesa. Bento Gonçalves, RS, 2007.

	Míldio			Antracnose		
	Folha	Ramo	Cacho	Folha	Ramo	Cacho
08/11	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	9,4
14/11	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	18,1
22/11	0,3	0,0	1,3	1,3	3,3	28,8
29/11	1,5	0,0	4,5	4,5	3,3	29,1
06/12	2,3	0,0	7,2	4,5	3,3	29,1

As aplicações continuadas de calda bordalesa e o aumento na sua concentração ocasionaram sintomas de fitotoxidez nas folhas das videiras

descobertas, nas quais foram feitas as pulverizações. Isto contribuiu para a aceleração do início da senescência da área foliar das plantas a céu aberto, como foi discutido anteriormente. Cabe ressaltar que nenhum tratamento fitossanitário foi feito nas fileiras com cobertura plástica, pois não foi observada incidência de doenças em nenhum dos órgãos das plantas.

Estudos anteriores ressaltam a necessidade de haver manejos fitossanitários específicos em ambiente protegido (Chavarria *et al.*, 2007) em função da redução na incidência de doenças, em comparação ao cultivo em céu aberto. Esta mudança de cenário se explica pela estreita interação entre a incidência de patógenos e as condições meteorológicas, em particular vento, umidade e temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. Este conjunto de variáveis pode ser alterado pelas características do dossel, que gera um microclima dependente de seu desenvolvimento (Gava *et al.* 2004) e, sobretudo, pela presença da cobertura plástica (como no presente estudo). O microclima junto às plantas, por sua vez, influencia o desenvolvimento das doenças desde a chegada do inóculo. Por exemplo, estruturas de dispersão do patógeno causador do míldio da videira são disseminadas pelo vento ou por respingos de chuva (Kimati *et al.*, 1995). E, como foi discutido anteriormente, a cobertura plástica reduziu a ocorrência de ventos e funcionou como um “guarda-chuva” sobre a linha de plantas.

Por outro lado, Chavarria (2008) verificou que a quantidade de esporos de *P. viticola* foi superior no ambiente coberto que no descoberto. Segundo o autor, possivelmente, os esporos eram oriundos de áreas adjacentes descobertas, nas quais havia grande desenvolvimento da doença, e permaneceram no ambiente coberto, porém sem causar infecção devido à falta de condições micrometeorológicas favoráveis, sobretudo molhamento foliar.

Mandelli (2008) considerou que as condições meteorológicas da vindima de 2008 foram “boas” para as cultivares de maturação precoce e “muito boas” para as de maturação intermediária e tardia. Nesse contexto, a Niágara Rosada é classificada como de maturação intermediária (16 de janeiro a 15 de fevereiro), para as quais as condições para maturação foram consideradas ideais. Segundo o autor, isto se deve à menor quantidade de precipitação ocorrida de janeiro a março de 2008 e à maior quantidade de horas de brilho solar de dezembro de 2007 a março de 2008, em comparação com as médias climatológicas. Assim sendo, as condições meteorológicas da safra 2007/2008 podem ser consideradas como pouco favoráveis à ocorrência de doenças, principalmente no período de maturação e colheita da Niágara Rosada.

5 CONCLUSÕES

O uso de cobertura plástica altera o microclima de vinhedos, reduzindo a radiação solar incidente, a velocidade do vento e a evapotranspiração, e aumentando, no período diurno, a temperatura do ar e o déficit de saturação de vapor d'água.

A transmissão de radiação solar pela cobertura plástica e pelo dossel do vinhedo é menor no espectro visível que na faixa do infravermelho próximo. O saldo de radiação é equivalente em vinhedos sob cobertura plástica e a céu aberto, mantendo relação linear com a radiação solar incidente. A eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa é menor sob cobertura plástica, embora o índice de área foliar seja maior neste vinhedo que no descoberto.

O desenvolvimento de videiras 'Niágara Rosada' sob cobertura plástica é acelerado até a maturação e retardado após, em comparação ao vinhedo descoberto. O período de colheita é prolongado e a queda de folhas é retardada pelo uso da cobertura.

Há aumento no diâmetro e peso de bagas, como também no rendimento de frutos em vinhedo sob cobertura plástica, em comparação com o cultivo a céu aberto.

A presença da cobertura plástica sobre videiras reduz a incidência de doenças fúngicas (míldio e antracnose).

O uso de cobertura plástica sobre vinhedos é uma importante alternativa de manejo em sistemas de cultivo orgânico de uvas de mesa Niágara Rosada, na Serra Gaúcha.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica/UFRGS.** Porto Alegre : Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1990. 60 p.

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.

CAMARGO, U.A. **Porta-enxertos e cultivares de videira.** Bento Gonçalves : EMPBRAPA UVA E VINHO. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/portaenx.html>. Acesso em: 08 jan. 2009.

CAMARGO, U.A. **Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado. Sistema de Produção.** Versão Eletrônica Jul./2003. Bento Gonçalves : EMPBRAPA UVA E VINHO. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/cultivar.htm>. Acesso em: 06 jan. 2009.

CARBONNEAU, A. Príncipes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisations des types de feuilles dans genre *Vitis*. **Annual Améliorement des Plantes**, [S.l.], v.26, n.2, p.327-343, 1976.

CARDOSO, L.S. **Alterações microclimáticas em vinhedos de *Vitis vinifera* L. cv. Moscato Giallo pelo uso de cobertura plástica.** 144 f. 2007. 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. *et al.* Incidência de doenças e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.477-482, 2007.

CHAVARRIA, G. **Ecofisiologia e fitotecnia do cultivo protegido de videiras cv. Moscato Giallo (*Vitis vinifera* L.)**. 136 f. 2008. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHAVARRIA, *et al.* Caracterização fenológica e requerimento térmico da cultivar Moscato Giallo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p. 119-126, 2009.

CONTE, A. **Comportamento da Videira Niágara Rosada submetida à poda no verão, sob estufa plástica, em Bento Gonçalves – RS**. 71 f. 1996. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

CZERMAINSKI, A.B.C.; SONEGO, O.R. Influência das condições climáticas sobre a eficácia de fungicidas empregados para o controle do míldio em *Vitis vinifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p. 5-11, 2004.

DETONI, A.M. *et al.* Uva "Niágara Rosada" cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p. 546-552, 2005.

EMBRAPA-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMBRAPA-CNPV. **Dados Meteorológicos**. Bento Gonçalves, RS : Estação Agroclimática da Embrapa Uva e Vinho. Normal climatológica 1961 – 1990. 2006. Disponível em <http://www.cnpv.embrapa.br/meteorologia/bento-normais.html>. Acesso em: 08 jan. 2009.

EPPO – European and Mediterranean Plant Protection Organization. Crop growth stage keys: grapevines. **EPPO/OEPP Bulletin**, [s.l.], v.14, n. 2, p. 295-298, 1984.

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

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, 1993b.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p. 17-22, 1994.

FERREIRA, M.A. *et al.* Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira 'Cabernet Sauvignon' sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.439-445, 2004a.

FERREIRA, E.A. *et al.* Antecipação de safra para videira Niágara Rosada na região sul do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p. 1221-1227, 2004b.

GAVA, A.T.; TAVARES, S.C.C de .H.; TEIXEIRA, A.H. de C. Determinação de modelos de associação entre variáveis climáticas e a ocorrência de Oídio e Míldio da videira no Vale do São Francisco. In: SEMINÁRIO NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CULTIVO DA UVA SEM SEMENTES, 2004, Petrolina, PE. [**Anais**]. Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, 2004. (Documentos, 185).

GUISELINI, C. **Microclima e produção de gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de coberturas**. 53 f. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

HECKLER, B.M.M. *et al.* Condição hídrica e rendimento de uvas Niágara Rosada sob cobertura plástica e a céu aberto. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 6.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008a, Bento Gonçalves. **Apresentação oral**. Bento Gonçalves, 2008.

HECKLER, B.M.M. *et al.* Padrão fotossintético de *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada sob cobertura plástica e a céu aberto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória-ES, 2008b. CD-ROM

HEILMAN, J.L. *et al.* Effects of trellising on the energy balance of a vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v.81, p. 79-93, 1996.

HUGLIN. P.; SCHENEIDER, C. **Biologie et écologie de la vigne**. 2.ed. Londres: Lavoisier - Tec & Doc, 1998. 370 p. : il.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>. Acesso em: 08 jan. 2009.

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho. **A vitivinicultura brasileira**. Disponível em: <http://www.ibravim.org.br/regioesprodutoras.php>. Acesso em: 07 jan. 2009.

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

KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 2v.

KUNZ, J.H. **Distribuição da radiação solar na cultura do milho em função de manejo do solo, arranjo de plantas e condição hídrica**. 2006. 120f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**: ecophysiological and stress physiology of functional groups. 3rd.ed. Berlin: Springer Verlag, 1995. 506 p. : il.

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

MAIA, J.D.G. *et al.* **Cultivo da Videira Niágara Rosada em Regiões Tropicais do Brasil**: doenças e seus controles. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2003. Sistemas de Produção, 5. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaNiagaraRosada/RegioesTropicais/doenca.htm>. Acesso em: 08 jan. 2009.

MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na “Serra Gaúcha”**. 196 f. 2002. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MANDELLI, F. **Comportamento meteorológico e sua influência na vindima de 2008 na Serra Gaúcha**. Bento Gonçalves : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2008. Comunicado Técnico, 85. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado/cot085.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2009.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura orgânica** – Legislação. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2009.

MARTORANO, L.G. **Padrões de resposta da soja a condições hídricas do sistema solo-planta-atmosfera, observados no campo e simulados no sistema de suporte à decisão DSSAT**. 151f. 2007. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MELLO, L.M.R. **Viticultura Brasileira: Panorama 2007**. Bento Gonçalves : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/>. Acesso em: 07 jan. 2009.

MIELE, A.; MANDELLI, F. **Sistemas de condução da videira** – Latada. Uvas para processamento. Bento Gonçalves, RS : Embrapa Uva e Vinho, 2003. Frutas do Brasil, 34. 2003. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/latada.html>. Acesso em: 08 jan. 2009.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura. 42p. 1961.

MOURAD, A.L. **Influência de algumas formulações de polietileno de baixa densidade no aquecimento de estufas agrícolas.** 55 f. 1993. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Físico-Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 1993.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p. 27-33, 2005.

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

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 425p.

PEDRO JUNIOR, M.J. *et al.* Determinação de temperatura base , graus-dia e índice biometeorológico para a videira Niágara Rosada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n.1, p. 51-56, 1994.

PEDRO JUNIOR, M.J.; PEZZOPANE, J.R.M.; MARTINS, F.P. Uso da precipitação pluvial para previsão de épocas de pulverização visando controle de doenças fúngicas na videira ‘Niagara Rosada’. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 107-111, 1999.

PEDRO JUNIOR, M.J. *et al.* Sistemas de condução da videira ‘Niágara Rosada’: efeitos na transmissão da radiação solar e na produtividade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.1, p. 1-9, 2006.

PEREIRA, A.B.; SENTELHAS, P.C.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa do balanço de energia radiante em função de elementos climáticos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p. 201-206, 1998.

PEZZOPANE, J.M. e PEDRO JÚNIOR, M.J. Balanço de energia em vinhedo de ‘Niágara Rosada’. **Bragantia**. Campinas, v.62, n.1, p.155-161, 2003.

PROPEX – Propex do Brasil Ltda. **Produtos: Vitipex®.** Disponível em: http://www.propex.com.br/prod_vitipex.htm. Acesso em: 28 fev. 2009.

RADIN, B. **Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo tomateiro cultivado em diferentes ambientes.** 127 f. 2002. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994. 2 v. : il.

RIZZON, L.A.; SGANZERLA, V.M.A. Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.911-914, 2007.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia Vegetal**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.

SANTOS, A.O.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G.R. da. Avaliação de métodos para a estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p 37 – 42, 1994.

SCHIEDECK, E. **Ecofisiologia da Videira e qualidade da Uva Niágara rosada conduzida sob estufa de plástico**. 111 f. 1996. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

SCHIEDECK, G. *et al.* Fenologia da videira ‘Niágara Rosada’ cultivada em estufa e a céu aberto. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p. 199-206, 1997.

SCHIEDECK, G. *et al.* Maturação da uva Niágara Rosada cultivada em estufa de plástico e a céu aberto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p. 629-633, 1999.

SONEGO, O.R.; GARRIDO L.R. **Uvas Americanas e Híbridas para Processamento em Clima Temperado: Doenças fúngicas e medidas de controle**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de Produção, 2, 2003 Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/doenca.htm>. Acesso em: 10 dez. 2008.

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

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

TRAMBOUZE, W.; VOLTZ, M. Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, n.107, p. 153–166, 2001.

VARGAS, L.; OLIVEIRA, O.L.P. Manejo de plantas daninhas em fruticultura sob sistema de produção convencional, integrada e orgânica. Disponível em: http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/pin/pdf/p_14.pdf Acesso em: 22 abr. 2009.

VENTURIN, M.; SANTOS, H.P. Caracterização microclimática e respostas fisiológicas de uvas de mesa (*Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*) cultivadas em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004. v.1, p.T0723. CD-ROM

YUNUSA, I.A.M.; WALKERA, R.R.; LUB, P. Evapotranspiration components from energy balance, sapflow and microlysimetry techniques for an irrigated vineyard in inland Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, n.127, p. 93–107, 2004.