



## **Avaliação de desempenho da produção agrícola dos municípios paraibanos, através da Análise Envoltória de Dados (DEA), segundo o modelo BCC.**

**Francisco Daladier Marques Júnior<sup>1</sup>, André Lira Rolim<sup>1</sup>, Antônio Clécio Thomaz Fontelles<sup>2</sup>, Walisson Ferreira Pereira<sup>2</sup>, Francisco Daladier Marques<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). e-mails: daladierjr@ifpb.edu.br, andre.lira@ifpb.edu.br.

<sup>2</sup>Laboratório de Otimização e Gestão de Inteligência (LOGIN) – Universidade Estadual do Ceará (UECE). e-mail: clecio@larc.es.uece.br, walisson.pereira@uvanet.br.

<sup>3</sup>Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER-PB). e-mail: marquesdaladier@hotmail.com.

**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 estado da Paraíba. Neste foi empregado o modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper) tanto orientado às 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 das regiões analisadas, sem esquecer do viés da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** análise envoltória de dados; bcc; pesquisa operacional; agricultura; meio ambiente.

### **1. INTRODUÇÃO**

O agronegócio é uma das principais forças motrizes da economia brasileira, para expressar sua importância em relação ao PIB, no ano de 2011 este mesmo PIB teve um crescimento de 2,7% em relação ao ano de 2010. Assim, o agronegócio teve papel preponderante neste desempenho, pois o crescimento do setor foi de 3,7% em relação ao ano de 2010, os números dos outros setores foram mais acanhados, onde o setor de serviços teve um crescimento de 2,7%, o setor de comércio teve um crescimento de 3,4%, o setor de transporte, armazenagem e correio teve um crescimento de 2,8% e a indústria obteve um desempenho aquém dos demais, com um aumento de apenas 1,6% [IBGE 2011].

Este desempenho do agronegócio pode ser explicado pelo aumento da produção de várias culturas importantes da lavoura nacional, tais como: algodão (72,6%), fumo (22,0%), arroz (19%), soja (9,2%) e mandioca (7,3%).

O setor primário com o seu crescimento gradativo vem resultando em altos investimentos nas novas tecnologias, que visam eficiência e lucratividade na sua implantação. O Brasil vem se destacando nesse tipo de tecnologia e atualmente é líder neste mercado. A alta tecnologia brasileira, aliada com fatores como: extensão territorial, solos férteis, abundância de água, biodiversidade, mão-de-obra barata e especializada e o clima tropical fizeram com que o país se transformasse na terceira maior potência em agronegócios do mundo, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e União Europeia, segundo a Organização Mundial de Comércio (OMC). Todos esses fatores impulsionam o agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento, na oferta de empregos e nas exportações, fazendo com que o setor registrasse um recorde nas exportações brasileiras, para este setor, no ano de 2011, resultando num superávit de US\$ 77,51 bilhões, tal desempenho fez de 2011 o melhor ano para a balança comercial do agronegócio desde 1977, com um crescimento de 24% em relação ao ano de 2010 [ESTADÃO 2012].

A importância do agronegócio para o PIB brasileiro é notória, dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Universidade de São Paulo (USP) em 2011, mostram que o agronegócio contribuiu com uma fatia de 28,80% no PIB brasileiro. Existe uma previsão do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA) de que o superávit do agronegócio para o ano de 2012 seja de US\$ 100 bilhões, o que representa aproximadamente 29% de aumento em



relação ao ano de 2011, mas nem sempre estas previsões são precisas, pois o agronegócio está atrelado diretamente aos efeitos climáticos, os quais podem fazer com que esta produção possa cair de um ano para o outro, mesmo com o emprego de modernas técnicas de previsões meteorológicas, aliado ao fato de que um ou outro mercado consumidor pode aumentar/diminuir suas importações devido à algumas reservas de mercado.

Outros ramos da agronegócio brasileiro destacam-se mundialmente, tal como as produções: bovinas, suínas e de aves. Nestes setores produtivos o Brasil está sempre liderando as estatísticas mundiais, ficando no topo das posições em relação aos rebanhos supracitados. Entretanto, estes setores não serão abordados nesta pesquisa.

Esta pesquisa tem como cenário o estado da Paraíba, compreendendo todas as regionais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER-PB).

Esta pesquisa utilizou a Análise Envoltória de Dados (DEA), para estimar uma fronteira Pareto-Koopman eficiente, com o intuito de analisar a produtividade agrícola dos municípios, sob uma ótica voltada aos Retornos Variáveis de Escala (RVE), usados pelo modelo BCC, nome oriundo do trabalho de Banker, Charnes e Cooper (1984). Contudo, serão mostradas as análises BCC, 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, bem como a apresentação do modelo BCC. Logo após, será mostrado o cenário onde foram colhidos os dados, com nuances sobre as regiões analisadas e o setor pesquisado, posteriormente são esmiuçados os resultados obtidos, através da DEA no modelo BCC-I (BCC orientado às entradas) e BCC-O (BCC orientado às saídas). Em seguida, apresenta-se a conclusão e, finalmente, as sugestões de trabalhos futuros.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A Análise Envoltória de Dados ou Data Envelopment Analysis (DEA) é uma metodologia de avaliação não paramétrica de unidades tomadoras de decisão ou Data Making Units (DMU), que realiza uma análise da eficiência relativa de várias DMUs, através dos dados de seus insumos e produtos, traduzindo-as em uma fronteira de eficiência Pareto-Koopman, esta técnica foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), onde este modelo seminal foi intitulado CCR em homenagem aos cientistas que a desenvolveram, tal modelo utiliza-se dos Retornos Constantes de Escala (RCE). 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.

Na DEA as empresas são avaliadas segundo os modelos, usando a programação linear, através do algoritmo Simplex (NELDER & MEAD, 1965), para gerar uma fronteira de eficiência, ou seja, existem 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 DEA usa em seus vários modelos as formas fracionária, multiplicadores (primal) e envoltória (dual).

Um outro modelo bastante utilizado da DEA é o BCC, que é um acrônimo das letras dos inventores deste modelo: Banker, Charnes e Cooper. O BCC é um modelo diferenciado da DEA, sugerido como ajuste ao modelo CCR, que é fortemente embasado nos Retornos Variáveis de Escala (RVE) para cada DMU.

Tanto o BCC, quanto o CCR, além da maioria dos outros modelos da DEA podem ser orientados à entradas, para avaliar o impacto da diminuição destas entradas em relação as saídas produzidas, ou orientado às saídas, para avaliar a maximização destas, sem impactar os insumos



usados na produção. Entretanto, existem diversos modelos DEA, que podem ser adequados de acordo com o tipo de avaliação desejada, dentre eles podem ser citados, de acordo com Ferreira e Gomes (2009), os modelos: de Medidas Específicas (MME), FDH (*Free Disposal Hull*), de variáveis categóricas ou *Dummies*, de Supereficiência, Baseado em Folgas, entre outros.

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, que pode ser:

- **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,  $\mu_0$  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, que busca diminuir as entradas sem causar mudanças nas saídas, e; na orientação para as saídas, que busca aumentar as saídas, sem causar mudanças nas entradas. Contudo, existem modelos DEA que podem trabalhar em ambas as orientações simultaneamente, tal como o Modelo Baseado em Folgas (MBF).

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.

## 2.1 CENÁRIO

A Paraíba é um estado brasileiro localizado na região Nordeste do Brasil, 92% de seu território possui uma vegetação xerófila, predominando um clima semi-árido, ou seja, a maioria dos seus 223 municípios possuem um baixo índice pluviométrico. Excetuando as condições climáticas do estado, o mesmo não possui nenhuma grande bacia hidrográfica, para abastecer a população e nem para auxiliar na produção rural, isto é, o estado possui poucos rios, sendo estes pequenos, onde a maioria dos rios que cortam o estado são temporários, sendo perenizados apenas em épocas onde a quadra invernal apresenta índices pluviométricos acima da média histórica.

Além dos efeitos do aquecimento global, o estado da Paraíba é o estado nordestino que possui o maior risco de desertificação, desta forma mais de 72% do território do estado está afetado pelo processo de desertificação, com maior nível de suscetibilidade de perda da fertilidade do solo. Tal processo de desertificação foi acelerado devido à degradação ambiental, além da falta de conhecimento de boas práticas de conservação dos solos, por parte da maioria dos produtores rurais no





cultivo de culturas anuais, uso indevido de agrotóxicos e implementos agrícolas, além do próprio clima [AGROVALOR 2011].

O risco de desertificação no estado da Paraíba é tão grande que o Instituto Nacional do Sertão e do Semi-árido (INSA) possui pontos de estudos espalhados pelos diversos estados nordestinos, os outros estados nordestinos possuem apenas uma unidade de pesquisa sobre a desertificação do território, mas como a situação da Paraíba, atualmente, é a mais crítica o INSA teve de implementar dois pontos de estudos sobre desertificação, localizados nas microrregiões do Seridó e Cariri do estado, regiões extremamente secas, caracterizadas por longos períodos de estiagem e que não apresentam grandes/médias bacias hidrográficas ou outros recursos hídricos.

Esta pesquisa é uma extensão do trabalho de Marques Júnior et. al. (2011), que apresentava uma fronteira de eficiência BCC(I e O) dos municípios do sertão paraibano. Entretanto, este trabalho levantou os dados de todos os 223 municípios do estado da Paraíba, os quais fazem parte das regionais da EMATER-PB de: Areia (11 municípios), Cajazeiras (12 municípios), Campina Grande (22 municípios), Catolé do Rocha (10 municípios), Guarabira (19 municípios), Itabaiana (12 municípios), Itaporanga (19 municípios), João Pessoa (23 municípios), Patos (16 municípios), Picuí (14 municípios), Pombal (9 municípios), Princesa Isabel (11 municípios), Serra Branca (21 municípios), Solânea (12 municípios), e Sousa (12 municípios).

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, produção agrícola, etc. Assim, os escritórios regionais e locais contam com uma série de funcionários, tais como: técnicos administrativos, extensionistas rurais I (técnicos), extensionistas sociais I (técnicos), extensionistas rurais II (agrônomos), extensionistas sociais II (superior), 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.

As entradas do modelo são compostas por: número de engenheiros (X1), número de técnicos (X2), área do município em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) (X3), população urbana (X4) e população rural (X5). 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.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram gerados pelo DEA *Solver* da Saitech, o qual forneceu as fronteiras de eficiência Pareto-Koopman DEA, segundo o modelo BCC-I e BCC-O. Este software gera os resultados em um arquivo do Microsoft Excel, contendo uma série de planilhas eletrônicas que resumem por pastas de trabalho os resultados obtidos, tais resultados foram organizados e formatados para facilitar o entendimento, de forma a ranquear apenas os dados das 10 primeiras e 10 últimas, pois foram avaliadas 223 cidades, o que torna a visualização dos dados difícil. Além disso, como o número de DMUs é deveras grande, os resultados completos estão disponíveis através da URL: <https://sites.google.com/site/daladierjr/DEA>, com o objetivo de facilitar a visualização dos dados. Entretanto, na URL citada existem mais resultados, segundo outros modelos, do que os abordados neste trabalho.

Por ser um método quantitativo de criação de uma fronteira de eficiência não-paramétrica, DEA precisa de um grande número de DMUs, para obter uma eficácia maior nos resultados obtidos. Banker 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. Logo, este trabalho trabalha com 10 vezes a soma das variáveis de entradas com as saídas, o que remete a uma grande acurácia no processo avaliativo das firmas em questão.

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. Esse 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 muito abaixo do limite, o que remete a uma grande precisão dos dados avaliados, como pode ser visto na Tabela 1.

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

	X1	X2	X3	X4	X5	Y1	Y2
X1	1	0,527874	0,288202	0,644521	0,380236	0,074104	-0,03074
X2	0,527874	1	0,253261	0,32893	0,311033	0,150422	-0,0154
X3	0,288202	0,253261	1	0,10035	0,384194	-0,06536	0,090014
X4	0,644521	0,32893	0,10035	1	0,191416	0,005895	0,051985
X5	0,380236	0,311033	0,384194	0,191416	1	0,293936	0,311484
Y1	0,074104	0,150422	-0,06536	0,005895	0,293936	1	0,052027
Y2	-0,03074	-0,0154	0,090014	0,051985	0,311484	0,052027	1

Na Tabela 2(a) podem ser vislumbrados os resultados das eficiências técnicas das 10 DMUs melhores ranqueadas e seus respectivos RVEs. Contudo, na Tabela 2(b) podem ser vistos os *scores* (eficiências técnicas) das 10 DMUs piores ranqueadas, sob o ponto de vista do modelo BCC-I, além dos *scores*, RVEs das DMUs projetadas em busca da fronteira de eficiência, excessos nas entradas, o que implica que estes valores propostos pela DEA devem ser subtraídos das entradas originais e as faltas nas saídas, o que implica que estes valores encontrados pela DEA devem ser adicionados das saídas originais. Vale ressaltar que os dados originais das DMUs podem ser obtidos através dos arquivos depositados na URL supramencionada. Os resultados obtidos mostram que existem apenas 28 DMUs consideradas eficientes, sendo que as demais 195 não são consideradas eficientes, segundo o BCC-I. A análise dos resultados DEA mostra, segundo o RVE, que: i) 12 DMUs estão operando com **retorno constante**, o que significa dizer que apenas os municípios de: Alagoa Nova, Barra de Santana, Baía da Traição, Borborema, Curral de Cima, Jurú, Lucena, Matinhas, Pedras de Fogo, Pilõesinhos, Pitimbu e Rio Tinto estão operando em sua capacidade ótima, segundo a ótica DEA dos municípios paraibanos analisados; ii) 16 municípios, falso eficientes, estão operando com **retorno crescente**, i.e. estes municípios estão operando abaixo da capacidade ótima, por isso possuem eficiência de 100%, mas o acréscimo nas entradas causa um aumento desproporcional maior no número de saídas, são eles: Areia de Baraúnas, Bayeux, Bernadino Batista, Bom Jesus, Cabedelo, Carrapateira, Duas Estradas, Logradouro, Parari, Quixaba, Riachão do Bacamarte, São Domingos do Cariri, São José de Princesa, São José do Brejo do Cruz, Serra da Raiz e Sobrado, e; c) nenhum município no primeiro estágio DEA ficou com **retorno decrescente**.

Para atingir uma maior acurácia nos resultados a DEA trabalha com um modelo de cálculos de fronteira de eficiência em múltiplos estágios, assim além de calcular as eficiências técnicas, das DMUs analisadas a técnica pode ainda calcular as folgas das entradas, excesso das saídas e, ainda, projetar todas as DMUs falso eficientes e ineficientes em busca da fronteira de eficiência gerada, com o intuito de fazer com que as DMUs falso eficientes e ineficientes possam copiar o desempenho de



seus respectivos *benchmarks*, onde estes dados serão importantíssimos para os tomadores de decisão. De posse destes cálculos DEA em múltiplos estágios, segundo o modelo BCC-I, somente 3 municípios foram projetados em um retorno constante, são eles: Mamanguape, Natuba e Sousa, sendo que dos 195 municípios ineficientes, 192 foram projetados com retorno crescente e nenhum município com retorno decrescente.

A Tabela 3(a) mostrará os resultados das eficiências técnicas das 10 DMUs melhores ranqueadas e seus respectivos RVEs, além do mais a Tabela 3(b) exibirá as 10 DMUs piores ranqueadas, com seus respectivos *scores*, RVEs das DMUs projetadas, folgas nas entradas e os excessos das saídas, sob o ponto de vista do modelo BCC-O. Os resultados obtidos mostram que existem 16 municípios considerados eficientes, sendo assim 207 municípios são considerados ineficientes. A análise dos resultados DEA mostra, segundo o RVE, que: i) 12 municípios são verdadeiramente eficientes, pois estão operando com retorno constante, são eles: Alagoa Nova, Barra de Santana, Baía da Traição, Borborema, Curral de Cima, Jurú, Lucena, Matinhas, Pedras de Fogo, Pilõesinhos, Pitimbu e Rio Tinto, ou seja, são os mesmos municípios que estavam operando com retorno constante no modelo BCC-I; ii) 4 DMUs, falso eficientes, estão operando com retorno crescente, são elas: Duas Estradas, São Domingos do Cariri, Serra da Raiz e Sobrado, e; iii) nenhuma DMU está operando com retorno decrescente. Tal como fora realizado no modelo BCC-I, o BCC-O também utiliza os cálculos DEA em múltiplos estágios, o que leva a projeção das DMUs falso eficientes e ineficientes em busca da fronteira de eficiência, através de movimentos radiais. Portanto, após o cálculo DEA em múltiplos estágios 93 municípios conseguiram operar com retorno constante, 113 municípios com retorno crescente e nenhum com retorno decrescente. Destarte, novamente é reiterado que os resultados completos das análises DEA nos modelos BCC-I e BCC-O, além de outros modelos não cobertos por esta pesquisa podem ser encontrados na URL supramencionada.

De acordo com o software especialista usado na pesquisa o modelo BCC-O excluiu o município de Cabedelo, pois o julgou como DMU inapropriada para o modelo, tal problema acontece porque a DMU em questão não possui nenhum valor positivo nas suas saídas, assim o município será excluído da computação [COOPER ET. AL., 2005].

Após a análise dos resultados DEA, nos modelos BCC-I e BCC-O, apesar do ranqueamento apontar a cidade de Sobrado como a primeira colocada, esta possui um retorno crescente, ou seja, a DMU está operando abaixo da sua capacidade ótima, assim ela poderia ajustar sua produção, otimizando suas entradas e saídas, portanto o ranking mostrado nas tabelas 2 (a) e 3 (a) não reflete a acurácia do ranqueamento das DMUs. Portanto, como cidades destacadas na produção agrícola paraibana, segundo a ótica DEA nos modelos BCC-I e BCC-O, podem ser citados os 12 municípios que estão operando em escala constante, que são: Alagoa Nova, Barra de Santana, Baía da Traição, Borborema, Curral de Cima, Jurú, Lucena, Matinhas, Pedras de Fogo, Pilõesinhos, Pitimbu e Rio Tinto, porque estas cidades possuem retorno constante, operando numa capacidade ótima, segundo a comparação com as outras DMUs. Para um ranqueamento mais acurado poderia ser utilizado o critério do número de *benchmarks* que cada DMU possui, assim o município melhor ranqueado seria Pedras de Fogo (Zona da Mata paraibana), seguido pelos municípios de: Borborema (Agreste), Serra da Raiz (Brejo paraibano), Matinhas (Brejo paraibano), Pilõesinhos (Brejo paraibano), entre outros.



**Tabela 2(a). Ranking e RVE das 10 melhores, BCC-I.**

No.	DMU	Score	RVE
1	SOBRADO	1,00000	Crescente
2	SERRA DA RAIZ	1,00000	Crescente
3	SÃO JOSÉ DO BREJO DO CRUZ	1,00000	Crescente
4	SÃO JOSÉ DE PRINCESA	1,00000	Crescente
5	ALAGOA NOVA	1,00000	Constante
6	SÃO DOMINGOS DO CARIRI	1,00000	Crescente
7	RIO TINTO	1,00000	Constante
8	RICHÃO DO BACAMARTE	1,00000	Crescente
9	QUIXABA	1,00000	Crescente
10	PITIMBU	1,00000	Constante

**Tabela 2(b). Eficiência Técnica, Excessos e Folgas das 10 piores, segundo BCC-I.**

No.	DMU	Score	Excesso X1 S-(1)	Excesso X2 S-(2)	Excesso X3 S-(3)	Excesso X4 S-(4)	Excesso X5 S-(5)	Falta Y1 S+(1)	Falta Y2 S+(2)	RVE	RVE da DMU Projetada
214	CONCEIÇÃO	0,1317	0	0	0	0	0	0	0		Crescente
215	POCINHOS	0,1276	0	0	0	0	0	55,79	0		Crescente
216	PICUÍ	0,1250	0	0	0	0	0	0	0		Crescente
217	SÃO JOSÉ DE PIRANHAS	0,1162	0	0	0	0	0	0	52,62		Crescente
218	CATOLÉ DO ROCHA	0,1103	0	0	0	0	0	83,82	655,39		Crescente
219	POMBAL	0,0914	0,23939	0	2,50	0	0	0	0		Crescente
220	QUEIMADAS	0,0860	0	0	0	0	111,22	199,03	2215,36		Crescente
221	MONTEIRO	0,0848	0	0	0	0	0	0	0		Crescente
222	CAJAZEIRAS	0,0780	0	0,01	0	0	0	0	1209,75		Crescente
223	CAMPINA GRANDE	0,0480	0	0,092678	0	0	0	0	0		Crescente

**Tabela 3(a). Ranking e RVE das 10 melhores, BCC-O.**

**Tabela 3(b). Eficiência Técnica, Excessos e Folgas das 10 piores, segundo BCC-O.**





No.	DMU	Score	RVE	RVE da DMU Projetada
1	SOBRADO	1,00000	Crescente	
2	SERRA DA RAIZ	1,00000	Crescente	
3	SÃO DOMINGOS DO CARIRI	1,00000		Crescente
4	RIO TINTO	1,00000	Constante	
5	ALAGOA NOVA	1,00000	Constante	
6	PITIMBU	1,00000	Constante	
7	PILÕESINHOS	1,00000	Constante	
8	PEDRAS DE FOGO	1,00000	Constante	
9	MATINHAS	1,00000	Constante	
10	LUCENA	1,00000	Constante	

No.	DMU	Score	Excesso X1 S-(1)	Excesso X2 S-(2)	Excesso X3 S-(3)	Excesso X4 S-(4)	Excesso X5 S-(5)	Falta Y1 S+(1)	Falta Y2 S+(2)	RVE	RVE da DMU Projetada
214	TACIMA	0,001649	-	0,14	162,19	-	2.285,04	-	-		Constante
215	MALTA	0,001479	-	0,55	47,43	-	-	12,02	-		Crescente
216	PEDRA LAVRADA	0,001389	-	-	159,40	-	-	1.390,20	-		Crescente
217	BREJO DOS SANTOS	0,001364	-	1,07	-	-	-	201,52	-		Crescente
218	BARAÚNAS	0,000806	-	-	512,39	-	-	-	-		Crescente
219	OLIVEDOS	0,000674	-	-	165,15	-	-	69,19	-		Crescente
220	CUBATÍ	0,000467	-	-	99,27	1.434,32	134,74	-	-		Constante
221	ALCANTIL	0,000382	-	-	246,92	-	-	-	-		Crescente
222	BELÉM DO BREJO DO CRUZ	0,000354	-	0,71	454,07	-	-	63,60	-		Crescente
223	SOLEDADE	0,000197	-	0,28	384,84	-	-	145,10	-		Crescente





## 6. CONCLUSÕES

Através deste trabalho ficou provado, através da técnica usada e modelos escolhidos, que as condições climáticas são os grandes motivos que fazem da Paraíba um estado consumidor de produtos do setor primário, visto que as cidades que mais se destacaram na fronteira de eficiência gerada foram os municípios localizados em regiões onde os índices pluviométricos estão dentro da normalidade, excetuando os municípios de Jurú e São Domingos do Cariri, este último apesar de estar localizado numa região de fortes características de desertificação, o mesmo encontra-se próximo ao açude de Boqueirão, o 2º maior do estado, o que faz com que sua produção seja incrementada.

Esta servirá como ferramenta de grande valia para o governo estadual poder alocar melhor mão-de-obra para EMATER-PB poder potencializar a produção de municípios eficientes e elevar a produtividade dos municípios falso eficientes e ineficientes, além de mostrar ao governo federal a importância da transposição do Rio São Francisco para alavancar a agricultura e outros setores produtivos em cidades que possuem clima semi-árido.

## REFERÊNCIAS

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

BANKER, R. D., CHARNES, A. ., COOPER, W.W. **Constrained game formulations and interpretations from Data Envelopment Analysis**, European Journal of Operation Research, 42, 1989.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. AND RHODES, E. **Measuring efficiency of decision making units**, European Journal of Operational Research, 3, pp. 429-444, 1978.

COELLI, T. **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, 1996.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. & TONE, K. **Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References**, 1st edition, Springer, 2005.

ESTADÃO. **Exportações do agronegócio sobem 24% em 2011 e batem recorde**, documentação online, disponível através da URL: <http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios+agronegocio,exportacoes-do-agronegocio-sobem-24-em-2011-e-batem-recorde,98860,0.htm?reload=y> e acesso em 11 de maio 2012.

IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais-Indicadores de Volume e Valores Correntes**, documentação online, disponível através da URL: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2093](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2093) e acesso em 11 de maio de 2011.

MARQUES Júnior, F. D.; MARQUES, F. D.; CASTRO & SILVA, J. L.; FONTELLES THOMAZ, A. C.; FERREIRA PEREIRA, W. **Estimação de uma fronteira eficiente para avaliar a produção agrícola dos municípios do sertão paraibano, através da Análise Envoltória de Dados (DEA)**, XLIII SBPO, anais do evento, 2011.

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



REVISTA AGROVALOR. **Desertificação na Paraíba atinge 72% dos solos agricultáveis**, documentação online, disponível na URL: <http://www.agrovalor.com.br/2011/noticias/2019-desertificacao-na-paraiba-atinge-72-dos-solos-agricultaveis> e acesso em 12 de maio de 2012.