

# **RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA EM DOSSÉIS DE MACIEIRA SOB TELA ANTIGRANIZO E EM CÉU ABERTO**

**LEOSANE C. BOSCO<sup>1</sup>, LOANA S. CARDOSO<sup>2</sup>, VIVIANE A. DE PAULA<sup>2</sup>, HOMERO BERGAMASCHI<sup>3</sup>, FRANCISCO A. MARODIN<sup>4</sup>, MORGANA DELAZERI<sup>4</sup>, PEDRO C. BRAUNER<sup>4</sup>, BRUNO CASAMALI<sup>4</sup>, GILMAR A. B. MARODIN<sup>5</sup>, HENRIQUE P. SANTOS<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agr<sup>a</sup>., doutoranda PPG Fitotecnia/UFRGS, Porto Alegre - RS, leosaneb@yahoo.com.br. <sup>2</sup> Eng. Agr<sup>a</sup>., doutoranda, PPG Fitotecnia/UFRGS, <sup>3</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dr., Prof. Dep. Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS, bolsista CNPq, <sup>4</sup> Acadêmico de Agronomia/UFRGS, Bolsista Iniciação Científica CNPq. <sup>5</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dr., Prof. Dep. Horticultura e Silvicultura/UFRGS, bolsista CNPq. <sup>6</sup> Eng. Agr<sup>o</sup>., Dr., Pesq. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo quantificar a distribuição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em dosséis de macieiras cultivadas sob tela antigranizo e em céu aberto. O experimento foi conduzido em pomar comercial no município de Vacaria, RS (28°22'52,1"S; 50°50'46,3"W; 930m altit.), nos ciclos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010. Foram feitas medições contínuas de RFA através de células fotovoltaicas nos dois ambientes. Para ambos tratamentos, o índice de área foliar diário (IAF) foi determinado por método não destrutivo. Modelos de estimativas foram ajustados para expressar valores diários de IAF em função de graus-dia acumulados, ao longo do ciclo vegetativo. Também foram ajustados modelos para estimar a eficiência de interceptação de RFA em função da evolução do IAF, para cada tratamento. A refletância média do pomar para radiação fotossinteticamente ativa foi de 4%. A tela antigranizo reduziu em 30% a RFA incidente e em 32% a interceptação da radiação solar pelas plantas, mas não alterou a eficiência de interceptação pelo dossel. Em céu aberto, 98% de RFA interceptada foi absorvida pelo dossel. A cobertura por tela antigranizo e as condições de nebulosidade alteraram o padrão de distribuição da radiação fotossinteticamente ativa em pomares de macieira.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Malus domestica*, índice de área foliar, radiação solar

## **PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION IN APPLE CANOPIES UNDER HAIL PROTECTION NETS AND IN OPEN SKY**

**ABSTRACT:** This study aimed to quantify the distribution of photosynthetically active radiation (PAR) in apple canopies, under hail protection nets and in open sky. The experiment was carried out in a commercial orchard in Vacaria, RS, Brazil (28°22'52.1"S, 50°50'46.3"W, 930m altit.), in the 2008/2009 and 2009/2010 vegetative cycles. Continuous measurements of PAR were taken in both environments, through photovoltaic sensors. The leaf area index (LAI) was determined in both treatments by a non-destructive method. Estimating models were adjusted for expressing daily values of LAI as function of the accumulated degree-days, throughout the vegetative cycle. Then, the efficiency of PAR interception was adjusted in function of the LAI evolution, for each treatment. The average reflectance of the orchard for

PAR was 4%. The hail protection net reduced in 30% the incident and in 32% the intercepted PAR by plants, but didn't alter the interception efficiency of PAR by the apple canopy. In open sky conditions, 98% of the intercepted PAR was absorbed by the canopy. The pattern of PAR distribution in apple canopies is modified by the covering of hail protection nets and by cloudiness conditions.

**KEY-WORDS:** *Malus domestica*, leaf area index, solar radiation

**INTRODUÇÃO:** Todo o metabolismo das plantas depende da interceptação de radiação solar. Em macieiras a radiação solar influencia processos relacionados à morfologia e a fisiologia das plantas, como diferenciação de gemas, brotação, fotossíntese, repartição de carbono entre drenos, qualidade dos frutos e distúrbios relacionados à armazenagem (GRAPPADELLI, 2003). Dentro do dossel de um pomar a distribuição, a absorção e a atenuação da radiação são determinadas pelas condições de incidência da radiação, bem como pela arquitetura e propriedades óticas da folhagem. Além disso, a interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é influenciada por fatores como forma de condução, espaçamento e orientação das linhas, que afetam a distribuição e quantidade de área foliar (FLORE & LAYNE, 1990). Dessa forma, evidencia-se uma complexa inter-relação entre as características do dossel e a radiação incidente, que afeta a eficiência de interceptação e a distribuição da energia ao longo do dossel.

Atualmente, têm-se utilizado telas antigranizo sobre pomares de macieira para evitar danos aos frutos e às plantas e, em consequência, assegurar a produção e a vida útil dos pomares. Essas telas reduzem a radiação solar incidente e podem interferir nas características morfológicas e fisiológicas das plantas e frutos (AMARANTE *et al.*, 2009). Levando em consideração esses aspectos, o objetivo deste trabalho foi quantificar a distribuição de RFA em dosséis de macieiras cultivadas sob tela antigranizo e em céu aberto.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido durante os períodos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010, em Vacaria, RS (28°22'52,1"S; 50°50'46,3"W; 930 m altit.). As medições foram efetuadas em um pomar comercial de macieiras 'Royal Gala' enxertadas sobre M9, implantado em 1999, em alta densidade (1,0 m entre plantas e 3,5 m entre linhas). As linhas foram direcionadas em norte-sul, sendo a forma de condução da copa em líder central com apoio. A tela antigranizo é de cor preta, com malha de 4 x 7 mm, instalada um ano após o plantio das mudas, sobre uma estrutura fixa. Foram utilizadas duas quadras do mesmo pomar, uma com tela e outra sem tela antigranizo, distanciadas em 15 m.

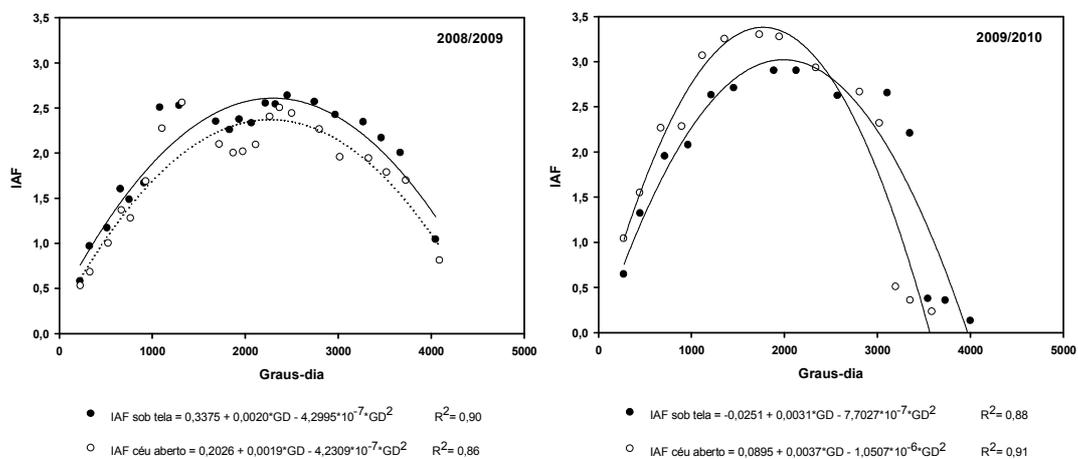
Para determinar a área foliar (AF) foi ajustado um modelo empírico a partir do produto entre o comprimento (C) e a largura (L) das folhas ( $AF = 0,6962 C L$ ). Posteriormente, foi estimado o índice de área foliar (IAF). Foram ajustados modelos relacionando a evolução de IAF com graus-dia acumulados, para ambos os tratamentos. A partir desses modelos, foram estimados valores diários de IAF para quantificar a distribuição de RFA nos dosséis. O acúmulo de graus-dia foi calculado a partir do estágio de ponta verde aberta, segundo método de VILLA NOVA *et al.* (1972), considerando-se a temperatura base de 3°C (PUTTI & PETRI, 2002).

A radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida continuamente, através de células fotovoltaicas de silício amorfo, montadas em conjuntos (barras) voltados para cima e para baixo para medir radiação incidente (RFAinc) e refletida pela cultura e solo (RFArsc), respectivamente. No tratamento sob tela, considerou-se como RFA incidente sobre as plantas aquela que atravessou a cobertura, medida entre a tela e o topo do dossel. A 10 cm acima do solo mediou-se RFA transmitida pelo dossel (RFAat), com sensores voltados para cima, e RFA refletida pelo solo (RFArs) com sensores voltados para baixo.

Para ambos os tratamentos, a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAint) foi calculada pela equação  $RFA_{int} = RFA_{inc} - RFA_{t}$ . A radiação absorvida (RFAa) foi calculada pela equação  $RFA_a = RFA_{inc} + RFA_{rs} - RFA_{rsc} - RFA_{t}$ .

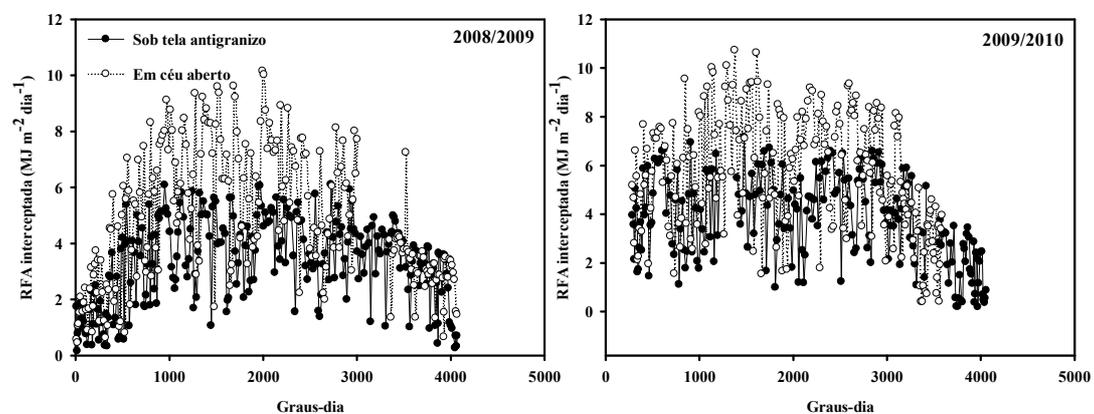
A eficiência de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa pela cultura ( $\epsilon_{int}$ ) foi estimada pela razão entre RFA interceptada e RFA incidente sobre o dossel. A partir de valores de eficiência de interceptação de RFA e IAF, estimou-se o coeficiente de extinção ( $k$ ) do dossel, que corresponde ao parâmetro angular ( $b$ ) da função linear:  $\ln(1 - \epsilon_{int}) = -b \cdot IAF$

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na safra 2008/2009 a evolução de IAF em função do acúmulo de graus-dia e seus valores foi semelhante entre os ambientes (Figura 1). No ciclo de 2009/2010 a evolução de IAF se antecipou no tempo térmico (graus-dia) e atingiu valores mais elevados em céu aberto, em comparação ao pomar sob tela.



**Figura 1.** Índice de área foliar (IAF) observado e ajustado em função de graus-dia acumulados, em pomares de macieira ‘Royal Gala’ sob tela antigranizo e em céu aberto, nos ciclos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010. Vacaria, RS.

Na média dos dois ciclos verificou-se que o dossel coberto por tela antigranizo interceptou 32,5% menos radiação fotossinteticamente ativa que o dossel em céu aberto (Figura 2). Isto pode ser atribuído, sobretudo, à redução de 30% na incidência de RFA promovida pela cobertura de tela antigranizo.

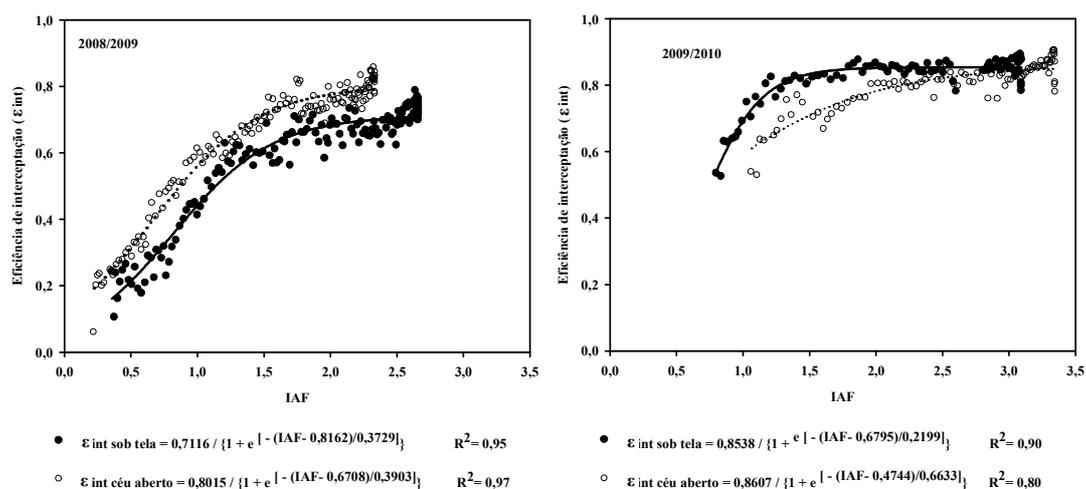


**Figura 2.** Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada em função de graus-dia acumulados, em pomares de macieira ‘Royal Gala’ sob tela antigranizo e em céu aberto, nos ciclos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010. Vacaria, RS.

Essa redução influenciou os demais componentes do balanço de radiação, sendo que a RFA absorvida, transmitida e refletida pelo dossel sob tela também diminuíram na ordem de 31%, 33% e 58%, respectivamente.

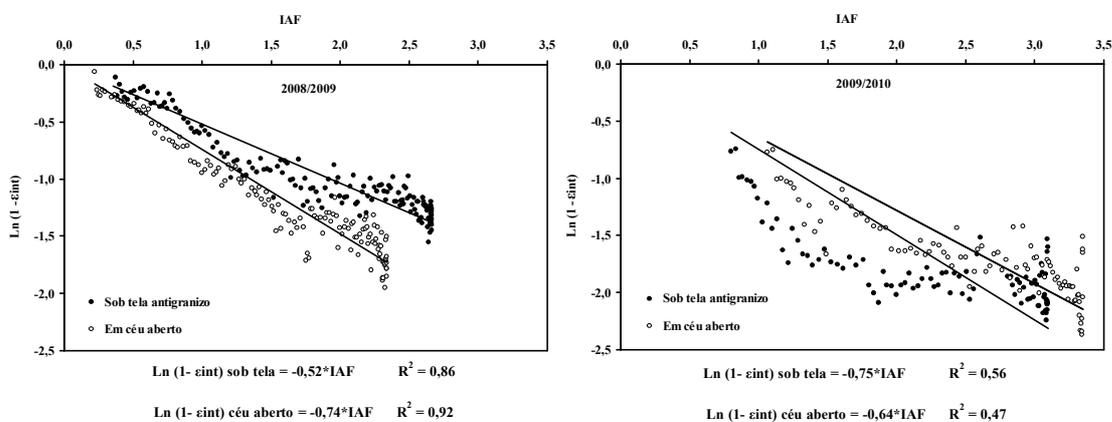
A razão entre RFA absorvida e RFA interceptada pela cultura nos dois ambientes foi de 0,98. Ou seja, somente 2% de RFA interceptada não foi absorvida pelo dossel. A reflectância média da cultura para RFA (razão entre RFA refletida pelo dossel e RFA incidente) foi de 4%.

A evolução da eficiência de interceptação de RFA em função do IAF da cultura se ajustou a um modelo sigmoidal, nos dois ambientes e ciclos (Figura 3). No ciclo 2008/2009 a eficiência de interceptação foi maior em céu aberto, sendo que a máxima eficiência em céu aberto foi 0,86 e sob tela antigranizo foi 0,74. No ciclo 2009/2010, a eficiência foi menor em céu aberto até IAF 2,2, sendo que a máxima eficiência de interceptação foi de 0,8 nos dois ambientes.



**Figura 3.** Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa em função do índice de área foliar estimado (IAF) em pomares de macieira ‘Royal Gala’ sob tela antigranizo e em céu aberto, nos ciclos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010. Vacaria, RS.

Pela Lei de Beer a quantidade de luz transmitida pelo dossel se reduz em escala logarítmica com o aumento do índice de área foliar. O parâmetro que descreve esta razão é o coeficiente de extinção, que depende da arquitetura do dossel. Na safra 2008/2009 o coeficiente de extinção foi 0,52 sob tela antigranizo e 0,74 em céu aberto (Figura 4). Na safra 2009/2010 a tendência se inverteu, com coeficiente de extinção de 0,75 sob tela e 0,47 em céu aberto.



**Figura 4.** Relação entre  $\text{Ln}(1 - \epsilon_{\text{int}})$  para radiação solar fotossinteticamente ativa e índice de área foliar estimado (IAF) em pomares de macieira ‘Royal Gala’ sob tela antigranizo e em céu aberto, nos ciclos vegetativos de 2008/2009 e 2009/2010. Vacaria, RS.

A maior eficiência de interceptação de RFA, para um mesmo IAF, explica o menor coeficiente de extinção em plantas em céu aberto na safra 2008/2009 e sob tela antigranizo em 2009/2010. Segundo Cardoso et al. (2010) dosséis com baixos coeficientes de extinção são mais efetivos na transmissão da radiação, podendo proporcionar melhor aproveitamento da energia incidente. Outro fator que interfere na quantidade de radiação dentro de um dossel é a nebulosidade. Segundo Grappadelli (2003), sob climas típicos de países do norte da Europa ou do nordeste dos EUA há grande quantidade de radiação difusa durante o verão, que aumenta a penetração de luz para o interior dossel. Na safra 2009/2010 houve maior número de dias nublados e o coeficiente de extinção foi 10% menor, na média dos dois ambientes, que na safra 2008/2009, na qual a radiação direta foi maior.

**CONCLUSÕES:** A tela antigranizo reduz em cerca de 30% a RFA incidente e em 32% a interceptação da radiação solar pelas plantas, mas não altera a eficiência de interceptação do dossel. A utilização de tela antigranizo e a nebulosidade alteram a distribuição de RFA em dosséis de macieira.

#### **REFERÊNCIAS:**

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; MIQUELOTO, A.; ZANARDI, O.Z.; SANTOS, H.P. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.3, p.664-670, 2009.

CARDOSO, L.S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G.A.B.; DALMAGO, G.A.; SANTOS, H.P.DOS; MANDELLI, F. Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 161-171, 2010.

FLORE, J.A.; LAYNE, D.R. The influence of tree shape and spacing on light interception and yield in sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Montmorency). **Acta Horticulturae**, v.285, p.91-96, 1990.

GRAPPADELLI, L.C. Light relations. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples: botany, production and uses**, 2003. cap. 9, p.195-213.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L. Estádios fenológicos da macieira nas cultivares Gala, Fuji e Golden Delicious. **Agropecuária Catarinense**, v.15, n.3, nov. 2002.

VILLA NOVA, N. A. et al. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, n.30, p.1-8, 1972.