

ESTIMAÇÃO DE UMA FRONTEIRA EFICIENTE PARA AVALIAR A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DOS MUNICÍPIOS DO SERTÃO PARAIBANO, ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Francisco Daladier Marques Júnior¹, Francisco Daladier Marques, Jorge Luiz de Castro e Silva³, Antônio Clécio Fontelles Thomaz³, Walisson Ferreira Pereira³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

²Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER-PB)

³Laboratório de Otimização e Gestão de Inteligência (LOGIN) – Universidade Estadual do Ceará (UECE)

daladierjr@ifpb.edu.br, marquesdaladier@hotmail.com, {jlcs,clecio}@larces.uece.br, walisson.pereira@uvanet.br

RESUMO

Este trabalho usa um método de estimação não-paramétrico de fronteira Pareto-Koopman eficiente, que usa a programação linear, denominada Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliar a produção agrícola dos municípios do sertão paraibano. Foi empregado o modelo BCC tanto orientado a entradas, para avaliar o impacto da diminuição destas entradas em relação às saídas produzidas, quanto orientado às saídas, para avaliar a maximização destas, gerando fronteiras eficientes que podem ser usadas pelos gestores para criar melhores políticas públicas para o aumento da produção agrícola da região analisada.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados (DEA), BCC, Agronegócio.

ABSTRACT

This paper uses a method of estimating non-parametric frontier Pareto-efficient Koopman, which uses linear programming called Data Envelopment Analysis (DEA) to assess the agricultural production of the municipalities in hinterland of Paraíba State from Brazil. Was used both oriented BCC model inputs to assess the impact of the reduction of these inputs in relation to outputs produced, and directed to output, to assess the maximization of these, generating efficient frontiers that can be used by managers to create better public policy increasing agricultural production in the region analyzed.

1. Introdução

O agronegócio vem crescendo com modernas tecnologias, advindas do avanço das ciências agrárias, fazendo que a produtividade do setor aumentasse quase o dobro nos últimos 20 anos com a mesma área plantada (um aumento de 50,8 milhões de toneladas, para 100 milhões de toneladas). Tal desempenho logrou êxito graças a aplicação de técnicas, pesquisas e insumos de primeira linha (GUANZIROLI, 2006).

O bom resultado da agropecuária brasileira, em 2010, o setor cresceu 6,5% em relação ao ano de 2009, segundo dados do IBGE (2011). Destacaram-se como principais culturas que contribuíram para a melhora no desempenho: a soja (20,2% de aumento com relação ao ano de 2009), o trigo (20,1% de aumento com relação ao ano de 2009), o café (17,6% de aumento com relação ao ano de 2009), a cana (9,4% de aumento com relação ao ano de 2009) e a laranja (4,1% de aumento com relação ao ano de 2009).

É fato que as constantes mudanças climáticas podem contribuir negativamente na produção de um país ou de uma região, de um ano para o outro, mas a maior acurácia das previsões meteorológicas vem diminuindo estes impactos, fazendo com que produtores possam melhor se prepararem.

Outros ramos da agropecuária brasileira destacam-se mundialmente, tal como as produções: bovinas, suínas e de aves. Nestes setores produtivos o Brasil está sempre liderando as estatísticas mundiais, tendo papel preponderante no cenário econômico mundial. Entretanto, estes setores não serão abordados nesta pesquisa.

Um exemplo dos resultados positivos do agronegócio brasileiro é a empresa Brasil Foods S.A., criada com a junção da Sadia e Perdigoão, entre outras empresas pertencentes às duas

empresas anteriores. A Brasil Foods S.A. é atualmente a maior empresa exportadora de carnes (bovina, suína e de aves) do mundo, segundo pesquisa divulgada no site BiZ, ligado ao Finance Yahoo, com um capital maior que os seus três concorrentes mais próximos (YAHOO, 2011).

Esta pesquisa teve como cenário o sertão paraibano, compreendendo as regionais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER-PB), mais especificamente os municípios das regionais de: Cajazeiras, Itaporanga, Pombal e Sousa. A EMATER-PB é uma empresa estadual da Paraíba, que tem como objetivos, segundo o decreto estadual número 6.755, de 18 de dezembro de 1975:

- I - Colaborar com os órgãos competentes da Secretaria da Agricultura e Abastecimento e do Ministério da Agricultura na formulação e execução das políticas de assistência Técnica e extensão no Estado;
- II - Planejar, coordenar e executar programas de assistência técnica e extensão rural, visando a difusão de conhecimentos de natureza técnica, econômica e social, para aumento da produção e produtividade agrícola e a melhoria das condições de vida no meio rural do estado da Paraíba, de acordo com a política de ação dos Governos Federal e Estadual.

Nesta pesquisa foi utilizada a Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês Data Envelopment Analysis) para estimar uma fronteira Pareto-Koopman eficiente, com a finalidade de analisar a produtividade agrícola dos municípios, sob uma ótica voltada aos Retornos Variáveis de Escala (RVE), usados pelo modelo BCC de Banker, Charnes e Cooper (1984). Contudo, as análises BCC são mostradas usando modelos orientados a: i) entradas, buscando a minimização destas entradas sem alteração das saídas, e; ii) saídas, visando a maximização da produção.

Este trabalho está organizado em seções, assim serão apresentados, adiante, um breve embasamento teórico sobre a DEA, após será mostrado o cenário onde foram colhidos os dados, com nuances sobre as regiões analisadas e o setor pesquisado, posteriormente são especificados os resultados obtidos, através da DEA no modelo BCC-I (BCC orientado a entradas) e BCC-O (BCC orientado a saídas), na próxima seção a análise dos resultados obtidos, logo após apresenta-se a conclusão e, finalmente, as sugestões de trabalhos futuros.

Este trabalho está organizado em seções, assim são apresentados, adiante, um breve embasamento teórico sobre a DEA, após é mostrado o cenário onde foram colhidos os dados, com nuances sobre as regiões analisadas e o setor pesquisado, posteriormente são especificados os resultados obtidos, através da DEA no modelo BCC-I (BCC orientado a entradas) e BCC-O (BCC orientado a saídas), na próxima seção a análise dos resultados obtidos, logo após apresenta-se a conclusão e, finalmente, as sugestões de trabalhos futuros.

2. Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados se confunde com a Teoria da Produção, pois ambas buscam a eficiência das empresas que são submetidas às análises. A DEA surgiu de conceitos da produção microeconômica que, segundo Ferreira e Gomes (2009), foram registrados no livro de Johann-Heinrich Von Thünen (1783-1850), intitulado de “O Estado Isolado” e, tal obra, tratava da melhoria na produção agrícola.

Lins e Calôba (2006) apontam que, em 1951, Debreu introduziu uma medida radial de eficiência técnica, denominada de coeficiente de utilização de recursos. Tal medida radial pretende alcançar a máxima redução equiproporcional de todas as entradas ou a máxima expansão equiproporcional de todas as saídas; sendo tanto as entradas, como as saídas, independentes de unidades. O grande problema deste modelo é que o mesmo pode ser ineficiente na definição de Pareto-Koopman.

Segundo Ferreira e Gomes (2009) um grande passo em prol da avaliação das eficiências de setores produtivos foi dado pelo cientista James Farrel em seu trabalho: “The Measurement of Productive Efficiency” em 1957, onde Farrel desenvolveu métodos para avaliar a produtividade, através dos conceitos de análise de atividades; mas tal trabalho limitou-se a usar apenas um único produto, pois, ao se trabalhar com múltiplos produtos, o modelo tornava-se ineficiente para a aplicação de um grande conjunto de dados. Tal trabalho lhe valeu o prêmio Nobel de economia.

A DEA surgiu como método de estimação de fronteira eficiente, na década de 70, no

esforço de Edwardo Lao Rhodes em obter o grau de PhD [COOPER et. al. 2007]. Deste modo, em 1978, o termo DEA apareceu em um relatório chamado de: “A Data Envelopment Analysis Approach to Evaluation of the Program Follow Through Experiment in U.S. Public School Education”. O relatório descreveu uma avaliação da eficiência de escolas públicas que pertenciam ao programa educacional Follow Through para alunos carentes, tornando-se um marco, para aplicar princípios de projetos estatísticos, a fim de mensurar um conjunto de escolas que faziam parte deste projeto. Tal trabalho introduziu o termo DMU (Data Making Unit), onde, naquele caso, eram as escolas avaliadas. Por ter utilizado um grande conjunto de dados, o trabalho de Rhodes não teve nenhum problema com as variáveis de entrada e saídas usadas. Assim, a DEA corrigiu os erros oriundos de trabalhos anteriores. Deste trabalho seminal surgiu o modelo com Retornos Constantes de Escala (RCE), denominado CCR, nome das iniciais dos cientistas que criaram o modelo: Charnes, Cooper e Rhodes, sendo que este modelo não será abordado neste trabalho.

Por ser uma técnica de avaliação de unidades tomadoras de decisão não-paramétricas, i.e., as medidas usadas pelas entradas e pelas saídas não precisam ser transformadas ou convertidas, pois o modelo julga-os da forma como eles foram extraídos. Entretanto, existem uma série de modelos que podem ser utilizados para avaliar estas DMUs, sendo voltados para a avaliação orientada às entradas, ou orientada às saídas e, ainda, outros que visam, simultaneamente, diminuir as entradas e aumentar as saídas, como é o caso do modelo MBF (Modelo Baseado em Folgas). Na DEA as empresas são avaliadas segundo os modelos, usando a programação linear, mais especificamente o algoritmo Simplex (NELDER, 1965), para encontrar uma fronteira de eficiência, ou seja, as empresas que são consideradas modelos de referência ou *benchmarks* para as outras, estas outras empresas ineficientes precisam copiar o desempenho do(s) seu(s) *benchmark(s)* mais próximos, com o intuito de tornarem-se eficientes, segundo o modelo analisado.

A suposição de Retornos Variáveis de Escala (RVE) só é apropriada quando todas as DMUs estão operando em uma escala ótima. A competição imperfeita, restrições de capital, regulamentações governamentais, etc. podem fazer com que as firmas não operem em uma escala ótima [COELLI 1996]. Através desta máxima Banker, Charnes e Cooper (1984) sugeriram um ajuste ao modelo CCR. Desta forma, tal modelo ficou, também, conhecido por BCC que são as iniciais dos criadores do modelo. Esse modelo pressupõe RVE:

- **Retorno Crescente (RNC) ou Não-Decrescente** – quando o aumento do número de entradas ocasiona o aumento desproporcional maior no número de saídas, o que ocorre quando uma firma está operando muito abaixo de sua capacidade ótima.
- **Retorno Constante** – quando o aumento do número de entradas causa um aumento proporcional nas saídas, ou seja, uma firma com retorno constante, operando em sua capacidade ótima.
- **Retorno Decrescente (RND) ou Não-Crescente** - quando o aumento do número de entradas, ocasiona o aumento desproporcional menor no número de saídas; o que ocorre, quando uma firma está operando muito acima de sua capacidade ótima.

Com a presença de vários tipos de retorno, as restrições impostas aos modelos de multiplicadores e de envoltório mudam. Assim, quando é RCE, $\mu_0=0$; quando RVE, μ_0 é livre; quando RNC, $\mu_0 \leq 0$, e; quando o RND, $\mu_0 \geq 0$. Deste modo, os modelos tradicionais da DEA: CCR e BCC, entre outros modelos, usam as formas: fracionária, multiplicadores (primal) e envoltória (dual), atuando em ambas as orientações. Entretanto, o modelo usado por este trabalho será o BCC nas orientações para entradas e saídas.

A forma da fronteira não-paramétrica linear, na DEA, pode causar dificuldades na medida de eficiência [COELLI 1996]. Este problema é gerado, devido às seções (pedaços ou vizinhos ou *peers*), usadas na fronteira linear paralelas aos eixos, o que não ocorrem em muitas funções paramétricas. Neste caso, podem existir empresas que sejam avaliadas como eficientes, mas que possuem folgas/excessos, sendo consideradas falso eficientes. Destarte, este trabalho busca calcular as folgas/excessos das firmas avaliadas, para que estas sejam efetivamente eficientes.

3. Cenário

Mesmo com o crescimento de 5,5% do PIB paraibano no ano de 2010, em relação ao biênio 2007-2008, o estado da Paraíba ainda ocupa a 18ª posição no ranking dos estados brasileiros, segundo dados do IBGE. Além disso, a Paraíba possui, segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV), a 20ª pior renda per capita do país. Estes dados poderiam ser melhores, caso existissem políticas públicas eficazes no combate à pobreza, aliados a uma massificação da educação, geração de empregos diretos e indiretos, diminuição drástica da corrupção, culminando no tráfego de influência entre os setores produtivos, entre outros.

Nos últimos anos o governo federal vem contribuindo com a erradicação da pobreza com programas sociais, tais como: Fome Zero, Bolsa Família, Bolsa Escola, Vale Gás, Seguro Safra, dentre outros. Porém, tais programas vêm acelerando o desemprego no interior do nordeste, devido principalmente à falta de educação básica de sua população, que muitas vezes fica inerte com os subsídios do governo, migrando para a presa fácil das drogas e do alcoolismo. É de conhecimento geral que muitos agricultores estão migrando da zona rural para a zona urbana, aumentando os bolsões de pobreza. Todavia, esta migração faz com que haja a escassez de mão-de-obra no campo, fazendo com que a produção em muitas cidades tenha diminuído consideravelmente nos últimos anos. Esta situação fez com que as cidades tanto do sertão paraibano, quanto outras cidades do estado se tornassem meros importadores dos produtos ligados ao agronegócio, trazendo consigo uma considerável alta nos preços dos produtos deste setor.

Governos estaduais e federal precisam rever suas políticas públicas, vislumbrando mais programas que fixem o homem no campo, gerando riquezas, a fim de diminuir distorções históricas, para que os estados nordestinos (e outros) possam acompanhar o bom momento brasileiro de crescimento, além de justificar o grande investimento na transposição do Rio São Francisco e os frutos que as terras irrigadas hão de colher.

Um bom exemplo de aplicação de recursos e políticas públicas pode ser visto nas várzeas de Sousa-PB, que compreende, ainda, o município de Marizópolis, onde o Canal da Redenção leva água do açude Mãe D'água (o maior do estado), da cidade de Coremas-PB, para irrigar a produção de côco, banana, arroz, entre outras. Vale ressaltar que o côco das várzeas de Sousa está sendo exportado para outros países e regiões brasileiras devido a sua qualidade.

Esta pesquisa levantou os dados de 52 municípios do sertão paraibano, que fazem parte das regionais da EMATER-PB de: Cajazeiras (12 municípios), Itaporanga (19 municípios), Pombal (9 municípios) e Sousa (12 municípios). Entretanto, optou-se em excluir da análise 10 DMUs, pois estes municípios não possuíam funcionários da EMATER-PB lotados neles, perfazendo um total de 42 DMUs. A figura 1 ilustra a região do levantamento de dados.

A EMATER-PB é dividida em regionais, que por sua vez possuem escritórios locais, onde são lotados seus funcionários, geralmente de acordo com a população da cidade. Os escritórios locais contam com uma série de funcionários: auxiliares de escritório, extensionistas rurais I (técnicos), extensionistas sociais I (técnicos), extensionistas rurais II (agrônomos), além de veterinários, zootecnistas, engenheiros de pesca, entre outros. Para esta pesquisa foram separadas duas categorias de funcionários: a) os técnicos, formados pelos extensionistas rurais I, extensionistas sociais I, e; b) os engenheiros, onde os engenheiros são formados em sua maioria pelos agrônomos, sendo que nesta pesquisa foram considerados nesta categoria os veterinários, além dos engenheiros de pesca.

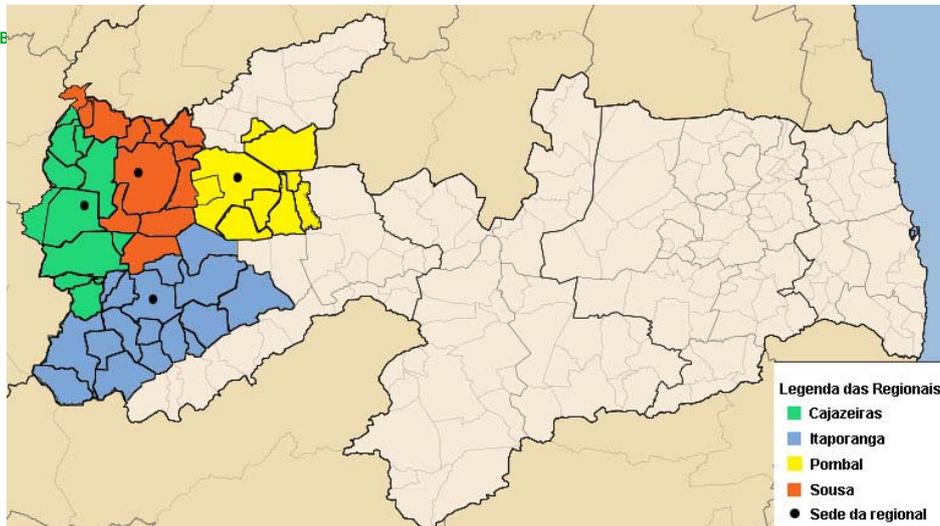


Figura 1. Cenário com as regionais sertanejas da EMATER-PB e seus municípios.

As entradas do modelo são compostas por: número de técnicos (X1), número de engenheiros (X2), área do município em quilômetros quadrados (km²) (X3) e tamanho da população rural (X4). As saídas do modelo são compostas por: total da produção permanente em toneladas (Y1) e total da produção temporária em toneladas (Y2).

Em relação às saídas, a produção permanente, dos municípios analisados, é destinada às culturas de: algodão arbóreo, banana, castanha de caju, goiaba, limão, mamão, manga e maracujá. E a produção temporária é relativa às lavouras de: algodão herbáceo, amendoim, arroz, batata doce, cana-de-açúcar, fava, feijão, mamona, mandioca, milho e tomate.

As informações acerca da: área do município em quilômetros quadrados, tamanho da população rural, total da produção permanente em toneladas e total da produção temporária em toneladas foram retiradas da área @Cidades do site do IBGE (IBGE, 2011).

É importante frisar que existem várias cidades com ausências de entradas: quer seja no número de engenheiros, ou quer seja no número de técnicos extensionistas, mas, mesmo assim, os tomadores de decisão julgaram que estas cidades são importantes para a avaliação das demais unidades, visto que tais unidades podem tornar-se eficientes mesmo com a ausência destas entradas, por questões culturais/regionais. Contudo, a presença destes zeros não afeta uma avaliação mais acurada, pelo fato de que a matriz de correlação usada, que pode ser vista na tabela 1, não apontar nenhuma variável a ser excluída.

Outra informação a ser destacada é que não foram levados em consideração outros tipos de entradas/saídas relevantes no âmbito da agricultura, tal como: fertilizantes, defensivos, ganhos de capital, entre outros, devido ao fato de que a produção em muitas destas cidades é voltada à agricultura familiar. Contudo, tais dados foram omitidos por não constarem nos dados pesquisados e disponibilizados no censo do IBGE mais recente.

4. Resultados obtidos

Como já mencionado, o software utilizado para a criação das fronteiras de eficiência Pareto-Koopman DEA foi o DEA Solver da Saitech. Esse software gera como resultado final um arquivo do Microsoft Excel, contendo uma série de planilhas que sumarizam os resultados. Tais resultados foram organizados e formatados para facilitar o entendimento, estas planilhas serão vistas adiante.

Por ser um método quantitativo de criação de uma fronteira de eficiência, não-paramétrica, a DEA precisa de um grande número de DMUs, para obter uma eficácia maior nos resultados obtidos. Charnes et. al. (1989) propõem uma heurística que recomenda que o número mínimo de firmas avaliadas deve ser maior ou igual a três vezes a soma das entradas e saídas, outros autores recomendam ainda mais vezes. Assim, este trabalho trabalha com 7 vezes a soma das variáveis de entradas com as saídas.

O uso das matrizes de correlação é empregado pelo Solver usado, para mostrar o grau de correlação entre as variáveis (x,y), ou seja, as variáveis de entrada e de saída do modelo, avaliando a disposição destes pontos através de uma reta. Tal coeficiente de correlação pode variar entre -1 e 1, eliminando as variáveis com forte correlação, i.e., que a relação entre os

pontos seja maior que 0.85. Nesta pesquisa, no entanto, nenhuma variável foi descartada, pois o índice de correlação das variáveis foi abaixo do limite, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Matriz de Correlação das Entradas (X) por Saídas (Y).

	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2
X1	1	0,798	0,684	0,678	0,486	0,157
X2	0,798	1	0,605	0,657	0,706	0,116
X3	0,684	0,605	1	0,701	0,346	0,374
X4	0,678	0,657	0,701	1	0,583	0,284
Y1	0,486	0,706	0,346	0,583	1	0,178
Y2	0,157	0,116	0,374	0,284	0,178	1

Na Tabela 2 são mostrados os dados reais das DMUs a serem analisadas pela DEA.

Em seguida, na Tabela 3 podem ser vislumbrados os resultados das eficiências técnicas das DMUs analisadas, sob o ponto de vista do modelo BCC-I, além das folgas nas entradas, faltas nas saídas e o tipo de rendimento (RVE).

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que das 26 DMUs consideradas eficientes, onde 7 delas operam em escala constante, o que significa que estas cidades operam em sua capacidade ótima, sendo 6 operando em escala crescente, o que significa que operam muito abaixo de sua capacidade ótima e apenas uma opera em escala decrescente, mostrando que esta opera muito acima de sua capacidade ótima. Contudo, ao retirar as folgas e as faltas do modelo, projetando as DMUs em busca da fronteira eficiente, num movimento radial, existirão 3 DMUs em escala constante, 25 DMUs operando em escala crescente e nenhuma em escala decrescente, o que mostra que o modelo original sem as folgas/faltas tem DMUs falso eficientes.

A Tabela 4 mostrará os resultados das eficiências técnicas das DMUs analisadas, sob o ponto de vista do modelo BCC-O, além das folgas nas entradas, faltas nas saídas e o tipo de rendimento (RVE).

Os resultados apresentados na Tabela 4, adiante, mostram que das 10 DMUs consideradas eficientes, nenhuma está operando em escala constante, destas duas operam em escala crescente e apenas uma opera em escala decrescente. Contudo, ao retirar as folgas e as faltas do modelo, ou seja, as unidades falso eficientes se movimentarão em busca da fronteira, porém o tipo de rendimento muda e, assim, com a projeção do movimento radial agora existirão 12 DMUs em escala constante, 13 DMUs operando em escala crescente e 7 em escala decrescente.

Tabela 2. Dados reais das DMUs a serem analisadas

Cidade	Entradas				Saídas	
	Nº de Funcionários		Geografia		Total Produção Permanente (ton.)	Total Produção Temporária (ton.)
	Técnicos	Engenheiros	Área (Km ²)	Pop. Rural		
Aguiar	1	0	345	2829	60	1494
Aparecida	2	0	296	4038	150	758
Bernadino Batista	1	0	51	2217	3	738
Boa Ventura	2	0	171	2229	224	1612
Bom Jesus	1	0	48	1408	56	155
Bonito de Santa Fé	1	0	228	3405	270	5944
Cachoeira dos Índios	2	0	193	6143	290	333
Cajazeiras	6	2	566	10948	746	938
Cajazeirinhas	1	0	288	2033	219	673
Catingueira	1	0	529	1928	80	3750
Conceição	2	0	579	6930	295	15099
Condado	1	0	281	2023	662	175
Coremas	2	2	379	3730	406	569
Diamante	1	0	269	2798	130	1837
Ibiara	2	0	244	2345	483	4320
Igaracy	1	0	192	2035	61	617
Itaporanga	4	2	468	5563	872	6395
Lagoa	1	0	178	2377	18	173
Lastro	0	1	103	1506	40	1424
Marizópolis	1	0	64	816	560	176
Monte Horebe	1	1	116	2007	242	1085
Nazarezinho	1	0	191	4096	192	2070
Olho D'água	2	0	596	3063	327	1937
Paulista	3	0	577	6066	236	779
Pedra Branca	1	0	113	1356	280	866
Piancó	3	0	565	4187	128	1807
Poço Dantas	1	0	97	2775	103	490
Poço Zé de Moura	1	0	101	2553	854	244
Pombal	7	5	889	6357	569	1093
Santa Helena	2	0	210	2702	910	610
Santana de Mangueira	1	0	402	3100	113	4192
Santana dos Garrotes	1	0	354	3530	57	2043
São Bentinho	1	0	196	1293	56	395
São Domingos de Pombal	2	0	169	1857	105	220
São Francisco	2	0	94	2001	266	491
São João do Rio do Peixe	2	1	474	11316	650	1445
São José da Lagoa Tapada	1	0	342	4249	135	905
São José de Piranhas	1	1	677	8301	224	855
Sousa	6	6	739	13922	17364	4629
Uiraúna	3	1	295	4235	520	1527
Vieirópolis	1	0	147	4049	100	419
Vista Serrana	1	0	61	1922	60	187

Tabela 3. Sumário de Eficiências e Rendimentos, segundo BCC-I.

No.	DMU	Score	Folga X1 S-(1)	Folga X2 S-(2)	Folga X3 S-(3)	Folga X4 S-(4)	Falta Y1 S+(1)	Falta Y2 S+(2)	RVE	RVE da DMU Projetada
1	Aguiar	1	0	0	243,5228	1421,387	433,7287	0		Crescente
2	Aparecida	0,499995	0	0	35,01594	871,989	345,2148	0		Crescente
3	Bernadino Batista	1	0	0	0	0	0,000348	0	Crescente	
4	Boa Ventura	0,641286	0,229317	0	0	0	289,6455	0		Crescente
5	Bom Jesus	1	0	0	0	0	0	0	Crescente	
6	Bonito de Santa Fé	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
7	Cachoeira dos Índios	0,499995	0	0	0	548,7437	469,818	0		Crescente
8	Cajazeiras	0,16309	0	0,02	0	0	0	0		Crescente
9	Cajazeirinhas	1	0	0	209,8666	993,9057	316,0064	0		Crescente
10	Catingueira	1	0	0	0	0	0	0	Crescente	
11	Conceição	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
12	Condado	1	0	0	204,1604	604,3222	0	24,59137		Crescente
13	Coremas	0,305683	0	0,1854981	33,75246	0	0	128,205		Crescente
14	Diamante	1	0	0	0	0	0	0	Crescente	
15	Ibiara	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
16	Igaracy	1	0	0	0	0	0	0	Crescente	
17	Itaporanga	0,646607	0,838603	1,1427258	0	0	0	0		Constante
18	Lagoa	1	0	0	113,9989	1560,984	541,9944	2,99824		Crescente
19	Lastro	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
20	Marizópolis	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
21	Monte Horebe	0,734982	0	0,4699736	0	0	0	0		Crescente
22	Nazarezinho	1	0	0	73,14708	2429,834	272,7689	0		Constante
23	Olho D'água	0,499995	0	0	128,5999	0	98,73147	0		Crescente
24	Paulista	0,33333	0	0	87,28533	659,6311	16,59065	0		Crescente
25	Pedra Branca	1	0	0	29,38087	230,2833	245,3029	0		Crescente
26	Piancó	0,34072	0	0	0	0	294,535	0		Crescente
27	Poço Dantas	1	0	0	24,07174	1818,039	441,2072	0		Crescente
28	Poço Zé de Moura	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
29	Pombal	0,184366	0,06	0,9125763	59,32814	0	0	0		Constante
30	Santa Helena	1	0	0	0	0	0	0	Decrescente	
31	Santana de Mangueira	1	0	0	223,8107	481,3717	245,0803	0		Crescente
32	Santana dos Garrotes	1	0	0	236,9131	1875,958	409,1264	0		Crescente
33	São Bentinho	1	0	0	0	0	0,002	0	Crescente	
34	São Domingos de Pombal	0,499995	0	0	0	0	375,5365	0		Crescente
35	São Francisco	0,671419	0,342848	0	0	0	0	0		Crescente
36	São João do Rio do Peixe	0,362955	0	0	47,55621	1672,872	0	0		Crescente
37	São José da Lagoa Tapada	1	0	0	257,2697	3105,749	388,3421	0		Crescente
38	São José de Piranhas	0,499995	0	0	188,0037	1795,65	0	2155,489		Crescente
39	Sousa	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
40	Uiraúna	0,349174	0,04	0,33	0	0	0	0		Crescente
41	Vieirópolis	1	0	0	76,08997	3123,895	447,7769	0		Crescente
42	Vista Serrana	1	0	0	0	971,255	401,69	0		Crescente

Tabela 4. Sumário de Eficiências e Rendimentos, segundo BCC-O.

Na Tabelas 5(a) e 5(b) serão apresentados os ranqueamentos da DMUs eficientes, segundo os

No.	DMU	Score	Folga X1 S-(1)	Folga X2 S-(2)	Folga X3 S-(3)	Folga X4 S-(4)	Falta Y1 S+(1)	Falta Y2 S+(2)	RVE	RVE da DMU Projetada
1	Aguiar	0,294953	0	0	7,96326	0	0	0		Crescente
2	Aparecida	0,194653	0	0	2,361566	377,6713	0	0		Decrescente
3	Bernadino Batista	1	0	0	0	0	0,0007	0	Crescente	
4	Boa Ventura	0,470027	0,849418	0	0	0	0	0		Constante
5	Bom Jesus	0,999876	0	0	0	0	0	0		Crescente
6	Bonito de Santa Fé	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
7	Cachoeira dos Índios	0,331843	0,271082	0	0	3337,617	0	0		Decrescente
8	Cajazeiras	0,121316	2,666667	0	32,4076	2818,706	0	0		Decrescente
9	Cajazeirinhas	0,38439	0	0	168,7401	0	0	0		Constante
10	Catingueira	1	0	0	0	0	0	0	Crescente	
11	Conceição	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
12	Condado	0,866159	0	0	191,2896	0	0	21,21022		Constante
13	Coremas	0,1492	0	1,162036	0	0	0	0		Crescente
14	Diamante	0,397212	0	0	67,56292	0	0	0		Crescente
15	Ibiara	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
16	Igaracy	0,203432	0	0	0	0	77,85294	0		Crescente
17	Itaporanga	0,623267	1,758477	1,637686	10,06694	0	0	0		Constante
18	Lagoa	0,05	0	0	10,9274	0	0	0		Crescente
19	Lastro	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
20	Marizópolis	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
21	Monte Horebe	0,523178	0	0,915909	0	0	0	0		Crescente
22	Nazarezinho	0,471002	0	0	0	1043,467	0	0		Constante
23	Olho D'água	0,496758	0	0	327,3899	0	0	0		Decrescente
24	Paulista	0,287496	1	0	313,5282	2751,321	0	0		Decrescente
25	Pedra Branca	0,609773	0	0	0	0	26,99759	0		Crescente
26	Piancó	0,243274	1	0	202,5623	0	0	0		Decrescente
27	Poço Dantas	0,3025	0,00001	0	0	991,7672	0	0		Crescente
28	Poço Zé de Moura	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
29	Pombal	0,138649	4,127594	3,691362	428,3927	0	0	0		Constante
30	Santa Helena	1	0	0	0	0	0	0	Decrescente	
31	Santana de Mangueira	0,763435	0	0	111,8421	0	82,74728	0		Crescente
32	Santana dos Garrotes	0,343706	0	0	125,9988	124,9988	104,1582	0		Constante
33	São Bentinho	0,259593	0	0	0	0	199,153	0		Crescente
34	São Domingos de Pombal	0,158857	0,399652	0	8,658211	0	0	0		Decrescente
35	São Francisco	0,472536	1	0	0	531,8774	0	0		Constante
36	São João do Rio do Peixe	0,206425	0	0	107,9154	5608,122	0	0		Constante
37	São José da Lagoa Tapada	0,25907	0	0	168,6037	1210,325	0	0		Constante
38	São José de Piranhas	0,163822	0	0	409,0581	4476,808	0	0		Crescente
39	Sousa	1	0	0	0	0	0	0	Constante	
40	Uiraúna	0,263881	1,30925	0,442194	0	0	0	0		Constante
41	Vieirópolis	0,168871	0	0	0	1348,76	0	0		Constante
42	Vista Serrana	0,274871	0	0	0	192,3337	0	0		Crescente

dois modelos DEA (BCC-I e BCC-O) empregados. É importante notar que em ambas as tabelas as cidades melhores ranqueadas são Sousa, Bernadino Batista e Bonito de Santa Fé, onde as demais primeiras posições nos dois modelos vão se alternando. As cidades melhores ranqueadas

são os *benchmarks* para as unidades que estão abaixo da fronteira e são nelas que devem se espelhar as firmas ineficientes, daí quanto maior o valor do *lambda*, maior será a importância de uma DMU em relação às outras e quanto mais ela aparecer com estes valores *lambda*, mais importante a DMU será como parceiro de referência. Vale ressaltar as péssimas colocações das cidades de Cajazeiras e Pombal, cidades estas que possuem escritórios regionais da EMATER-PB.

Tabela 5(a). Ranking das DMUS – BCC-I.

Rank	DMU	Score
1	Vista Serrana	1
1	Aguiar	1
1	Vieirópolis	1
1	Bernadino Batista	1
1	Sousa	1
1	Bom Jesus	1
1	Bonito de Santa Fé	1
1	São José da Lagoa Tapada	1
1	São Bentinho	1
1	Cajazeirinhas	1
1	Catingueira	1
1	Conceição	1
1	Condado	1
1	Santana dos Garrotes	1
1	Diamante	1
1	Ibiara	1
1	Igaracy	1
1	Santana de Mangueira	1
1	Lagoa	1
1	Lastro	1
1	Marizópolis	1
1	Santa Helena	1
1	Nazarezinho	1
1	Poço Zé de Moura	1
1	Poço Dantas	1
1	Pedra Branca	1
27	Monte Horebe	0,734982
28	São Francisco	0,671419
29	Itaporanga	0,646607
30	Boa Ventura	0,641286
31	Aparecida	0,499995
31	Olho D'água	0,499995
31	Cachoeira dos Índios	0,499995
31	São José de Piranhas	0,499995
31	São Domingos de Pombal	0,499995
36	São João do Rio do Peixe	0,362955
37	Uiraúna	0,349174
38	Piancó	0,34072
39	Paulista	0,33333
40	Coremas	0,305683
41	Pombal	0,184366
42	Cajazeiras	0,16309

Tabela 5(b). Ranking das DMUS – BCC-

Rank	DMU	Score
1	Sousa	1
1	Santa Helena	1
1	Poço Zé de Moura	1
1	Bernadino Batista	1
1	Marizópolis	1
1	Lastro	1
1	Bonito de Santa Fé	1
1	Ibiara	1
1	Conceição	1
1	Catingueira	1
11	Bom Jesus	0,999876
12	Condado	0,866159
13	Santana de Mangueira	0,763435
14	Itaporanga	0,623267
15	Pedra Branca	0,609773
16	Monte Horebe	0,523178
17	Olho D'água	0,496758
18	São Francisco	0,472536
19	Nazarezinho	0,471002
20	Boa Ventura	0,470027
21	Diamante	0,397212
22	Cajazeirinhas	0,38439
23	Santana dos Garrotes	0,343706
24	Cachoeira dos Índios	0,331843
25	Poço Dantas	0,3025
26	Aguiar	0,294953
27	Paulista	0,287496
28	Vista Serrana	0,274871
29	Uiraúna	0,263881
30	São Bentinho	0,259593
31	São José da Lagoa Tapada	0,25907
32	Piancó	0,243274
33	São João do Rio do Peixe	0,206425
34	Igaracy	0,203432
35	Aparecida	0,194653
36	Vieirópolis	0,168871
37	São José de Piranhas	0,163822
38	São Domingos de Pombal	0,158857
39	Coremas	0,1492
40	Pombal	0,138649
41	Cajazeiras	0,121316
42	Lagoa	0,05

4.1. Análise dos resultados obtidos

Os resultados obtidos foram expressivos para se obter a fronteira de eficiência Pareto-Koopman, através da DEA, destacando a cidade de Sousa, cidade sede de uma das regionais, que além de contar com um bom corpo de funcionários, possui, ainda, terras planas, solos férteis, uma população rural imbuída no desenvolvimento agrário e nas questões sociais ligadas a terra. Assim, a cidade de Sousa está bem colocada (5ª no ranking) no modelo BCC-I, e em primeiro lugar no BCC-O. No entanto, a grande surpresa dentre os municípios, que estão na fronteira de eficiência, é a pequena cidade de Bernadino Batista, localizada na regional de Cajazeiras. Cabe como observação o fato de no modelo BCC-I possuir 26 municípios na fronteira de eficiência, visto que num modelo paramétrico quanto mais DMUs a serem analisadas, maior a probabilidade de existirem um número maior de unidades eficientes.

Os municípios com a participação mais negativa foram os de Cajazeiras e Pombal, pois estes são sedes de duas regionais da EMATER-PB, pois migraram quase que totalmente sua economia para outras esferas, esquecendo-se do poder econômico da agricultura não só no ponto de vista regional, mas também local, fazendo com que a população destas e de outras cidades recorram à importação de culturas de hortaliças, leguminosas, frutas e etc. O cenário destas cidades citadas é de um forte êxodo rural, onde a população local paga um alto preço por estes produtos, devido à escassez de produção.

Existe ainda o fato das cidades que possuem as regionais, além das outras sedes, costumeiramente cederem seus funcionários para as cidades que fazem parte de suas respectivas regionais (e até adjacentes), com o intuito de fortalecerem a produção nos outros municípios, fator que não foi levado em conta pelos modelos usados nesta pesquisa.

5. Conclusão

Através deste trabalho concluiu-se que muitos municípios produzem aquém de sua capacidade máxima de produção, visto que não se possui mão-de-obra mínima para se obter tal produção, fazendo com que a DEA projete uma diminuição nas entradas em relação ao número de funcionários, inclusive, também, na área geográfica e na população rural dos municípios relacionados ao BCC-I. Contudo, faz-se necessário no mesmo modelo aumentar a produção em algumas cidades. O êxodo rural faz com que os municípios do sertão da Paraíba, quiçá os nordestinos, tenham uma produção, no setor agropecuário, bem abaixo do que eles poderiam conseguir, estas históricas distorções poderiam ser erradicadas ou minimizadas através de políticas públicas de incentivo a produção, culminando na fixação do homem no campo com o emprego de técnicas modernas, aliado ao crédito rural a juros que os produtores pudessem arcar a médio/longo prazo.

Em relação ao BCC-O a DEA projetou um aumento na produção agrícola dos municípios, com uma pequena diminuição, principalmente na área territorial e na população rural.

6. Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros são propostos: (i) aumento do escopo da pesquisa para as outras regionais da EMATER-PB; (ii) estimação de fronteira Pareto-Koopman eficiente, usando a DEA, com a aplicação de outros modelos, tal como: MBF, Modelo de Variáveis Categóricas ou *Dummies*, por este último aplicar conceitos de temporalidade; (iii) aplicar esta pesquisa para aperfeiçoar e testar o *Solver* DEA, desenvolvido em MATLAB, no trabalho de Marques Júnior et. al. (2010).

Referências

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W.W. (1984). "Some models for estimating Technical and Scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, vol.30, no.9, pp. 1078-1092.

COELLI, T. (1996). *A guide to DEAP version 2.1: a Data Envelopment Analysis (computer program)*. Center for Efficiency and Productivity Analysis. Department of Econometrics, New England University.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. & TONE, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer

Academic Publishers, USA.

FERREIRA, Carlos M. de Carvalho; GOMES, Provezano. (2009). “Introdução à Análise Envoltória de Dados”. Editora UFV, 1ª edição.

GUANZIROLI. (2006). Agronegócio no Brasil: perspectivas e limitações, Textos para discussão (TD) nº 186, UFF, ISSN 1519-4612.

IBGE. (2011). Site do IBGE, seção @Cidades/Estatísticas dos municípios do estado da Paraíba. Disponível na URL: <http://ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> e acesso em 15/04/2011.

LINS, M. P. E.; CALÔBA, G.M. (2006). Programação Linear com aplicações em teoria dos jogos e avaliação de desempenho (Data Envelopment Analysis). 1. ed., Rio de Janeiro: Interciência, v. 1. 299 p.

MARQUES JÚNIOR, F. D.; CASTRO & SILVA, J. L.; THOMAZ, A. C. F. (2010). Estimação de uma fronteira eficiente para avaliar o desempenho de ISP's através da Análise Envoltória de Dados (DEA). XLII SBPO, anais do evento.

NELDER, J.A. and MEAD, R. (1965). “A simplex method for function minimization”. The computer journal, SBC, vol. 7, number 4, page 308, issn: 0010-4620.

YAHOO. (2011). Finance Yahoo, BiZ – Meat Products Marke Share. Disponível na URL: <http://biz.yahoo.com/ic/343.html> e acesso em 26/04/2011.