

# CENÁRIOS FUTUROS PARA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO BASEADOS EM PROJEÇÕES REGIONALIZADAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fábio R. Marin<sup>1</sup>; Giampaolo Q. Pellegrino<sup>1</sup>; Eduardo D. Assad<sup>1</sup>; Daniel S. P. Nassif<sup>2</sup>; Murilo S. Viana<sup>4</sup>; Felipe A. Soares<sup>4</sup>; Líria L. Cabral<sup>4</sup>; Douglas Guiatto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP – Fone 19 3211-5789, [marin@cnptia.embrapa.br](mailto:marin@cnptia.embrapa.br);

<sup>4</sup>Estudante de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas, Campinas-SP

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

**RESUMO:** Após a divulgação das projeções de mudanças climáticas globais pelo IPCC, a avaliação de impacto das mudanças climáticas sobre a agricultura para tornou-se uma necessidade para a quantificação da vulnerabilidade dos sistemas agrícolas. Este trabalho teve como objetivo simular cenários futuros para a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo em função de cenários regionalizados de projeções climáticas, utilizando um banco de dados de 78 estações meteorológicas com séries de, pelo menos, nove anos. Para cada estação meteorológica foi associado um determinado perfil do solo e todas as séries foram expandidas para 30 anos utilizando geradores de dados. As simulações foram feitas para a variedade RB72454, considerando dois cenários futuros de mudanças climáticas para 2040. Os resultados mostraram elevação na produtividade média do Estado, com ganho de até 6% de produção total no cenário pessimista para 2040. Para o cenário otimista, o efeito sobre a produção de cana-de-açúcar seria pequeno, com perspectivas de ganhos no rendimento áreas cultivadas com solos argilosos, além de uma tendência de migração para a região Sul do Estado.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem, aquecimento global, CANEGRO, DSSAT

## FUTURE SCENARIOS FOR SUGARCANE IN THE STATE OF SAO PAULO BASED ON REGIONLIZED CLIMATE CHANGE PROJECTIONS

**ABSTRACT:** After the scenarios for climate change provided by IPCC, the interest in diagnosing its impact on main crops increased and started the generation of papers analyzing the effect of air temperature elevation and water availability changes on the yield crops. This paper aimed to simulate future scenarios for sugarcane in the State of São Paulo regarding climate change projections, using a database of 78 weather stations with data series of at least nine years. For each weather station, it was associated a specific soil profile, and the simulations were done along 30 years for the variety RB72454. Based on regionalized climate change projection for Brazil, two future scenarios of climate change for 2040 were simulated, besides the actual yield map for sugarcane in the State of São Paulo. The results showed an increase of 6% in comparison with current conditions, in the pessimistic scenario for 2040. For the other scenario optimistic, effects on the production of sugar cane would be small, with prospects of yield gains in the cultivated areas with clay soils, besides a trend of migration to the Southern region of the State.

**KEY WORDS:** modeling, global warming, CANEGRO, DSSAT

**INTRODUÇÃO:** O clima é uma das variáveis mais importantes na produção agrícola, determinando a adequação da produção pela ocorrência de adversidades climáticas e pela definição das áreas onde se podem explorar as culturas. Evidências científicas contemporâneas têm advertido para anomalias na temperatura e nos padrões de precipitação, com conseqüências diretas nas atividades humanas e, especialmente, naquelas relacionadas à produção agrícola (Assad et al., 2008). Projeções de longo prazo indicam que a temperatura média do planeta poderá aumentar entre 1,8 °C e 4,0 °C nos próximos 100 anos, com implicações diretas em mudanças nos índices de risco que governam o desempenho das culturas agrícolas (IPCC, 2007).

Incertezas sobre a dimensão desse fenômeno implicam na necessidade de estudos com modelagem e análise de dados visando à avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre atividades humanas, recursos naturais e, particularmente, sobre a agricultura brasileira.

A importância econômica e social da cana-de-açúcar para o Brasil, na atualidade, é indiscutível. Um grande avanço tecnológico tem sido observado no setor canavieiro nos últimos anos, tornando a cultura um tema estratégico para o Brasil. Assim, a simulação de cenários futuros baseando-se em modelos mecanísticos pode contribuir para o planejamento de médio e longo prazo do setor no Brasil, adaptando-se aos possíveis impactos e observando as diferenças regionais quanto aos efeitos da mudança no clima.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O modelo aplicado para uma base de dados de 79 estações meteorológicas do Estado de São Paulo e Estados vizinhos (Figura 1). Os dados das estações selecionadas foram obtidos junto ao Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Brasil – Agritempo ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)) (Embrapa Informática Agropecuária, 2002) e tinham pelo menos nove anos de dados contínuos. Para cada estação foi cadastrado um perfil de solo cujos dados foram coletados da literatura. Para obter o solo característica de cada estação, cruzou-se o *shapefile* das estações com o *shapefile* do mapa pedológico de São Paulo (Oliveira, 1999) (Figura 2).

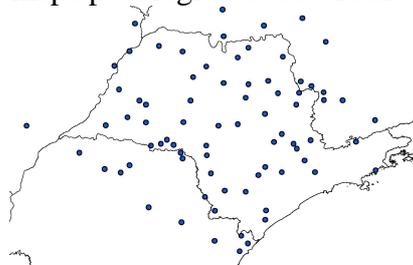


Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas nas simulações com o modelo CANEGRO/DSSAT.

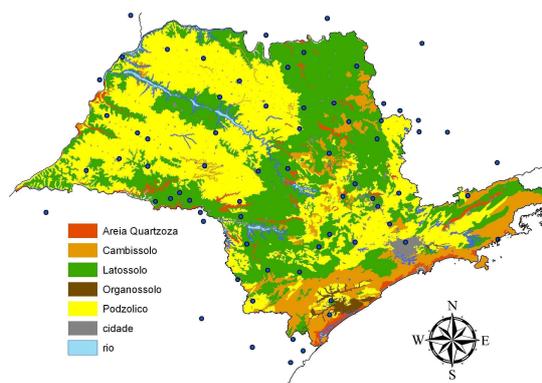


Figura 2. Mapa de solos do Estado de São Paulo, como legenda resumida.

A série de dados foi consistida utilizando-se o software WeatherMan/DSSAT. As séries de dados foram expandidas para 30 anos de dados utilizando-se o software SIMETEO (RICHARDSON & WRIGHT, 1984) e as simulações foram feitas para o período entre 1997 e 2007, constituindo 30 valores de produtividade de colmo base úmida para cada estação meteorológica. A partir desses valores, fez-se a média de produtividade de cada ponto, interpolando-se estes valores, por *krigagem* ordinária utilizando o ARcView 9.3 (ESRI, 2003) para mapeamento dos cenários.

As simulações futuras foram feitas considerando-se as projeções feitas por Marengo (2007) para 2040 considerando dois cenários de emissões de gases de efeito estufa – um otimista (Figura 3c e 3d), e outro pessimista, admitindo a manutenção de altas taxas de emissão (Figura 3a e 3b).

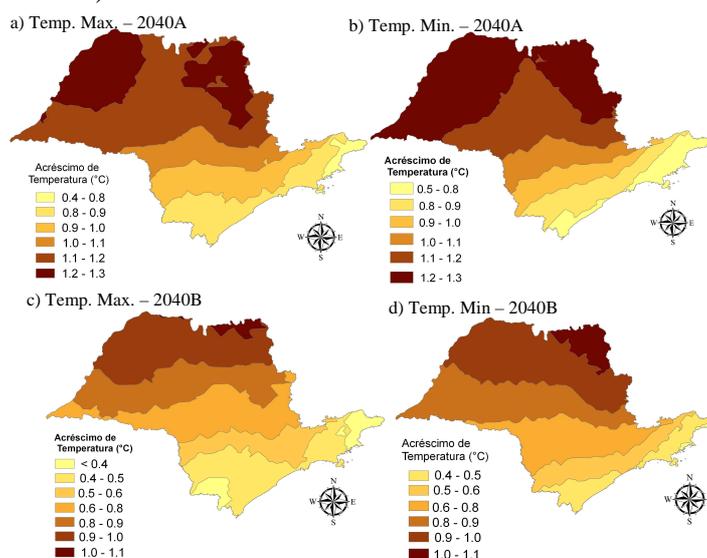


Figura 3. Mapas de projeções de acréscimo de temperatura do ar para 2040 considerando dois cenários de mudanças climáticas globais.

O Modelo Canegro/DSSAT foi parametrizado para simular um cultivo de cana-planta de ano com plantio no início de outubro de cada ano, com colheita no final de Setembro. Simulou-se um canavial com 15 gemas por metro linear e espaçamento entre linhas de 1,4m e sem limitações nutricionais ou fitossanitárias, na tentativa de produzir cenários que representassem canaviais de alta produtividade. A calibração do modelo foi feita com dados coletado por Suguitani (2006) para a variedade RB72454, cujos resultados estão apresentados em Marin et al. (2009).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 4 apresenta os mapas de produtividade média atual e para os dois cenários futuros, permitindo visualizar uma tendência de elevação da produtividade a partir da regeção leste do Estado, conseqüência da melhoria na qualidade dos solos e do clima nessa direção, até a região central do Estado. Do centro para o oeste, é possível notar que o modelo ainda apresenta algum tipo de inconsistência especialmente nas simulações feitas para o extremo oeste de São Paulo e para o Mato Grosso do Sul. Essa fragilidade pode estar associada a parametrização do modelo ter sido feita com dados de outras regiões do Estado, comparativamente mais frias e úmidas. Também, pode-se ter essa tendência como conseqüência da redução da importância relativa dos indicadores de estresse hídrico sobre a fotossíntese e ao crescimento, presentes no modelo CANEGRO. Vale notar, também que a alta produtividade observada no mapa deve-se ao fato do modelo ter sido ajustado para

simular a produtividade de áreas de cana planta sem limitações em termos de fertilidade ou compactação do solo e fitossanidade.

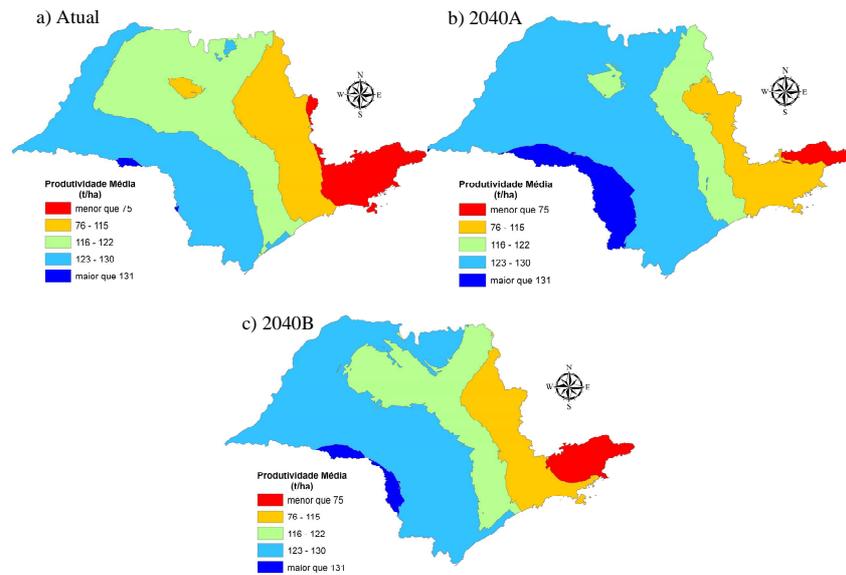


Figura 4. Mapas de produtividade média atual (a) e para os cenários 2040A (b) e 2040B (c).

A Figura 5 apresenta os mapas de produção de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo considerando apenas as áreas efetivamente cultivadas com a cultura, obtidas a partir de vetores do projeto Canasat/INPE. A Tabela 1 apresenta a comparação entre os dados para as três situações simuladas, indicando ganhos de produção para o Estado de São Paulo de até 6% em comparação com os níveis atuais. Na Figura 5 também está implícita uma tendência do modelo em superestimar a produtividade especialmente na região oeste do Estado, o que acarreta nos altos valores de produção obtidos. Comparando os resultados aqui obtidos com os dados da UNICA, observa-se que produção estimada para o cenário atual é cerca de 30% superior a produção das 181 maiores usinas de São Paulo. Esse padrão de desempenho do modelo pode ser revertido pela inclusão de tratamentos que considerem a área com cana soca, de produtividade mais baixa.

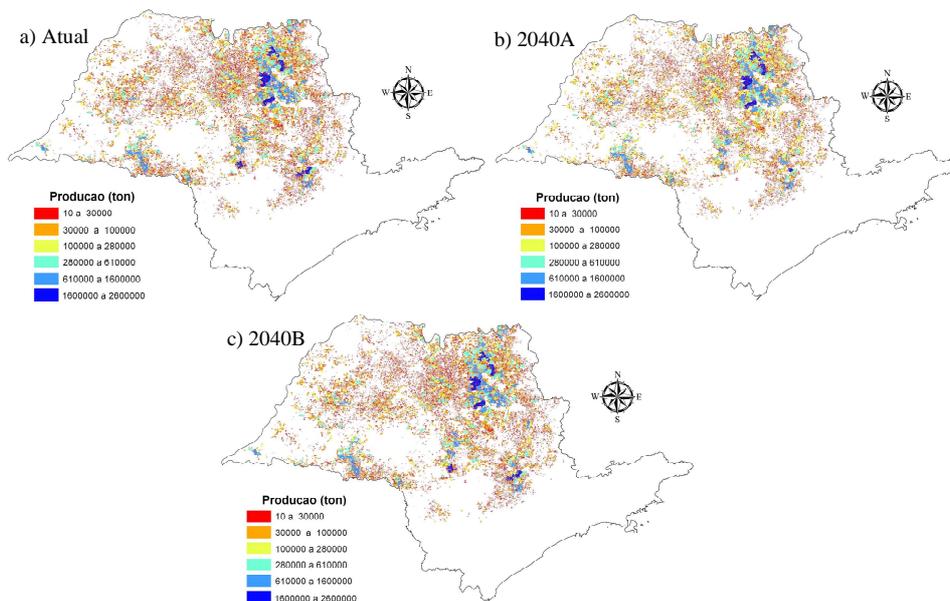


Figura 5. Mapa de produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo para os cenários atual (a) e dois cenários futuros de mudanças climáticas: 2040A (a) e 2040B (b).

Tabela 1. Valores de produção e produtividade média de cana-de-açúcar para três cenários simulados, com as respectivas variações percentuais.

	Produção (milhões de t)	Var (%)	Produtividade Média (t/ha)	Var (%)
Atual	540,9	0%	122	0%
2040A	575,0	+6%	128	+5%
2040B	551,7	+2%	125	+3%

**CONCLUSÃO:** A simulação de cenários futuros é útil instrumento para a quantificação da vulnerabilidade de setores produtivos e para o planejamento de ações para adaptação frente às novas condições. No caso da cana-de-açúcar, as considerando apenas variação na temperatura do ar decorrente das mudanças climáticas, observa-se uma tendência de elevação da produtividade média no Estado de São Paulo, notadamente nas regiões situadas ao Sul do Estado. Em termos de produção, as simulações indicam crescimento de até 6% em comparação com os padrões atuais.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JR, J. et al. Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil. 1. ed. Brasília: Embaixada Britânica, 2008. v. 1. 84 p.
- EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. AgriTempo: sistema de monitoramento agrometeorológico. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Cepagri/Unicamp, 2002. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 23 jun. 2008.
- ESRI. ARCMAPTM9.2: c1999-2003. Redlands: Microsoft Corporation, [s.d.] 1 CD-ROM.
- IPCC. Climate change 2007: The physical science basis: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 2 abril 2008.
- MARENGO J. A. Cenários de Mudanças Climáticas para o Brasil em 2100. Ciência & Ambiente, v. 34, p. 100-125, 2007.
- Marin, F.R. ; Suguitani, C. ; Donzelli, J.L. et al. Avaliação do modelo Canegro/Dssat para quatro cultivares de cana-de-açúcar. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2009. CDROM.
- OLIVEIRA, J.B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas, Instituto Agronômico, 1999. Boletim Científico 45, 112p.
- RICHARDSON, C.W.; WRIGHT, D.A. WGEN: a model for generating daily weather variables. Washington: USDA, Agriculture Research Service, 1984. 83 p. (ARS, 8).
- SUGUITANI, C. Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: Avaliação do modelo Mosaic. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.