

PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO EM APODI-RN SOB CENÁRIO DE MUDANÇA CLIMÁTICA

Thayna Silva Vila Nova ¹
Fabrício Daniel dos Santos Silva ²

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil (NEB) tem a agricultura como uma das principais atividades econômicas. No entanto, boa parte desta agricultura é de sequeiro, ou seja, depende única e exclusivamente do regime natural de chuvas como fornecedor de água ao solo. Este por si só já seria um fator limitante as safras, pois o NEB apresenta alta variabilidade espaço-temporal e interanual da precipitação (SILVA et al, 2013). Além de ter que conviver com o fator climático, os produtores do NEB na sua maior parte são de agricultores familiares, com pouco ou nenhum acesso a tecnologias de manejo, assim como não tem acesso a cultivares resistentes à adversidades do clima e determinadas pragas.

A cultura do algodão herbáceo já foi a mais importante e rentável prática agrícola do NEB, que já chegou a plantar mais de um milhão de hectares, como na safra 1984/85. Pragas e adversidades climáticas sempre foram fatores limitantes da produção. Com o avanço no controle das pragas, o fator climático torna-se o mais importante ator para o sucesso ou fracasso das safras, tendo em vista que a maior parte da produção é sob regime de sequeiro.

O algodão é produzido por mais de sessenta países, onde China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil são os maiores produtores da fibra, sendo o Brasil o terceiro maior exportador mundial. No Brasil, atualmente os Estados do Mato Grosso e Bahia são responsáveis por mais de 82% da produção nacional. Este fator mostra que a região Nordeste do Brasil apresenta condições climáticas favoráveis à cotonicultura, haja vista que o algodão necessita de temperaturas ambientais na faixa de 18 a 30°C, elevadas radiação solar e insolação. Acrescentando-se a isto, a existência de cultivares de ciclo (da emergência a primeira colheita) curto (100 - 120 dias) e médio (130 - 150 dias), que consomem entre 450 e 700 mm de água e apresentam potencial de rendimento superior a 3.000 kg/ha de algodão em caroço (AZEVEDO e SILVA, 2007).

O conhecimento do regime de chuvas, associado à umidade retirada no solo é de fundamental importância para a definição do início, duração e término da estação chuvosa de determinada região. Tal conhecimento permite a determinação da estação de cultivo e época mais apropriada à semeadura e a elaboração do calendário agrícola, principalmente para culturas de sequeiro, como o algodão.

Além da grande variabilidade sazonal, ocorrem também grandes flutuações interanuais no semiárido, que provocam fenômenos extremos como secas severas ou enchentes. No Nordeste, os eventos de chuva estão associados a mecanismos dinâmicos de grande escala, entre os quais: Zona de Convergência Intertropical (MOURA e SHUKLA, 1981; HASTENRATH, 1984), penetração de sistemas oriundos de latitudes médias austrais (KOUSKY, 1979), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (KOUSKY e GAN, 1981) e a Oscilação de Madden-Julian (KOUSKY e KAYANO, 1994).

De acordo com a distribuição de chuvas ocasionadas pelos diversos sistemas atuantes na região, a época de semeadura deve ajustar-se da melhor maneira dentro da estação chuvosa,

¹ Graduando do Curso de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, vilanova2510@gmail.com;

² Professor do Curso de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, fabricao.santos@icat.ufal.br;

de forma a evitar déficit de umidade no solo para a germinação, excesso de umidade nos subperíodos de abertura dos capulhos e da colheita do algodão em caroço, o que poderá aumentar substancialmente a produtividade do algodoeiro (FALLIERI e SILVA, 1968; LACABUENDIA et al., 1997).

No Brasil, a cotonicultura retomou sua trajetória de recuperação a partir da safra 1996/97, saltando de 305,8 mil toneladas de pluma, produzidas nesta safra para 1.602,5 mil toneladas, na safra 2007/08 (CONAB, 2009). Esta retomada do crescimento está fundamentada na expansão da área de cultivo para novas regiões, notadamente os cerrados do Centro-Oeste e Bahia, e na adoção de novas tecnologias, como lavouras extensas, mecanização total da cultura e uso intensivo de insumos agrícolas.

O algodoeiro é uma planta de hábito perene, arbustivo, nativo de regiões tropicais e subtropicais com baixa pluviosidade. O semiárido do NEB apresenta condições favoráveis ao seu desenvolvimento, com temperaturas médias superiores a 20°C, precipitações entre 500 e 1500 mm, e alta insolação.

Diante do exposto, uma das grandes preocupações atuais é precisar entender como projeções futuras de mudanças climáticas poderão impactar o sistema produtivo. Desta forma, o objetivo deste trabalho é trazer para o nível local do município de Apodi, no Rio Grande do Norte, um tradicional município produtor de algodão no NEB, projeções climáticas futuras baseadas em cenários de mudanças do quarto relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climatic Changes*), e por meio da técnica de *downscaling* estatístico, estimar a produtividade desta cultura no horizonte de 2020 a 2080.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados meteorológicos da estação meteorológica convencional de Apodi (RN; -5,62°; -37,82°; 150m), do período de 1961 a 2012, pertencente ao Instituto nacional de Meteorologia. Os dados foram utilizados para obtenção da evapotranspiração potencial (ETP) pelo método de Penman-Monteith FAO (1998). Esta variável é de suma importância para a utilização do modelo agrometeorológico de Doorembos e Kassam (1979), um modelo de penalização da produtividade por deficiência hídrica, utilizado neste trabalho. Este modelo utiliza a precipitação e a ETP como dados de entrada em um modelo mecanístico de simulação continuada do rendimento agrícola baseado na relação entre a evapotranspiração real da cultura (ETR_c) e a evapotranspiração potencial da cultura (ETP_c).

Os dados históricos foram utilizados para estimar o rendimento médio da cultura no período entre 2001 e 2011, que foram calibrados com os valores estimados pelo IBGE, considerando um ciclo médio da cultura de 150 dias.

DESENVOLVIMENTO

Uma vez estabelecidos os dados e variáveis necessários à pesquisa, foi desenvolvida e aplicada a técnica de *downscaling* estatístico para dois cenários futuros de mudanças climáticas, e dois MCGs (Modelos Climáticos Globais). Os cenários foram o A1B e o A2 do quarto relatório do IPCC. O cenário A1 representa um futuro de crescimento econômico muito rápido, de baixo crescimento populacional e rápida introdução de tecnologias mais eficientes. Há convergência cultural e econômica com a redução substancial das diferenças regionais na renda per capita. O cenário A1 se desdobra em três direções alternativas da mudança tecnológica no

sistema de energia: o uso intensivo de combustíveis fósseis (A1FI), fontes não fósseis (A1T) ou um equilíbrio entre as fontes (A1B) (SRES, 2010).

O cenário A2 retrata um mundo mais heterogêneo. O tema subjacente é o de reforçar as identidades culturais regionais, com altos índices de população e menos interesse em rápido crescimento econômico (SRES, 2010). Os MCGs utilizados foram o ECHAM5-OM, do Max Planck Institute for Meteorology, da Alemanha (MARSLAND et al., 2003; RADDATZ et al., 2007), e o HadGEM2-ES, do Meteorological Office Hadley Centre, do Reino Unido (BELLOUIN et al., 2007; COLLINS et al., 2008).

O ECHAM5-OM consiste do acoplamento de um MCG atmosférico (ECHAM5) e de uma componente oceano-gelo marinho. O ECHAM5 é a quinta geração do MCG ECHAM, evoluindo originalmente do modelo de previsão de tempo espectral do Centro Europeu de Previsão de Tempo a Médio Prazo (ECMWF). Seu módulo oceânico é um modelo de equações primitivas (Grade-C, coordenadas-Z, superfície livre), com os pressupostos hidrostáticos e de Boussinesq. Ele inclui um modelo de gelo marinho dinâmico/termodinâmico com uma reologia plástico-viscosa e um esquema de camada limite inferior para o fluxo ao longo de topografia íngreme. Suas variáveis prognósticas atmosféricas são a vorticidade, divergência, temperatura, pressão, vapor d'água, água líquida de nuvens e gelo de nuvens. Sua resolução espacial é de 63 níveis de resolução horizontal e 31 níveis de resolução vertical. Resolução oceânica de 1,5°, com 40 níveis.

O HadGEM2-ES é um modelo acoplado do sistema terrestre utilizado pelo Met Office Hadley Centre para simulações ao longo do século. Este foi o primeiro modelo do Hadley Centre a incluir os componentes padrões do sistema terrestre. Este módulo é utilizado por um grande número de instituições no mundo, tanto para previsão do tempo operacional quanto para pesquisas climáticas. Este modelo compreende um MCG atmosférico com 96 níveis de resolução horizontal e 38 níveis de resolução vertical, e um MCG oceânico com resolução horizontal de 1° (aumentando até 0,33° no equador) e 40 níveis verticais. Os principais componentes do sistema terrestre incluídos são os ciclos do carbono terrestre e oceânico, e a química troposférica. Um modelo dinâmico de vegetação terrestre está presente, simulando a cobertura e balanço do carbono para cinco tipos de vegetação (árvores folhosas, árvores pouco folhosas, ramos C3, gramíneas C4 e arbustos). A biologia e a química dos carbonatos oceânicos são representados, incluindo a limitação do crescimento do plancton por macro e micro nutrientes.

O Método de Downscaling Estatístico utilizado para relacionar as projeções de grande escala dos MCGs a escala local das variáveis meteorológicas em Apodi foi o método dos análogos. Este método tem sido aplicado essencialmente no campo da previsão do tempo (LORENZ, 1969; KRUIZINGA e MURPHY, 1983), e na previsão do clima a curto prazo (BARNETT e PREISENDORFER, 1978; VAN DEN DOOL, 1994). Para fins de redução de escala, este método ainda é pouco aplicado (ZORITA et al., 1995; CUBASCH et al., 1996; BIAU et al., 1999, ZORITA e STORCH, 1999), embora a sua metodologia seja simples. A circulação atmosférica em grande escala simulada por um MCG é comparada com cada uma das observações históricas, e o padrão mais semelhante com as observações é escolhido como seu análogo. O clima local observado simultaneamente é, então, associado ao padrão de grande escala simulado. A melhor relação preditor-preditando é então utilizada para derivar séries sintéticas das variáveis de superfície para o futuro de acordo com os cenários de emissões.

O método dos análogos será validado usando a abordagem dos períodos de treinamento e dos testes. O período histórico comum para preditores (reanálises) e predictandos (observações), é dividido em treinamento (75% dos dados) e testes (25% dos dados). A fase de treinamento é calibrada utilizando os dados de treinamento, enquanto que a fase de testes é validada entre as simulações feitas para este período e as observações correspondentes. Os dados dos testes não são utilizados na fase de calibração, desta forma os coeficientes obtidos

para o método dos análogos na fase de calibração podem ser extrapolados para novos conjuntos de dados provenientes dos cenários dos modelos para o horizonte 2001-2080.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados do IBGE, a produtividade média observada em Apodi no período 2001 – 2011 foi de 664 kg/ha, a produtividade média simulada com o modelo agrometeorológico foi de 716 kg/ha, uma variação de aproximadamente 10% em relação a observação, com coeficiente de correlação de 0,7, valor estatisticamente significativo ao nível de 95% de confiança pelo teste t-student. O período histórico de calibração do MDE (1961-1990) mostrou uma ótima concordância entre a precipitação e a ETP observada e simulada pelos MCGs, resultando em confiabilidade na utilização das séries futuras.

Para o período 2021-2080, o MCG ECHAM5-OM projeta uma redução de 200 a 400mm na precipitação acumulada anual de Apodi, enquanto o MCG HadGEM2-ES projeta uma redução mais acentuada da ordem de 400 a 600mm, nos cenários A1B e A2. Para a ETP, ambos MCGs projetam aumento nos valores médios diários. Como resultado geral associado a projeção da redução de chuvas e incremento da ETP nos dois cenários, com os dois MCGs, projeta-se uma penalização média de 48 a 54% no rendimento do algodão herbáceo em Apodi, sob condições de sequeiro, quando comparada a observação média do IBGE entre 2001-2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As projeções futuras dos cenários dos modelos foram unânimes em indicar redução significativa das taxas de precipitação, e aumento moderado da ETP diária. Estas condições aumentam a vulnerabilidade do município de Apodi ao processo de aridização. Estes resultados são preocupantes, pois caso confirmados, acarretarão em perdas significativas da produção agrícola de culturas de subsistência, e no caso aqui estudado, da cultura do algodão, que é uma cultura tolerante as condições climáticas do semiárido nordestino, mas que poderá sofrer também forte redução no seu rendimento.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. V. de; SILVA, F. D. S. Risco climático para o cultivo do algodoeiro na região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, p.408-416, 2007.

BARNETT, T.; PREISENDORFER, R. Multifield analog prediction of short-term climate fluctuations using a climate state vector. Journal of Atmospheric Sciences, v. 35, p. 1771-1787, 1978.

BELLOUIN N.; BOUCHER, O.; HAYWOOD, J.; JOHNSON, C.; JONES, A.; RAE, J.; WOODWARD, S. Improved representation of aerosols for HadGEM2. Meteorological Office Hadley Centre, Technical Note 73, March 2007.

BIAU, G.; ZORITA, E.; VON STORCH, H.; WACKERNAGEL, H. Estimation of precipitation by kriging in the EOF space of the sea level pressure field. Journal of Climate, v. 12, p. 1070-1085, 1999.

COLLINS, W. J.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; GEDNEY, N.; HINTON, T. C.; JONES, D.; LIDDICOAT, S.; MARTIN, G.; OCONNOR, F.; RAE, J.; SENIOR, C.; TOTTERDELL, I.; WOODWARD, S. Evaluation of the HadGEM2 model. Meteorological Office Hadley Centre, Technical Note 74, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br> />. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

CUBASCH, U.; VON STORCH, H.; WASZKEWITZ, J. ZORITA, E. Estimates of climate changes in southern Europe using different downscaling techniques. *Climate Research*, v. 7, p. 129-149, 1996.

DOORENBOS, J; KASSAM, A. H. Yield response to water. Roma, Irrigation and Drainage Paper 33, FAO, 179p, 1979.

FALLIERI, J.; SILVA, A. Ensaio de épocas de plantio do algodoeiro na Estação Experimental de Sete Lagoas, MG. IPEACO, 9p, 1968.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Monthly Weather Review*, v. 112, p. 1097-1107, 1984.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclonic Vortices in the Tropical South Atlantic. *Tellus*, v.33, p. 538-551, 1981.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250 mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*, v. 7, p. 1131-1143, 1994.

KRUIZINGA, S.; MURPHY, A H. Use of an Analogue Procedure to Formulate Objective Probabilistic Temperature Forecasts in the Netherlands. *Monthly Weather Review*, v. 111, p. 2244-2254, 1983.

LACA-BUENDIA, J. P.; OLIVEIRA, P.; PIRES, G. A. D.; SILVA FILHO. P. V. Estudo de época de plantio x cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) nas principais regiões algodoeiras de Minas Gerais. EPAMIB (Belo Horizonte, MG). Projeto Algodão, Relatório 1980/92. p. 594-596, 1997.

LORENZ, E. N. Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 26, p. 636-646, 1969.

MARSLAND, S. J.; HAAK, H.; JUNGCLAUS, J. H.; LATIF, M.; ROESKE, F. The Max-Planck-Institute global ocean/sea ice model with orthogonal curvilinear coordinates. *Ocean Modelling*, v. 5, p. 91-127, 2003.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Science*, v. 38, p. 2653-2675, 1981.

RADDATZ T. J.; REICK, C. H.; KNORR, W.; KATTGE, J.; ROECKNER, E.; SCHNUR, R.; SCHNITZLER, K.-G.; WETZEL, P.; JUNGCLAUS, J. Will the tropical land biosphere dominate the climate-carbon cycle feedback during the twenty first century? *Climate Dynamics*, v. 29, p. 565-574, 2007.

SILVA, V. B. S.; KOUSKY, V. E.; SILVA, F. D. S.; SALVADOR, M. A.; ARAVEQUIA, J. A. The 2012 severe drought over Northeast Brazil. *Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 94, No. 8, August 2013.

SRES - Emissions Scenarios: A Special Report of IPCC Working Group III. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, ISBN: 92-9169-113-5, 2010.

VAN DEN DOOL, H. Searching for analogs, how long must we wait? *Tellus*, 46A, p. 314-324, 1994.

ZORITA, E.; HUGHES, J. P.; LETTENMAIER, D. P.; VON STORCH, H. Stochastic characterization of regional circulation patterns for climate model diagnosis and estimation of local precipitation. *Journal of Climate*, v.8, p.1023-1042, 1995.

ZORITA, E.; VON STORCH, H. The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods. *Journal of Climate*, v. 12(n. 8, Part 2), p. 2474-2489, 1999.