



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Radiação fotossinteticamente ativa e resistência estomática da cana-de-açúcar no sub-bosque do guapuruvu em sistemas agroflorestais**



*Elvis Felipe Elli<sup>1</sup>; Braulio Otomar Caron<sup>2</sup>; Douglas Machado de Oliveira<sup>3</sup>; Thaíse Dieminger Engroff<sup>3</sup>; Ana Paula Rockenbach<sup>4</sup>; Cleiton Korcelski<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – CESNORS), Frederico Westphalen - RS, Fone: (55) 9664-7464, elvisfelipeelli@yahoo.com, korcelski@gmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Professor, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – CESNORS), Frederico Westphalen - RS, otomarcaron@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – CESNORS), Frederico Westphalen - RS, douglas.mdo@hotmail.com, thaisedieminger@hotmail.com

<sup>4</sup> Eng. Agrônoma, Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, anapagronomia@yahoo.com.br

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi analisar a variação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e resistência estomática (Rs) da cana-de-açúcar, ao longo de um dia típico, no sub-bosque da espécie arbórea guapuruvu, em diferentes arranjos de sistemas agroflorestais. O estudo foi realizado no município de Frederico Westphalen, RS, em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com a cultivar IAC 87-3396, caracterizado por um esquema fatorial de 2x6, ou seja, dois sistemas agroflorestais (faixa – 3x3 m + 12 m e linha 1,5 x 6 m) e seis horários de avaliação das variáveis ao longo do dia (9, 10, 12, 14, 15 e 16 h), com três repetições. As determinações foram realizadas na última folha totalmente expandida, com o auxílio de um porômetro de equilíbrio dinâmico. A análise de variância revelou diferença significativa na interação sistemas agroflorestais x horário de determinação, em ambas as variáveis analisadas. A RFA incidente no sub-bosque do guapuruvu é influenciada pelo arranjo do sistema agroflorestal, sendo que apresenta variações ao longo do dia. Estas variações interferem na RS da cana-de-açúcar. A maior quantidade de radiação interceptada, ou seja, menor quantidade de radiação disponível no sub-bosque, reflete no aumento da Rs, observado principalmente as 9 e 10 h no sistema linha e as 16h no sistema faixa.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Schizolobium parahyba*, arranjo de plantas, sombreamento

### **Photosynthetically active radiation and stomatal resistance of sugarcane in the understory of guapuruvu in agroforestry systems**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyze the variation of the photosynthetically active radiation (PAR) and stomatal resistance (Rs) of sugarcane, over a typical day, in the understory of guapuruvu tree specie at different arrangements of agroforestry system. The study was conducted in the city of Frederico Westphalen, RS, in randomized complete block design with the IAC 87-3396 cultivar, characterized by a factorial arrangement of 2 x 6, ie, two agroforestry systems (strip – 3 x 3 m + 12 m and line - 1.5x6m) and six hours of evaluation of variables throughout the day (9, 10, 12, 14, 15 and 16 h), with three replications. The determinations were performed at the last fully expanded leaf, with the aid of a porometer of dynamic equilibrium. The analysis of variance revealed significant differences in the interaction agroforestry system x hours of evaluation, in both variables. The PAR incident in the understory of guapuruvu is influenced by the arrangement of agroforestry system, and presents variations throughout the day. These changes interfere in Rs of sugarcane. The largest amount of radiation intercepted, or lower amount of radiation available from the understory, reflected in the increase of Rs, mainly observed 9 and 10 h in line system.

**KEYWORDS:** *Schizolobium parahyba*, array of plants, shading.

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios do Brasil atualmente é gerar um equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação ambiental. Para isso, torna-se necessário satisfazer a demanda de alimentos e energia sem comprometer os agroecossistemas existentes (Nepstad et al., 2009; Godfray et al., 2010). Os sistemas agroflorestais merecem destaque neste cenário e tornam-se uma estratégia promissora a fim de atingir estes objetivos, uma vez que consistem no uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e animal.

A radiação solar, ao ser interceptada pelo dossel arbóreo, pode ser absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas, como disposição espacial das folhas, ângulo de inserção foliar, índice de área foliar e propriedades óticas da vegetação. A radiação transmitida pela copa é aquela disponível às plantas no interior do dossel vegetativo, que pode ser em sua forma direta ou difusa. As interações da radiação solar transmitida condicionam o microclima interno da cobertura vegetal, as quais podem afetar as características fisiológicas das espécies presente no sub-bosque e afetar o crescimento vegetal (Mendes et al., 2013).

A resistência estomática é uma variável que pode ser utilizada para caracterizar o estado hídrico das plantas. Estas variáveis podem apresentar diferentes características de acordo com a espécie, idade da planta, condições de solo, elementos meteorológicos e disponibilidade de água. Neste contexto, temperaturas mais elevadas, proporcionadas pelo aumento da incidência de radiação solar, podem aumentar as taxas de transpiração e conseqüentemente modificar a eficiência fotossintética das plantas (Melo et al. 2010).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar radiação fotossinteticamente ativa e resistência estomática da cana-de-açúcar no sub-bosque do guapuruvu em sistemas agroflorestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

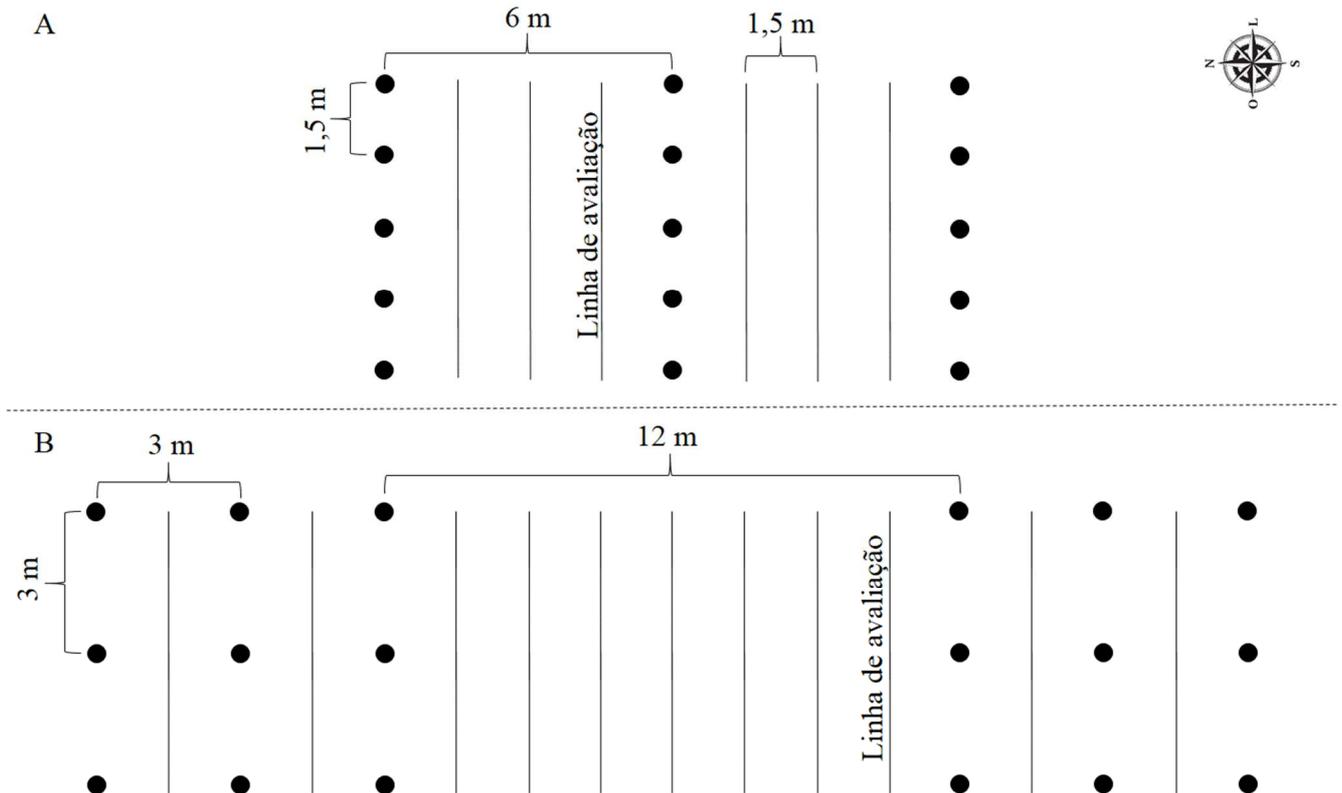
O estudo foi realizado em Frederico Westphalen – RS, com localização geográfica de 27°22'S, 53°25'W a 480 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, ou seja, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1°C, variando com máximas de 38°C e mínimas de 0°C.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Litólico eutrófico típico pouco profundo (Cunha, 2011). Os valores das características químicas do solo foram: pH em água = 5,8; fósforo disponível (Mehlich<sup>-1</sup>) = 2,9 mg dm<sup>-3</sup>; alumínio = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; potássio = 82,5 mg dm<sup>-3</sup>; cálcio = 8,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e magnésio = 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A adubação foi realizada conforme as recomendações para cultura (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, caracterizado por um esquema fatorial de 2x6, ou seja, dois sistemas agroflorestais (faixa e linha) e seis horários do dia (9, 10, 12, 14, 15 e 16 h), com três repetições.

O plantio do guapuruvu foi realizado em setembro de 2007 e a cana-de-açúcar (cultivar IAC87-3396) foi implantada em novembro de 2007, através do plantio manual das mudas e dos toletes, após a aração e gradagem da área. No sistema faixa (SF), o guapuruvu foi distribuído em faixas separadas por 12m, cada qual composta por três linhas, nas quais as plantas foram espaçadas em 3x3m. A cana-de-açúcar foi distribuída em seis linhas (entre as faixas, no espaço de 12m) e duas linhas na faixa (entre as linhas de árvores). No sistema linha (SL), o guapuruvu foi distribuído no espaçamento 6x1,5m, ou seja, 6m entre linha e 1,5m entre planta na linha, sendo a cana-de-açúcar distribuída em três linhas (entre as linhas das árvores).

Em ambos os sistemas, a cana-de-açúcar apresentava espaçamento de 1,20m e a densidade utilizada foi de 18 gemas por metro, sendo que, tanto as linhas da cana-de-açúcar quanto as das árvores foram orientadas no sentido Leste-Oeste. As características avaliadas foram a radiação fotossinteticamente ativa (RFA,  $\mu\text{mol S}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) incidente, e resistência estomática (RS,  $\text{S cm}^{-1}$ ), ao longo de um dia, com uso de um porômetro digital LI-1600 LI-COR. As determinações foram realizadas na última folha totalmente expandida da cana-de-açúcar presente no centro das linhas de avaliações, em cada unidade experimental. A disposição das árvores, da cana-de-açúcar e das linhas de avaliação estão demonstradas na figura 1.



**Figura 1.** Croqui de uma unidade experimental do sistema Linha (A) e faixa (B). Círculos em cor preta representam as árvores de guapuruvu. Linhas contínuas indicam as linhas de cana-de-açúcar.

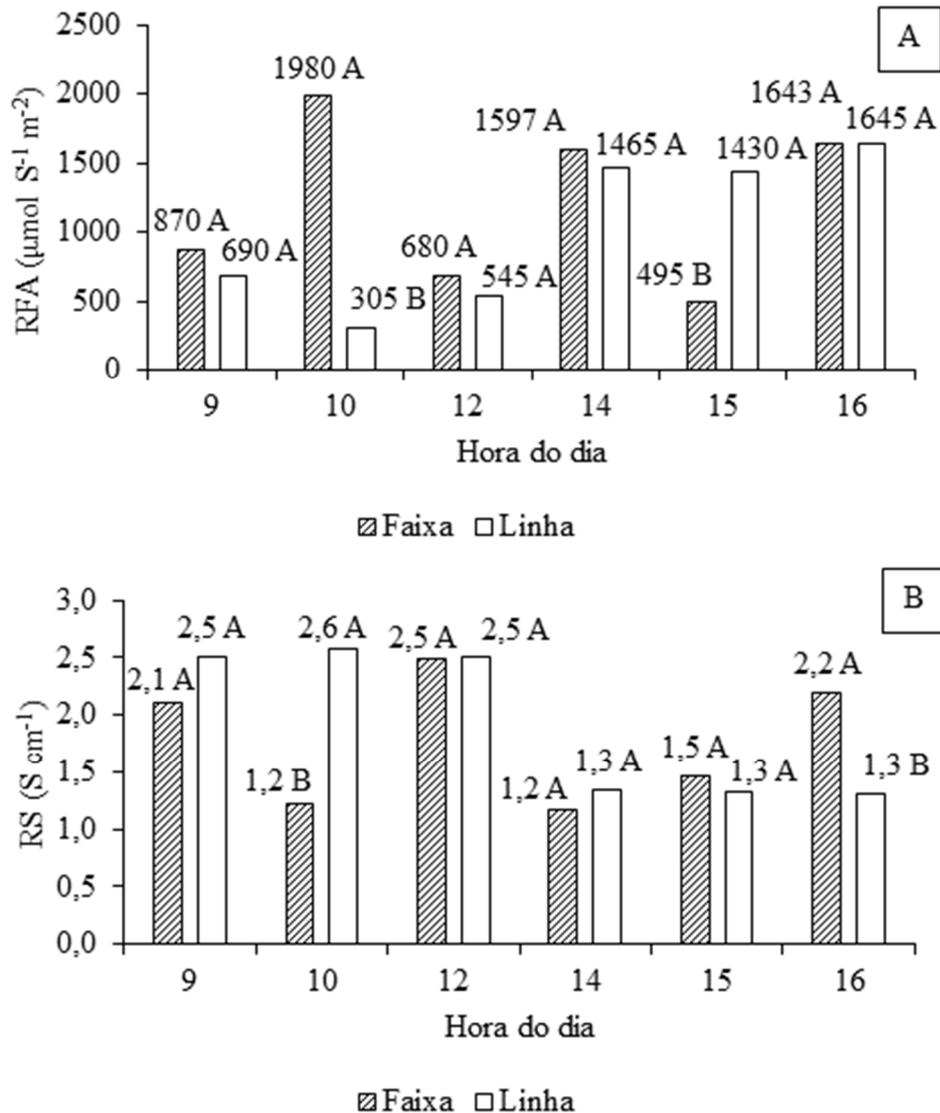
As avaliações foram realizadas no dia 10/02/2009, aos 17 meses após o plantio, considerado dia típico em agroclimatologia. Este dia foi escolhido, por apresentar a abóboda celeste em condições de nebulosidade zero, permitindo assim, a obtenção dos máximos efeitos dos elementos climáticos sobre o ambiente de cultivo e conseqüentemente sobre as características analisadas, com a finalidade de contemplar os objetivos do trabalho. Esta metodologia foi utilizada por Caron et al. (2014) em mudas de *Bauhinia forficata* Link (pata-de-vaca). No momento da avaliação, as árvores de guapuruvu apresentavam diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 3,25 e 3,94 cm e altura média de 1,75 e 1,96 m, nos sistemas faixa e linha, respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do programa computacional *Statistical Analysis System Learning Edition 8.0* (SAS, 2003). Os parâmetros que demonstraram diferenças significativas através do teste F a nível de 5% de probabilidade de erro, foram comparados pelo teste de

Tukey para os fatores sistema agroflorestal e linha de avaliação. Utilizou-se o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade da variância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferença significativa na interação entre sistemas agroflorestais x hora do dia, em ambas as variáveis analisadas (RFA e RS). A RFA foi maior no sistema faixa as 10h. Em contrapartida, foram observados maiores valores no sistema linha as 15h (Figura 2A).



**Figura 2.** Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA, A) e Resistência a difusão de vapor (RS, B) das folhas de cana-de-açúcar no sub-bosque de guapuruvu em diferentes sistemas agroflorestais (faixa e linha), ao longo de um dia típico no município de Frederico Westphalen – RS.

\*Médias seguidas pela mesma letra, comparando os sistemas agroflorestais Faixa e linha em cada hora do dia, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $p < 0,05$ ).

Os maiores valores encontrados no sistema faixa estão relacionados ao maior espaçamento entre árvores e entre as faixas (3 x 3 m entre árvores e 12 m entre as faixas), comparado ao sistema linha. Os maiores espaçamentos resultam em menor quantidade de RFA interceptada pelo componente arbóreo,

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

principalmente pela copa das árvores. A Interceptação de RFA em espécies florestais foi relatada por Caron et al. (2012), onde encontraram os seguintes valores nas entre-linhas de plantio: 27,3% em acácia negra; 56,3% em bracatinga e 73,8% nas árvores de eucalipto, independente dos espaçamentos testados (2,0 x 1,0; 2,0 x 1,5; 3,0 x 1,0 e 3,0 m x 1,5 m), ambas as espécies com 1 ano de idade.

Entretanto, além do espaçamento das árvores, existem outros fatores que podem interferir na quantidade de RFA que chega ao sub-bosque. Em sistemas agroflorestais, a RFA se altera frequentemente no interior do dossel vegetativo, uma vez que o componente arbóreo é irregular e também, o mesmo sofre influência da ação dos ventos, pela modificação da projeção de sombra das árvores, além da modificação do ângulo solar ao longo do dia.

A maior RFA incidente no sistema Faixa no início da manhã, provocou uma redução da RS (Figura 2B) neste sistema, às 9 e 10h. Estudos de parâmetros fisiológicos, como a resistência estomática são de extrema relevância, uma vez que são utilizados para esclarecer sobre a eficiência fotossintética das plantas. A maior incidência de RFA estimula a abertura estomática da planta para a realização da fotossíntese. A abertura estomática é considerada pelas plantas, o principal mecanismo de controle na troca de gases. Então, como os estômatos são estruturas responsáveis por regular as trocas gasosas, o CO<sub>2</sub> terá influência no mesófilo foliar, em condições de aumentos na condutância estomática, acarretando inclusive em taxas maiores de assimilação de CO<sub>2</sub> (Shimazaki et al., 2007).

A maior RFA incidente no sistema linha às 15h não acarretou redução da RE na mesma hora, entretanto, esta variação foi observada posteriormente (às 16h). A quantidade de energia necessária para separar as moléculas de água da fase líquida e movê-las para a fase sólida (calor latente de vaporização da água), a 25°, é de 44 kJ mol<sup>-1</sup> (Taiz & Zeiger, 2013).

Isso demonstra que, para ocorrer a transpiração de água pelas folhas, é necessário que se acumule uma determinada quantidade de energia, provinda da radiação solar. Além disso, a maior incidência de RFA não reflete diretamente no aumento instantâneo da temperatura do ar (calor sensível), sendo que é outra variável que pode modificar a temperatura da folha e conseqüentemente a RS. De acordo com Souza et al. (2011), existem outros fatores que podem modificar as características fisiológicas das plantas, como espécie, idade da planta, tipo e condições de solo e disponibilidade de água.

## CONCLUSÕES

A RFA incidente no sub-bosque do guapuruvú é influenciada pelo arranjo do sistema agroflorestal, sendo que apresenta variações ao longo do dia. Estas variações interferem na Rs da cana-de-açúcar.

A maior quantidade de radiação interceptada, ou seja, menor quantidade de radiação disponível no sub-bosque, reflete no aumento da Rs, observado principalmente as 9 e 10 h no sistema linha e as 16h no sistema faixa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARON, B. O. et al. Relações fisiológicas em mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). **Rev. bras. plantas med**, v. 16, n. 2, p. 196-201, 2014.

CARON, B.O. et al. Interceptação de radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo de plantas daninhas. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p.75-82, 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS) DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e**



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



**Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CUNHA, N.G. et al. **Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS**. Circular Técnica 116. EMBRAPA. Pelotas, RS. 2011.

GODFRAY, H. C. J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

MELO, A. S. et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.1, p.73-79, 2010.

MENDES, M.M. de S. et al. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n. 10, p.1324-1350, 2013.

NEPSTAD, D. et al. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 326, n. 5958, p. 1350-1351, 2009.

SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2003. 200p.

SHIMAZAKI, K. I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, n.1, p.219-247, 2007.

SOUZA, C. D. de et al. Transpiração de espécies típica do cerrado medida por transpirômetro de equilíbrio e porômetro. **Cerne**, v.17, n 4, p.509-515, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.