



Avanço da agrometeorologia da palma forrageira: radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pela cultura

Thieres George Freire da Silva^{1,4}; Carlos André Alves de Souza²; Maria Gabriela de Queiroz³; Luciana Sandra Bastos de Souza; Magna Soelma Beserra de Moura⁵; Jandis Ferreira Nunes de Araújo⁶; George do Nascimento Araújo Júnior^{7,8}; Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim

¹Docente da Área de (Agro)meteorologia - UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE; ²Doutorando em Engenharia Agrícola - UFRPE/Sede, Recife, PE; ³Doutoranda em Meteorologia Aplicada - UFV/DEA, Viçosa, MG; ⁵Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE; ⁶Discente do Curso de Agronomia - UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE; ⁷Discente do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal - UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE

Resumo: A palma é a cactácea forrageira mais cultivada no mundo, todavia, ainda negligenciada do ponto de vista de mudanças do uso da terra. A interação de uma superfície e a atmosfera varia com o tipo de interface (solo-planta-clima). Para este tipo de inferência, a radiação fotossinteticamente ativa interceptada ou absorvida é mundialmente usada. Pouco se dispõem de dados de interceptação ou absorção de radiação pela palma. Neste estudo, objetivou-se mensurar a fração e a quantidade de radiação fotossinteticamente interceptada e absorvida por esta espécie ao longo do ciclo. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada, PE, em uma área de 1,1 hectare de palma. Medidas de radiação solar global incidente e refletida, radiação fotossinteticamente ativa acima e abaixo da cultura, dados meteorológicos de uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia e de índice de área do cladódio (IAC) foram usados nesta pesquisa. Equações foram geradas utilizando como variável independente o tempo térmico (TT, °C dia). Observou-se três fases de acúmulo de radiação interceptada e absorvida pela palma, em resposta ao incremento do IAC. Ao final de 482 dias, a palma interceptou 1902 MJ m⁻² dos quais 1461 MJ m⁻² foram absorvidos, correspondendo a 73% e 62% da radiação fotossinteticamente incidente acima da cultura, nesta ordem. Esta informação é essencial para o avanço da pesquisa de modelagem da palma forrageira.

Palavras-chave: Irrigação; *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.; Sensores de radiação

Advancement of agrometeorology of forage cactus: photosynthetically active radiation intercepted and absorbed by crop

Abstract: The forage cactus is the most cultivated forage cactus in the world, yet still neglected from the point of view of land use changes. The interaction of a surface and the atmosphere varies with the type of interface (soil-plant-climate). For this type of inference, the photosynthetically active radiation intercepted or absorbed is used worldwide. Little data is available on the interception or absorption of radiation by the forage cactus. The objective of this study was to measure the fraction and amount of photosynthetically intercepted radiation absorbed for this specie throughout the cycle. The experiment was conducted in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco, in an area of 1.1 hectare of forage cactus. Measures of incident and reflected global solar radiation, photosynthetically active radiation above and below the crop, meteorological data from a station of the National Meteorological Institute and cladode area index (CAI) were used in this research. Equations were generated using the thermal time (TT, °Cday) as the independent variable. Three phases of accumulation of radiation intercepted and absorbed by the forage cactus were observed, in response to the increment of CAI. At the end of 482 days, the forage cactus intercepted 1902 MJ m⁻² of which 1461 MJ m⁻² were absorbed, corresponding to 73% and 62% of the photosynthetically incident radiation above the crop, in that order. This information is essential for the advancement of modeling research of the forage cactus.

Keywords: Irrigation; *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.; Radiation sensors

INTRODUÇÃO

A palma é a cactácea forrageira mais cultivada no mundo, pertencente a um grupo exclusivo de espécies MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas). Embora relevante no contexto socioeconômico, a palma é um tipo de agroecossistema negligenciado do ponto de vista de mudanças do uso da terra. A interação de uma superfície e a atmosfera varia com o tipo de interface (solo-planta-clima) e processos morfofisiológicos envolvidos, o que altera a densidade de fluxo de radiação e de energia e, por conseguinte, a capacidade produtiva da vegetação. Para este tipo de inferência, a relação da biomassa com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada ou absorvida é mundialmente conhecida na estimativa da eficiência do uso da radiação (ZHOU et al., 2016). Todavia, pouco se dispõem de dados de interceptação ou absorção de radiação por espécies MAC.

OBJETIVOS

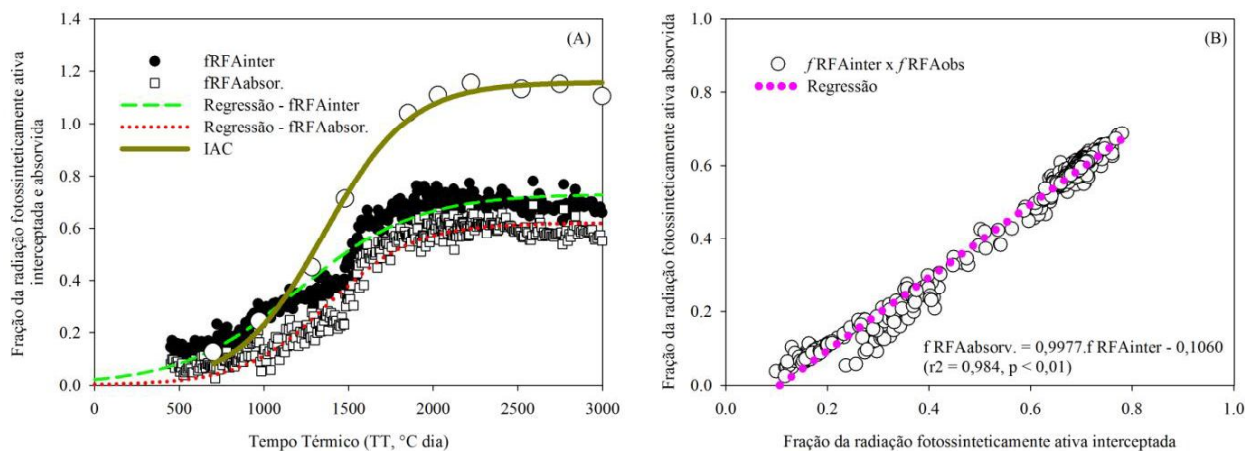
Neste estudo, objetivou-se mensurar a fração e a quantidade de radiação fotossinteticamente interceptada e absorvida pela palma, com vistas a elaboração de estudos mais detalhados de modelos de simulação da produtividade desta espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Algodões, em uma área de 1,1 ha de palma forrageira, situada a 50 km do município de Serra Talhada, PE, nas seguintes coordenadas geográficas: 8°18'22"S, 38°30'43"W e 381 m. A cultura foi plantada no dia 02 de agosto de 2014, no espaçamento de 2,0 x 0,5 m, com cladódios da cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*O. stricta* (Haw.) Haw.), enterrados com 50% do seu comprimento. Um sistema de gotejamento com emissores espaçados em 0,20 m foi implantado para a realização semanal de eventos de irrigação. A duração do ciclo experimental compreendeu 02 de agosto de 2014 a 26 de novembro de 2015 (482 dias). Ao longo do tempo foram realizadas limpezas manuais e, ou, a aplicação de herbicida para eliminação de erva daninha e de óleo mineral com inseticida para combater a cochonilha de escama. Uma torre de medição, de quatro metros de altura, foi montada, em 26 de outubro de 2014, no centro da área experimental, para aquisição de dados micrometeorológicos. Todos os sensores eletrônicos realizaram medidas em intervalo de 60 s, acionados por um datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA) acoplado a um multiplexador (modelo AM16/32, Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA), programado para registrar médias em intervalos de 10 min. Dois piranômetros, um com visada para cima (SQ300, Apogee, Logan, Utah, USA), visando a medição da radiação solar global incidente (Q_g), e outro invertido (CMP3, Kipp & Zonen, Logan, Utah, USA), para medição da radiação solar global refletida pela superfície (rQ_g), foram usados na estimativa do coeficiente de reflexão, ou seja, do albedo ($\alpha = rQ_g / Q_g$). Um sensor quantum linear (Q321, Apogee/Campbell, Logan, Utah, USA) foi instalado a 2,5 m de altura em relação ao solo, enquanto dois sensores do mesmo modelo foram dispostos abaixo do dossel da cultura em direção perpendicular à fileira de cultivo, entre dois cladódios plantados, para medição da radiação fotossinteticamente ativa acima ($RFA_{(acima)}$) e abaixo do dossel ($RFA_{(abaixo)}$), nessa ordem. A partir das suas medidas, calculou-se a fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($fRAinter. = 1 - RFAinter_{(abaixo)} / RFAinter_{(acima)}$). Por meio dos dados de α , estimou-se também a fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ($fRFAabsor. = 1 - [(RFAinter_{(abaixo)} - \alpha \cdot RFAinter_{(abaixo)}) / (RFAinter_{(acima)} - \alpha \cdot RFAinter_{(acima)})]$). Com os dados de $RFAinter_{(acima)}$ e Q_g foi obtida a razão $RFAinter_{(acima)} / Q_g$. Os dados de $fRAinter.$ e $fRFAabsor.$ foram relacionados ao tempo térmico (TT, °C dia), ou seja, aos graus dias acumulados pela cultura ($TT = \sum(tméd. - tb)$), em que $tméd.$ é a temperatura média do ar coletada a partir de uma estação automática situada no município de Serra Talhada, PE, e pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, www.inmet.gov.br; e, tb é a temperatura base inferior da palma forrageira, sendo igual a 22°C, conforme Araújo Junior et al. (2017)). A partir das equações geradas, da razão $RFAinter_{(acima)} / Q_g$ e de dados de Q_g medidos pela estação automática do INMET, integrou-se os valores de $fRAinter.$ e $fRFAabsor.$ ao longo das fases fenológicas da palma (fenofases, adaptada da metodologia de Amorim et al., 2017) e do ciclo de 482 dias. Realizou-se também análise de regressão entre a $fRAinter.$ e a $fRFAabsor.$ Ao longo do tempo foi monitorado o índice de área do cladódio (IAC) com base na metodologia proposta por Silva et al. (2014). Os dados de IAC também foram relacionados ao TT. Todos os procedimentos estatísticos foram feitos por meio da ferramenta computacional XLSTAT 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se que os incrementos das frações da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida acompanham o aumento do índice de área do cladódio.



$$fRAinter. = 0,7305 / (1 + \exp(-(TT - 1206,1247) / 343,5711)), r^2 = 0,9574 (p < 0,001)$$

$$fRFAabs. = 0,6200 / (1 + \exp(-(TT - 1381,6581) / 252,8115)), r^2 = 0,9572 (p < 0,001)$$

$$IAC = 1,1577 / (1 + \exp(-(TT - 1354,8487) / 254,1532)), r^2 = 0,9906 (p < 0,001)$$

Figura 1. Variação e relação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pela palma forrageira (*O. stricta* (Haw.) Haw.) cultivada no município de Serra Talhada, PE, e seu índice de área do cladódio (IAC).

Os ótimos ajustes do modelo sigmoide [$Y = a/(1+\exp((T-T_0)/b))$] aos dados da fração interceptada e absorvida em função do tempo térmico ($R^2 > 0,95$, Figura 1A) revelam a possibilidade de suas estimativas com o decorrer do ciclo e a caracterização de três fases de acúmulo de radiação. A primeira fase, de baixo acúmulo, ocorre até próximo de 344 °Cdia e 254°Cdia para a radiação interceptada e absorvida, respectivamente. A partir deste momento, até 1206°Cdia e 1382°Cdia, nesta mesma ordem, ocorre a fase de variação rápida do acúmulo de radiação. Depois deste tempo térmico, a variação do acúmulo de radiação volta a ser reduzida. A fração interceptada máxima foi em torno de 73% da radiação fotossinteticamente ativa incidente acima da cultura após 482 dias, enquanto a absorção foi de 62% (conforme valor do coeficiente “a”, que indica a magnitude máxima de Y), quando o índice de área do cladódio atinge valor em torno de 1,16 m² m⁻². A alta relação linear entre a radiação interceptada e absorvida ($r^2 > 0,98$, Figura 1B) indica a pouca variação do albedo da superfície e da arquitetura da planta ao longo do tempo. Pela Tabela 1 é demonstrada a modificação da radiação interceptada e absorvida conforme as fenofases da cultura.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa acumulada e diária interceptada e absorvida pela palma forrageira (*O. stricta*) durante as suas fenofases e ciclo expressos em graus dias acumulados (GDA)

Fenofases	FL1*	FL2	FIL1	FIL2	FIII.1	FIII.2	Ciclo
Número de dias	88	23	76	53	13	229	482
GDA (°Cdia)	466	172	520	366	80	1445	3048
RFAinter. (MJ m ⁻²)	34	23	166	226	67	1386	1902
RFAinter. (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	5,3	7,5	6,8	6,9	6,2	6,3	6,5
RFAabsor. (MJ m ⁻²)	6	6	67	150	51	1182	1461
RFAabsor. (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	0,4	1,0	2,2	4,3	5,1	6,2	3,2

* Delimitação das fenofases adaptada de Amorim et al. (2017).

Na fenofase III.2, caracterizada pela emissão predominante de cladódios de 3ª ordem, o acúmulo de radiação foi mais expressivo, porém com baixo surgimento de novos cladódios na planta (AMORIM et al., 2017). Pinheiro et al. (2014) afirmam que, ainda que em número reduzido, os cladódios superiores mais novos são determinantes na expressão da produtividade de cultivares de palma forrageira. Este resultado indica que, maior parte da radiação é utilizada na manutenção dos cladódios mais velhos ou dissipada para o ambiente por meio de processos de troca de energia (i.e. irradiação e transpiração). Ao final do ciclo, os acúmulos de radiação interceptada e absorvida pela palma forrageira foram de 1902 MJ m⁻² e 1461 MJ m⁻², nessa ordem (Tabela 1). Segundo Zhou et al. (2016), estes dados são fundamentais para a estimativa da eficiência do uso da radiação e, conseqüentemente, avaliação do efeito do manejo agrícola no rendimento das culturas.

CONCLUSÃO

A interceptação e absorção de radiação fotossinteticamente ativa pela palma forrageira obedeceram três fases de acúmulo, respondendo ao aumento do índice de área foliar e, por conseguinte, ao avanço das fenofases. Esta informação é essencial para o avanço da pesquisa de modelagem da palma forrageira.

APOIO

Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS), ao CNPq e à FACEPE.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 62-71, 2017.
- ARAÚJO JUNIOR, G. N. et al. Temperatura base da palma forrageira em sistema de cultivo consorciado com o sorgo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia / Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro, 20., 2017, Juazeiro-BA/Petrolina-PE. **Anais...** Porto Alegre, RS: SBAGRO, 2017.
- PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 939-947, 2014.
- SILVA, T. G. F. da et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Agrária**, v. 9, p. 633-641, 2014.
- ZHOU, Z.; ANDERSEN, M. N.; PLAUBORG, F. Radiation interception and radiation use efficiency of potato affected by different N fertigation and irrigation regimes. **European Journal Agronomy**, v.81, p.129-137, 2016.