



Simulação de cenários agrícolas futuros para algodoeiro com base em projeções de mudanças climáticas

Stefany Amanda Quilles Fava¹, Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva¹, Luis Alberto Antolin¹ e Fábio Ricardo Marin^{1(*)}

¹Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mails: sqfava@gmail.com, ehfmsilva@gmail.com, antolin.luis@gmail.com e fabio.marin@usp.br.

(*) Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 10 de setembro de 2019

Aceito em 4 de março de 2020

Termos para indexação:

Produtividade

Modelos de culturas

DSSAT

Gossypium hirsutum L.

RESUMO

Diante da importância econômica e social da produção de fibras no Brasil e no mundo, é relevante antever os possíveis impactos do clima futuro na produtividade de algodão em uma região onde a cultura é representativa. O presente estudo teve como objetivo simular cenários agrícolas futuros para a cultura do algodão, com base em projeções de mudanças climáticas, para o município de Barreiras, BA. Para isso, o modelo DSSAT/CROPGRO-COTTON foi calibrado com as características genéticas da cultivar CNPA ITA 90. A produtividade foi simulada para os últimos 30 anos (1980 - 2010), representando a produtividade no clima atual e, a fim de representar a produtividade em 2050, foram realizadas simulações para o período de 2040 - 2069 para seis cenários climáticos futuros gerados a partir da metodologia descrita pelo *Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project* (AgMIP). A produtividade média nos cenários futuros variou de 4.652 kg ha⁻¹ a 5.389 kg ha⁻¹, apresentando um expressivo aumento nos seis cenários estudados, porém indicando maior risco climático para o cultivo do algodoeiro nesta região.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. variedade *latifolium Hutch*) é uma das plantas mais cultivadas no mundo devido à grande utilização e aplicabilidade da sua fibra na indústria têxtil. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de pluma para a safra 2018/19 está estimada em aproximadamente 26 milhões de toneladas. No Brasil, o algodão representa 55,7% das matérias-primas utilizadas pela indústria têxtil, sendo a principal fibra natural consumida por esse setor (ABAPA, 2018).

Até o ano de 2050, estima-se que a população mundial crescerá de dois a três bilhões de pessoas. Este incremento populacional, acompanhado pela expansão da classe média, resultará em um expressivo aumento da demanda por alimentos, fibras e energia (Foley, 2011). No entanto, segundo o IPCC (2013) assinaturas da mudança climática já são evidentes em observações de sistemas naturais e humanos, sugerindo que a sociedade enfrentará condições climáticas alteradas no futuro.

Posto isso, diante da importância econômica e social da produção de fibras no Brasil e no mundo, torna-se relevante estudar os impactos das mudanças climáticas na produ-

tividade de algodão, com o intuito de entender as possíveis consequências na economia e na sociedade de importantes regiões produtoras (Conway, 2012).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo simular cenários agrícolas futuros para a cultura do algodão, com base em projeções de mudanças climáticas, para o município de Barreiras, BA, a fim de complementar o arcabouço teórico referente aos cenários de clima futuro nessa região, contribuir para a ampliação do sistema de produção de algodão e auxiliar na adaptação do manejo da cultura às mudanças climáticas.

Material e métodos

Calibração do modelo CROPGRO-COTTON

Na agricultura, o uso de modelos de crescimento de plantas baseados em processos fisiológicos, são ferramentas consagradas na literatura científica para testes de hipóteses acadêmicas (Rosenzweig et al., 2014). De acordo com Campelo Júnior (2004), os modelos de simulação são ferramentas que podem ser de grande utilidade para o manejo de culturas agrícolas, já que são capazes de quantificar a evolução diária do crescimento da planta e identificar eventos causados pelas variáveis climáticas. Sendo assim, foi utilizado o modelo baseado em processos CROPGRO-COTTON, que está contido na Plataforma DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (Hoogenboom et al., 2015) para realizar as simulações deste estudo.

O modelo DSSAT/CROPGRO-COTTON foi previamente calibrado com características genéticas da cultivar CNPA ITA 90, pois, segundo Makowski et al. (2006), modelos de crescimento de plantas baseados em processos fisiológicos, devem ser continuamente testados por meio da confrontação com dados experimentais, sendo esta uma etapa essencial para o aprimoramento da teoria e, consequentemente, para o desenvolvimento da modelagem agrícola como ciência.

O processo de calibração foi iniciado a partir de uma linha de calibração previamente estabelecida e disponível no pacote de instalação do DSSAT versão 4.6, referente a cultivar Deltapine 555 BG/RR. A metodologia de calibração seguiu o processo de ajuste visual por tentativa e erro, ou seja, foram atribuídos valores a cada coeficiente, verificando se o modelo gerava resultados próximos aos medidos em condições de campo. Posteriormente, foi utilizado o procedimento de calibração automática para ajuste fino de parâmetros, conforme descrito em Marin et al. (2011).

Os dados experimentais utilizados para a calibração foram índice de área foliar, número de capulhos, altura e produtividade. Esses dados foram coletados em um estudo realizado por Medeiros (2006) com a cultivar CNPA ITA 90 na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, localizada no Município de Santo Antônio

do Leverger (MT), com latitude de 15,8°S, longitude 56,1°W e altitude de 140 m.

O solo do local em que o experimento foi realizado é caracterizado como Plintossolo distrófico e os dados meteorológicos foram obtidos em uma estação convencional, localizada próxima a Fazenda Experimental da UFMT. A semeadura do experimento foi realizada no dia 12/09/2003 com espaçamento de 1 metro e população de 10 plantas por metro. Foi realizado o manejo adequado de fertilizantes, pragas, doenças e plantas daninhas e, no período em que ocorreu a escassez de chuvas, a irrigação foi efetuada a cada sete dias até atingir uma lâmina de 50 mm.

Os dados do experimento de campo utilizados como dados de entrada do modelo foram: índice de área foliar, número de capulhos, altura e produtividade. Esses dados foram representados graficamente e comparados estatisticamente aos simulados pela plataforma DSSAT por meio dos indicadores de desempenho: coeficiente de determinação (R^2); raiz do erro quadrático médio (REQM) e índice de concordância de Wilmott (d).

Geração dos cenários climáticos futuros

Segundo Marin (2014), as projeções em relação ao clima futuro contêm uma série de incertezas oriundas dos diferentes componentes do sistema de análise. Portanto, deve-se adotar um conjunto de cenários climáticos possíveis, ao invés de apenas uma simulação gerada por um único modelo climático. Sendo assim, a metodologia adotada para a geração dos cenários climáticos futuros neste trabalho, foi descrita pelo projeto *Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project* (AgMIP) (Hudson & Ruane, 2013), que permite gerar cenários futuros baseados em projeções de concentrações futuras de CO_2 atmosférico, os RCP's (*Representative Concentration Pathways*).

O projeto AgMIP, por sua vez, utilizou dados do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5, 2013) que envolve cenários de grupos de modelagem climática, totalizando 20 modelos de circulação global, os GCMs (*General Circulation Model*), dos quais foram selecionados três (menor incremento de temperatura, incremento mediano de temperatura e maior incremento de temperatura) que, juntamente a duas projeções de concentração de CO_2 (RCP 4.5 e RCP 8.5), deram origem a seis cenários de clima futuro para o ano de 2050.

O RCP 4.5 é baseado no modelo MiniCAM, do Instituto de Investigação de Mudança Global e o Laboratório Nacional do Noroeste do Pacífico. Este cenário assume a possibilidade de estabilização das concentrações de gases pelo emprego de tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa até 2100, com forçamento radiativo de aproximadamente $4,5 W m^{-2}$ e concentração de CO_2 em torno de 650 ppm (Thomson et al., 2011). Como o presente trabalho tem como objetivo estudar os cenários

futuros até o ano de 2050, a concentração de CO₂ utilizada foi de 526 ppm para o RCP 4.5 (Smith & Wigley, 2006; Wise et al., 2009).

O RCP 8.5 é baseado no modelo MESSAGE, desenvolvido pelo Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados na Áustria e é caracterizado pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa que levam a altas concentrações desses gases ao longo do tempo, onde o forçamento radiativo é maior do que 8,5 W m⁻² e a concentração de CO₂ maior do que 1370 ppm até o ano de 2100 (Riahi et al., 2011). Considerando a projeção para o ano de 2050, adotou-se a concentração de 628 ppm (Riahi & Nakicenovic, 2007).

Configuração do modelo para as simulações de produtividade

O município de Barreiras foi escolhido para a realização do estudo, pois pertence a região Oeste da Bahia, que é uma importante região produtora de grãos e fibras do país, responsável por cerca de 20% da produção brasileira de algodão (ABAPA, 2018).

As simulações foram realizadas utilizando o modelo DSSAT/CROPGRO-COTTON previamente calibrado com as características genéticas da cultivar CNPA ITA 90. O modelo foi configurado de forma que o plantio foi realizado no dia 26 de novembro, com uma densidade de 8 plantas por metro e espaçamento de 0,70 m. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, que segundo a EMBRAPA (2010), é o solo mais abundante no município. Em relação à disponibilidade hídrica, o modelo foi configurado para simular o cultivo em sequeiro, considerando que o manejo nutricional e fitossanitário

da cultura foi 100% eficiente ao longo de todo o ciclo.

A produtividade foi simulada para os últimos 30 anos (1980 - 2010), representando a produtividade no clima atual e, a fim de representar a produtividade em 2050, foram realizadas simulações para o período de 2040 - 2069 para os seis cenários climáticos futuros gerados a partir da metodologia descrita pelo AgMIP. Após as simulações, foi realizada uma análise comparativa entre a produtividade média no clima atual e em 2050, bem como comparações com a literatura científica, com o intuito de identificar as possíveis causas da variação da produtividade nos cenários de clima futuro estudados.

Resultados e discussão

Calibração do modelo CROPGRO-COTTON

Na Tabela 1, pode-se observar os resultados da calibração do modelo CROPGRO-COTTON com as características genéticas da cultivar CNPA ITA 90.

De acordo com os indicadores de desempenho (Tabela 2), as simulações do modelo apresentaram boa precisão e acurácia para altura, índice de área foliar (IAF) e número de capulhos para a cultivar CNPA ITA 90.

O índice de concordância de Wilmott (d) apresentou boa concordância entre os valores observados e preditos para as três variáveis estudadas. As variáveis altura e n° de capulhos apresentaram alta capacidade preditiva do modelo, com R² de 0,98 e 0,81, respectivamente. O maior RMSE foi observado para a variável n° de capulhos (10,5 capulhos/m²), o que provavelmente ocorreu devido à dificuldade do modelo em simular a abscisão de flores, maçãs

Tabela 1. Coeficientes da calibração da cultivar CNPA ITA 90.

Parâmetros	Descrição	Valores
CSDL	Comprimento crítico do dia curto (h)	23,00
PPSEN	Resposta do desenvolvimento da planta ao fotoperíodo (1/h)	0,01
EM-FL	Tempo entre a emergência e o início do florescimento (dias fototérmicos)	35,50
FL-SH	Tempo entre o florescimento e o início da frutificação (dias fototérmicos)	12,00
FL-SD	Tempo entre o florescimento e a primeira semente (dias fototérmicos)	18,00
SD-PM	Tempo entre a primeira semente e a maturidade fisiológica (dias fototérmicos)	84,00
FL-LF	Tempo entre o florescimento e o fim da expansão foliar (dias fototérmicos)	66,00
LFMAX	Taxa máxima de fotossíntese foliar (Mg CO ₂ /m ²)	1,10
SLAVR	Área foliar específica (cm ² /g)	470,00
SIZLF	Tamanho máximo das folhas (cm ²)	300,00
XFRT	Fração do crescimento particionada em sementes + casca (g)	0,60
WTPSD	Peso máximo por semente (g)	0,25
SFDUR	Duração do enchimento de capulhos (dias fototérmicos)	35,00
SDPDV	Média de semente por capulho (n° sementes/capulho)	50,00
PODUR	Tempo para atingir a carga máxima de capulhos (dias fototérmicos)	12,00
THRSH	Índice de colheita	40,00
SDPRO	Fração de proteína nas sementes (g proteína/g semente)	0,15
SDLIP	Fração de óleo nas sementes (g óleo/g semente)	0,12

Tabela 2. Indicadores de desempenho para as variáveis IAF (m^2/m^2), altura (m) e número de capulhos (n° de capulhos/ m^2) para a calibração da cultivar CNPA ITA 90.

Indicadores de desempenho	IAF	Altura	Nº de capulhos
R ²	0,70	0,98	0,81
RMSE	1,10	0,10	10,5
d	0,86	0,99	0,88

e capulhos ao longo do desenvolvimento reprodutivo da cultura. Segundo Oosterhuis (1992), a queda de até 60% das estruturas reprodutivas é considerada normal.

Wajid et al. (2014) encontraram resultados semelhantes para a variável IAF, com RMSE variando entre 0,83 e 1,50 para quatro cultivares estudadas. Adhikari et al. (2017) observaram boa concordância entre o IAF medido e simulado, com $R^2=0,82$ e $d=0,93$. Modala et al. (2015), também concluíram em seu estudo que o desempenho do modelo foi satisfatório, indicando R^2 de 0,98 para IAF e R^2 de 0,97 para a variável altura. Anapalli et al. (2016), por sua vez, relataram uma maior variação de R^2 para IAF (0,2 a 0,9) para tratamentos em sequeiro e menor RMSE (0,6) em relação ao valor predito no presente estudo.

O modelo também apresentou um bom desempenho em relação as simulações de fenologia alcançando valores idênticos aos relatados por Medeiros (2006) no estudo que o autor apresentou as variáveis de entrada utilizadas nesta calibração. A produtividade simulada foi de 1.417 kg ha^{-1} e a real foi de 1.380 kg ha^{-1} de algodão em caroço, apresentando uma diferença de aproximadamente 2,6%. Essa diferença de produtividade provavelmente ocorreu, pois o modelo foi configurado assumindo que o manejo da cultura foi totalmente eficiente ao longo da safra, desconsiderando perdas por deficiência nutricional e danos causados por pragas e doenças, o que dificilmente ocorre em condições de experimento de campo.

Wajid et al. (2014) observaram uma diferença de até 7,06% na produtividade de algodão em caroço simulada, com RMSE variando entre 135 e 227 kg ha^{-1} de algodão em caroço. Modala et al. (2015), por sua vez, encontraram erro de 1% em suas simulações de produtividade de algodão em caroço. Valores semelhantes ao obtido no presente estudo foram relatados por Ortiz et al. (2009) que observaram que a predição do modelo para produtividade de algodão em caroço variou de -11,2% a 2,7%.

Simulações de produtividade nos cenários climáticos futuros

A produtividade média de algodão, simulada no clima atual para o município de Barreiras, foi de 3.725 kg ha^{-1} de algodão em caroço. Este resultado foi muito próximo à média de produtividade relatada pelo Sistema Sidra do IBGE nos últimos 30 anos para este município, que é de 3.234 kg

ha^{-1} . A produtividade média simulada nos cenários de clima futuro variou de 4.652 kg ha^{-1} a 5.389 kg ha^{-1} de algodão em caroço, apresentando um expressivo aumento nos seis cenários estudados (Figura 1).

Associado ao aumento da produtividade nos cenários futuros, pode-se observar maior desvio padrão em relação ao cenário atual, ou seja, maior risco climático para o cultivo do algodoeiro. Resultados semelhantes para a cultura do algodão semeada no segundo decêndio de novembro na região Nordeste, foram encontrados por Silva et al. (2012) em cenários de aumento da temperatura do ar e variação da precipitação, ressaltando a sensibilidade da cultura à variabilidade climática.

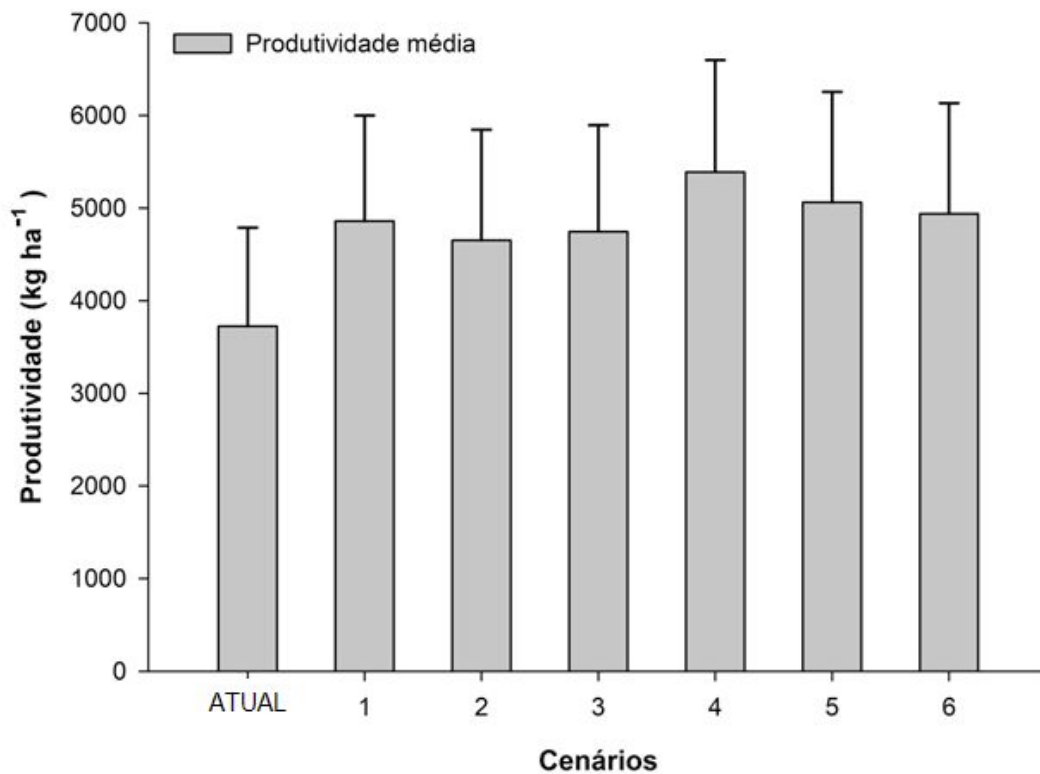
O maior incremento de produtividade nos cenários de clima futuro foi observado no cenário 4 (RCP 8.5 e menor incremento de temperatura), com 5.389 kg ha^{-1} de algodão em caroço (44,7% maior em relação ao cenário atual), seguido pelos cenários 5 e 6, ambos com concentração de CO_2 de 628 ppm (RCP 8.5). Esse incremento de produtividade está diretamente relacionado aos efeitos da fertilização por CO_2 , que beneficia culturas com via C3 de assimilação de carbono, como é o caso do algodão (Long et al., 2006).

Plantas com metabolismo C3 são mais beneficiadas pelo aumento da concentração de CO_2 em relação a plantas com metabolismo C4. Isso ocorre, pois as plantas C3, nas atuais condições ambientais, tendem a chegar a uma taxa fotossintética máxima sob intensidade luminosa e temperatura moderadas e a serem inibidas por altas temperaturas. Ao contrário, as plantas C4 devido a modificações morfofisiológicas no aparato fotossintético, já utilizam com alta eficiência o CO_2 nas concentrações atuais, além de serem adaptadas à intensa luminosidade e a altas temperaturas, não apresentando ganhos expressivos quando colocadas em cenários de clima futuro com altas concentrações de CO_2 (Siqueira et al., 2001; Streck, 2005).

Segundo Taiz & Zeiger (2013), o aumento da concentração de CO_2 resulta no aumento da taxa fotossintética de culturas C3, como o algodão, podendo chegar a incrementos de até 66%, considerando o dobro da atual concentração de CO_2 e responde positivamente a incrementos até 1000 ppm. No entanto, o aumento na produtividade não é diretamente proporcional ao aumento na taxa fotossintética, pois parte da energia é utilizada no metabolismo e crescimento da planta. Estudos na literatura indicam um aumento de aproximadamente 30% no rendimento de culturas C3 quando submetidas a ambientes com incremento de 300 ppm de CO_2 atmosférico (Soltani et al., 2001; Streck, 2005).

Esse aumento na taxa fotossintética ocorre, pois o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera faz com que a concentração deste gás no interior da folha e nos sítios de troca da enzima Rubisco também aumente. Como o O2

Figura 1. Produtividade média (kg ha⁻¹) simulada pelo modelo CROPGRO-COTTON para os cenários de clima atual e futuro e seu respectivo desvio padrão.



e o CO₂ competem pelo mesmo sítio ativo, aumentando a concentração do CO₂ no interior da folha, a reação de carboxilação é favorecida em detrimento da reação de oxigenação, resultando na diminuição da fotorrespiração e, conseqüentemente, no aumento da taxa fotossintética em ambientes com elevada concentração de CO₂ (Taiz & Zeiger, 2013).

Além disso, o aumento da concentração de CO₂ resulta na redução da condutância estomática por meio da diminuição do grau de abertura dos estômatos, sem comprometer a concentração do gás no interior da folha, o que acarreta maior eficiência fotossintética do uso da água, maximizando a produtividade da cultura (Boote; Pickering; Allen, 1997; Tubiello & Ewert, 2002; Shimono et al., 2010). Williams et al. (2015) observaram em suas simulações que, sem o efeito do CO₂, as alterações nos parâmetros meteorológicos causados por mudanças climáticas, levariam a uma diminuição no rendimento futuro do algodão de 17% até 2050. Os autores relataram também, que os efeitos do CO₂ têm um grande impacto positivo no rendimento da cultura, pois reduz os efeitos negativos da diminuição da disponibilidade hídrica.

O cenário 4, além de apresentar um menor incremento de temperatura, apresentou também um aumento de 9,3% na precipitação (Tabela 3), o que, aliado ao aumento

na concentração de CO₂, resultou em menor aumento da fotorrespiração e maior eficiência do uso da água, maximizando a produtividade da cultura neste cenário (Shugart et al., 1986). Nesta mesma linha de raciocínio, pode-se observar que o cenário 2 (RCP 4.5 e incremento mediano de temperatura) apresentou a menor produtividade dos cenários estudados. Isso ocorreu pois, provavelmente, o aumento na concentração de CO₂ neste cenário não foi o suficiente para compensar os efeitos negativos do incremento mediano de temperatura, associado a diminuição de 11,9% da precipitação.

Estudos de caso do *Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) Coordinated Global and Regional Assessments (CGRA)* realizados por Ruane et al. (2018) examinaram impactos biofísicos causados pelas mudanças climáticas com incrementos de temperatura de + 1.5 ° e + 2.0 °C, em sistemas de produção de algodão. Os autores observaram que os rendimentos de algodão mostram forte sensibilidade ao aumento de temperatura no Paquistão, com declínio médio no rendimento de 14% e 19% para + 1.5 °C e + 2.0 °C, respectivamente. Porém, foi possível observar incrementos de produtividade em outras regiões produtoras de algodão, que respondem forte e mente ao aumento da concentração de CO₂ e estão mais longe dos limites críticos de temperatura, como é o caso da Geórgia.

Tabela 3. Temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação para os seis cenários futuros estudados.

Cenários	Concentração de CO ₂ (ppm)	Delta de temperatura máxima	Delta de temperatura mínima	Delta de precipitação
1	526	+1.7%	+4.7%	+ 5.6%
2	526	+6.0%	+8.4%	-11.9%
3	526	+8.6%	+10.3%	- 8.0%
4	628	+3.1%	+8.2%	+ 9.3%
5	628	+8.4%	+12.0%	- 6.0%
6	628	+13.3%	+14.5%	- 9.3%

Por sua vez, Asaminew et al. (2017) observaram em um estudo sobre o impacto das mudanças climáticas na produção de algodão na Etiópia, incrementos de produtividade de até 29,8% em cenários de RCP 4.5 e de até 36,2% nos cenários de RCP 8.5 para 2050. Doherty et al. (2003) também observaram incrementos de 30% a 35% na produtividade de algodão na região sudeste dos Estados Unidos em cenários com elevada concentração de CO₂ e adaptações às mudanças climáticas.

No Brasil, estudos sobre o impacto das mudanças climáticas na cultura do algodão ainda são incipientes e focados em risco climático e zoneamento agrícola. Silva et al. (2012) realizaram um estudo sobre o cultivo do algodão no sistema de sequeiro no Nordeste e relataram que os riscos climáticos aumentam substancialmente quando os aumentos da temperatura são associados ao decréscimo de precipitação pluvial. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinto (2009) e Assad et al. (2013) que observaram que o aumento previsto na temperatura fez com que a região Nordeste apresentasse a maior redução na área de baixo risco para cultivo de algodão.

Conclusão

O modelo DSSAT/CROPGRO-COTTON, quando calibrado com as características genéticas da cultivar CNPA ITA 90, foi capaz de simular com boa precisão e acurácia as variáveis de entrada obtidas em experimento de campo. A produtividade média obtida nas simulações dos cenários futuros variou de 4.652 kg ha⁻¹ a 5.389 kg ha⁻¹, apresentando maior aumento no cenário com RCP 8.5 e menor incremento de temperatura, sendo 44,7% maior em relação ao cenário atual. Entretanto, todos os cenários futuros apresentaram maior risco climático para o cultivo do algodoeiro na região estudada. Recomenda-se a realização de estudos que considerem o efeito do aumento da concentração de CO₂ e das variações de precipitação e temperatura em pragas, doenças, plantas daninhas, entre outros fatores que ajudem a entender as possíveis consequências no sistema de produção de algodão e a idealizar

adaptações no manejo da cultura que minimizem os impactos negativos associados ao clima futuro.

Referências

- ADHIKARI, P.; GOWDA, P.H.; MAREK, G.W.; BRAUER, D.K.; KISEKKA, I.; NORTHUP, B.; ROCATELI, A. Calibration and Validation of CSM-CROPGRO-Cotton Model Using Lysimeter Data in the Texas High Plains. *Journal of Contemporary Water Research & Education*. Issue 162, p. 61-78, 2017.
- ANAPALLI, S.S.; PETTIGREW, W.T.; REDDY, K.N.; MA, L.; FISHER, D.K.; SUI, R. Climate-Optimized Planting Windows for Cotton in the Lower Mississippi Delta Region. *Agronomy*, 2016.
- ASAMINEW, T.G.; ARAYA, A.; ATKILT, G.; SOLOMON, H. Modeling the Potential Impact of Climate Change on Cotton (*Gossypium hirsutum*) Production in Northeastern Semi-Arid Afar and Western Tigray Regions of Ethiopia. *Journal of Earth Science & Climatic Change*. 2017.
- ASSAD, E.D.; MARTINS, S.C.; BELTRÃO, N.E.M.; PINTO, H.S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 48, 2013.
- ABAPA - Associação baiana dos produtores de algodão. **Os principais tipos de algodão do mundo**. Bahia, 2018. Disponível em: <<http://abapa.com.br/mais-noticias/conheca-os-principais-tipos-de-algodao-do-mundo/>> Acesso em: 10 out. 2018.
- BOOTE, K. J.; PICKERING, N. B.; ALLEN, L. H. Plant modeling: advances and gaps in our capability to predict future crop growth and yield in response to global climate change. *Advances in Carbon Dioxide Effects Research*, p. 179-228, 1997.
- CAMPELO JÚNIOR, J. H. Efeito do clima sobre a produção do algodoeiro. *Fórum mato-grossense da cultura do algodoeiro*, Cuiabá, p. 39-51, 2004.
- CMIP5. **CMIP5 - Overview**. Disponível em: <<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- CONWAY, G. **One billion hungry: can we feed the world?** London: Cornell University Press, 2012.
- DOHERTY, R.M.; MEARNES, L.O.; REDDY, K.R.; DOWNTON, M.W.; MCDANIEL, L. Spatial Scale Effects of Climate Scenarios on Simulated Cotton Production in the Southeastern U.S.A. In: **Mearns L.O. (eds) Issues in the Impacts of Climate Variability and Change on Agriculture**. Springer, Dordrecht, 2003.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Caracterização dos solos e classes de terra para irrigação do Oeste da Bahia**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/16805/caracterizacao-dos-solos-e-classes-de-terra-para-irrigacao-do-oeste-da-bahia>> Acesso em: 21 set. 2018.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; WILKENS, P.W. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7**. DSSAT Foundation, Gainesville, 2015.

- HUDSON, N.; RUANE, A. **Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R**. AgMIP, 2013. Disponível em: <http://www.agmip.org/wpcontent/uploads/2013/10/Guidefor-Running-AgMIPClimate-Scenario-Generation-with>. Acesso em: 12 out. 2018.
- IBGE - SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática). **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=10>. Acesso em: 29 nov. 2018.
- IPCC. Summary for policymakers. In: **Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M. (eds) Climate change 2013: The physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, p. 3-29, 2013.
- IPCC, I. P. ON C. C. **Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects**. New York: Cambridge University Press, 2014.
- LONG, S.P.; AINSWORTH, E.A.; LEAKEY, A.D.B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D.R. Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. **Science**, v.312, p.1918-1921, 2006.
- MAKOWSKI, D. et al. Parameter estimation for crop models. Working with dynamic crop models. **Elsevier**, Amsterdam, p. 101-149, 2006.
- MARIN, F. R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**, 2014. 262 p. Tese (Livre-Docência) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MARIN, F. R. Parameterization and evaluation of predictions of DSSAT/CANEGRO for Brazilian sugarcane. **Agronomy Journal**, v. 103. n. 2. p. 304 - 315, 2011.
- MEDEIROS, R. A. **Simulação do crescimento e produção do Algodoeiro com o programa Cotton 2k, 1.0**. 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.
- MODALA, N. R.; ALE, S.; RAJAN, N.; MUNSTER, C. L.; DELAUNE, P. B.; THORP, K. R.; NAIR, S. S.; BARNES, E. M. Evaluation of the csm-cropgro-cotton model for the texas rolling plains region and simulation of deficit irrigation strategies for increasing water use efficiency. **Transactions of the ASABE**. V. 3(58), pg 685-696, 2015.
- ORTIZ, B.V., G. HOOGENBOOM, G. VELLIDIS, K. BOOTE, R. F. DAVIS AND C. PERRY. Adapting the CROPGRO-cotton model to simulate cotton biomass and yield under southern root-knot nematode parasitism. **Transactions of the ASABE**. 52: 2129-2140, 2009.
- PINTO, H.S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa, 2009.
- RIAHI, K.; NAKICENOVIC, N. **Greenhouse Gases - Integrated Assessment, Technological Forecasting and Social Change**. Special Issue ed. [s.l: s.n.], v. 74, 2007.
- ROSENZWEIG, C.; JONES, J. W.; HATFIELD, J.L.; RUANE, A. C.; BOOTE, A.C.; THORBURN, P.; ANTLE, J.M.; NELSON, G.C.; PORTER, C.; JANSSEN, S.; ASSENG, S.; BASSO, B.; EWERT, F.; WALLACH, D.; BAIGORRIA, G.; WINTER, J.M. The agricultural model intercomparison and improvement project (AgMIP): protocols and pilot studies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, p. 166 - 182, 2013.
- RUANE, A.C.; ANTLE, J.; ELLIOTT, J.; FOLBERTH, C.; HOOGENBOOM, G.; MASON-D’CROZ, D.; MÜLLER, C.; PORTER, C.; PHILLIPS, M.M.; RAYMUNDO, R.M.; SANDS, R.; VALDIVIA, R.O.; WHITE, J.W.; WIEBE, K.; ROSENZWEIG, C. Biophysical and economic implications for agriculture of +1.5° and +2.0°C global warming using AgMIP Coordinated Global and Regional Assessments. **Climate research**. V. 76, p. 17-39, 2018.
- SHIMONO, H. et al. Effect of panicle removal on photosynthetic acclimation under elevated CO₂ in rice. **Photosynthetica**, v.48, n.4, p. 530-536, 2010.
- SHUGART, H. H.; ANTONOVSKY, M.; JARVIS, P.G.; SANFOHD, A. P. CO₂ climate change and forest ecosystems. In: Bolin, B.; Döös, B. R. (Ed.). **SCOPE 29: The Greenhouse Effect, climatic change and ecosystems**, 1986.
- SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. DA; AZEVEDO, P. V. DE. O cultivo do algodão herbáceo no sistema de sequeiro no Nordeste do Brasil, no cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.16, n.1, p.80-91, 2012.
- SIQUEIRA, O. J. W., SALLES, L. A. B. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O. M. R; MIGUEZ, J. D. G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. EMBRAPA, 2001. p.33-63.
- SMITH, S. J.; WIGLEY, T. M. L. Multi-gas forcing stabilization with Minicam. **The Energy Journal**, p. 373-391, 2006.
- SOLTANI, A.; ZEINALI, E.; GALESHI, S.; NIARI, N. Simulating GFDL predicted climate change impacts on rice cropping in Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.3, p.81-90, 2001.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.730- 740, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 719 p.
- THOMSON, A.; CALVIN, K.V.; SMITH, S.J. RCP 4. 5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. **Climatic change**, v. 109, n. 1-2, p. 77, 2011.
- TUBIELLO, F. N.; EWERT, F. Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change. **European journal of agronomy**, v. 18, n. 1, p. 57-74, 2002.
- WISE, M.A.; CALVIN, K.V.; THOMSON, A.M.; CLARKE, L.E.; BOND-LAMBERTY, B.; SANDS, R.D.; SMITH, S.J.; JANETOS, A.C.; EDMONDS, J.A. Implications of limiting CO₂ concentrations for land use and energy. **Science**, v. 324, n. 5931, p. 1183-1186, 2009.
- WAJID, A.; AHMAD, A.; HUSSAIN, M.; RAHMAN, M. H.; KHALIQ, T.; MUBEEN, M.; RASUL, F.; BASHIR, U.; AWAI, M.; IQBAL, J.; SULTANA, S. R.; HOOGENBOOM, G. Modeling growth, development and seed-cotton yield for varying nitrogen increments and planting dates using dssat. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**. Vol. 51(3), 639-647, 2014.
- WILLIAMS, A.; WHITE, N.; MUSHTAQ, S.; COCKFIELD, G.; POWER, B.; KOUADIO, L. Quantifying the response of cotton production in eastern Australia to climate change. **Climatic Change**. V. 129, p 183-196, 2015.

REFERENCIAÇÃO

- FAVA, S. A. Q.; SILVA, E. H. F. M.; ANTOLIN, L. A. S.; MARIN, F. R. imulação de cenários agrícolas futuros para algodoeiro com base em projeções de mudanças climáticas. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.1, p.19-26, set 2019.

Declaração: os trabalhos estão sendo publicados nesse número de AGROMETEOROS (v.27, n.1, set 2019) conforme foram aceitos pelo XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, realizado de 12 a 16 de agosto de 2019, em Catalão, Goiás, sem revisão editorial adicional da revista.



Simulation of future agricultural scenarios for cotton based on climate change projections

Stefany Amanda Quilles Fava¹, Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva¹, Luis Alberto Antolin¹ e Fábio Ricardo Marin^{1(*)}

¹Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP, Brazil. E-mails: sqfava@gmail.com, ehfmsilva@gmail.com, antolin.luis@gmail.com and fabio.marin@usp.br.

(*) Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 September 2019

Accepted 4 March 2020

Index terms:

Yield

Crop models

DSSAT

Gossypium hirsutum L.

ABSTRACT

Due to the economic and social importance of fiber production, it is relevant to foresee the possible impacts of future climate on cotton productivity in a region where the crop is representative. The present study aimed to simulate future agricultural scenarios for cotton crop based on projections of climatic changes for the city of Barreiras, Bahia state, Brazil. The DSSAT/CROPGRO-COTTON model was calibrated with the genetic characteristics of the cultivar CNPA ITA 90. Productivity was simulated for the last 30 years (1980 - 2010), representing the productivity in the current climate. To represent productivity in 2050, simulations were performed for the period 2040 - 2069 for 6 future climate scenarios generated from the methodology described by the Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP). The average productivity in the future scenarios varied from 4,652 kg ha⁻¹ to 5,389 kg ha⁻¹, presenting a significant increase in the six scenarios studied, but indicating a higher climatic risk for cotton cultivation in this region.

© 2020 SBAgrom. All rights reserved.

CITATION

FAVA, S. A. Q.; SILVA, E. H. F. M.; ANTOLIN, L. A. S.; MARIN, F. R. imulação de cenários agrícolas futuros para algodoeiro com base em projeções de mudanças climáticas. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.1, p.19-26, set 2019.

Disclaimer: papers are published in this issue of AGROMETEOROS (v. 27, n.1, set 2019) as accepted by the XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, held August 12-16, 2019 in Catalão, Goiás State, Brazil, without further revision by editorial board.