

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/07/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE
DE AÇAIZEIRO**

José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes

Engenheiro Agrônomo

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE
PRODUTIVIDADE DE AÇAIZEIRO**

José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes

Orientador: Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2017

M827m Moraes, José Reinaldo da Silva Cabral de
Modelagem agrometeorológica para previsão de produtividade de
açaizeiro / José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes. --
Jaboticabal, 2017
xii, 78 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Glauco de Souza Rolim
Banca examinadora: Lucieta Guerreiro Martorano, Maria do
Socorro Padilha de Oliveira
Bibliografia

1. Amazônia. 2. Dados em GRID. 3. *Euterpe Oleracea*, 4.
Modelos de previsão. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 633:582.521.11

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE
PRODUTIVIDADE DE AÇAIZEIRO**

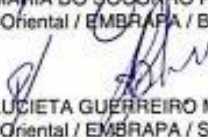
AUTOR: JOSÉ REINALDO DA SILVA CABRAL DE MORAES

ORIENTADOR: GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GLAUCO DE SOUZA ROLIM
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. MARIA DO SOCORRO PADILHA DE OLIVEIRA - VIDEOCONFERÊNCIA
Embrapa Amazônia Oriental / EMBRAPA / Belém/PA


Pesquisadora Dra. LUCIETA GUERREIRO MARTORANO - VIDEOCONFERÊNCIA
Embrapa Amazônia Oriental / EMBRAPA / Santarém/PA

Jaboticabal, 31 de julho de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ REINALDO DA SILVA CABRAL DE MORAES- Nascido em Castanhal, Pará, no dia 27 de abril de 1992, filho de José da Silva Moraes e Lília da Silva Cabral de Moraes, cursou o ensino fundamental no colégio estadual Aristedes Santa Rosa, no município de Inhangapi, Pará, e o ensino médio no Instituto de Educação Darwin, no município de Castanhal, Pará, tendo finalizado no ano de 2009. Ingressou no ensino superior no ano de 2010 no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Belém, Pará, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2016. Durante a graduação foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) Agronomia, sob a tutoria do Prof. Dr. Carlos Augusto Cordeiro Costa por quatro anos. Realizou iniciação científica na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, também durante quatro anos, na área de Agrometeorologia, sob a orientação da pesquisadora Dra. Lucieta Guerreiro Martorano. Realizou durante um ano estágio curricular na área de agrometeorologia e modelagem na UFRA, sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza, onde veio a desenvolver seu trabalho de conclusão de curso, com calibração do modelo DSSAT para o feijão caupi. Durante esses períodos, colaborou na elaboração de eventos científicos, palestras, workshop e publicação de resumos e artigos indexados. Em agosto de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Produção Vegetal, na área de Modelagem Agrometeorológica, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Jaboticabal, São Paulo, no grupo de pesquisa Group of Agrometeorological Studies (GAS), sob a orientação do Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim. Durante o mestrado realizou pesquisas com foco em modelagem agrometeorológica para o cultivo do açaizeiro, a partir de dados em grid. Em julho de 2017, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

“Hoje, ainda almejamos saber porque estamos aqui e de onde viemos. O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua”.

Stephen Hawking

Aos meus pais José da Silva Moraes e Lilia da Silva Cabral de Moraes, pela educação e amor que sempre me proporcionaram, nunca deixando nada de essencial faltar para que eu pudesse trilhar meu caminho profissional.

A vocês,

DEDICO!

Ao meu Avôs Sebastião de Oliveira Moraes e Antônio Terra da Trindade (*In memoriam*).

OFEREÇO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me acompanhar, iluminando meus caminhos e minhas escolhas, me dando força, saúde e paz, para que eu pudesse alcançar e realizar meus sonhos para atingir metas pessoal e profissional.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, que proporcionou minha formação como Engenheiro Agrônomo. Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização do mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa durante o período de realização do curso.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, José Moraes e Lilia Moraes e minha irmã Liliane Moraes, bem como a Josi Moraes pelo amor, carinho e dedicação.

À minha avó paterna, Raimunda Monteiro da Silva Moraes e materna, Nazaré Cabral, meu avô paterno, Sebastião de Oliveira Moraes (*In memorian*) e meus avós de coração, Maria das Dores Terra e Antônio Terra da Trindade (*In memorian*), pelos ensinamentos e carinhos frequentes.

Aos meus tios, em especial, Reinaldo Moraes e Ieda Terra, pela força, carinho, confiança e apoio durante o período que vivi com eles em Belém.

Aos meus sobrinhos, Ana Beatriz, Joaquim e Julia, que chegaram nessa vida para trazer alegria a toda minha família e que os tenho como filhos e minha nova sobrinha Elissa, que vem trazendo muito amor e carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim, por quem eu tenho muita admiração e respeito, meus sinceros agradecimentos pelos ensinamentos e votos de confiança durante o mestrado.

À minha orientadora Lucieta Guerreiro Martorano, pela confiança e ensinamentos durante minha graduação e posterior, inclusive na pós-graduação.

À Embrapa Amazônia Oriental, em especial aos pesquisadores Dra. Socorro Padilha e Dr. João Tomé, pela concessão dos dados de campo para a realização dessa pesquisa.

Aos meus amigos científicos e de coração do GAS, Taynara Valeriano, Lucas Aparecido, Victor Moreto, Kamila Meneses, Juliana, João e Clayson.

Meus agradecimentos aos funcionários do departamento de ciências exatas em especial aos amigos Carlão, Vanessa, Zezé, Shirlei e Adriana. Ao professor Newton e amigos Bruna, Gustavo, Daniel e Mara.

Registro também meus agradecimentos aos companheiros do Galáticos futebol, amigos que conquistei durante o mestrado.

Aos colegas que já terminaram suas metas em Jaboticabal e foram trilhar novos caminhos, Francisco Carlos, Flávio José e Raphael Leone.

Ao meu amigo, Daniel Pinheiro, pela agradável convivência durante minha estadia em Jaboticabal, pelas horas de conversas em momentos difíceis e pelo acolhimento e companheirismo durante meu mestrado. A minha querida amiga, Aline Barbosa pelos anos de amizade, conversas, apoio e confiança durante esse período.

Os colegas do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Amazônia Oriental pelo carinho, amizade e parceria durante a iniciação científica que muito contribuiu para minha formação profissional.

E a todos que de certa forma contribuíram para minha formação de vida e profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1 Introdução	1
1.1 REVISÃO DE LITERATURA	3
1.1.1 Modelagem agrometeorológica	3
1.1.2 Modelo ECMWF	6
1.1.3 Cultura do Açaizeiro	7
1.1.4 Referências	10
CAPÍTULO 2 - PERFORMANCE OF THE ECMWF MODEL IN AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION ESTIMATES IN THE BRAZILIAN AMAZON.....	15
Abstract	15
2.1 Introduction.....	16
2.2 Material and methods	18
2.3 Results and discussion.....	21
2.4 Conclusions.....	36
2.5 References	37
CAPÍTULO 3 - AGROMETEOROLOGICAL MODELS TO FORECAST ACAI PRODUCTION IN IRRIGATED AND UNIRRIGATED SYSTEMS	43
Abstract	43
3.1 Introduction.....	44
3.2 Material and Methods	46
3.3 Results and Discussion	51
3.4 Conclusion.....	64
3.5 References	64

MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE AÇAIZEIRO

RESUMO

Modelos agrometeorológicos para a previsão da produtividade permitem a avaliação quantitativa de elementos meteorológicos com as variáveis fenológicas e produtividade, auxiliando no planejamento de safras agrícolas para otimizar estratégias e tomada de decisão. Na região amazônica, mais precisamente no estado do Pará, concentram-se as maiores produções de açaí no Brasil, entretanto a sazonalidade na produção, influenciada principalmente pelo clima que altera fortemente o preço do produto, tornando-se preocupante para toda cadeia produtiva. Portanto analisar o desempenho de modelos de circulação geral (GSM), que possam representar as condições de tempo e clima na região é de grande importância para a sustentabilidade da produção. Objetivou-se avaliar os dados de temperatura do ar (T) e precipitação (P) provenientes do modelo do European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) e desenvolver modelos agrometeorológicos para a previsão da produtividade em cultivos de açaizeiro em Tomé Açu, Pará. Dados de T e P de estações meteorológicas de superfícies foram estimados por regressão linear usando dados em grid do (ECMWF), correspondendo ao período de 1990 a 2014, separando-se em escala decendial e mensal. Com base nos dados estimados foram testados e ajustados modelos de regressão linear múltipla para prognosticar a produtividade em dois tipos de cultivo de açaizeiro. Buscou-se maximizar a data para antecipação da previsão. A variável dependente foi à produtividade da cultura, enquanto que, as variáveis independentes foram os elementos meteorológicos decendiais e mensais, para cultivos irrigado (CI) e não irrigado (CNI). O ECMWF tende a superestimar precipitação pluvial na estação seca e subestimá-lo na estação chuvosa. A região noroeste da Amazônia é caracterizada como a área de maior oferta de P, mas com menores desempenhos do modelo com R^2 inferior a 0,18. O modelo ECMWF apresentou alto desempenho ($R^2 > 0,60$) ao estimar P em escala mensal e desempenho médio ($R^2 < 0,60$) ao estimar T em período mensal e decendial. As maiores precisões do ECMWF foram nas áreas antrópicas no sudeste e nordeste da região amazônica, precisamente onde localizam-se os pólos de produção de açaí. A fase de folha madura e emissão de espata, para CI e CNI foram as mais sensíveis às condições climáticas. As maiores produções de frutos por planta ocorreram nos meses de novembro e dezembro, nos dois sistemas de cultivo. As observações apontaram produtividades que variaram entre 16.500 kg ha⁻¹ em CI e 7.500 kg ha⁻¹ em CNI. Os modelos agrometeorológicos foram acurados com valores máximos de MAPE de 0,01 no CI e 1,12 no CNI. Foi possível a previsão da produtividade em média de 6 a 9 meses antes da colheita, em abril, maio, novembro e dezembro no CI e em janeiro, maio, junho, agosto, setembro e novembro para CNI.

PALAVRAS-CHAVE: amazônia, dados em GRID, *Euterpe Oleracea*, modelos de previsão.

AGROMETEOROLOGICAL MODELING FOR FORECASTING AÇAÍ YIELD

ABSTRACT

Agrometeorological models for yield prediction allow the quantitative evaluation of the meteorological elements with the phenological variables and yield, aiding in the planning of agricultural crops and in the optimization of decision making. In the Amazon region, more precisely in the Pará State, the largest açai production is found in Brazil. However, seasonality in production, influenced mainly by the climate, is strongly affecting the price of the product, causing concern for the entire production chain. Therefore, evaluating the performance of general circulation models (GSM), which may represent the weather and climate conditions in the region, is of great importance for the sustainability of production. The objective of this study was to evaluate the air temperature (T) and precipitation (P) data from the European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) model and to develop agrometeorological models for yield prediction in açai crop in Tomé Açu, Pará. T and P of meteorological stations of surfaces were estimated by linear regression using grid data of the ECMWF, from the period 1990 to 2014, separating in 10-day period and monthly scale. Based on the estimated data, multiple linear regression models were tested and adjusted to predict yield in two types of açai culture. We seek to maximize the date for anticipation of the forecast. The dependent variable was crop yield, while the independent variables were meteorological elements for irrigated system (IRRS) and rainfed system or unirrigated (RAINF). The ECMWF tends to overestimate rainfall in the dry season and to underestimate it in the rainy season. The northwest region of Amazonia is characterized as the area of highest rainfall supply (P), but with lower performances of the model with R^2 less than 0.18. The ECMWF model presented a high performance ($R^2 > 0.60$) when estimating P on monthly scale and mean performance ($R^2 < 0.60$) when estimating T in monthly and 10-day period. The most important ECMWF accuracies were in the anthropic areas in the southeast and northeast of the Amazon region, precisely where the açai production poles are located. The phase of leaf maturation and emission of the spathe, for both IRRS and RAINF, were the variables that were most sensitive to climate conditions. The greatest fruit production occurred in November and December in each cultivation system, and production ranged from 7.500 kg ha⁻¹ in the RAINF to 16.500 kg ha⁻¹ in the IRRS. The accuracy of the agrometeorological models, using maximum values for average absolute percent error (MAPE), was 0.01 in the IRRS and 1.12 in the RAINF. Using these models production was predicted approximately 6 to 9 months before the harvest, in April, May, November, and December in the IRRS, and January, May, June, August, September, and November for the RAINF.

KEYWORDS: amazon, data in GRID, *Euterpe Oleracea*, prediction models

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 Introdução

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma cultura agrícola de importância na região norte do Brasil, sendo um fruto típico e popular da região amazônica (Oliveira et al., 2000). O clima é o principal fator de desenvolvimento e produtividade da cultura. Nos locais de ocorrência natural e de cultivo na Amazônia brasileira, a espécie pode ser encontrada em áreas submetidas aos tipos climáticos Afi, Ami e Awi, (classificação de Köppen). Contudo, sua população nativa concentra-se no tipo Afi, caracterizado por totais pluviométricos anuais superiores a 2.000 mm com distribuição uniforme e meses de menor precipitação pluvial com total mensal sempre superior a 60 mm (NASCIMENTO e HOMMA, 1984).

A melhor forma de sintetizar quantitativamente os efeitos das condições climáticas no desenvolvimento e produtividade do açaizeiro é por meio de modelos de cultivos. O uso de modelos agrometeorológicos permite conhecer previamente as safras agrícolas. Por meio de modelos de previsão, pode-se auxiliar no planejamento agrícola e avaliar as condições climáticas que podem limitar ou potencializar a expressão genética em termos de produtividade potencial, identificando as condicionantes de variáveis atmosféricas que possam causar perdas de produção e buscar soluções estratégicas para tomada de decisão.

Contudo, modelos de previsão da produtividade são escassos na literatura, uma vez que os mais usuais, pela facilidade e manuseio, são os de estimação. Moreto e Rolim (2015) definem a previsão como o ato de estimar para o futuro, com os dados disponíveis atuais prever um fenômeno que ainda não ocorreu. Diferentemente da estimação, que, a partir de dados atuais simula uma condição também atual. Mas, para que se possa desenvolver e avaliar as variáveis empregadas nos modelos agrometeorológicos, se faz necessário o aporte de dados meteorológicos, disponibilizados por estações de superfície automáticas ou convencionais. Segundo Pereira et al. (2002) o Brasil por suas dimensões continentais ainda não apresenta uma rede de estações

meteorológicas que atenda às suas necessidades, sendo que em áreas mais desenvolvidas há um maior número do que em outras mais remotas.

Surge, então, a necessidade de alternativas para a fonte desses dados. Uma opção consistente é a utilização de dados meteorológicos provenientes de Modelos de Circulação Geral (GCM), sendo ferramentas importantes para previsões climáticas e pesquisa sobre mudanças no clima global (MIRIN e SAWYER, 2005; NAKAEGAWA et al., 2013; SATOH, 2014). Atuando como um dos componentes mais importantes de um modelo de sistema terrestre (WANG et al., 2017), sendo significativamente melhorados nas últimas décadas (REICHLER e KIM 2008).

Para realizar a simulação climática, os GCM geralmente precisam ser integrados por vários anos ou décadas (WANG et al., 2014), combinando informações de diversas fontes, superfície, oceanos, sensoriamento remoto e fazendo estimativas e previsões das condições meteorológicas separando a superfície e a atmosfera do planeta em um grid de 3 dimensões (BECHTOLD et al., 2008). Este método tem sido usado cada vez mais desde o final de 1980 (CESS et al., 1989; GATES et al., 1999; LAMBERT e BOER, 2001), especialmente para a avaliação das mudanças climáticas, desempenhando um papel importante para aquisição de informações climatológicas em áreas remotas do globo terrestre.

Com base no exposto objetivou-se avaliar os dados provenientes do modelo ECMWF e desenvolver modelos agrometeorológicos de previsão da produtividade para cultivos de açaizeiro no estado do Pará.

1.1.4 Referências

AGUIAR, C.J.S. Contribuição para a implantação da cultura do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no litoral paulista. In: **Encontro nacional de pesquisadores em palmito**. Anais. Curitiba: Embrapa-CNPf, p. 75-90 (Embrapa-CNPf. Documentos, 19). 1988.

ASSAD, E.D.; MARIN, F.R.; EVANGELISTA, S.R.; PILAU, F.G.; FARIAS, J.R.B.; PINTO, H.S.; JULLO JÚNIOR, J. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.615-625, 2007.

BALICK, M.J. Palms and development in the humid tropics. Belém: **Embrapa-CPATU**, v, 6, p.121- 140,1986. (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).

BECHTOLD, P.; KOHLER, M.; JUNG, T.; DOBLAS-REYES, F.; LEUTBECHER, M.; RODWELL, M.J.; VITART, F.; BALSAMO, G. Advances in simulating atmospheric variability with the ECMWF model: From synoptic to decadal time-scales. **Q. J. R. Meteorol. Soc.** v. 134, p. 1337 – 1351, 2008.

BERGAMASCHI, H.; COSTA, S. M. S.; WHEELER, T.R.; CHALLINOR, A.J. Simulating maize yield in sub-tropical conditions of southern Brazil using Glam model. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.2, p.132-140, 2013.

BOVI, M.L.A; DIAS, G. S; GODOY JÚNIOR, G. Biologia floral do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO**. São Paulo. Resumos. UNICAMPI, p.91, 1986.

CALBO, M.E.R.; MORAES, J. A. P.V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açaí). **Revista brasil. Bot.**, São Paulo, v.23, n.3, p.225-230, 2000.

CALZAVARA, B.B.G. As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico. Belém: FCAP. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, p. 5-103, 1972. (Embrapa- CPATU. Documentos, 36).

CAVALCANTE, P. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CEJUP, 271p, 1991.

CAVALCANTI, I. F. A.; MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; COSTA, D. F. On the opposite relation between extreme precipitation over west Amazon and southeastern Brazil: observations and model simulations. **Int. J. Climatol.** 2016.

CESS, R. D.; POTTER, G. L.; BLANCHET, J. P.; BOER, G. J.; GHAN, S. J.; KIEHL, J.T.; LE, TREUT H.; LI, ZX.; LIANG, XZ.; MITCHELL, J. F.; MORCRETTE, J. J.; RANDALL, D. A.; RICHES, M. R.; ROECKNER, E.; SCHLESE, U.; SLINGO, A.; TAYLOR, K.E.; WASHINGTON, W.M.;

WETHERALD, R. T.; YAGAI, I. Interpretation of cloud-climate feedback as produced by atmospheric general circulation models. **Science**. 1989.

CONFORTO, E.C.; CONTIN, D. R. Desenvolvimento do açaizeiro de terra firme, cultivar Pará, Sob atenuação da radiação solar em fase de viveiro. **Bragantia**. v.68, n.4, p.979-983, 2009.

COUTINHO, M. D. L.; LIMA, K. C.; SILVA, C. M. S. Regional climate simulations of the changes in the components of the moisture budget over South America. **Int. J. Climatol**. v. 36, p. 1170–1183, 2016.

DEPPE, F.; MARTINI, L.; LONHMANN, M.; CALVETTI, L.; ADAMI, M. Comparação de estimativas de precipitação com dados observados (estações meteorológicas). In: XII **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR)**. Florianópolis/SC. Anais... São José dos Campos: INPE, p.3319-3326, 2007.

FAHL, J.I.; CARELLE, M.L.C.; ALFONSI, E.L.; CAMARGO, M.B.P. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa de produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção em duas épocas de avaliação. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira**. Guarapari. Anais. Guarapari: MAPA/PROCAFÉ. p.339-341.2005.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUZA, J. L. M.; ZOCOLER, J. L. **Funções de produção água-cultura**. In: **Planejamento de irrigação: análise e decisão de investimento**. Brasília: Embrapa, p. 283-314. 2005.

GATES, W.L.; BOYLE, J.; COVEY, C.; DEASE, C.; DOUTRIAUX, C.; DRACH, R.; FIORINO, M.; GLECKLER, P.; HNILO, J.; MARLAIS, S.; PHILLIPS, T.; POTTER, G.; SANTER, B.D.; SPERBER, K.R.; TAYLOR, K.; WILLIAMS, D. An Overview of the Results of the Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP I). **Bull. Am. Met. Soc.** v.80, p. 29-55. 1999.

GÖLDEL, B.; KISSLING, W.D.; SVENNING, J.C. Geographical variation and environmental correlates of functional trait distributions in palms (Arecaceae) across the New World. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 179, p. 602–617, 2015.

HOMMA, A.K.O.; SANTANA A.C. **A agroindústria na Região Norte**, In: Zibetti DW & Barroso LA (Eds.) **Agroindústria: uma análise no contexto socioeconômico e jurídico brasileiro**. LEUD São Paulo, v.1, p.19-43. 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Levantamento sistemático da produção agrícola: 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>. Data de acesso: 02/09/2015.

JUNES, A. H.; FONTANA, D. C. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul. **Rev. Ceres**, v. 58, n.1, p. 9-16, 2011.

KAHN, F. Les palmiers de l'eldorado. Paris: Éditions de l'Oprstom. **Journal of Nutrology**. p. 252. 1997.

KEONG, Y. K.; KENG, W. M. **Statistical Modeling of Weather-based Yield Forecasting for Young Mature Oil Palm**. ICAAA. 2012. Faltou o número de páginas.

LAMBERT, S. J.; BOER, G. J. CMIP1 evaluation and intercomparison of coupled climate models, **Clim. Dyn.** v. 17, p. 83–106. 2001.

MABILANA, H. A.; FONTANA, D. C.; FONSECA, E. L. Desenvolvimento de modelo agrometeorológico espectral para estimativa de rendimento do milho na Província de Manica-Moçambique. **Rev. Ceres**, v. 59, n.3, p. 337-349, 2012.

MACEDO, M. Contribuição ao estudo de plantas econômicas no Estado de Mato Grosso. Cuiabá: **UFMT**, 70p. 1995.

MARENGO, J. A. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget. **Climate Dynamics**, v. 24, p. 11–22. 2005.

MARTORANO, L.G.; PERREIRA, L.C.; CÉSAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.B. Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (Thornthwhite&Mather). **Belém, SUDAM/ EMBRAPA, SNLCS**. 53p.1992.

MIRIN, A. A.; SAWYER, W.B. A scalable implementation of a finite-volume dynamical core in the community atmosphere model. **Int. J. High Perform. Comput. Appl.** v.19, p. 203–212, 2015.

MONTEIRO, J. E. B. A.; AZEVEDO, L. C.; ASSAD, E. D.; SENTELHAS, P. C. Rice yield estimation based on weather conditions and on technological level of production systems in Brazil. **Pesq. agropec. bras.** v.48, n.2, p.123-131, 2013.

MORAES, R. A.; ROCHA, A. V.; ROLIM, G. S.; LAMPARELLI, R. A.C.; MARTINS, M. M. Avaliação dos dados decendiais de precipitação e temperatura máxima e mínima do ar simulados pelo modelo ECMWF para o estado de São Paulo. **Irriga**. v.17, n.3, p. 397-407, 2012.

MORETO, V. B.; ROLIM, G. S. Estimation of annual yield and quality of Valência orange related to monthly water deficiencies. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 543-553, 2015.

NAKAEGAWA, T.; KITOH, A.; ISHIZAKI, Y. Caribbean low-level jets and accompanying moisture fluxes in a global warming climate projected with

CMIP3 multi-model ensemble and fine-mesh atmospheric general circulation models. **Int. J. Climatol.** v.34, n. 4, p. 964–977, 2014.

NASCIMENTO, C.N.B.; HOMMA, A.K.O. Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola. Belém: **Embrapa-CPATU**. 282p. 1984. (Embrapa-CPATU. Documentos, 27).

NOGUEIRA, O.L.; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; MULLER A.A. Açaí. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. (**Sistemas de Produção, 4**). p.137, 2005.

OLIVEIRA, E. C.; COSTA, J. M. N.; PAULA JÚNIOR, T. J.; FERREIRA, W. P. M.; JUSTINO, F. B.; NEVES, L. O. The performance of the CROPGRO model for bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield simulation. **Acta Scientiarum**, v.34, p.239-246, 2012.

OLIVEIRA, M.S.P. Biologia floral do açaizeiro em Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 26p, 2002.

OLIVEIRA, M.S.P.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: Funep, 52p. 2000. (Série Frutas Nativas, 7).

OLIVEIRA, M.S.P.; FERNANDES, T.S.D. Aspectos da floração do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) nas condições de Belém-PA. In: **CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 44, São Luís. Resumos. São Luís: SBB, 159p.1993.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.

PERSON, A.; GRAZZIANI, F. User guide to ECMWF forecast products. **Meteorological Bulletin M3.2. Reading,UK: ECMWF**, 153p. 2007.

PICINI, A. G.; CAMARGO, M. B. P.; ORTOLANI, A.A.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. Desenvolvimento e teste de modelos Agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, v.58, p.157-170, 1999.

REICHLER, T.; KIM, J. How Well do Coupled Models Simulate Today's Climate? Bull. **Amer. Meteor. Soc.** v.89, p. 303-311, 2008.

ROLIM, G. S.; RIBEIRO, R. V.; AZEVEDO, F. A.; CAMARGO, M. B. P.; MACHADO, E. C. Previsão do número de frutos a partir da quantidade de estruturas reprodutivas em laranjeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 48-53, 2008.

ROOSMALEN, M.G.M. **Fruits of the Guianan Flora**. Utrecht: Institute of Systematics Botany/Wageningen Agricultural University, 483p. 1985.

SANTOS, M. A.; CAMARGO, M. B. P. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade do cafeeiro nas condições do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.65, n.1, p.173-183, 2006.

SANTOS, R. S. S.; COSTA, L. C.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; OLIVEIRA, R. A.; JUSTINO, F. B. Avaliação da relação seca/produtividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p. 313 - 321, 2011.

SATAPATHY, S.S.; SWAIN, D.K.; HERATH, S. Field experiments and simulation to evaluate rice cultivar adaptation to elevated carbon dioxide and temperature in sub-tropical India. **Eur. J. Agron.** v. 54, p. 21–33. 2014.

SATOH, M. Standard experiments of atmospheric general circulation models, in: Atmospheric Circulation Dynamics and General Circulation Models. **Springer, Berlin, Heidelberg**. p. 689–702. 2014.

SILVA, I. M.; SANTANA, A. C.; REIS, M. S. Análise dos retornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura do açaí no Estado do Pará. Amazônia: **Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, p. 25-37, 2006.

VALLEJO, M. I.; GALEANO G.; BERNAL R.; ZUIDEM, P.A. The fate of populations of *Euterpe oleracea* harvested for palm heart in Colombia. **Forest Ecology and Management**. v. 318, p. 274–284, 2014.

WANG, H., L. LONG, A. KUMAR, W. WANG, J.-K.E. SCHEMM, M. ZHAO, G.A. VECCHI, T.E. LAROW, Y.-K. LIM, S.D. SCHUBERT, D.A. SHAEVITZ, S.J. CAMARGO, N. HENDERSON, D.Y. KIM, J.A. JONAS, and K.J.E. Walsh, 2014: How well do global climate models simulate the variability of Atlantic tropical cyclones associated with ENSO.?. **J. Climate**, 27, no. 15, 5673-5692.

WANG, Y; JIANG, J; ZHANG H; DONG, X.; WANG, L.; RANJAN, R; ZOMAYAF, A. Y. A scalable parallel algorithm for atmospheric general circulation models on a multi-core cluster. **Future Generation Computer Systems**. v. 72, p.1–10, 2017.