# INTERFERÊNCIA DA ARQUITETURA DO DOSSEL NA ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA INCIDENTE EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 13ª edição, de 26/08/2024 a 30/08/2024 ISBN dos Anais: 978-65-5465-112-7

SILVA; Julie Andrews de França e 1, RIBEIRO; Kaleb Lima 2, SOUZA; Giselle Nerino Brito de 3, OLIVEIRA; Leonardo Ramos 4, CASTELLANI; Débora Cristina 5, VASCONCELOS; Steel Silva <sup>6</sup>, ARAÚJO; Alessandro Carioca de <sup>7</sup>

### **RESUMO**

#### Resumo

A complexidade do dossel de um sistema agroflorestal (SAF) interfere na distribuição vertical e na qualidade da luz que atinge o sub-bosque, e que por sua vez, pode influenciar no desenvolvimento e crescimento das espécies. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do dossel estratificado nos fluxos radiativos em um sistema agroflorestal biodiverso no Município de Tomé-Açu, Pará. Foram realizados cálculos de transmitância, refletância, absortância em diferentes períodos sazonais a partir dos dados obtidos em uma torre de observações micrometeorológicas no ano de 2022. E, posteriormente essas informações foram avaliadas em relação ao ângulo zenital. Além disso, foi aplicado o índice de vegetação melhorado (EVI) para monitorar o estado do SAF. Os diferentes estratos e o manejo do SAF influenciaram na distribuição vertical da radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA<sub>in</sub>), em que as maiores transmitâncias ocorreram na camada mais baixa (entre 2 m e 5 m), local com maior densidade de cacaueiros e quando os ângulos zenitais foram menores. As absortâncias foram elevadas no início da manhã e no final do dia, com valores entre 0,57 e 0,81 e sobretudo no período menos chuvoso. Finalmente, com a aplicação do EVI e a partir das classes com maior quantidade de pixels, foi observado que o SAF apresentava uma vegetação saudável e/ou mais densa. Porém, a absortância não apresentou uma boa correlação com o EVI.

## 1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) apresentam diferentes estratos vegetais que imitam uma floresta natural, cujas árvores e os arbustos atuam no processo da ciclagem de nutrientes e aproveitamento da radiação solar (PALUDO; COSTABEBER, 2012). Os dosséis desses sistemas são complexos visto que interferem na transmissão da radiação (SCHROTH et al., 2004), podem modificar os fluxos de densidade, a qualidade espectral e a distribuição espacial da luz (PARKER et al., 2002).

A luz influencia a forma de crescimento e desenvolvimento das copas, auxilia na compreensão da variedade dos aspectos estruturais e funcionais de uma floresta (PARKER et al., 2002; 2019), na distribuição espacial das espécies e na produção de biomassa (VILANI et al., 2007). A captação e o registro da energia refletida ou emitida pela superfície através das imagens obtidas por sensoriamento remoto podem fornecer dados da superfície terrestre (FLORENZANO, 2008) e com a aplicação dos índices de vegetação (IVs) é possível monitorar a presença e a condição da vegetação (FONTANA et al., 1998).

Nesse contexto, destaca-se a importância da radiação para as plantas em seus processos de desenvolvimento e crescimento. Assim, tornando fundamental a compreensão da interceptação da radiação e a influência da arquitetura do dossel em um SAF. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do dossel estratificado nos fluxos radiativos em um sistema agroflorestal biodiverso no Município de Tomé-Açu, Pará.

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com
<sup>4</sup> Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com

Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net

<sup>6</sup> Embrana Amazônia Oriental, steel vasconcelos@embrana bi

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

#### 2. Materiais e métodos

### 1. 2.1. Área de estudo

O local de estudo é um sistema agroflorestal, denominado como SAF-Dendê, que é composto por linhas duplas de palma de óleo (espaçamento de 7,5 m entre linhas e 9,0 m entre plantas) intercaladas por faixas (21 m de largura) com linhas quíntuplas de cacau, açaí e espécies florestais no município de Tomé-Açu, Pará. E em fevereiro de 2019 foi instalada uma torre de observações micrometeorológicas (2°24'15" S e 48°14'53,3" O) com 22 metros de altura para medir e monitorar variáveis meteorológicas acima e abaixo do dossel vegetal.

O clima do município é tropical quente e úmido, do tipo Ami, segundo Köppen. A precipitação média anual é de 2300 mm. As médias anuais da temperatura do ar variam entre 21,0 °C e 33,0 °C (PACHECO; BASTOS, 2001). O período sazonal foi definido com base no limiar de 150 mm para a palma de óleo (CARR, 2011), como a espécie mais restritiva para precipitação mensal. O ano de 2022, que é reportado nesse estudo, apresentou uma precipitação total de 2584,27 mm. Desse total, cerca de 80,45% foram distribuídos entre os meses de janeiro-maio e dezembro, que foram considerados como o período chuvoso (PC). E, 19,55% foi distribuído nos meses de junhonovembro, sendo o período menos chuvoso (PMC).

## 1. 2.2. Variáveis meteorológicas

As variáveis medidas acima e abaixo do dossel foram: precipitação (21 m de altura), radiação de onda curta incidente (ROC<sub>in</sub>, a 19 m de altura); radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA in, a 19 m, 5,0 m, e 2,0 m de altura) e radiação fotossinteticamente ativa refletida (RFA<sub>ref. a</sub> 19 m de altura). As medições foram registradas a cada 60 segundos, e as médias foram geradas a cada 30 minutos. Os dados obtidos passaram por controle de qualidade com a retirada das medidas espúrias com base nos limites físicos para o sítio.

## 1. 2.3. Distribuição da radiação fotossinteticamente ativa

A distribuição vertical da radiação no dossel foi avaliada através da: transmitância (radiação transmitida, t) nas camadas 1 (entre 5 m e 19 m de altura) e 2 (entre 2 m e 5 m de altura); refletância (radiação refletida, r) a 19 m de altura; e, fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (absortância), de acordo com Spolador et al., 2006.

## 1. 2.4. Ângulo zenital

O ângulo zenital foi estimado para auxiliar nas análises de refletância e transmitância, conforme Ometto (1981).

## 1. 2.5. Índice de Vegetação Melhorado

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com
 <sup>4</sup> Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com
 <sup>5</sup> Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net

<sup>6</sup> Embrapa Amazônia Oriental, steel.vasconcelos@embrapa.bi <sup>7</sup> Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

O índice de vegetação melhorado (Enhanced Vegetation Index em inglês, EVI) foi determinado a partir das imagens do Satélite Sentinel 2 na área da torre. As imagens, selecionadas uma por mês (totalizando 12), foram obtidas na página do Copernicus Hub com as seguintes características: Sensor MSI (instrumento multiespectral); L2A (correção atmosférica) e Cloudy\_pixel\_percentage (filtro para escolher as imagens com menor cobertura de nuvem). As bandas escolhidas foram B2 (azul, 490 nm), B4 (vermelho, 665 nm), e B8 (NIR, 842 nm). Para o cálculo do EVI foi utilizado o programa QGIS 3.16.15 Grass 7.8.5, onde: EVI = 2.5 \* ((NIR - vermelho) / ((NIR) + (C1 \* vermelho) - (C2 \* azul) + L)). Em que: NIR é o infravermelho próximo. E os valores dos coeficientes foram: C1 é igual a 6, C2 é 7,5 e L é 1.

#### 3. Resultados e discussões

No SAF-Dendê, em ambos os períodos, RFA<sub>in</sub> a 19 m está presente entre 06:30 horas e 18:30 horas, e com os máximos entre 12:00 e 12:30 horas (Figuras 1a e 1d). Os picos de radiação ocorreram no PMC com 1571,91  $\pm$  24,80  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a 19 m, 559,68  $\pm$  24,46  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a 5 m e 221,95  $\pm$ 21,04 µmol m-2 s-1 a 2 m. Durante o mesmo horário (com o máximo de RFA<sub>in</sub>) a radiação que chega até 2 m no PC é cerca de 13,80% e de 6,45% no PMC. Ambos os valores foram superiores ao encontrado em floresta tropical amazônica por Spolador et al. (2006) com 2,1%.

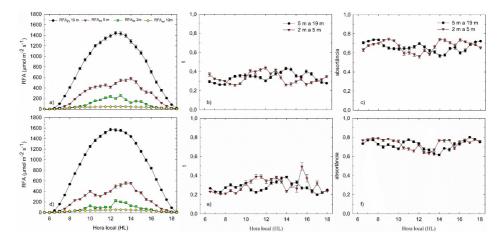


Figura 1. Curva média diária de RFA<sub>in</sub> e RFA<sub>ref</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em diferentes alturas (19 m, 5 m e 2 m) em (a) e (d); transmitância, t em (b) e (e); e absortância (c) e (f) com a em diferentes níveis em um SAF-Dendê em Tomé-Açu/PA no ano de 2022. Cada círculo representa a média de 30 minutos e a barra vertical indica o erro padrão. As figuras (a), (b) e (c) representam o PC e as figuras (d), (e) e (f) o PMC.

Ao longo do dia, as transmitâncias estiveram, aproximadamente, entre 0,2 e 0,5 no PC e PMC (Figuras 1b e 1e). Os máximos no PC ocorreram entre 12:00 e 14:00 horas, de 5 m a 19 m foi de  $0,43 \pm 0,01$  às 14:00 horas e de 2 m a 5 m foi de  $0,44 \pm 0,02$  às 12:00 horas. No PMC, entre 5 m e 19 m o máximo foi de  $0.38 \pm 0.01$  às 14:00 horas e a de 2 m a 5 m foi de  $0.49 \pm 0.01$  às 15:30horas. O manejo (poda, por exemplo) e arquitetura do dossel influenciam na qualidade e quantidade de luz transmitida para o dossel das plantas agrícolas e forrageiras (ALVES et al., 2015). Em plantios de coco entre 10 e 20 anos, a transmissão de radiação é em torno de 10% (NAIR, 1993). Enquanto, em SAF com cacau, em uma abertura de dossel entre 11,6% e 28,9%, a fração transmitida de luz é em torno de 15% (NEITHER et al., 2018).

No PC, absortância variou entre  $0.57 \pm 0.01$  às 14:00 horas e  $0.74 \pm 0.01$  às 07:30 horas na camada de 5 a 19 m. E na camada de 2 a 5 m, o mínimo foi de  $0.56 \pm 0.02$  às 12:00 horas e o maior valor encontrado foi de  $0.74 \pm 0.01$  às 09:00 horas (Figuras 1c e 1f). E no PMC, o menor

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com <sup>4</sup> Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com

Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net

<sup>6</sup> Embrana Amazônia Oriental, steel vasconcelos@embrana bi

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

valor registrado para a absortância entre 5 e 19 m foi de  $0.62 \pm 0.01$  às 14:00 horas e o máximo foi de  $0.80 \pm 0.01$  às 17:00 horas. E de 2 a 5 m, o mínimo foi de  $0.63 \pm 0.01$  às 13:00 horas e o máximo de  $0.79 \pm 0.00$  às 07:30 horas.

As maiores refletâncias foram determinadas quando os ângulos zenitais também eram maiores (entre 70 e 90°), equivalente aos horários do início da manhã e final da tarde (Figuras 2a e 2ld). As transmitâncias em todos as camadas demostraram valores superiores quando os ângulos zenitais eram menores. Os ângulos zenitais abaixo de 45° representam horários entre 09:30 horas e 14:30 horas (Figuras 2b, 2c, 2e e 2f).

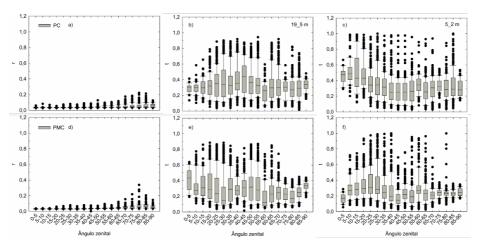


Figura 2. Refletância, r, do topo (19 m) em (a) e (d); transmitância, t: de 19 m para 5 m em (b) e (e) e de 5 m para 2 m em (c) e (f) em relação ao ângulo solar zenital. Os dados utilizados são as médias a cada 30 minutos e durante o período diurno. Os gráficos representantes do PC estão no painel superior e do PMC no painel inferior.

As estimativas para o EVI não foram satisfatórias para o PC visto que a maior parte das imagens apresentava alta porcentagem de nuvens. A Tabela 1 exibe os melhores resultados de maio a setembro, cuja maior concentração de áreas (m²) ocorreu nas classes de 0,4-0,6 e 0,6-0,8 indicando uma vegetação saudável e/ou mais densa. A média mensal da absortância mensal na camada de 5 a 19 m às 10:30 horas, mesmo horário de passagem do satélite, variou de 0,81 (setembro) a 0,88 (julho), exibindo altos valores durante o PMC. E a média mensal do EVI foi explicada em 29% pela absortância (EVI = 0,1946 \* absortância + 0.4092, R<sup>2</sup> = 0,29).

Tabela 1: Resultados obtidos para o EVI na escala mensal com a porcentagem de cobertura de nuvem da imagem selecionada e a porcentagem dos pixels contidos em cada classe em um sistema agroflorestal com dendê, Tomé-Açu, Pará.

## Mês

% nuvem

Classes do EVI (%)

Média

< 0,20

0,20 - 0,40

0,40 - 0,60

0,60 - 0,80

> 0,80

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.coi <sup>4</sup> Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com

Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net 6 Embrana Amazônia Oriental, steel vasconcelos@embrana bi

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

Mai

5,9

3,09

61,86

35,05

0,57

Jun

0,1

84,02

15,98

0,57

Jul

0,1

51,03

48,97

0,59

Ago

0

1,55

36,08

62,37

0,58

Set

1,1

4,12

55,16

40,72

Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
 Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com
 Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com
 Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com
 SNatura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net
 Embrapa Amazônia Oriental, steel.vasconcelos@embrapa.br
 Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

#### 4. Conclusão

Os diferentes estratos e o manejo do SAF influenciaram na distribuição vertical da RFA in. Os valores elevados de transmitância ocorreram na camada mais baixa (entre 2 e 5 m) coincidindo com os ângulos zenitais menores (entre 09:30 horas e 14:30 horas) e com a maior densidade de cacaueiros. As refletâncias foram superiores nos ângulos zenitais maiores, início da manhã e final da tarde. E a absortância ficou entre 0,57 e 0,81, com valores mais altos no período menos chuvoso. Com a análise do EVI, foi observado que a maior porcentagem de área do SAF estava entre as classes de 0,40 a 0,80 indicando uma vegetação sadia e mais densa em um período com redução de precipitação. No entanto, a absortância às 10:30 horas explica 29% do EVI, demonstrando que o índice tem a capacidade de monitorar o estado da vegetação, mas não apresentou uma boa correlação com os dados da torre.

### 5. Referências Bibliográficas

Alves, F.V.; Laura, V.A.; Almeida, R.G. Sistemas Agroflorestais: A agropecuária sustentável. Brasília: Embrapa, 2015, 208p.

Carr, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of oil palm ( Elaeis guineensis): a review. Experimental Agriculture, v.47, n.4, p.629-652, 2011.

Florenzano, T.G. Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos, São Paulo/SP, 2002.

Fontana, D.C.; Berlato, M.A.; Bergamaschi, H. Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.33, n.8, p.1399-1405, 1998.

Nair, P.K R. Tropical agroforestry systems and practices. In: Furtado, J.I.; Ruddle, K. Tropical resource ecology and development, Wiley, 1984, 14p.

Neither, W.; Armengot, L.; Andres, C.; Schneider, M.; Gerold, G. Shade trees and tree pruning alter throughfall and microclimate in cocoa (Theobroma cacao L.) production systems. Annals of Forest Science, v.75, n.38, p.1-16, 2018.

Ometto, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres. 1981. 425 p.

Pacheco, N.A.; Bastos, T.X. Caracterização climática do Município de Tomé-Açu, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001, 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 87).

Paludo, R, Costabeber, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. Revista Brasileira de Agroecologia, v.7, n.2, p.63-76, 2012.

Parker, G.G.; Davis, M.M.; Chapotin, S.M. Canopy light transmittance in Douglas-fir-western hemlock stands. Tree Physiology, v.22, p.147-157, 2002.

Parker, G.G.; Fitzjarrald, D.R.; Sampaio, I.C.G. Consequences of environmental heterogeneity for the photosynthetic light environment of a tropical forest. Agricultural and Forest Meteorology, v.278, 2019.

Schroth G.; Harvey C.A.; Vincent, G. Complex agroforests: their structure, diversity and potential role in landscape conservation. In: Schroth, G.; Da Fonseca, G.A.B.; Harvey C.A.; Gascon C.; Vasconcelos H.L.; Izac A.M.N. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington: Island Press, 2004, p.227-260.

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com <sup>4</sup> Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com

Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net

<sup>6</sup> Embrapa Amazônia Oriental, steel, vasconcelos@embrapa, bi <sup>7</sup> Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com

Spolador, J.; Sanches, L.; Costa, M.H. Radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição Cerrado-Amazônica. Revista Brasileira de Meteorologia, v.21, n.3b, 301-307, 2006.

Vilani, M.T.; Sanches, L.; Costa, M.H.; Gaio, D.C.; Nogueira, J.S. Estimativa da absortância da radiação fotossinteticamente ativa de uma vegetação de transição floresta Amazônica-cerrado por três métodos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** v.15, n.3, p. 289-298, 2007.

PALAVRAS-CHAVE: Transmitância, Absortância, Dossel, Distribuição vertical, Amazônia

¹ Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, julieandrewsfranca@gmail.com
² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, LBA/INPA, kaleblimar@gmail.com

Frigiania de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, gisellenerino@gmail.com

Instituto de Pesquisa da Amazônia, INPA, Irdo87@gmail.com

Natura inovação e Tecnologias de Produtos Ltda, deboracastellani@natura.net

Embrapa Amazônia Oriental, steel-vasconcelos@embrapa.br

Embrapa Amazônia Oriental, alessandro.araujo@gmail.com