AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

O HIATO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA NO PERÍODO DE 1961 A 2006

CRISTIANE MÁRCIA SANTOS; ANTÓNIO JOSÉ MEDINA DOS SANTOS BAPTISTA;

INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DAS PESCAS E UNIVERSIDADE JEAN PIAGET DE CABO VERDE

PRAIA, ILHA DE SANTIAGO - ZZ - BRASIL

crikamarcia@hotmail.com

APRESENTAÇÃO ORAL

Evolução e estrutura da agropecuária no Brasil

O HIATO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA NO PERÍODO DE 1961 A 2006

Grupo de Pesquisa: Evolução e estrutura da agropecuária no Brasil.

Resumo:
A produção agrícola constitui um dos principais indicadores de bem-estar da população rural de uma economia, sendo a mais utilizada quando se pretende avaliar a prosperidade econômica do setor agrícola. O objetivo deste estudo foi apresentar uma interpretação da produção agrícola com base na literatura sobre crescimento econômico e no conceito de produto potencial, que permite caracterizar a evolução da oferta potencial da economia, no período de 1961 a 2006. Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de função de produção, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção, utilizou-se a abordagem não-paramétrica de análise envoltória de dados, que é uma técnica não-paramétrica que se baseia na programação matemática, especificamente na programação linear. Os resultados mostraram que na década de 70 ocorreu o maior distanciamento entre o produto efetivo e potencial, indicando que nesta década com os insumos existentes a produção agrícola poderia ser maior. Na década de 60 e inicio dos

anos 2000 o produto observado e o potencial estiveram bem próximos, mas mesmo assim, na maioria dos anos o produto potencial foi maior que o observado, indicando que se os insumos fossem empregados de maneira eficiente a produção agrícola seria bem maior, e proporcionaria uma condição melhor para o Brasil frente aos seus concorrentes.
Palavras chaves: Produto agrícola efetivo, Hiato do produto agrícola, agricultura brasileira.

Abstract
Agricultural production is one of the main indicators of well-being of the rural population in an economy. This indicator is the most used when you evaluate the economic prosperity of the agricultural sector. This study presents an interpretation of agricultural production based on the literature on economic growth and the concept of potential output, which allows characterization of the evolution of the supply potential of the economy in the period from 1961 to 2006. This study is based on the principles of the theory of production, specifically the concept of the production function, which indicates the relationship between the production obtained in a given unit of time and the factors used in the production process. This paper used the non-parametric approach of the data envelopment analyzes, which is a no-parametric technique which is based on mathematical programming, specifically in linear programming. The results showed that the 70´s presented the biggest gap between the actual and potential production, indicating that in this decade agricultural production could be greater. In the decade of 60 and the early 2000 the observed product and potential were well coming, but still, in most years the potential output was greater than the observed, indicating that if the inputs were used efficiently to agricultural production would be much greater, and provide a condition better for Brazil ahead of their competitors.
Key-words: effective agricultural Product, agricultural potential Product, Brazilian agricultureProduct

1. Introdução

A produção agrícola constitui um dos principais indicadores de bem-estar da população rural de uma economia, sendo a mais utilizada quando se pretende avaliar a prosperidade econômica do setor agrícola. Neste estudo apresenta-se uma interpretação da produção agrícola com base na literatura sobre crescimento econômico e no conceito de produto potencial, que permite caracterizar a evolução da oferta potencial da economia e identificar alguns fatores estruturais que poderão ter limitado o crescimento da economia agrícola brasileira.

O produto potencial é definido como o nível máximo de produto que pode ser alcançado pela economia, sem gerar pressões inflacionárias – equivalentemente, o nível máximo de produto sustentável no qual os recursos existentes numa economia estão sendo utilizados na sua totalidade. O hiato do produto, por sua vez, é definido como a diferença entre produto efetivo e produto potencial. Ambas as variáveis são peças-chave para o arcabouço analítico que serve de base à formulação, análise ou avaliação da política monetária.

Desta forma, o hiato do produto é um tema muito debatido e analisado na análise econômica. Na literatura econômica encontram-se freqüentemente referências sobre este tema na macroeconomia, relacionando o hiato do produto com inflação (curva de Philips) e nas análises do desenvolvimento econômico. Os teóricos da corrente estruturalista acreditam que a inflação tem uma forte influência do hiato da produção agrícola.

O cálculo do produto potencial e do hiato do produto, para o setor agrícola brasileiro, permite não só avaliar a evolução do potencial de crescimento econômico, como também identificar alterações do seu padrão de evolução. Estes indicadores têm, em geral, um papel relevante em diversos domínios da análise econômica.

O produto potencial não é uma variável observável, sendo calculado com base num conjunto de informação relativo a variáveis observáveis, através da utilização de técnicas que combinam a teoria macroeconômica com a estatística. Estas técnicas são, habitualmente, agrupadas em duas categorias: os métodos estatísticos, por intermédio da aplicação de um filtro à série de produção, chegam ao produto potencial, e, por resíduo, ao hiato. e os métodos estruturais, que incorporam a teoria econômica no processo de cálculo do produto potencial. Ao contrário do que acontece com as variáveis observáveis, não é possível avaliar diretamente a qualidade do valor calculado para o produto potencial com base em desvios face aos valores observados. Assim, os valores calculados para cada ano devem sempre ser interpretados não como se de valores observados se tratassem, mas antes como grandezas com uma forte probabilidade de estarem próximas dos verdadeiros níveis da variável.

Os modelos mais utilizados no cálculo do produto potencial e do hiato do produto destacam os métodos estatísticos, implementam-se os filtros de Hodrick e Prescott (HP), Baxter e King (BK) e Christiano e Fitzgerald (CF). Ao nível dos métodos de natureza estrutural, considera-se a abordagem pela função de produção em duas formulações alternativas: a função com elasticidade de substituição constante (CES) e um seu caso particular, a função Cobb-Douglas (CD).

Neste estudo pretende-se estimar um indicador do hiato da produção agrícola brasileira no período de 1961 a 2006. Para tanto será utilizada a abordagem não-paramétrica de análise envoltória de dados para calcular indicadores do hiato do produto.

Este estudo encontra-se estruturado do seguinte modo: na secção 2 descreve-se o método utilizado para calcular o produto potencial; na secção 3 são discutidos os resultados; na secção 4, expõem-se as principais conclusões e apontam-se possíveis direções para estudos futuros.

2. Metodologia

Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de função de produção, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção.

O hiato do produto está estritamente relacionado com o conceito da "curva de possibilidades de produção" ou "fronteira de possibilidades de produção". Um aspecto que pode ser analisado por meio da função de produção diz respeito à produtividade e à eficiência.

Geralmente, de acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), ao analisar a produtividade, utiliza-se, freqüentemente, a produtividade parcial dos fatores, isto é, um produto em relação a um insumo. Esses indicadores, geralmente, não conseguem captar a idéia de que a produção seja resultado da interação de um conjunto de fatores. Nesse contexto, o enfoque da eficiência, que leva em conta a relação global de todos os insumos e produtos, parece ser mais realístico do que os tradicionais indicadores parciais de produtividade.

A medida de eficiência, que incorpora o aspecto global da produção, foi iniciada com os trabalhos de Farrell (1957). Nessa perspectiva, cada unidade de produção é avaliada em relação às outras unidades de um conjunto homogêneo e representativo. Dessa maneira, a medida de eficiência é relativa, e o respectivo valor para uma unidade de produção corresponde ao desvio observado em relação àquelas unidades consideradas eficientes.

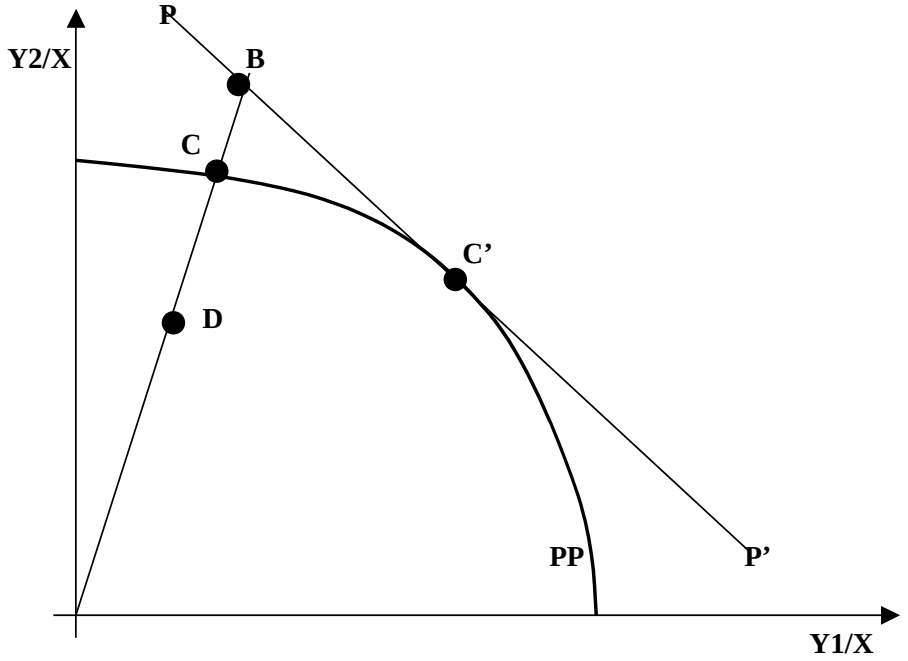
De acordo com Coelli *et al*. (1998), a definição de eficiência leva em conta a distinção entre eficiência técnica e eficiência alocativa. A técnica refere-se à habilidade da unidade de produção obter o máximo nível de produção, dado um conjunto de insumos ou, a partir de determinado nível de produto, conseguir produzir com a menor combinação de insumos. Uma produção é tecnicamente eficiente se não existir outro processo, ou combinação de processos, que consiga produzir o mesmo nível de produto, utilizando menores quantidades de insumos. A alocativa indica a habilidade de uma unidade de produção utilizar os insumos em proporções ótimas, dados os seus respectivos preços, e obter determinado nível de produção, a menor custo, ou, dado determinado nível de custos, obter a máxima quantidade de produtos. A combinação dessas duas medidas de eficiência resulta na eficiência econômica.

Neste trabalho utilizou-se apenas o conceito de eficiência técnica, tendo em vista que não se encontram disponíveis as informações de preços e também pelo fato de ser esta uma condição necessária para que a unidade possa ser economicamente eficiente.

Os conceitos de eficiência técnica e alocativa encontram-se ilustrados na Figura 1, considerando-se unidades de produção que utilizam a combinação de insumos (X) para produzir produtos (Y). A eficiência definida pela orientação-produto se refere à quantidade ótima de produtos que podem ser produzidos com determinado nível de insumo.

A fronteira de possibilidade de produção (PP') para certa quantidade de insumo é ilustrada na Figura 1 (orientação-produto), para unidades de produção que utilizam insumo (X) para produzir (Y1 e Y2). Se o insumo for eficientemente utilizado na unidade de produção, os produtos da unidade de produção que produz no ponto D poderão ser expandidos radialmente até o ponto C. Então, a medida de eficiência com orientação-produto pode ser definida pela razão 0D/0C. O ponto C é dito tecnicamente eficiente pelo fato de se encontrar na fronteira de produção. Entretanto, maior receita pode ser alcançada pela produção no ponto C'. Nesse caso, para que isso seja possível, devem ser produzidas maiores quantidades do produto Y1 e menos de Y2. Para alcançar um mesmo nível de receita que é possível ao produzir no ponto C', utilizando-se a mesma combinação de insumo e produto, o

produto deve ser expandido para o ponto B. Então, a eficiência alocativa será definida pela razão 0C/0B, da Figura 1.



Fonte: Coelli *et al.* (1998).
Figura 1 - Ilustração das medidas de eficiência técnica e alocativa.

Como ficou evidente na análise da eficiência exposto anteriormente, o nível de eficiência técnica de uma unidade de produção é caracterizado pela relação entre produção observada e produção potencial. A medida da eficiência das unidades baseia-se nos desvios da produção observada em relação à fronteira de produção. Quanto mais próximo da fronteira, melhor será a eficiência relativa das unidades; se estiver em cima da fronteira, será eficiente, caso contrário, ineficiente.

2.2. Modelo analítico

Segundo Estellita Lins e Meza (2000), a abordagem analítica rigorosa, aplicada à análise da eficiência na produção, originou-se do trabalho pioneiro de Farrell (1957), que, por sua vez, baseou-se nos trabalhos de Koopmans (1951) e Debreu (1951).

As duas abordagens mais utilizadas na análise de eficiência relativa de unidades de produção podem ser classificadas em paramétricas e não-paramétricas. A paramétrica utiliza a

econometria, especificamente, na estimação das funções de produção e fronteira de produção estocástica. Esta abordagem requer que sejam especificadas formas funcionais que relacionam os insumos e os produtos e utiliza medidas de tendência central para analisar a eficiência das unidades de produção em relação à unidade "média". A outra abordagem, a não-paramétrica, utiliza a programação matemática, especificamente, na programação linear. A partir dos dados disponíveis sobre as unidades de produção, é construída uma fronteira linear por partes e, utilizando-se medidas radiais e de função de distância, analisa-se a eficiência das unidades de produção em relação à distância da fronteira construída com as "melhores" unidades de produção (as mais eficientes).

De acordo com Charnes *et al*. (1994), o pressuposto inicial é que, se uma unidade de produção "£" for dita eficiente, utilizando-se certa quantidade de insumo, e conseguir produzir certa quantidade de produto, espera-se que qualquer outra unidade, utilizando-se a mesma quantidade de insumo, possa produzir o mesmo nível de produto que "£", se estas também operarem eficientemente. A idéia central dessa técnica é encontrar a melhor unidade "virtual" para cada unidade real. Se a unidade "virtual", que pode ser uma combinação convexa de outras unidades reais, conseguir produzir maiores quantidades de produtos, utilizando-se a mesma ou menor quantidade de insumos, então a unidade de produção real será ineficiente. Esta abordagem, não obstante ser determinística, possui inúmeras virtudes em relação à abordagem paramétrica, e seu uso se encontra generalizado nos trabalhos empíricos de análise de eficiência relativa das unidades de produção (ESTELLITA LINS e MEZA, 2000; MARMOLINERO e WORACKER, 1996).

Neste estudo utilizou-se a abordagem não-paramétrica de análise envoltória de dados.

A análise envoltória de dados é uma técnica não-paramétrica que se baseia na programação matemática, especificamente na programação linear, para analisar a eficiência relativa de DMUs1.

Segundo Charnes *et al.* (1994), para estimar e analisar a eficiência relativa das DMUs, a DEA utiliza a definição de ótimo de pareto, segundo o qual nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que sejam aumentados os seus insumos ou diminuída a produção de outro produto, e, de forma alternativa, quando nenhum insumo pode ser diminuído sem ter que diminuir a produção de algum produto. A eficiência é analisada, relativamente, entre as unidades.

Charnes *et al*. (1978) generalizaram o trabalho de Farrell (1957), para incorporar a natureza “multiproduto” e “multiinsumo” da produção, propondo a técnica DEA para a análise das diferentes unidades, quanto à eficiência relativa.

O modelo DEA com orientação-produto, procura maximizar o aumento proporcional nos níveis de produto, mantendo fixa a quantidade de insumos. De acordo com Charnes *et al.*

[1] DMUs (Decision Making Units) é um termo utilizado na técnica DEA para referenciar unidades homogêneas que utilizam insumos semelhantes para produzir produtos semelhantes e têm autonomia para tomar decisões.

(1994) e Estellita Lins e Meza (2000), pode ser representado, algebricamente, pelo seguinte Problema de Programação Linear-PPL,

$$
\begin{aligned}
& max_{\phi,\lambda,S^+,S^-} \quad \phi \\
& s.a \qquad \phi y_i - Y\lambda + S^+ = 0, \\
& - x_i + X\lambda + S^- = 0, \\
& - \lambda \leq 0, \\
& - S^+ \leq 0, \\
& - S^- \leq 0.
\end{aligned} \tag{1}
$$

em que y_i é um vetor (m x 1) de quantidades de produto da i-ésima DMU; x_i é um vetor (k x 1) de quantidades de insumo da i-ésima DMU; Y é uma matriz (n x m) de produtos das n DMUs; X é uma matriz (n x k) de insumos das n DMUs; λ é um vetor (n x 1) de pesos; S^+ é um vetor de folgas relativo aos produtos; S^- é um vetor de folgas relativos aos insumos; e ϕ é uma escalar que tem valores iguais ou maiores do que 1 e indica o escore de eficiência das DMUs, em que um valor igual a um indica eficiência técnica relativa da i-ésima DMU, em relação às demais, e um valor maior do que um evidencia a presença de ineficiência técnica relativa. Nota-se, também, que $1/\phi$ é o escore de eficiência técnica da i-ésima DMU e varia de 0 a 1. O problema apresentado em (1) é resolvido n vezes - uma vez para cada DMU, e, como resultado, apresenta os valores de ϕ, S^+, S^-, e λ, sendo ϕ o escore de eficiência da DMU sob análise e λ fornece os *peers* (as DMUs eficientes que servem de referência ou *Benchmark* para a i-ésima DMU ineficiente).

Uma vez obtidas as folgas, pode-se projetar o ponto ineficiente da i-ésima DMU para a fronteira eficiente, da seguinte forma:

$$YPi = \phi yi + S^+, \tag{2}$$

em que *YPi* é o ponto projetado e indica a produção potencial da i-ésima DMU; ϕ é o escore de eficiência estimada para a i-ésima DMU; *yi* indica a produção atual da i-ésima DMU; e S^+ refere-se às folgas de produto da i-ésima DMU.

O hiato do produto será calculado pela diferença entre a produção potencial (YPi) e a produção observada (yi) da i-ésima DMU.

2.2. Dados utilizados no estudo e procedimentos

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados no *site* da FAO (www.fao.org) especificamente, no banco de dados estatísticos sobre agricultura.

Para analisar a eficiência relativa, utilizaram-se as variáveis (output) índice de produção agrícola; quanto às variáveis (input), utilizou-se: quantidades de tratores em uso; número de população agrícola, área utilizada para agricultura e o gasto com fertilizantes

medidas em toneladas. Todas essas variáveis referem-se ao período de 1961 a 2006. Nota-se que as DMUs referem-se a anos (período de 1961 a 2006), isto é, a DMU1, DMU2, DMU3, ... DMU46 referem-se aos anos de 1961, 1962, 1963,... e 2006 respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram a produção observada e a potencial da agricultura brasileira no período de 19961 a 2006. Verifica-se que apenas nos anos de 1961, 1962, 1965, 1995 e 2006, o produto observado foi igual ao produto potencial, indicando que todos os insumos foram empregados de forma eficientes, fazendo com que a produção observada fosse a ideal. Já nos demais anos verifica-se que a produção agrícola poderia ser maior, dados os insumos utilizados. Desta forma, a agricultura brasileira poderia ter crescido mais e ter contribuído para um maior desempenho do Brasil frente aos seus concorrentes.

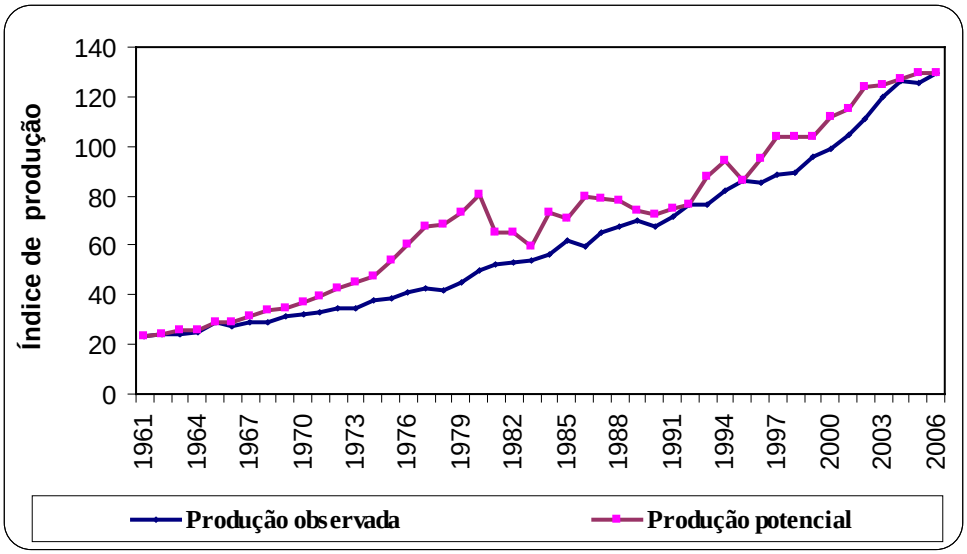
Tabela 1 – Produção observada e potencial da agricultura Brasileira, 1961 a 2006

Ano	Produção observada	Produção potencial	Ano	Produção observada	Produção potencial
1961	23	23	**1984**	56	73
1962	24	24	**1985**	62	71
1963	24	26	**1986**	59	79
1964	25	26	**1987**	65	79
1965	29	29	**1988**	68	78
1966	27	29	**1989**	70	74
1967	29	32	**1990**	68	72
1968	29	34	**1991**	72	75
1969	31	34	**1992**	76	77
1970	32	37	**1993**	76	87
1971	33	40	**1994**	82	94
1972	35	43	**1995**	86	86
1973	35	45	**1996**	85	95
1974	38	48	**1997**	88	104

1975	39	54	**1998**	89	104
1976	41	60	**1999**	96	104
1977	43	67	**2000**	99	112
1978	42	69	**2001**	105	115
1979	45	73	**2002**	111	124
1980	50	80	**2003**	120	125
1981	52	65	**2004**	126	127
1982	53	65	**2005**	126	129
1983	54	59	**2006**	129	129

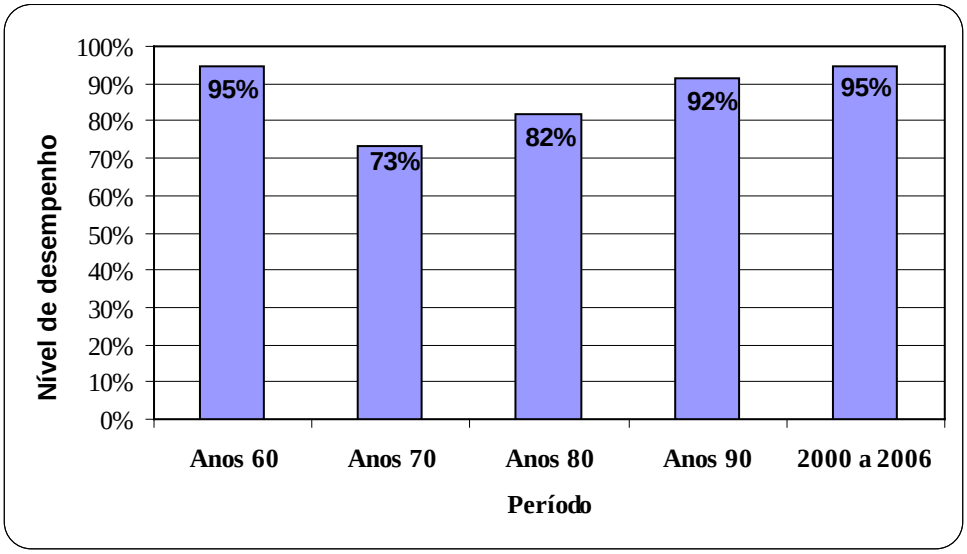
Fonte: Resultados da pesquisa

A Figura 2 mostra o produto efetivo e potencial da agricultura brasileira, verifica-se que na década de 70 ocorre o maior distanciamento entre o produto efetivo e o potencial, indicando que nesta década com os insumos existentes, neste período, a produção agrícola poderia ter sido maior. Na década de 60 e inicio dos anos 2000 o produto observado e o potencial estiveram bem próximos, mas mesmo assim, na maioria dos anos o produto potencial foi maior que o observado. Este fato indica que o Brasil pode aumentar a sua produção agrícola utilizando os insumos existentes. E o aumento da produção ira proporcional uma melhoria no bem-estar da população residente no setor agrícola brasileiro.



Fonte: Resultados da pesquisa.
Figura 2 - Produção agrícola brasileira observada e potencial, 1961 a 2006.

A Figura 3 apresenta a media do desempenho da agricultura brasileira por década no período de 1961 a 2006. Verifica-se que a década de 70 apresentaram os piores anos para a produção agrícola brasileira, ou seja, foi o pior desempenho da agricultura levando em consideração os insumos existentes. Em contrapartida as décadas de 60 e o inicio dos anos 2000, foram os de melhores desempenhos da agricultura brasileira.



Fonte: Resultados da pesquisa
Figura 3 – Desempenho da Agricultura brasileira por décadas.

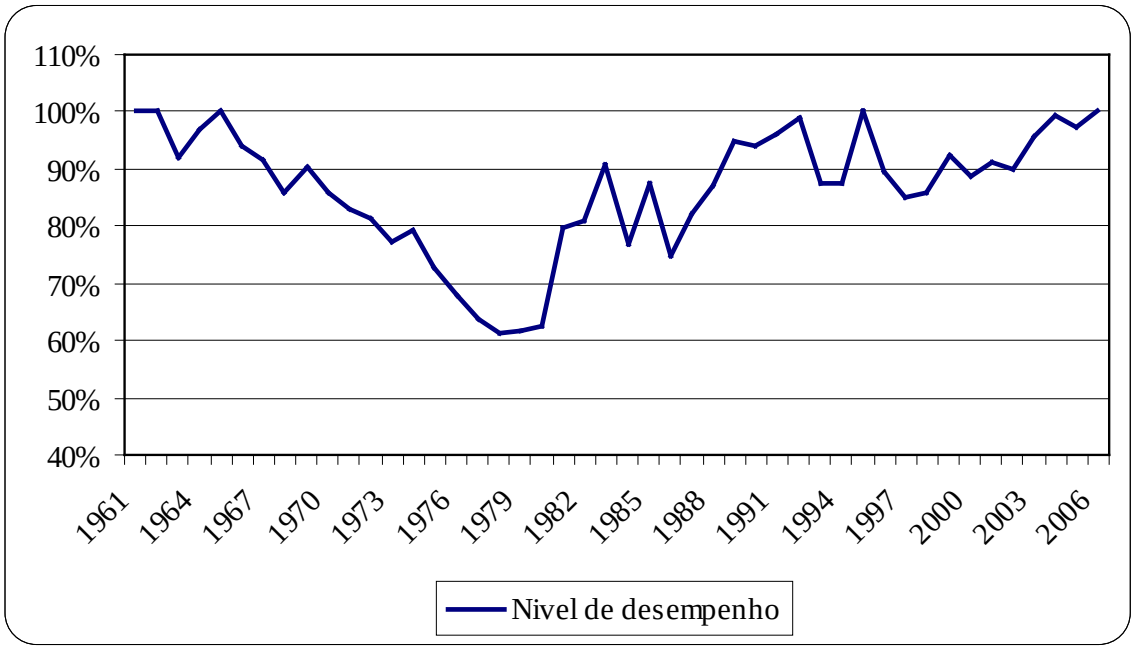
O bom desempenho da década de 60 está relacionado principalmente com o aumento da produtividade da agropecuária, a partir de 1965, que ocorreu o aumento de investimentos elevados para a adoção de novos processos produtivos que possibilitassem a expansão da produção brasileira. Desse modo, as políticas adotadas na segunda metade da década de 60, sugeridas eram de curto prazo, como preços mínimos, crédito e assistência técnica, beneficiavam apenas grandes e médios produtores, e mantinham a estrutura agrária vigente e apoiada em vultosos subsídios. Nessas condições, iniciou-se a ampliação do uso da mecanização, de fertilizantes, defensivos agrícolas e outros insumos, que viabilizou a utilização de grandes áreas em uma mesma propriedade e permitiu a expansão de culturas de larga escala, como a soja, o milho, o trigo e a cana-de-açúcar. Assim, estas políticas contribuíram para o bom desempenho da agricultura brasileira na década de 60.

Já a década de 70, não conseguiu acompanhar o bom desempenho da década passada, uma das causas foi o modelo de substituição de importação que acabou levando ao Brasil se preocupar principalmente com o desenvolvimento industrial e a agricultura passou a ser apenas fonte de receita para o desenvolvimento urbano industrial, e o governo deixou de investir na agricultura. Na década de 80, foi marcada pela adoção de políticas de

estabilização da economia, nesta década ocorreram cortes nos gastos da agricultura, principalmente nas políticas de médio e longo prazo.

A partir da década de 90, o setor agrícola brasileiro vem evoluindo ao longo dos anos, modernizações nas técnicas de cultivo, formando complexas redes de armazenamento, processamento, industrialização e distribuição. E estes fatos contribuíram para melhorar o desempenho da década de 90 e inicio dos anos 2000.

A Figura 4, apresenta o desempenho da produção agrícola brasileira. Verifica-se que os melhores desempenhos foram nas décadas de 60, 90 e no inicio dos anos 2000. As quedas na década de 90 e inicio dos anos 2000 são influenciadas (principalmente em 94) pela crise do México, 1997 pela crise asiática, 2001 pela crise energética brasileira.



Fonte: Resultados da pesquisa
Figura 4 – Nível do desempenho da produção agrícola brasileira, 1961 a 2006.

Assim, verifica-se que o Brasil tem grande potencialidade de aumentar o seu produto agrícola, mantendo as condições existentes no países, e as utilizando de forma adequadas. E desta forma, melhorar o bem-estar da sua população e poder competir de forma eficiente com seus concorrentes.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A estimação do produto potencial e do hiato do produto, para o setor agrícola brasileiro, permite não só avaliar a evolução do potencial de crescimento econômico, como

também identificar alterações do seu padrão de evolução. Estes indicadores têm, em geral, um papel relevante em diversos domínios da análise econômica.

Neste artigo calculou-se uma medida do hiato do produto agrícola e estimou o produto potencial para a agricultura Brasileira, utilizando a abordagem não paramétrica da análise envoltória de dados.

Os resultados obtidos permitiram estimar o produto potencial da agricultura brasileira e ter idéia sobre o hiato da produção agrícola neste período. Os resultados indicaram que os anos da década dos 70 e 80 foram os piores em termos do desempenho da agricultura brasileira. Em partes, devido aos choques do petróleo e políticas macroeconômicas de combate á inflação adaptadas no Brasil. Apesar da redução da distância entre o produto potencial e o produto observado - hiato, o desempenho da produção agrícola brasileira foi ineficiente, sendo que, os insumos não foram empregados de maneira eficiente. Se os insumos fossem empregados de maneira eficiente a produção agrícola seria bem maior, e proporcionaria uma condição melhor para o Brasil frente aos seus concorrentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A., COOPER, W.W., LEWIN, A.Y., SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 513p.

COELLI, T.J.; RAO, P.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998.

ESTELLITA LINS, M.P., MEZA, L.A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à tomada de decisão**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000. 232p.

FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, p. 252-290, 1957.

MARMOLINERO, C.; WORACKER, D. Data envelopment analysis: a non-mathematical introduction. **Operational Research Insight**, v. 9, n. 4, p. 22-33, 1996.