

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 21-28, 1996.

Recebido para publicação em 24/04/95. Aprovado em 09/10/95.

INTERCEPTAÇÃO DE LUZ PELA SERINGUEIRA

LIGHT INTERCEPTION BY RUBBER TREES

José Holanda Campelo Júnior¹, Enicildo Del Duccas Mendonça², Marlene Milharezi Del Duccas Mendonça², Nicolau Priante Filho³, Maria Aparecida Braga Caneppele⁴

RESUMO

Em um bosque de 80 árvores de seringueira com 6,5 anos de idade, plantadas no espaçamento de 3 x 4 m, foram medidas: dimensões das copas; área foliar; luz global incidente abaixo das copas na linha e na entrelinha; luz direta e difusa incidente acima das copas e altura angular e o azimute do sol. As folhas se encontravam na posição vertical e a densidade foliar média foi de 1,32 m²/m³. A irradiância PAR (Photosynthetic Active Radiation) medida abaixo das copas foi comparada com os resultados obtidos por simulação matemática. Na simulação foram consideradas as alternativas de folhas dispostas na posição vertical e de folhas distribuídas aleatoriamente, e coeficiente de extinção constante e variável. Também foi introduzido um procedimento de cálculo para computar o espalhamento de parte da luz interceptada. A adoção de um coeficiente de extinção variável e de uma distribuição aleatória da inclinação das folhas representou o melhor ajuste para simular a interceptação da luz pela seringueira.

Palavras-chave: seringueira, interceptação da luz, coeficiente de extinção, arquitetura foliar.

SUMMARY

The canopy dimensions, leaf area, global PAR irradiation under canopy (row and alley),

¹ Eng^o Agr^o, Dr., UFMT, Departamento de Solos e Engenharia Rural, 78060-900 - Cuiabá, MT

² Físico, UFMT, Departamento de Física, 78060-900 - Cuiabá, MT.

³ Físico, Dr., UFMT, Departamento de Física, 78060-900 - Cuiabá, MT.

unobstructed global and diffuse light, solar height and azimuth were measured for a stand of rubber trees with an average age of 6.5 years, planted at 3 meter intervals with 4 meters between rows. The measurements were made near the winter solstice, at latitude 15.5° S, for both overcast and clear skies. The rubber leaves were in the vertical position and the mean leaf-area density was 1.32 m²/m³. The measured PAR irradiation (Photosynthetic Active Radiation) under the canopy was compared with simulated results at variable or constant light extinction coefficient and vertical and spherical leaf distribution. The simulation with randomly inclined leaf distribution and variable light extinction coefficient was best fitted to the measured values of light interception by rubber plants.

Key words: rubber, light interception, extinction coefficient, leaf inclination, model.

INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) é uma das principais culturas perenes da região tropical, e, no Brasil, ela é cultivada desde o Amazonas até a latitude de 25° S (ORTOLANI, 1990). Já ocorreu uma fase de apogeu, quando foi explorada de forma extrativa na Região Norte do país, no final do século XIX e início do século XX. Nas últimas décadas, o extrativismo vem cedendo lugar à monocultura, especialmente em regiões com uma estação seca bem definida, proporcionando "escape" a problemas fitossanitários.

Para o sistema de monocultivo, a validação de um modelo de simulação da produção de látex permitirá obter, rapidamente, indicações sobre espaçamento mais adequado, características botânicas de clones e práticas de manejo que se mostrem promissoras para teste de campo. O modelo poderá ser usado também para estimativas de safra e principalmente no zoneamento do potencial de produção. Além disso, a quantificação da luz interceptada pela seringueira pode ser útil na avaliação das possibilidades do uso da cultura em sistemas agrosilvopastoris.

Os modelos de interceptação da luz foram classificados por JOHNSON & LAKSO (1991) como de dossel inteiro, de camadas do dossel e de secção do dossel.

De WIT (1965) utilizou um modelo que dividia em camadas um dossel contínuo, com uma distribuição esférica do ângulo das folhas, para simular a absorção da luz e a fotossíntese bruta.

O modelo de secção foi desenvolvido por CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973) para

⁴ Eng° Agr° , Ms, UFMT, Núcleo de Tecnologia em Armazenagem, 78060-900 - Cuiabá, MT.

uma árvore, assumindo que a copa tivesse a forma de um elipsóide ou parte dele, com duas alternativas de distribuição angular das folhas.

JACKSON & PALMER (1979) propuseram que a transmitância (T) de um pomar fosse considerada como a soma da fração da luz que atinge o solo sem passar pelas copas (T_f), com a fração da luz que atinge o solo após atravessar as copas (T_c):

$$T_c = (I - T_f) * \exp(-K * L) \quad (1)$$

sendo **L** o índice de área foliar, **K** o coeficiente de extinção da luz e T_f a fração do terreno sombreada por sólidos opacos, obtida por fotografia ou calculada através de modelos geométricos.

A redução exponencial da luz disponível à proporção que ela penetra na folhagem é uma abordagem comum aos modelos, mas a maioria deles se utiliza de um coeficiente de extinção estimado empiricamente como uma constante. Entretanto, **K** depende da distribuição angular das folhas e do ângulo de incidência da luz (GOUDRIAAN, 1988).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar a interceptação de luz pela seringueira, como etapa preliminar de um estudo que pretende estabelecer um modelo de simulação da produção de látex.

MATERIAL E MÉTODOS

As medidas foram realizadas em um bosque de seringueiras existente no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá, no período de 10 a 20/06/94.

O bosque era formado por 80 plantas, sendo 16 de pé-franco, 32 do clone FX-2261, 16 do clone FX-4098 e 16 do clone MDF-180, distribuídas segundo a Figura 1, num terreno plano. O plantio das mudas foi realizado em 01/12/87, no espaçamento 3 m x 4 m.

Através da avaliação visual das copas verificou-se que as folhas de seringueira se encontravam praticamente na posição vertical nos dias em que foram realizadas as observações.

Foi utilizado um "Environmental Gas Monitor" (EGM), equipado com sensores PAR (Photosynthetic Active Radiation), fabricado pela PP-Systems, para medição da irradiância fotossinteticamente ativa, que foi medida acima e abaixo das copas. Abaixo, foi medida apenas a

aproximadamente três minutos.

Foram sorteadas 11 plantas ao acaso para contagem do número de "lançamentos" de folhas trifoliadas. A área foliar dessas 11 plantas foi obtida multiplicando-se o número de "lançamentos" de cada uma delas pela área foliar média dos "lançamentos". Esta, por sua vez, foi determinada amostrando-se dois ramos da bifurcação, de árvores diferentes, escolhidas aleatoriamente no bosque. Neles foi medida a massa da matéria seca de cada "lançamento" (método da estufa de circulação forçada a 70°C até peso constante), entre os quais foram selecionados quatro de cada ramo principal, abrangendo todo o intervalo de variação de massa úmida, a fim de se encontrar a relação entre área foliar e massa da matéria seca. A área foliar foi obtida pela integração numérica da área de cada folíolo, a intervalos de 1 cm de comprimento.

Foi assumida uma forma elipsóide para a copa da seringueira, efetuando-se a medida da maior e da menor altura, da maior largura na direção da fileira e da maior largura na direção ortogonal à fileira, em todas as árvores do bosque.

O modelo teórico utilizado foi o de CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973), que estabelece que a copa ocupa um volume limitado pelo elipsóide

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (2)$$

onde , a , b e c são os três semi-eixos do elipsóide e x , y e z são as coordenadas de um ponto no elipsóide. Tomando-se um ponto Q sobre a superfície da copa e um ponto P qualquer, as respectivas intensidades de luz e I_q e I_p estão relacionadas do seguinte modo:

$$I_p = I_q * \exp- K * L \quad (3)$$

onde K é o coeficiente de extinção de luz e L o índice de área foliar ao longo da trajetória QP , projetado sobre um plano normal a QP .

Considerando-se constante a densidade de área foliar (relação área foliar/volume da copa) (F), pode-se obter o índice de área foliar pela expressão:

$$L = F * OPG * \bullet S \quad (4)$$

sendo OPG a projeção média da área unitária na direção do sol e S o comprimento da trajetória da luz no interior da copa.

CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973) analisaram duas alternativas para OPG . A primeira foi a de uma distribuição esférica ou aleatória do ângulo das folhas, sendo $OPG = 0,5$. A outra foi a de todas as folhas se apresentarem na posição horizontal, sendo $OPG = \text{sen}(AA)$. No presente trabalho foram simulados o caso de distribuição aleatória e o caso de todas as folhas na posição vertical, quando $OPG = \text{cos}(AA)$.

CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973) utilizaram o mesmo valor de K para a luz difusa e para a luz direta, independentemente da posição do sol. Neste estudo também se considerou a proposta de GOUDRIAAN (1988), em que o valor de $K = OPG/\text{sen}(AA)$.

No presente trabalho considerou-se que a luz difusa incidente abaixo das copas se constituía de duas parcelas. A primeira parcela deveria corresponder à transmissão da luz difusa incidente acima das copas. A outra parcela de luz difusa se originaria da transmissão de parte da luz interceptada pelas folhas.

Para a luz difusa incidente acima das copas fez-se uma integração numérica usando-se um intervalo de variação de 15° em AA , de 0° a 90° , e um intervalo de variação de 15° em AZI , de 0° a 360° .

No espalhamento de parte da luz interceptada se considerou um procedimento semelhante ao utilizado por de WIT (1965), para quem a reflexão e a transmissão da luz em cada camada deveriam corresponder a cerca de 15% da luz interceptada, repartindo-se igualmente para cima e para baixo, e sendo sucessivamente espalhada nas camadas superiores e inferiores. Deste modo, o espalhamento da luz em duas camadas sucessivas reduziria o fluxo descendente secundário de luz a cerca de 1%, que poderia ser desprezada nesse tipo de estudo. Assim sendo, efetuou-se inicialmente a estimativa da luz direta incidente abaixo da copa. Em seguida, considerando-se que o valor inicial da segunda parcela de luz difusa correspondesse a 7,5% da diferença entre as irradiâncias diretas acima e abaixo das copas, repetiu-se o procedimento adotado para a luz difusa incidente acima das copas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sorteio para determinar a relação massa da matéria seca/área foliar recaiu sobre duas árvores do clone FX-2261. No primeiro ramo amostrado foram encontrados 27 "lançamentos" e o valor médio da massa da matéria seca das folhas dos "lançamentos" foi de 8,42 g, com coeficiente de variação de 54%. No outro ramo havia 44 "lançamentos" e obteve-se 7,28 g como média da massa da matéria seca, com coeficiente de variação de 65%.

A variabilidade da massa da matéria seca pode ser atribuída às condições de ambiente que predominaram durante o crescimento das folhas, uma vez que o hábito de crescimento da seringueira é simpodial.

Tendo em vista a ordem de grandeza dos coeficientes de variação em cada ramo principal e considerando que os valores médios da massa da matéria seca obtidos diferiram em menos de 20%, inferiu-se que o valor médio para árvores inteiras de mesma idade deveria ser equivalente à média dos dois ramos, isto é, 7,85 g.

Na Tabela 1 estão representados os valores médios da área foliar e da respectiva massa da matéria seca, medidas em quatro "lançamentos" amostrados em cada um dos ramos principais.

Reunindo-se todos os "lançamentos" em que foram determinadas a área foliar e a massa da matéria seca, obteve-se a equação de regressão $AF = - 5,5297 + 105,1395 \cdot MS$, com $r = 0,9948$. Esta equação permite obter uma estimativa de área foliar equivalente à adoção de uma "área foliar específica" de $100 \text{ cm}^2/\text{g}$ para a seringueira, dentro, portanto, da faixa de variação citada por Van KEULEN (1986) para um amplo espectro de culturas agrícolas (100 a $300 \text{ cm}^2/\text{g}$). Através da equação de regressão, com o valor da média geral da massa da matéria seca dos "lançamentos" de 7,85 g, determinou-se que a área foliar média dos "lançamentos" da seringueira, nas condições do estudo, foi de $819,7 \text{ cm}^2$.

Tabela 1 - Valores Médios de Massa da Matéria Seca (MS) e Área Foliar(AF) em "Lançamentos" de Folhas de Seringueira, clone FX-2261. Cuiabá, MT, 1994.

Ramo Variável	Lançamento				
	1	2	3	4	
1	MS (g)	2,1	5,3	10,4	14,7
	AF (cm ²)	216,6	534,7	1025,1	1435,1
2	MS (g)	0,8	11,5	12,3	17,7
	AF (cm ²)	91,4	1230,9	1397,5	1889,9

As características das copas das onze árvores que foram amostradas no bosque a fim de se determinar a densidade foliar encontram-se na Tabela 2.

Analisando os resultados das características das copas das 11 árvores amostradas, observou-se que a maior variação na densidade foliar ocorreu em pé-franco, contudo verificou-se que, através do teste não paramétrico de Wald-Wolfowitz, a variação encontrada entre os clones não foi significativa ao nível de 5%. Deste modo, optou-se por utilizar a média aritmética da densidade foliar das onze plantas ($F=1,32 \text{ m}^2/\text{m}^3$) para efetuar a simulação matemática da interceptação da luz, para todas as 80 árvores do bosque.

Tabela 2 - Características das Copas de Seringueira Amostradas. Cuiabá, MT, 1994.

Material genético	Amostra	Nº de lançamentos	Área folhar (m ²)	Semi-eixo a (m)	Semi-eixo b (m)	Semi-eixo c (m)	Volume (m ³)	Densidade folhar (m ² /m ³)
Pé franco	1	130	10,66	1,50	1,50	2,25	21,21	0,503
	50	368	30,16	2,00	1,55	1,75	22,72	1,327
	60	238	19,51	1,40	1,30	1,25	9,53	2,047
FX2261	8	89	7,30	1,25	1,35	1,65	11,66	0,626
	13	314	25,74	1,72	1,75	2,71	34,17	0,753
	63	129	10,57	0,90	0,85	1,65	5,29	2,000
	76	103	8,44	0,80	1,00	1,50	5,03	1,679
MDF180	26	140	11,48	1,15	1,10	2,30	12,19	0,942
	39	158	12,95	1,00	1,05	2,25	9,90	1,309
FX4098	46	169	13,85	0,90	0,80	1,95	5,88	2,355
	56	79	6,48	1,00	0,80	2,00	6,70	0,967

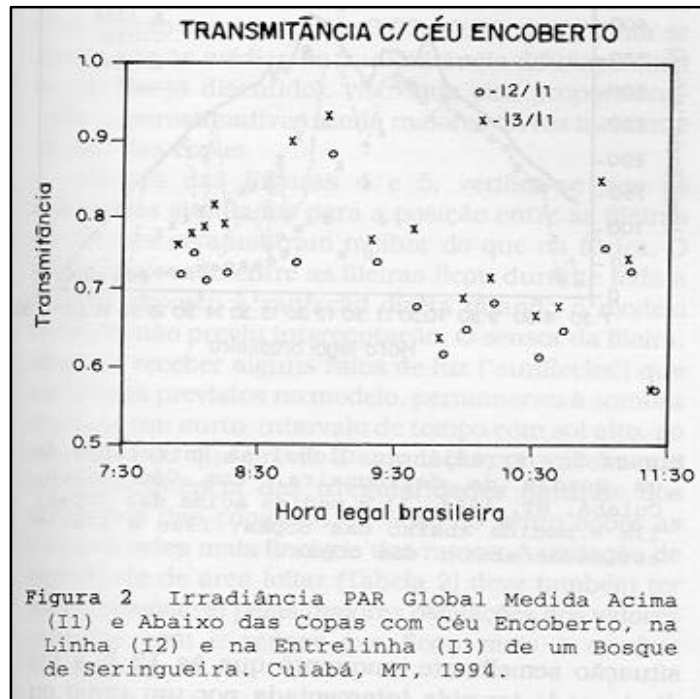
CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973) adotaram um valor exploratório de

$F=20 \text{ m}^2/\text{m}^3$, ajustado indiretamente a partir de resultados de interceptação da luz encontrados na literatura. Posteriormente, CHARLES-EDWARDS & THORPE (1976) utilizaram um valor experimental de $1,8 \text{ m}^2/\text{m}^3$ para um pomar de macieiras com 8 anos de idade. WHITFIELD & CONNOR (1980) estudando o tabaco empregaram $5 \text{ m}^2/\text{m}^3 < F < 12 \text{ m}^2/\text{m}^3$ para plantas pequenas e $F=3,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ para plantas com área foliar superior a $0,8 \text{ m}^2$. Assim sendo, a densidade foliar pode ter variações em função da espécie e do estágio de desenvolvimento, havendo portanto necessidade de medições adicionais, a fim de caracterizar a cultura da seringueira ao longo de seu ciclo.

NG et al. (1980) relataram que o fechamento das copas é apressado pela redução do espaçamento, variando de 2,5 a 5,5 anos. Entretanto, isso não ocorreu no bosque estudado, provavelmente devido à baixa profundidade do solo e o manejo inadequado da cultura.

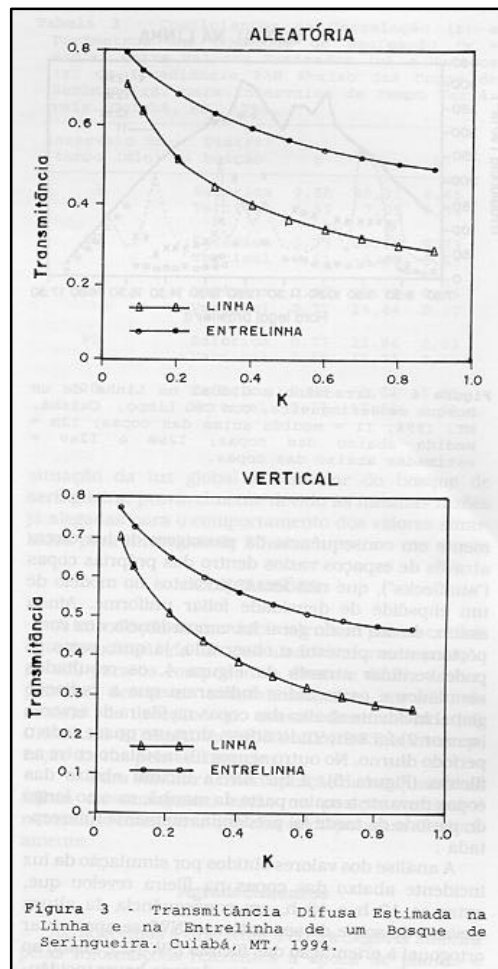
A posição praticamente vertical das folhas da seringueira nas condições em que foi realizado o presente trabalho representa uma situação particular ao longo do ciclo de crescimento anual da planta. De acordo com WEBSTER e PAARDEKOOOPER (1989), o ângulo formado entre a lâmina e o pecíolo das folhas varia de 0° a 180° ao longo de até 35 dias, que é o tempo médio necessário para que as folhas sejam consideradas morfológica e fisiologicamente maduras. Provavelmente, essa condição caracteriza o estágio que antecede a queda das folhas, iniciado alguns dias após a realização deste estudo. Assim sendo, a distribuição das folhas pode se tornar menos drasticamente vertical durante o seu crescimento e desenvolvimento.

No dia de céu encoberto, os valores médios obtidos com as medidas de luz difusa nas duas posições abaixo da copa diferiram em menos de 10%, mas os valores observados na entrelinha foram sistematicamente superiores aos observados na fileira de árvores. A aplicação do teste t unilateral para duas amostras em par mostrou que a diferença foi significativa em nível inferior a 0,02%. Dividindo-se pelo valor medido externamente, os respectivos valores medidos abaixo da copa, obteve-se a transmitância, que, para a fileira (ponto 2), variou entre 0,57 e 0,87, com valor médio de 0,72. Na entrelinha (ponto 3), a transmitância variou entre 0,56 e 0,93, com valor médio de 0,75 (Figura 2). Considerando que as posições de medida abaixo das copas eram próximas entre si, em relação a área do bosque, e que a forma da copa se mostrou horizontalmente quase simétrica, esse resultado pode ser atribuído ao maior vão livre encontrado na entrelinha, onde a distância entre as árvores era de 4,0 m, enquanto que na fileira era apenas de 3,0 m.



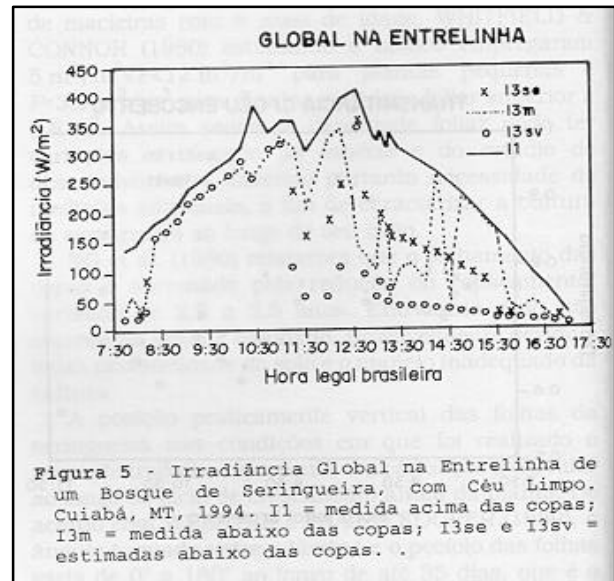
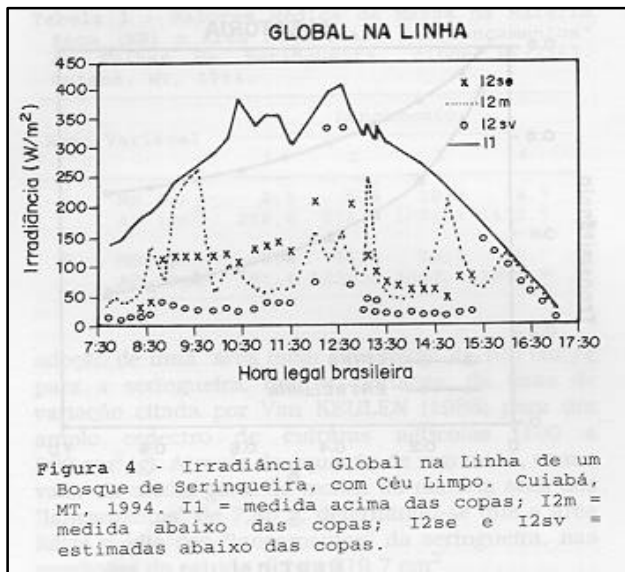
Os resultados de simulação da luz difusa considerando-se um coeficiente de extinção

independente da direção da luz estão representados nas curvas da Figura 3 para valores de K inferiores a 0,9. Essas curvas indicam que tanto quando as folhas foram consideradas na posição vertical como quando elas foram consideradas distribuídas aleatoriamente, haveria uma maior incidência de luz na entrelinha do que na fileira. Entretanto, nenhum dos valores de K empregados permitiu alcançar estimativas de transmitância iguais às médias observadas. Para folhas distribuídas aleatoriamente, as melhores aproximações representaram transmitâncias de 0,68 na fileira e 0,78 na entrelinha, obtidas com $K=0,07$. Para folhas verticais, foram alcançadas transmitâncias de 0,70 na fileira e 0,77 na entrelinha, com $K=0,06$.



Utilizando a aproximação proposta por GOUDRIAAN (1988) para o coeficiente de extinção da luz difusa ($K=OPG/\text{sen}(AA)$), foram obtidas as transmitâncias de 0,29 na fileira e 0,50 na entrelinha, para folhas distribuídas aleatoriamente. Para folhas verticais, obteve-se 0,30 na fileira e 0,46 na entrelinha. Embora essas condições representem subestimativas da luz difusa, elas coincidem com as observações de que houve maior incidência de luz no ponto 3 do que no ponto 2, e o coeficiente de correlação linear obtido entre os valores medidos e os estimados foi de 0,98. A existência de espaços vazios dentro das próprias copas, distribuídos em direções aleatórias, permitindo a passagem da luz difusa sem que houvesse interceptação, deve ter sido a causa da subestimativa.

Através de simulação matemática com o emprego do modelo de CHARLES-EDWARDS & THORNLEY (1973), obteve-se as curvas de irradiância PAR global estimada abaixo das copas, encontradas nas Figuras 4 e 5, nas quais também se pode observar os valores medidos e a curva de irradiância global externa nos dias 11 e 15/6.



Nessas figuras, os valores medidos abaixo das copas que se encontram próximos da curva de luz externa, indicam a incidência de luz direta sobre os sensores. Nesses casos, em alguns momentos se observa que o resultado obtido por simulação foi significativamente inferior ao valor medido, provavelmente em consequência da passagem de luz direta através de espaços vazios dentro das próprias copas ("sunflecks"), que não foram previstos no modelo de um elipsóide de densidade foliar uniforme. Ainda assim, de um modo geral há concordância nos comportamentos previsto e observado, já que, como se pode verificar através da Figura 4, os resultados simulados e os medidos indicaram que a radiação global incidente abaixo das copas na fileira de árvores (sensor 2) foi sobretudo difusa durante quase todo o período diurno. No outro sensor (3) instalado entre as fileiras (Figura 5), a luz direta incidiu abaixo das copas durante a maior parte da manhã, mas ao longo do período da tarde foi predominantemente interceptada.

A análise dos valores obtidos por simulação da luz incidente abaixo das copas na fileira revelou que, entre as 12 h e 13 h, em consequência da altura elevada do sol, e de seu azimute (NW) se apresentar ortogonal à orientação das fileiras (SW-NE), aliado ao fato das copas não se tocarem, deveria haver incidência de luz direta abaixo das copas (Figura 4). O único valor medido nesse intervalo no dia 15 valida a simulação, todavia os valores medidos no dia 11 correspondem a menos da metade das estimativas. Entretanto, convém salientar que todos os pontos da Figura 4 representam médias de duas observações, cujas diferenças nesse intervalo foram as mais elevadas. Além disso, tratam-se de posições críticas, em que os raios de luz praticamente tangenciam os contornos das copas, concebidas na forma

regular de um elipsóide, mas que correspondem às extremidades dos ramos, naturalmente irregulares e mais flexíveis. Na Figura 5, observa-se que, na posição entre as fileiras (3), às 12h 35min do mesmo dia 11, ocorreu situação semelhante, enquanto que às 13 h a luz direta pode ter sido interceptada por um ramo ou tronco.

Por volta das 15h 30min do dia 15, a posição do sol entre a sexta e a sétima coluna de árvores, proporcionou a incidência da luz direta abaixo das copas na posição 2 (Figura 4). Novamente os valores simulados superaram os valores medidos na situação crítica entre os contornos de copas adjacentes, onde provavelmente algum ramo mais ou menos longo alterou o padrão concebido da forma geométrica perfeitamente regular para as copas.

Analisando-se os valores das Figuras 4 e 5, verifica-se que, quando os resultados medidos e os simulados coincidiram em indicar a interceptação da luz direta, as estimativas de luz global abaixo das copas de uma distribuição vertical das folhas apresentaram o melhor ajuste aos valores medidos nos dois pontos de observação dentro do bosque. Quando a análise incluiu todo o conjunto de dados observados com céu limpo, englobando a luz direta que atravessou as copas e os momentos em que a interceptação não foi prevista, os resultados simulados com uma distribuição esférica se situaram em posição intermediária entre as oscilações dos valores medidos.

Assim sendo, as estimativas de irradiância PAR global abaixo das copas com a distribuição esférica foram superiores às obtidas para uma distribuição vertical. A justificativa desse comportamento reside na variação da altura do sol nas condições experimentais do estudo, quando foi inferior a 60° . Consequentemente o valor de OPG para a distribuição vertical ($OPG = \cos(AA)$) foi sempre superior ao valor de OPG para a distribuição esférica ($OPG = 0,5$). Se a altura do sol tivesse atingido 60° , o coeficiente de extinção, $K = OPG/\sin(AA)$, teria atingido o valor mínimo de 0,58 para as duas distribuições. Esses resultados permitiram descartar, a priori, o uso dos coeficientes de extinção constantes de 0,07 e 0,06, que melhor se ajustaram às médias de transmitância difusa medida (conforme já discutido), visto que eles proporcionariam superestimativas ainda maiores da luz incidente abaixo das copas.

Através das Figuras 4 e 5, verifica-se que os resultados simulados para a posição entre as fileiras de árvores se ajustaram melhor do que na fileira. O sensor colocado entre as fileiras ficou durante toda a manhã exposto à radiação direta quando o modelo também não previu interceptação. O sensor da fileira, além de receber alguns raios de luz ("sunflecks") que não foram previstos no modelo, permaneceu à sombra durante um curto intervalo de tempo com sol alto, ao contrário do que previa a

simulação, provavelmente em consequência das irregularidades naturais dos contornos das copas ou da ação do vento sobre as extremidades mais flexíveis dos ramos. A variação de densidade de área foliar (Tabela 2) deve também ter sido responsável pelas maiores oscilações dos valores medidos com o sensor que ficou mais à sombra (posição 2).

Dado que, em consequência da passagem de radiação direta por dentro das copas nos dias sem

Tabela 4 - Valores de Transmitância do Total Diurno de Energia Luminosa com Céu Limpo. Cuiabá, MT, 1994.

Posição	Transmitância		
	Medida	Estimada pela distribuição	
		esférica	vertical
Linha	0,39	0,43	0,22
Entrelinha	0,69	0,63	0,44

Tabela 3 - Umidade do solo (% em volume) na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), em função da profundidade (Prof.), para o solo predominante nos locais estudados.

Local	Prof. (cm)	CC (%)	PMP (%)	AD (%)
Cascavel	20	37,5	31,0	6,5
	40	35,1	24,4	10,7
	65	36,9	26,8	10,1
Londrina	20	43,0	33,0	10,0
	40	44,3	33,0	11,3
	60	39,4	30,8	8,6
Paranavai	10	9,6	1,9	7,7
	25	11,8	5,6	6,2
	55	9,5	2,6	6,9
	85	9,1	1,7	7,4
Pato Branco	10	35,0	27,8	7,2
	20	40,2	26,7	13,5
	40	39,1	27,0	12,1
	60	41,0	26,0	15,0
Ponta Grossa	10	40,7	25,8	14,9
	25	35,5	23,8	11,7
	55	27,5	19,0	8,5
	85	30,7	22,7	8,0

nuvens, a transmitância instantânea da luz global apresentou elevada variabilidade, procedeu-se a integração numérica das curvas das Figuras 4 e 5, a fim de estimar a energia luminosa incidente em cada posição a intervalos de 30, 60, 90 e 120 minutos, bem como o total diurno. Os resultados permitiram estabelecer a correlação existente entre valores medidos e estimados para cada um desses intervalos e calcular as transmitâncias totais diurnas medidas e estimadas na fileira e na entrelinha, para cada tipo de distribuição, conforme se pode ver nas Tabelas 3 e 4.

Comparando-se os parâmetros da regressão e a correlação apresentados na Tabela 3, verifica-se que o menor coeficiente linear e o coeficiente angular mais próximo de 1,00 foram obtidos para o intervalo de tempo de 2 horas, significando que, nesse caso, obteve-se o melhor ajuste entre valores medidos e estimados. Para esse intervalo, portanto, as copas de seringueira comportaram-se como se apresentassem folhas com ângulos de inserção aleatório e densidade foliar uniforme, provavelmente em consequência da variabilidade natural dos contornos e da densidade entre árvores do mesmo clone e porque os raios de luz direta que atravessaram as próprias copas e não foram interceptados ("sunflecks"), incidiram sobre o solo durante intervalos de tempo relativamente curtos para totalizar quantidades significativas de energia.

Quando se analisa a Tabela 4, com os valores encontrados para a transmitância do total diurno de energia luminosa, a maior proximidade entre valores medidos e estimados confirma que a distribuição esférica se mostrou mais adequada para descrever a situação da luz global no interior do bosque de seringueira, provavelmente devido às mesmas razões já alegadas para o comportamento dos valores simulados para intervalos de 2 horas.

CONCLUSÕES

A introdução de um valor calculado para o coeficiente de extinção da luz, calculado conforme a posição do sol, para os componentes direto e difuso da luz, permite descrever satisfatoriamente, através do modelo de secção do dossel desenvolvido por CHARLES-EDWARD & THORNLEY (1973), a interceptação da luz pela seringueira.

Para simular a interceptação da luz quando as folhas da seringueira estão na posição vertical é necessário considerar que elas se disponham aleatoriamente.

Agradecimentos

Agradecemos à Sra. Ivone Pereira Segóvia Moreira pelas informações referentes à época de plantio e natureza do material genético existente no bosque do campus da UFMT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHARLES-EDWARDS, D. A., THORNLEY J. H. M. Light interception by an isolated plant - A

- simple model. **Annals of Botany**, London, v. 37, p. 919-928, 1973.
- CHARLES-EDWARDS, D. A., THORPE, M. R. Interception of diffuse and direct beam radiation by a hedgerow apple orchard. *Annals of Botany*, London, v. 40, p. 603-613, 1976.
- De WIT, C. T. *Photosynthesis of Leaf Canopies*. Wageningen: Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1965. 57 p.
- GOUDRIAAN, J. The bare bornes of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 43, p. 155-169, 1988.
- JACKSON, J. E., PALMER, J. W. A simple model of light transmission and interception by discontinuous canopies. *Annals of Botany*, London, v. 44, p. 381-383, 1979.
- JOHNSON, R. S., LAKSO, A. N. Approaches of modeling light interception in orchards. *Hortscience*, Alexandria, v. 26, n. 8, p. 1002-1004, 1991.
- ORTOLANI, A. A. Aspectos climáticos condicionantes da produção de seringueira. In: Bernardes, M. S. (ed.). *Sangria da Seringueira*. Piracicaba: ESALQ/USP/FEALQ/ Departamento de Agricultura. 1990, 206 p. p.23-27.
- NG, A. P., LEONG, W., YOON, P. K. Influência da densidade de plantio sobre a formação da copa, crescimento, produção e outras características da seringueira. In: III SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 1980, Manaus, AM. *Anais...*, Manaus: MIC/CNB/SUDHEVEA, 1980. v. II, p. 731-760.
- Van KEULEN, H. Plant data. In: Van Keulen, H., Wolf, J. (eds.), **Modelling of Agricultural Production: Weather, Soils and Crops**. Wageningen: Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1986. 480 p., p. 246.
- WEBSTER, C. C., PAARDEKOOOPER, E. C. The Botany of the Rubber Tree. In: Webster, C. C. e Baulkill, W. J. (eds.), **Rubber**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1989. 614 p. p. 57-84.
- WHITFIELD, D. M., CONNOR, D. J. Architecture of individual plants in a field-grow tobacco crop. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 7, p. 415-433. 1980.