



Análise de Produtividade Relativa da Soja nos Municípios de Goiás

Nayane Cristine Santos Silva¹, Wallace da Silva de Almeida²

RESUMO

O objetivo do estudo é avaliar a eficiência produtiva da soja a partir dos municípios produtores do Estado do Goiás. A motivação para a realização da pesquisa é determinar o polo produtor de soja mais eficiente do Estado de Goiás. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa fundamentada na técnica de Análise Envoltória de Dados – *Data Envelopment Analysis* (DEA), com uso de informações referentes a produção de soja obtidas por meio do Instituto Mauro Borges (IMB), para os anos de 2002 a 2016. A partir dos procedimentos metodológicos propostos, permite-se concluir que parte majoritária dos municípios do estado de Goiás apresentam indicador de eficiência relativa superior a 50%. Todavia, os municípios de Inhumas, Jatá e Rio Verde são os mais eficientes entre todos os demais.

Palavras-chave: Agronegócio; Produtividade relativa; Soja; DEA.

INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos setores produtivos mais importantes da economia brasileira. A relevância desta atividade se justifica em função das características do país e a grande diversidade existente, tanto climática quanto de solo. A soja é um dos produtos que está ligado ao crescimento do setor agrícola nacional desde os anos 1970 e, que tem gerado um elevado volume de exportações no mercado de *commodities*. Por esta razão, coloca-se como um produto de alto valor estratégico para a economia nacional brasileira.

No Brasil, o complexo da soja tem apresentado virtuoso crescimento da produção e da produtividade, bem como expansão dos quantitativos exportados em toneladas nas últimas décadas (CERICATTO; LIMA; BATISTA, 2011). A soja é fonte de proteína tanto para alimentação humana quanto animal, além de estar inserida na composição de uma extensa variedade de produtos. Assim, trata-se de uma cadeia produtiva, uma vez que, oferta uma gama de subprodutos que favorecem o desenvolvimento de atividades associadas a diversos setores econômicos, tais como: fertilizantes, couro, alimentos, entre outros (ROESSING; SANCHES; MICHELLON, 2005).

¹ Acadêmica graduando do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Rio Verde. E-mail: @gmail.com

² Professor Adjunto I do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Rio Verde, Doutorando em Economia (PPGE/UFU), Mestre em Economia (PPGECON/UFPE), Mestre em Engenharia de Produção (PEP/UFRN), Graduado em Economia (UFRN). E-mail: wallacealmeida@unirv.edu.br



UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE



O agronegócio é, também, uma relevante atividade para o Estado de Goiás e coloca-se como responsável por situar o Estado entre os maiores produtores brasileiros. O destaque é a produção de grãos que é realizada em grande escala e com uso intensivo de tecnologia.

As principais *commodities* produzidas no território goiano são: soja, milho e cana-de-açúcar. Adicionalmente, os produtos do complexo da soja (grão, farelo, óleo) apresentam significativa importância para as exportações de Goiás (GOMES *et al.*, 2017).

A dinâmica da soja gera contribuição, também, para aplicação de tecnologias produtivas nos cultivos de segunda safra, como sorgo e milho (safrinha).

Nesse contexto, a identificação das melhores práticas adotadas assume caráter fundamental para as empresas, pois visa disponibilizar o produto no lugar e no momento certo com menor custo.

Nas últimas décadas, diversos métodos associados a análise de desempenho vem sendo desenvolvidos, entre os quais os de maior destaque são os vinculados à abordagem da Análise Envolvente de Dados – *Data Envelopment Analysis (DEA)*.

O método DEA se baseia em modelos matemáticos não paramétricos e coloca-se como uma técnica que visa avaliar a *performance* relativa de unidades tomadoras de decisão (DMUs) na realização de suas atividades. Logo, a técnica DEA efetua um estudo acerca da eficiência relativa entre as unidades produtivas analisadas.

A partir do cenário apresentado, surge o seguinte questionamento: Qual é o polo produtor de soja mais eficiente de Goiás? A fim de responder a questão de pesquisa, o presente estudo tem como objetivo elaborar um *ranking* de eficiência na produção de soja entre os municípios produtores do Estado de Goiás.

Para que o objetivo proposto seja alcançado e a pergunta de pesquisa respondida, utilizar-se o método DEA. Assim, espera-se facilitar a identificação dos sistemas produtivos que usam as técnicas mais eficientes. Os dados são obtidos de fonte secundária, no site do Instituto Mauro Borges (IMB), para o período de 2002 a 2016. Desta forma, com os dados coletados e a partir da aplicação do procedimento técnico de análise, o estudo contribui no sentido de auxiliar em tomadas de decisões em relação a eficiência produtiva do agronegócio da soja no Estado de Goiás.

O estudo segue subdividido em quatro seções, além da presente seção introdutória. A segunda seção exibe uma breve revisão de literatura. Em seguida, expõe-se o procedimento técnico-metodológico empregado na pesquisa. A quarta seção, relata os resultados obtidos. Por fim, a quinta seção apresenta as conclusões derivadas do estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA



UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE



2.1 Agronegócio no Brasil: Soja

A fim de melhor compreender a discussão do tema proposto nesta pesquisa, considera-se que o agronegócio está associado a todo o processo de produção desde a geração dos produtos até o alcance do consumidor final. Dentro deste fluxo está inserido, também, a participação de agentes e instituições econômicas como o governo, consumidores, os mercados de fatores, as entidades comerciais, financeiras e de serviços, entre outros.

O agronegócio representa a soma de todas as operações envolvidas no processamento e na distribuição dos insumos agropecuários, as operações de produção na fazenda e o armazenamento, o processamento e a distribuição dos produtos agrícolas e seus derivados. O agronegócio brasileiro engloba várias atividades econômicas que estão ligadas, basicamente, em insumos como fertilizantes e defensivos para agricultura, lavouras e pecuária, a agroindustrialização dos produtos primários, transporte e comercialização de produtos primários e processados (MAPA, 2011).

Contudo, o agronegócio está alcançando grandes avanços tanto quantitativos quanto qualitativos, além de possuir significativa participação econômica, gerando empregos e aumento a renda e tem superado o desempenho do setor industrial, ocupando, assim, posição de destaque no âmbito global. Isso lhe proporciona uma crescente importância no processo de desenvolvimento econômico por ter a capacidade de impulsionar os demais setores (MAPA, 2011).

Brum *et al.* (2005) afirmam, que a soja foi uma das grandes responsáveis pela implantação do agronegócio brasileiro, não somente pela quantidade produzida, mas também, pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte de todos os envolvidos como produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes.

Dall'agnol (2000) afirma que a soja está ligada diretamente a expansão da fronteira agrícola e, assim, colabora para produção de outras culturas. A criação de novas tecnologias contribuiu para que o Brasil expandisse sua produção de soja, passando a ocupar o segundo lugar entre os maiores produtores de soja do mundo.

O mercado de soja brasileiro é constituído por quatro multinacionais que possuem grande parte da produção que são Bunge, ADM, Cargill e Louis Dreyfus Commodities, e empresas nacionais: a Caramuru, a Amaggi, a Importação e Comércio Paraná (IMCOPA), a Baldo, a Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO) e a Santarosa (MIRANDA, 2011).

Ao longo das últimas décadas ocorreu um aumento grande na produção de soja no Brasil. Esse aumento se deu em função de seis fatores principais: (i) condições favoráveis no mercado interno e externo; (ii) calagem e fertilização dos solos ácidos e inférteis nos anos 1960; (iii) incentivos fiscais aos produtores; (iv) possibilidade de mecanização de todas as fases de cultivo; (v) programas de crédito agrícola e a atuação de cooperativas; (vi) apoio da pesquisa e da assistência técnica (KASTER; BONATO, 1981; DALL'AGNOL, 2007).

Na próxima subseção, apresenta-se uma discussão acerca da abordagem DEA.

2.2 Análise Envoltória de Dados

Segundo FERREIRA & GOMES (2009) a Teoria da Fronteira, ou Análise Envoltória de Dados (DEA) baseia-se em modelos matemáticos não paramétricos, ou seja, não utiliza inferências estatísticas e nem se apega a medidas de tendência central. Trata-se de uma técnica que tem como objetivo avaliar o desempenho de organizações e atividades, denominadas unidades que tomam decisões ou DMUs (Decision-Making Units), através de medidas de eficiência técnica.

A ferramenta DEA é construída por meio de modelos de programação matemática que propiciam o diagnóstico e o controle do processo de produção via aferição da produtividade relativa de unidades tomadoras de decisão (Decision Making Unit – DMU) que sejam comparáveis entre si (ALMEIDA, 2017).

A partir das contribuições seminais de Farrell (1957) e Charnes, Cooper e Rhodes (1978) viabilizou-se o surgimento da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA). O principal objetivo da aplicação desta técnica não-paramétrica de análise é avaliar a produtividade relativa de um sistema de produção, com diversas variáveis de entrada (*input*) e saída (*output*), conforme expresso na Figura 1 a seguir.

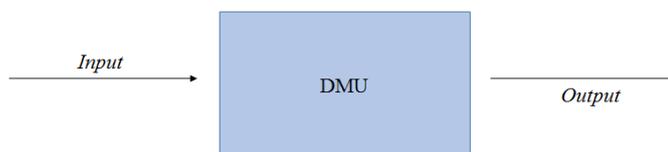


Figura 1 – Estrutura de uma DMU

Fonte: Elaboração dos autores (2019)

Gomes e Mangabeira (2004) na abordagem por Análise Envoltória de Dados (DEA), que utiliza programação linear para estimar a fronteira eficiente (linear por partes), é capaz



de incorporar diversos inputs (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e outputs (saídas ou produtos), para o cálculo da eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMU's (Decision Making Units).

Arzubi e Berbel (2002) dizem que para atuar como inputs ou outputs deve-se considerar o critério de selecionar variáveis que ofereçam uma perspectiva de eficiência, de maneira que os resultados da análise possam ser utilizados para orientar o processo decisório.

Shafiq e Rehman (2000) reforçam esta ideia, dizendo que, para que a modelagem DEA possa gerar informações significativas é necessário considerar a totalidade das variáveis relevantes para o desempenho das unidades sob análise, sob pena de não se conseguir observar as reais fontes de ineficiência existentes na transformação de recursos/insumos, em produtos.

Charnes et al. (1978), designado por CCR, foi desenhado para uma análise com retornos constantes de escala (CRS –Constant Returns to Scale). Banker, Charnes e Cooper (1984, pp. 1078-1092) para incluir retornos variáveis de escala (VRS - Variable Returns to Scale) e passou a ser chamado de BCC.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O método DEA não estipula restrições específicas quanto a definição do conjunto de variáveis de entrada e saída empregadas na construção do modelo de programação matemática. Logo, a escolha das variáveis é realizada mediante critérios determinados pelo próprio usuário da ferramenta de análise, com o intuito de atingir as metas propostas (NATARAJA; JOHNSON, 2011; ALMEIDA, 2017). Por esta razão, parte significativa das pesquisas que adotam a técnica DEA, utilizam-se da opinião de especialistas, da facilidade de acesso aos dados ou de revisão de literatura para definir o conjunto de variáveis do modelo. A fim de aplicar a modelagem de programação matemática, considera-se um cenário base para o qual realizam-se simulações.

Mediante aplicação do método DEA-CCR com o uso do *software* SIAD v.3, calcula-se o indicador de eficiência relativa e estabelece-se um *ranking* referente à performance na produção de soja de cada DMU observada. Assim, realiza-se duas etapas distintas de análise a fim de atender aos objetivos específicos da pesquisa: (i) avaliação da eficiência relativas dos polos produtores de soja do Estado de Goiás; e (ii) definição do *ranking* de produtividade relativa. A estrutura do modelos DEA-BCC empregado na pesquisa é expresso na Figura 2.

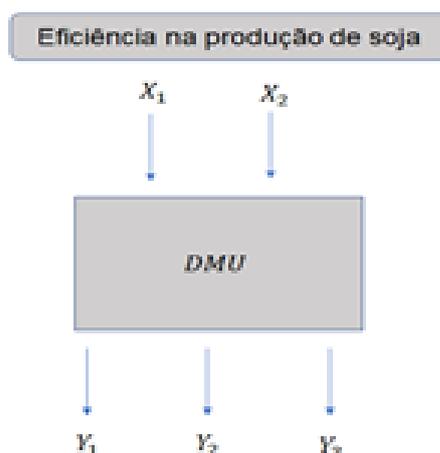


Figura 2 – Estrutura dos modelos DEA-BCC adotado na pesquisa

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A modelagem é orientada, de acordo com o sentido das setas, à maximização dos *outputs*, conforme expresso no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Modelo DEA-BCC para a maximização da produção de soja

	$\text{Min } \theta_i = \sum_{h=1}^m v_h X_{h0}$	(Equação 1)
<i>Sujeito a:</i>	$\sum_{r=1}^s u_r \cdot Y_{r0} = 1$	(Equação 1.1)
	$\sum_{r=1}^s u_r \cdot Y_{ri} - \sum_{h=1}^m v_h \cdot X_{hi} \leq 0 \quad i = 1, \dots, 74$	(Equação 1.2)
	$v_h \geq 0 \quad h = 1, \dots, m$	(Equação 1.3)
	$u_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$	(Equação 1.4)

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Em que θ_i denota a eficiência relativa da DMU_i ; X_{hi} e Y_{ri} representam, respectivamente, os *inputs* e *outputs* da DMU_i , em que $i = 1, \dots, 74$. Os pesos associados ao *input* e *outputs* são definidos por v_h , u_r , respectivamente.

Os dados utilizados nesta pesquisa provêm de fonte secundária e são oriundos do *site* do Instituto Mauro Borges, vinculado à Secretaria de Gestão e Planejamento do Estado de

Goiás (IMB/SEGPLAN-GO). O Quadro 2, exibe o código e a descrição das variáveis usadas nos modelos DEA-BCC, empregado no presente estudo.

Quadro 2 – Descrição das variáveis de pesquisa

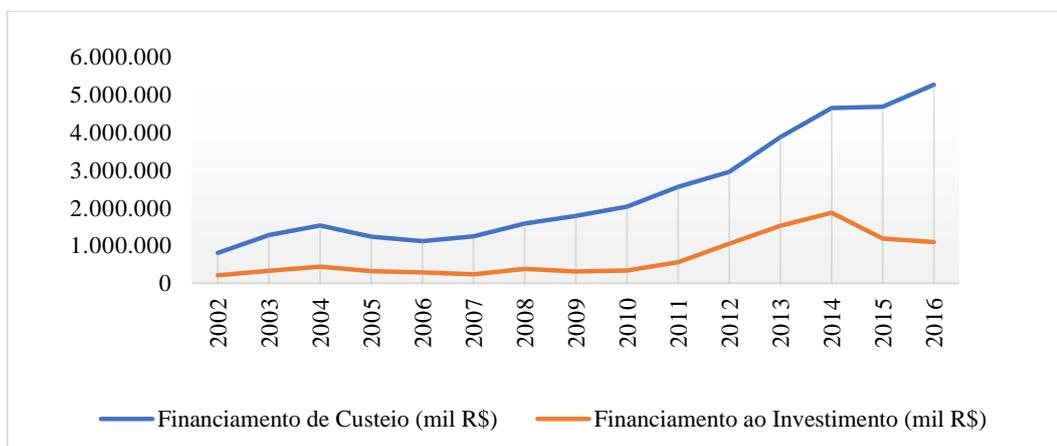
Sigla	Variáveis	Fonte de dados
X_1	Financiamento de Custeio (R\$)	IMB/SEGPLAN-GO
X_2	Financiamento ao Investimento (R\$)	IMB/SEGPLAN-GO
Y_1	Área colhida (ha)	IMB/SEGPLAN-GO
Y_2	Quantidade produzida de soja (t)	IMB/SEGPLAN-GO
Y_3	Valor adicionado (R\$)	IMB/SEGPLAN-GO
θ	Indicador de eficiência relativa na produção de soja	Cálculo dos autores

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção se destina a exposição dos principais resultados obtidos a partir da pesquisa cujo foco está nos indicadores de eficiência produtiva da soja encontrados para as setenta e quatro unidades de observação (DMU's) do Estado de Goiás, por meio da técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*). A análise subdivide-se em duas partes: (1) a exibição da eficiência produtiva das DMUs; e (2) a definição do *ranking* de produtividade.

O Estado de Goiás obteve um crescimento tanto na evolução do financiamento ao custeio, quanto financiamento ao investimento, porém o financiamento de custeio alcançou um maior aumento durante o período de análise, conforme ilustrado na Figura 3.





UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE



Figura 3 – Evolução do financiamento ao custeio e ao investimento agrícola em Goiás

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IMB/SEGPLAN-GO.

Quanto à área colhida, a produção e o valor adicionado, observa-se que o valor adicionado alcançou um maior crescimento após o ano de 2006, enquanto a área colhida e a produção se mantiveram estáveis durante os anos analisados (ver Figura 4).

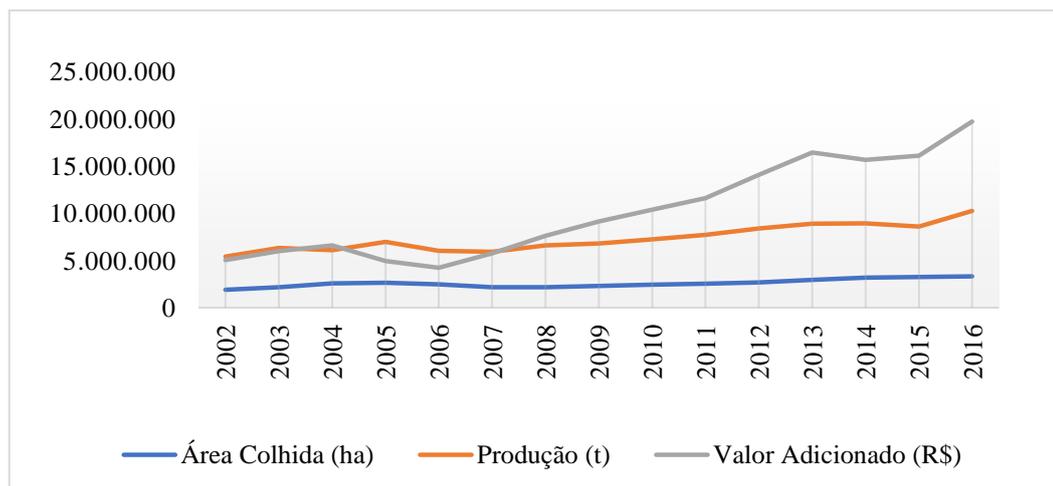


Figura 4 – Evolução da área colhida (ha), produção (t) e valor adicionado (R\$) em Goiás

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IMB/SEGPLAN-GO.

A partir da Tabela 1, pode-se verificar o *ranking* dos municípios que exibem os maiores e menores níveis de financiamento ao investimento de custeio para a agricultura. Conforme expresso a seguir, nota-se que Rio Verde se destaca com um maior e, Bom Jardim de Goiás, com um menor nível de investimento realizado para a produção de soja entre as DMU's observadas.

Tabela 1 – Ranking de Investimento no Estado de Goiás em relação a Produção

Maiores Investimentos			Menores Investimento		
Ranking	Município	Mil R\$	Ranking	Município	Mil R\$
1º	Rio Verde	85.518.015,52	70º	Corumbáiba	638.332,66
2º	Jataí	52.253.113,14	71º	Inhumas	575.919,784
3º	Cristalina	35.233.179,32	72º	Barro Alto	462.500,10
4º	Chapadão do Céu	24.352.525,46	73º	Pirenópolis	426.291,73
5º	Montividiu	24.220.574,75	74º	Bom Jardim de Goiás	383.802,02

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Na Tabela 2, verifica-se que os municípios de Inhumas e Pirenópolis, que tiveram os menores investimentos, encontram-se entre as DMU's de maior eficiência. O nível reduzido de investimento ocorre em função do tamanho da área de plantio para produção. Desse modo, os municípios não expõem folga de produção, assim como os demais municípios eficientes. Já os demais municípios que não obtiveram o nível de eficiência máximo dentro do modelo, exibem algum grau de diferencial relativo negativo de produtividade quando se compara o investimento com o nível total de produção atingido pelos mais eficientes.

Tabela 2 – Ranking de Eficiência produtiva da soja no Estado de Goiás

<i>Ranking</i>	Município	θ	<i>Ranking</i>	Município	θ
1º	Inhumas	1,000000	65º	Uruaçu	0,465524
2º	Jataí	1,000000	66º	Inaciolândia	0,463439
3º	Rio Verde	1,000000	67º	Maurilândia	0,456509
4º	Mineiros	0,993402	68º	Flores de Goiás	0,450640
5º	Cristalina	0,967448	69º	Joviânia	0,426368
6º	Perolândia	0,959605	70º	Panamá	0,416576
7º	Portelândia	0,915962	71º	Anápolis	0,405654
8º	Pirenópolis	0,908101	72º	Corumbá de Goiás	0,392443
9º	Ipameri	0,903021	73º	Planaltina	0,385258
10º	Caiapônia	0,899263	74º	Palminópolis	0,276820

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A Tabela 3 expõe os quantitativos referentes à frequência da taxa de eficiência, identificadas por meio da aplicação da abordagem de Análise Envoltória de Dados proposta. Entre os setenta e quatro municípios estudados, apenas três, atingiram o máximo nível de desempenho ($\theta = 100\%$). O maior número de municípios, encontram-se na frequência da taxa de eficiência entre 80 e 90%, como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Frequência das taxas de eficiência relativa

Frequência da taxa de eficiência	DMUs
$20\% < \theta \leq 50\%$	15
$50\% < \theta \leq 60\%$	15
$60\% < \theta \leq 70\%$	10
$70\% < \theta \leq 80\%$	9
$80\% < \theta \leq 90\%$	16
$90\% < \theta \leq 99,99\%$	6
$\theta = 100\%$	3

Fonte: Elaboração dos autores (2019).



UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE

5. CONCLUSÕES



A partir dos procedimentos metodológicos propostos, o estudo contribui para auxiliar os agentes econômicos na tomada de decisões gerenciais, relativas à alocação de recursos econômicos, com a finalidade de promover a expansão da eficiência produtiva do agronegócio do Estado de Goiás.

Com base no que foi exposto, os modelos de análise para a eficiência produtiva no Estado de Goiás, permitem concluir que apenas Rio Verde, Jataí e Inhumas, entre os setenta e quatro municípios analisados, apresentaram índice máximo de eficiência relativa. Porém, parte majoritária dos municípios estão com o nível médio de eficiência produtiva acima de 50%, o que pode ser considerado satisfatório.

Por meio do presente estudo, observa-se que o método DEA utilizado pode ser bastante útil no dia a dia dos grandes produtores, pois pode possibilitar a adoção das melhores práticas produtivas antes mesmo do processo ser iniciado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. S. **Avaliação da eficiência municipal na aplicação de recursos públicos**. Deutschland: Saarbrücken, 2017.
- ANTONIO, Adriano. **A importância, o potencial e o desenvolvimento do agronegócio na economia brasileira**. Clube de Autores, 2017.
- ARZUBI, A.; BERBEL, J. **Determinación de Índices de Eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires**. Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim. v. 17, n. 1-2, p. 103-123, 2002.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. **Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. *Management Science*, 1984.
- BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K.: **A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000**. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.
- CERICATTO, A. S.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. **A IMPORTÂNCIA DA SOJA PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE SOB O ENFOQUE DA PRODUÇÃO, EMPREGO E EXPORTAÇÃO**. APEC. Anais...2011
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, nov. 1978.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. New York: Springer Science, 2007.



UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE



- DALL'GNOL, A.; **The impact of soybeans on the brazilian economy**. In: Technical information for agriculture. São Paulo: Máquinas Agrícolas Jacto, 2000.
- FARRELL, M. J. **The Measurement of Productive Efficiency** *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 1957.
- FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. **Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra**. ENGEVISTA. v. 6, n. 1, p. 19-27, 2004.
- GOMES, R. R. et al. **Goiás no contexto nacional**. Goiânia: SEGPLAN/IMB, 2017.
- KASTER, M.; BONATO, E. R. Evolução da cultura da soja no Brasil. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Org.). **A soja no Brasil**. Campinas: Ital, 1981, p. 58-64.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2011-2012 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, pág. 92. ISSN 1982-4033, 2011.
- MIRANDA, R. S. **Ecologia política da soja e processos de territorialização da soja no Sul do Maranhão**. 2011. 203f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- NATARAJA, N. R.; JOHNSON, A. L. Guidelines for using variable selection techniques in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 215, n. 3, p. 662–669, 2011.
- ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E. **As Perspectivas de Expansão da Soja**. SOBER. **Anais...**Ribeirão Preto/SP: 2005
- SHAFIQ, M.; REHMAN, T. **The Extent of Resource Use Inefficiencies in Cotton Production in Pakistan's Punjab: an application of Data Envelopment Analysis**. *Agricultural Economics*. v. 22, p. 321-330, 2000.
- SILVA, R. D. P. da; FALCHETTI, S. A. Agronegócio, a cadeia produtiva da soja – uma análise sobre a ótica do sistema agroindustrial e reflexões em relação à internacionalização de empresas. **XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção–ENEGEP, ABEPRO**, v.1, p. 1-14, 2010.