

EFICIÊNCIA PRODUTIVA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA DO ALTO PARANAPANEMA

SUGARCANE YIELD EFFICIENCY IN THE HIGH PARANAPANEMA BASIN

Maikon Renan de Almeida Benfica¹

Daniel Silveira Pinto Nassif²

Nilton Cezar Carraro³

Edenis Cesar de Oliveira⁴

Resumo: Com a expansão da cultura da cana-de-açúcar no cenário nacional e internacional, impulsionaram-se pesquisas relacionadas ao seu crescimento e desenvolvimento em diferentes locais do globo. Estes estudos, muitas vezes são onerosos e demandam de diversos anos para serem concluídos. Para tanto, cada vez mais os modelos de produtividade de culturas vem sendo utilizados. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência produtiva da cultura cana-de-açúcar na região da bacia do Alto do Paranapanema para as safras de 2008/09 até 2017/18 baseadas no modelo das Zonas Agroecológicas do boletim da FAO 33. Os resultados da pesquisa apontam para uma região com produtividade atingível acima da média do estado de São Paulo, chegando a 112 Mg ha⁻¹ em um comparativo histórico de 9 safras, com eficiência produtiva entre 61 e 86%. A região estudada demonstrou ser de grande potencial produtivo para a cultura da cana-de-açúcar como alternativa à produção agrícola.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*. Eficiência produtiva. Bacia do Alto Paranapanema.

Abstract: With the expansion of the sugarcane crop in the national and international scenario, research related to its growth and development in different locations around the globe was increased. These studies usually require several years and expenses. Then, studies involving crop growth models are widely disseminated around the world. The aim of this work was to evaluate the sugarcane yield efficiency for Alto do Paranapanema basin from 2008/09 to 2017/18 harvests based on Agroecological Zoning model by FAO 33 bulletin. The results showed a region with attainable yield above average of State of São Paulo, reaching by 112 Mg ha⁻¹ in a historical comparison of nine harvests, with yield efficiency from 61 to 86%. The studied region showed high sugarcane crop growth potential as an alternative to present agricultural system.

¹ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São Carlos, CCN, maikon.renan1995@gmail.com.

² Doutor em Engenharia de Biosistemas, Universidade Federal de São Carlos, CCN, daniel.nassif@ufscar.br.

³ Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, CCN, nilton.carraro@ufscar.br.

⁴ Doutor em Administração, Universidade Federal de São Carlos, CCN, edeniscesar@ufscar.br.

Keywords: *Saccharum officinarum*. Yield Efficiency. High Paranapanema Basin.

1 INTRODUÇÃO

As perspectivas de expansão da cana-de-açúcar no Brasil e no mundo existem desde o período colonial. A progressiva expansão da cultura no mercado nacional e internacional tem contribuído para que o Brasil se destaque como maior produtor mundial de cana-de-açúcar (RIDESA, 2018).

Investimentos em pesquisas e planejamento têm contribuído para o aumento de produtividade no setor (NASSIF et al., 2012), o que se relaciona com sua projeção em diferentes locais do globo (MARIN et al., 2013). A cultura tem grande importância econômica e ambiental, sobretudo como fonte de matéria-prima na produção de energia alternativas aos combustíveis fósseis (MELLO; ESPERANCINI, 2012).

Muitos autores tem realizados trabalhos procurando entender o crescimento e o desenvolvimento da cana de açúcar em regiões específicas, como é o caso de Farias et al. (2008) ao analisar índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no estado da Paraíba; de Gouvêa et al (2009) ao pesquisar as mudanças climáticas e avanços tecnológicos na região Sul. Oliveira (2016) e Oliveira (2018), a partir de abordagem econômica e ambiental, estudou a produtividade na mesorregião de Assis-SP; Igreja et al. (2011) realizaram análise dos dez principais municípios produtores do estado de São Paulo, ao passo que Marin (2014) realizou um mapeamento da eficiência de produção atual e futura – projeção para 2050 – da produção brasileira.

Fatores climáticos como a radiação solar, a temperatura, a disponibilidade hídrica, o fotoperíodo, além da concentração de CO₂ na atmosfera são determinantes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar (PEREIRA et al., 2002).

Vianna et al. (2017) complementam que o bom desempenho das culturas agrícolas depende diretamente da fertilidade e disponibilidade de água no solo, bem como de variáveis meteorológicas como a radiação solar, umidade e temperatura do ar, índice de precipitação e o vento.

A agrometeorologia constitui-se no num ramo da meteorologia que se dedica exclusivamente ao estudo dos processos envolvidos entre o desenvolvimento e crescimento vegetal e as condições meteorológicas. Os estudos agrometeorológicos são focados no sistema solo-planta-atmosfera, o que explica a forte interface com outras áreas do conhecimento, como a fisiologia vegetal, física do solo, a estatística e a fitotecnia. O avanço em pesquisa e tecnologia no último século, possibilitou o aprimoramento de medições, além de gerar condições de formular equações que representassem as relações e processos no sistema solo-planta-atmosfera. Atualmente, diversas dessas equações e relações são amplamente utilizadas em sistema de previsão/monitoramento de tempo, previsão de safra, análises de riscos climáticos, sistemas de alerta fitossanitários, entre outros (VIANNA et al., 2017).

Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo foi de avaliar a eficiência produtiva da cultura cana-de-açúcar na região da bacia do Alto do Paranapanema para as safras de 2008/09 até 2017/18 baseadas no modelo das Zonas Agroecológicas do boletim da FAO 33.

A Bacia do Alto Paranapanema é formada por 34 municípios que estão localizados na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 14, posicionados geograficamente na região sudoeste do Estado de São Paulo (CBH-ALPA, 1999).

A expansão da cana-de-açúcar, desencadeada por aumento na demanda por combustível limpo, é um fator de relevância econômica. Todavia, é necessário o conhecimento climático específico de cada região, para que a expansão em diferentes ambientes e sistemas de produção agrícola sejam possíveis. Porém, a cultura não é tão disseminada em algumas regiões por não ter condições climáticas favoráveis. Isto ocorre, pois, além das dificuldades relacionadas ao fator climático, faltam testes com variedades mais recentes no mercado e maior instrução aos agricultores.

A falta de pesquisas específicas para a região resulta em indicações produtivas genéricas, de outras regiões específicas com maior nível tecnológico que demonstraram maior desempenho da cultura em estudos. Isso

faz com que muitos produtores utilizem formas de manejo inadequadas, pois o desenvolvimento da cana-de-açúcar é condicionado por fatores agrometeorológicos, os quais variam de região para região. Quando se aplicam as mesmas estratégias de manejo em outra região, tem-se por resultados a baixa produtividade e perdas de produção.

Diante dessa realidade, o acompanhamento do crescimento da cana-de-açúcar através de análises biométricas, visa oferecer informações específicas para o aperfeiçoamento da produção na região Sudoeste do estado, por meio de técnicas que têm um maior aproveitamento dos recursos oferecidos, como água, energia, solo fértil ou até um clima favorável.

Deste modo, esse estudo proporcionará a obtenção de maiores informações para a região estudada, contribuindo para maior difusão de conhecimento técnico da cultura. Conseqüentemente, auxiliar o desenvolvimento rural e social da região, assim, justificando os objetivos de pesquisa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse trabalho utilizou-se do Modelo Agrometeorológico Genérico de Produção Vegetal – MAGé (VIANNA et al., 2017), baseado no modelo de zonas agroecológicas do boletim FAO 33.

Para realizar a simulação foram coletados dados da estação meteorológica do município de Itapetininga - SP (Lat. 23° 35' 30" S, Long. 48° 03' 11" W e Altitude de 656 m). Os dados foram coletados considerando a série temporal dos anos de 2008 a 2017, contendo informações meteorológicas como temperatura máxima (t_{max}), temperatura mínima (t_{min}) e precipitação (p) dos municípios que compõem a região geográfica, recorte deste estudo.

O modelo MAGé necessita de algumas informações referentes às necessidades que a cultura exige para completar seu ciclo vegetativo e reprodutivo. Desta forma, baseado nas informações de Nassif et al. (2013), adotou-se a faixa de 20°C a 30°C para temperatura ótima, menores que 9,5°C

e superiores aos 38°C foram consideradas temperaturas extremas para a cultura.

Adotou-se o índice de colheita (IC) 0,8 para a cultura; 1,8 g/mj¹ para a eficiência do uso da radiação, ao passo que para a uniformidade de matéria prima foi utilizado 0,83. Considerando a boa estrutura dos solos da região e a alta retenção de água foi atribuído o valor de 125 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD).

Realizado o trabalho de levantamento sobre as informações climáticas e necessidades hídricas da planta, foram organizados e inseridos no MAGé para a simulação. Baseado nas informações meteorológicas chegou-se a produtividade atingível, ou seja, aquela que o produtor realmente pode alcançar, mesmo com os fatores ambientais em que cultura é submetida no campo.

Paralelamente foi realizada a simulação da produtividade potencial, a qual é alcançada a partir do momento que a cultura não sofre nenhum tipo de estresse, causado por limitações hídricas, térmicas, nutricionais, ou salinidade do solo.

Com a organização dessas informações, foi possível a relação de produtividade potencial e atingível da região. Esses dados foram utilizados para descobrir a eficiência e capacidade produtiva da cana-de-açúcar na Bacia do Alto do Paranapanema.

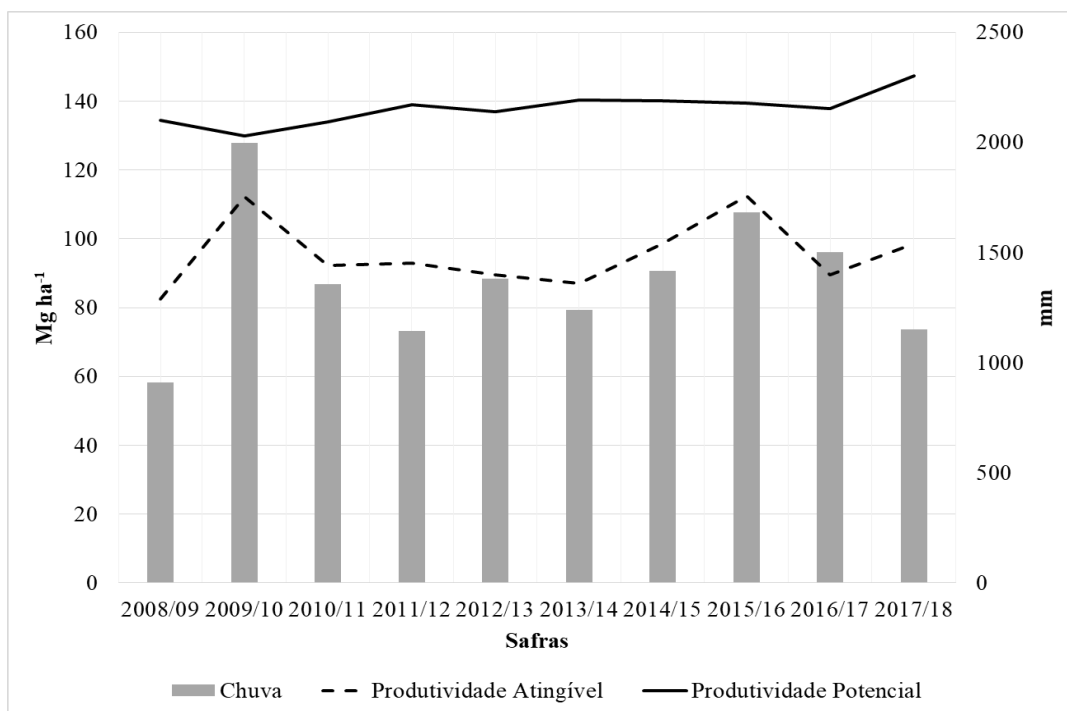
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação do histórico da região, baseada em nove anos agrícolas (2008/09 a 2017/18), mostrou que houve algumas oscilações na linha da produtividade potencial, que variou de 129,8 a 147,4 Mg ha⁻¹, enquanto alteração da produtividade atingível foi de 82,5 a 112,5 Mg ha⁻¹ (Figura 1).

De acordo com os dados, verificou-se que a partir da safra 2010/11 os valores simulados no modelo matemático tendem a diminuir na curva de produtividade atingível, chegando ao menor valor na safra de 2011/12,

registrando a produtividade de $92,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. Relacionando a curva no formato de parábola durante o período de 2009 a 2015, pode-se relacionar os baixos valores de produtividade atingível com os níveis inferiores de chuva, possivelmente durante esses anos a planta pode ter sofrido algum déficit hídrico, que pode ter sido alguns dos motivos que causou a menor produtividade na região.

Figura 1: Variação da produtividade potencial e atingível da cana-de-açúcar na região Bacia do Alto do Paranapanema nas safras 2008/09 a 2016/17.



A caracterização da disponibilidade hídrica para a cultura foi elaborada pelo próprio modelo, tendo como base a capacidade de água no solo (125 mm). O balanço hídrico do ano agrícola de 2008/09 apresentou menor quantidade de chuva, totalizando 911,5mm. Esse valor pluviométrico anual refletiu diretamente na produtividade atingível, enquanto no ano seguinte o somatório de chuva na região foi de 1996,3 mm resultando em um aumento da produtividade da cultura.

Na Tabela 1 observa-se a relação da produtividade atingível, ou seja, aquela que considera os fatores de estresse hídrico e bióticos, com a

produtividade potencial alcançada somente se não ocorra nenhum tipo de estresse para a planta. Nota-se que a eficiência da produtividade durante esses nove anos variou de 61 a 86%, anos em que as condições ambientais foram favoráveis para a planta, notou-se boas produtividades e relação produtiva.

Tabela 1: Produtividade Atingível (PA; Mg ha⁻¹), Produtividade Potencial (PP, Mg ha⁻¹) e Eficiência Produtiva (EP; %) na região Bacia do Alto do Paranapanema para a cultura de cana-de-açúcar durante as safras de 2008/09 a 2017/18.

Safras	PA (Mg ha ⁻¹)	PP (Mg ha ⁻¹)	EP (%)
2008/09	82.53	134.45	61
2009/10	112.13	129.87	86
2010/11	92.31	133.99	69
2011/12	92.86	139.04	67
2012/13	89.63	137.01	65
2013/14	87.14	140.4	62
2014/15	98.68	140.13	70
2015/16	112.52	139.37	81
2016/17	89.56	137.82	65
2017/18	98.56	147.38	67

Na safra de 2009/10, de acordo com a simulação foi o melhor ano produtivo, a eficiência produtiva foi de aproximadamente 86%, isso quer dizer que o produtor poderia realmente alcançar 86% da produtividade potencial nesse ano de acordo com a simulação do modelo matemático.

A média de eficiência produtiva na região Bacia do Alto do Paranapanema de acordo modelo agrometeorológico genérico de produção vegetal (MAGé) foi aproximadamente 69% durante os anos de 2008 a 2017.

Segundo a Única (2018), a cana-de-açúcar tem uma queda de rendimento entre o primeiro e o décimo corte, variando em média de 110 Mg ha⁻¹a 48 Mg ha⁻¹na região paulista, obtendo rendimento médio de 72 Mg ha⁻¹. Logo, ao obter-se a média de produtividade atingível da região estudada tem-se 95,5 Mg ha⁻¹, o que equivale a um acréscimo de produtividade em torno de 33% em relação à média.

De acordo com A Tabela 2, foi possível avaliar a produtividade atingível, ou seja, aquela que o produtor realmente pode alcançar sem a incidência de fatores limitantes ou redutores, que variou de 82,53 a 112,52 Mg ha⁻¹ com variação estimada pelo modelo MAGé foi de 24,9%, sendo que a produtividade média realizada no estado de São Paulo é de aproximadamente 77 Mg ha⁻¹. Estes resultados indicam que, apesar da região de estudo não ter histórico de produção em grande escala da cultura da cana-de-açúcar, a mesma apresenta-se como promissora para uma alternativa às culturas já estabelecidas como soja, milho, trigo, feijão e produção animal. À luz das atuais pesquisas sobre mudanças climáticas, a tendência é que a região se apresente cada vez mais favorável ao cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 2: Comparativo da eficiência produtiva na região Bacia do Alto do Paranapanema com a produtividade média do estado de São Paulo (IBGE, 2018) para a cultura de cana-de-açúcar durante as safras de 2008/09 a 2017/18.

Safra	Produtividade Média no Estado de São Paulo (Mg ha ⁻¹)	Produtividade Atingível na Bacia do Alto do Paranapanema (Mg ha ⁻¹)	Variã o %
2008/09	85,38	82,53	-5
2009/10	85,01	112,13	31
2010/11	70,49	92,31	34
2011/12	73,04	92,86	18
2012/13	80,20	89,63	10
2013/14	70,00	87,14	39
2014/15	76,21	98,68	34
2015/16	81,76	112,52	41
2016/17	78,24	89,56	14
2017/18	73,78	98,56	33

4 CONCLUSÃO

Com os dados analisados concluiu-se que a Bacia do Alto do Paranapanema, apesar de pouco explorada para a produção de cana-de-

açúcar tem grande capacidade produtiva, de acordo os dados simulados no modelo MAGé.

A região da Bacia do Alto do Paranapanema demonstrou grande potencial produtivo para a cultura da cana-de-açúcar, demonstrando grande afinidade, mesmo com algumas restrições térmicas e de precipitação que a região possui.

Face as características e especificidades do modelo MAGé, é importante observar que outros estudos devem ser realizados para levantamento do açúcar total recuperável (ATR) entre outros elementos que devem ser levados em conta quanto a viabilidade econômica financeira do plantio. Nessa mesma linha de raciocínio, a espécie a ser cultivada é outro fator que deve ser considerado nesse levantamento futuro, considerando também a condição de geração de biomassa para produção de energia.

REFERÊNCIAS

Comitê da Bacia hidrográfica do Alto do Paranapanema (CBH-ALPA). *Situação dos recursos hídricos da UGRHI 14*, Lins SP, p.1-317, Ago. 1999. Disponível em: <<http://www.cbhalpa.com.br/>> Acesso em: 15/04/2018.

FAVARETO, A. ***Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável Sudeste Paulista***. 2007.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS N. J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no estado da Paraíba. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***, v.12, p. 356-362, 2008.

GOUVÊA, J. R. F.; SENTELHAS, P. C.; GAZZOLA, S. T.; SANTOS, M. C. Climate changes and technological advances: Impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. ***Scientia Agrícola***, v. 66, p. 593-605, 2009.

IGREJA, A. B. C.; PINATTI, E.; MARTINS, S. S.; ROCHA, M. B.; SCHAMMAS, E. A. Entre os municípios paulistas, os grandes produtores de cana são os maiores na geração de renda agrícola? ***Análise e indicadores do Agronegócio***, v. 6, n. 9, 2011.

IBGE. *Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>>. Acesso em: 05/12/2018.

Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Paranaguá, PR, v.5, n.02, p. 1-01-11, mar/set., 2020

MARIN, F. R.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 17, p. 232-239, 2013.

MARIN, F. R. *Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos*. 262 f. 2014. Tese de Livre-Docência. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Universidade de São Paulo, 2014.

MELLO, C. O.; ESPERANCINI, M. S. T. Análise econômica da eficiência da produção de cana-de-açúcar de fornecedores do estado do Paraná. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 48-60, 2012.

NASSIF, D. S. P.; MARIN, F. R.; PALLONE FILHO, W. J.; RESENDE, R. S.; PELLEGRINO, G. Q. Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 311-318, 2012.

NASSIF, D. S. P.; MARIN, F. R.; COSTA, L. G. Padrões mínimos para coleta de dados experimentais para estudos sobre crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1, p. 1, 2013.

OLIVEIRA, E. C. Brazilian sugarcane sector: an economic and environmental approach. **Latin American J. Management for Sustainable Development**, v. 3, n. 1, 2016.

OLIVEIRA, E. C. Panorama do cultivo e produtividade da cana-de-açúcar na mesorregião de Assis/SP: Safras 2003/04 a 2013/14. **Gestão & Regionalidade**, v. 34, n. 101 - maio-ago. /2018.

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

RIDESA. *Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro*. Disponível em: <<http://www.ridesa.com.br>>. Acesso em: 05/04/2018.

VIANNA, M. S.; MARIN, F. R.; PILAU, F. G. *Modelo agrometeorológico genérico de produção vegetal (MAGé)*. Piracicaba: ESALQ, 2017. Disponível em: <<http://sites.usp.br/gepema/>>. Acesso em 11 dez. 2018.

UNICA. *Histórico do setor*. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 05/12/2018.

Enviado em: 19/06/2019

Aceito em: 28/08/2020

Editor Chefe: Prof. Dr. Everaldo dos Santos