

Estudo da eficiência da produção de camarão no Estado do Ceará

Recebimento dos originais: 27/05/2020
Aceitação para publicação: 10/09/2021

Fellipy Augusto Holanda Chaves

Doutorando em Aquicultura pela Universidade federal do Rio Grande
Mestre em Economia Rural pela UFC
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande
Endereço: Rua do Hotel, 02. Bairro Cassino-Rio Grande/RS. CEP: 96.210-030.
E-mail: fellipychaves@gmail.com

Kilmer Coelho Campos

Doutor em Economia pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Endereço: Mister Hull, 2977. Bairro: Pici. Fortaleza/CE. CEP: 60.455-760.
E-mail: kilmer@ufc.br

Jair Andrade de Araújo

Doutor em Economia pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Endereço: Mister Hull, 2977. Bairro: Pici. Fortaleza/CE. CEP: 60.455-760.
E-MAIL: jaraujoce@gmail.com

Eliane Pinheiro de Sousa

Doutora em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Regional do Cariri.
Endereço: Centro de Estudos Aplicados. CESA. Rua Antônio Luiz, 1167. Bairro: Pimenta.
Crato/CE. CEP: 63.105-000.
E-mail: pinheiroeliane@hotmail.com

Cybele Pinheiro Guimarães

Doutorando em Aquicultura pela Universidade federal do Rio Grande
Mestre em Economia Rural pela UFC
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande
Endereço: Rua do Hotel, 02. Bairro Cassino-Rio Grande/RS. CEP: 96.210-030.
E-mail: cybele_guimaraes@hotmail.com

Resumo

O artigo intitulado “Estudo da eficiência da produção de camarão do Estado do Ceará”, visa analisar o grau e as principais variáveis responsáveis pela eficiência das fazendas produtoras de camarão. Os dados foram coletados por meio de entrevistas e questionários referentes à produção de camarão no ano de 2015, um total 42 questionários foram aplicados nos Municípios de Aracati Acaraú, Jaguaruana, Itaiçaba e Itarema. O modelo utilizado para estimar a eficiência foi a análise envoltória de dados (DEA). A fim de encontrar os determinantes de eficiência, adotou-se a técnica econométrica Tobit. Os resultados mostram que 36,84% das fazendas podem ser consideradas eficientes pelo modelo de retornos constantes (CCR) e apenas 28,94% das fazendas utilizam de forma equilibrada os *inputs e outputs*. A aplicação do modelo de eficiência de escala (ES) constatou que 71,05% da ineficiência das unidades tomadoras de decisão (UTD) é devido a escala de produção; e que,

53,64% dos produtores ineficientes são micro, pequenos e médios. A metodologia Tobit, verificou que as variáveis pós-larvas e insumo estão associadas à eficiência dos produtores cearenses. No entanto, os resultados ressaltam que o insumo tem maior impacto. Conclui-se que os produtores, em sua maioria, são ineficientes tecnicamente por erros de escala produtiva.

Palavras-chave: Eficiência técnica. Análise Envoltória de Dados. Tobit.

1. Introdução

O cultivo de camarão no Brasil começou nos anos de 1970, contudo, foi no início dos anos 1980, com o aumento do investimento e com a introdução de novas espécies, que a atividade começou a despontar (NORÕES, 2017). Várias espécies exóticas foram introduzidas no País, no entanto, a que melhor se adaptou foi a *Litopenaeus vannamei*. As principais características que permitiram o desenvolvimento da espécie foram: alta produtividade, sendo possível produzir até 3.000 kg há⁻¹ (VALENTI, 2002) e resistência à alta densidade (FRÓES *et al.*, 2013).

Figueiredo Júnior (2006) destaca que o setor da carcinicultura brasileira pode ser dividido em duas fases: a primeira é compreendida dos anos de 1997 a 2003, em que denota rápida expansão de crescimento em área cultivada, número de produtores e produção. No segundo momento, período compreendido de 2004 e 2005, ocorre o declínio da atividade, esse período ficou marcado pela propagação do vírus *Mionecrose Infeciosa* (IMNV), ação de embargo alfandegário e por problemas na taxa de câmbio.

No entanto, o Brasil se encontra em nova fase. Com a valorização da moeda nacional e o aumento da renda dos brasileiros, a demanda interna por camarão aumentou. Logo, o novo período é marcado por uma produção destinada a abastecer praticamente toda a demanda interna (CONSUMO, 2011).

A carcinicultura brasileira destaca-se no setor do agronegócio em razão do seu rápido crescimento em produção. Em 2015, a produção de camarão foi de 69.860 toneladas, se comparada ao ano de 2014, houve um aumento de quase 7% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015).

A cadeia produtiva do camarão formada por laboratórios de produção de pós-larvas, fazendas de engorda e unidades de beneficiamento geram empregos diretos e indiretos. Conforme Costa e Sampaio (2004), a cadeia do camarão cria 1,89 empregos diretos e 1,86 empregos indiretos por hectare, ou seja, números superiores quando comparada com outras atividades tradicionais do agronegócio.

O Ceará e o Rio Grande do Norte contribuem com 83% da produção nacional. No entanto, o Ceará lidera a produção de camarão no Brasil com um crescimento médio de 6,82% ao ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO, 2013). O Estado contribui com 58,28% da produção nacional e possui a maior área destinada ao cultivo de camarão. A adoção de técnicas para aumentar a rentabilidade e a produtividade teve um importante papel na intensificação da carcinicultura no Estado (LEITÃO *et al.*, 2011). Adicionalmente, a inovação tecnológica permitiu aos produtores melhorar a eficiência produtiva das fazendas com a utilização de modernas práticas de manejo, reuso de água, adoção da tecnologia de bioflocos e a utilização de probiótico (MELO *et al.*, 2015).

Logo, o crescimento da carcinicultura cearense foi possível em razão do aprimoramento da atividade no decorrer dos anos e à utilização de “pacotes” tecnológicos que permitissem produzir animais saudáveis (BECERRA-DORAME *et al.*, 2014). No entanto, a implantação de algumas dessas medidas aumentou os custos de produção, principalmente, para o pequeno produtor (KUBITZA, 2015). Portanto, um meio de mitigar essa diferença é utilizando a análise de eficiência.

A eficiência técnica é um importante meio que consolidaria ainda mais a atividade, pois tornaria os produtores mais eficazes e competitivos, aumentando consideravelmente à produção das fazendas de engorda (SILVA; SAMPAIO, 2009). A estimação da eficiência é, portanto, um valioso instrumento na tomada de decisão, identificando as diferenças entre o potencial produtivo que uma firma tem e o seu nível atual de produção. Logo, caso o produtor intente alterar sua estratégia para melhorar o desempenho da firma, o ideal é fazer uma análise de eficiência (NORÕES, 2017).

A análise da eficiência técnica da carcinicultura já foi estudada em vários outros países, como no Vietnã (NGUYEN; FISHER, 2014), Bangladesh (BEGUM; HOSSAIN; PAPANAGIOTOU, 2013), Malásia (ISLAM; YEW; NOH, 2014) e Índia (SIVARAMAN *et al.*, 2015). No Brasil, os estudos relacionados à eficiência da produção aquícola são escassos, e os poucos existentes, se dedicaram a estudar a produção do Estado do Rio Grande do Norte por meio de métodos não paramétricos, por exemplo, Silva e Sampaio (2009) e Oliveira (2008). No Ceará, somente Souza Júnior (2003) estudou a eficiência da produção de camarão criado em cativeiro, utilizando a metodologia de análise envoltória de dados (DEA).

Portanto, o estudo ora relatado tem por objetivo avaliar a eficiência técnica da carcinicultura cearense para o ano de 2015. Procura-se, estritamente, estimar a função de produção e comparar eficiência dos produtores. O modelo utilizado no estudo foi a análise

envoltória de dados (DEA) Em seguida, para identificar o(s) determinante(s) da eficiência, utilizou-se o modelo econométrico Tobit.

A avaliação da eficiência técnica, mediante a estimação da fronteira de produção e comparação de eficiência dos carcinicultores, dá indicação sobre as relações entre as modalidades de administração, o montante dos recursos empregados e os resultados obtidos e, conseqüentemente, auxiliam no planejamento futuro da empresa. Portanto, esse tipo de avaliação se reveste de grande importância, pois permite analisar os aspectos técnicos da empresa *per se*, fazer a comparação entre organizações numa mesma região e avaliar a eficiência do administrador, do sistema produtivo e dos níveis tecnológicos adotados na atividade (CAMPOS; CAMPOS, 2006).

Portanto, ao se utilizar os diversos cenários pertinentes ao uso de modelos determinísticos e probabilísticos de análise de eficiência, o gestor terá melhor qualidade de informação para a tomada de decisão. Assim, em razão dos modelos adotados neste estudo, os gestores dos empreendimentos podem tomar suas decisões com melhor embasamento técnico, permitindo a obtenção de uma perspectiva muito mais clara dos problemas envolvidos na produção.

2. Referencial Teórico

Esta seção trata dos aspectos e metodologias mais utilizadas para mensurar a eficiência técnica e a fronteira de produção das unidades tomadoras de decisão. Em seguida, são relatadas outras pesquisas que utilizaram a análise de eficiência para determinar a fronteira de produção da carcinicultura.

2.1. Eficiência técnica e fronteira de produção

A globalização trouxe novas aflições aos empresários. As unidades produtoras precisavam viabilizar e tornar os processos produtivos mais competitivos. Em razão deste fato, foi necessário incorporar outros conceitos: eficiência e produtividade. Estes termos são na verdade indicadores de desempenho das empresas (MORAIS, 2015).

Há, entretanto, divergências sobre os conceitos de eficiência e produtividade, pois não é raro encontrar o emprego de ambos como sinônimos (TUPY; YAMAGUCHI, 1998). Produtividade, contudo, é apenas a relação de quantidade requerida de insumo para produzir determinado produto. Além disso, o crescimento da produtividade é causado, principalmente, pela mudança tecnológica ou decorre da melhora na eficiência.

A eficiência é empregada para aferir os valores observados e os valores ótimos de insumos e produtos, ou seja, é a comparação da quantidade de insumo empregado e o seu mínimo utilizado na produção, dada a quantidade de produto obtido (LOVELL, 1993).

A análise de eficiência é muito utilizada para auxiliar na tomada de decisão (NORÕES, 2017). Segundo Toresan (1998), a análise de eficiência é o meio mais empregado, por fornecer os *benchmarks*. Além disso, identifica as opções de expansão da produção via melhoramento da eficiência. Portanto, quando o intuito for aprimorar a estratégia, o planejamento e a tomada de decisão, é primordial mensurar a eficiência (FERREIRA, 2015).

Pioneiro no estudo sobre eficiência econômica, Farrel (1957) inspirou-se nas ideias de Koopmans (1951). Conceitualmente, eficiência econômica consiste em minimizar os custos da cadeia produtiva, com vistas a fazer a melhor combinação possível dos fatores de produção, dados os seus preços. Logo, o objetivo é produzir o máximo possível de produto com o mínimo de insumos. A eficiência econômica é uma combinação de eficiência técnica (trata da alocação de insumos de modo que a produção esteja na fronteira de produção) e eficiência alocativa, em que os insumos são empregados na produção de acordo com seus preços (ALMEIDA, 2012).

A eficiência técnica não é algo simples de alcançar. Em decorrência desde fato, muitos produtores agrícolas são tecnicamente ineficientes e nem todos atingem o êxito de utilizar a quantidade mínima de insumos necessária para elaborar determinado produto (RIVERA; COSTANTIN, 2007).

Com o avanço metodológico, há diferentes formas para obter valores de eficiência. Nesse contexto, as ferramentas de fronteira de produção e análise envoltória de dados (DEA) ganharam destaque.

As metodologias utilizadas para determinação da eficiência podem ser divididas em dois tipos: paramétrica e não paramétrica. Na abordagem não paramétrica, a ferramenta mais utilizada é a técnica de DEA, que tem como principal característica ser um método de programação linear e com a ausência de um modo funcional (HACKBARTH NETO; STEIN, 2003). A análise de eficiência por meio de técnica paramétrica, fronteira estocástica, utiliza a premissa econométrica para a estimação da fronteira de produção (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Além disso, a metodologia deve obedecer a um formato funcional adequado ao tipo de tecnologia e, também, deve definir as hipóteses distribucionais sobre o componente do erro (REIS; RICHETTI; LIMA, 2005).

Para Ferreira e Gomes (2009), o modelo DEA é um instrumento de tomada de decisão usado para definir as estratégias. Para isso, faz-se a comparação de eficiência das diversas

unidades operacionais. Cooper et al. (2001) conceituam a análise envoltória de dados como uma metodologia para analisar o desempenho de um grupo de unidades, a Unidade Tomadora de Decisão (UTD).

O método não paramétrico expressa a vantagem de indicar ao agricultor quais são os pontos de ineficiências e as unidades que poderão servir como modelo (*benchmarks*) para alterar suas práticas de manejos (TUPY; YAMGUCHI, 2002). Para Lorenzett et al. (2010), outro ponto importante sobre o DEA é a possibilidade de trabalhar com vários *inputs* e *outputs*, sem a necessidade de uma função explícita para relacionar as variáveis. Já Clemente, Gomes e Lírio (2015) destacam o fato de que o DEA individualiza os resultados dos produtores sobre as suas eficiências. Sendo assim, é possível concluir, de modo mais realista, sobre o que realmente está acontecendo no processo produtivo.

Outro ponto em que o DEA tem grande destaque é o fato de não precisar de um grande número de amostra de UTD para atingir um resultado consistente, ao contrário do modelo paramétrico, fronteira estocástica (SCHER, 2015). Para Lins e Meza (2000), os índices de eficiência obtidos por meio do DEA são baseados em dados reais.

A DEA oferece dois modelos clássicos: CCR desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e BCC elaborado por Banker, Charnes e Cooper (1984). O primeiro modelo admite que os retornos sejam constantes de escala, logo, adições proporcionais produzirão aumentos proporcionais do(s) produto(s). O modelo BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984) contudo, não assume a proporcionalidade entre os insumos e os produtos, levando em consideração que ocorre uma variação de escala. Nesse caso, a proporcionalidade é substituída pelo axioma da convexidade (GOMES, *et al.*, 2005).

2.2. Métodos de análise da eficiência aplicados à carcinicultura

O estudo sobre eficiência está bastante difundido pelo mundo. Uma análise de eficiência, porém ainda não é tão usual, principalmente, na aquicultura brasileira. Segundo Norões (2017), no Brasil, ainda são escassos os estudos sobre eficiência técnica, especificamente, a respeito da carcinicultura.

Em outros países, o estudo da eficiência da carcinicultura é usado para melhorar a alocação de recursos e, portanto, tornar a atividade mais competitiva. Na carcinicultura mundial, a avaliação da eficiência técnica realizada por países asiáticos trouxe para a atividade diversos benefícios. Não é somente na Ásia, a análise da eficiência se popularizou em países como: Estados Unidos e México (GUNARATNE; LEUNG,1996; MARTINEZ-CORDERO; LEUNG,2004; BEGUM, HOSSAIN E PAPANAGIOTOU, 2013).

Gunaratne e Leung (1996) relataram que a indústria de produção do camarão-tigre dos países asiáticos encontrava-se abaixo da fronteira de produção. Os autores relataram que se as unidades produtivas estivessem trabalhando no nível de fronteira, os produtores que foram classificados de acordo com o modelo produtivo em extensivo, semi-intensivo e intensivo teriam um incremento anual de receita de U\$\$4.253, U\$\$10.830 e U\$\$34.000, respectivamente.

No México, Martinez-Cordero e Leung (2004) estudaram as fazendas produtoras de camarão que trabalhavam no sistema semi-intensivo. O objetivo do estudo foi obter indicadores de eficiência que fossem regulados pelos impactos ambientais, sobretudo com a introdução de uma nova espécie. Para isto, foram coletados dados dos períodos de 1994, 1996 e 1998. Assim, a eficiência e a produtividade foram medidas e analisadas em correspondência com três eventos: uso de camarão branco ou azul; quebra viral no desempenho da produção; e adaptação de trabalho a uma nova espécie, após 1996. Usando uma abordagem de função distância, com orientação no insumo, foram examinadas as produtividades totais dos fatores e a eficiência técnica, esta última usando as abordagens tradicional e ajustada para o meio ambiente. Segundo os autores, o resultado encontrado para TPF mostra que, no período de 1996/98, houve um aumento no emprego da tecnologia e, além disso, a mudança de espécie implicou o aumento do uso de água e na emissão de poluente, no entanto, houve também um aumento da produtividade.

Em Bangladesh, Begum, Hossain e Papanagiotou (2013) estudaram os fatores que influenciam a produção de camarão. Para isto, os autores utilizaram dados coletados de 90 fazendas no ano de 2011. A análise foi feita com a função fronteira estocástica. O resultado encontrado mostra que a média da eficiência técnica dos produtores foi de 82%, logo, o setor trabalha 18% abaixo do nível de fronteira de produção. Os autores identificaram, porém como fatores que causam a ineficiência técnica, o nível de escolaridade, o treinamento e a idade.

Na Malásia, Islam, Yew e Noh (2014) recorreram a abordagem de fronteira estocástica para examinar a eficiência técnica da carcinicultura. O objetivo dos autores, no entanto, era identificar as principais causas da ineficiência do processo produtivo. O modelo foi gerado com as variáveis: área das fazendas, número de ciclos de produção, nível de escolaridade, idade e tempo de experiência. Os resultados mostraram que a variável escolaridade e o tempo de experiência têm grande influência sobre a eficiência das produções. Então, se o objetivo dos produtores for alcançar os melhores resultados no sistema produtivo, é necessário investir em educação e capacitação dos funcionários.

Na Índia, Sivaraman et al. (2015), assim como os autores anteriores, aplicou a técnica de fronteira estocástica para analisar as variáveis causadoras de ineficiência na produção de camarão nos distritos de Godavari Oriental de Andhra Pradesh. Para isto, foram selecionados 150 produtores da região para responderem aos questionários. Segundo os autores, são variáveis causadoras de ineficiência são: participação em associação de carcinicultores, experiência, escolaridade, idade e tamanho da família. Os resultados encontrados mostram que os produtores com maior tempo de experiência, idade e melhor escolaridade conseguem compreender melhor o papel da tecnologia na produção e tomam decisões apropriadas para manter o cultivo estável.

No Brasil, Souza Júnior (2003) relatou o caso das fazendas produtoras de camarão no Ceará. A pesquisa foi realizada com dados coletados de 68 fazendas no ano de 2002. A avaliação da eficiência foi feita por meio do método não paramétrico, DEA. Analisando as fazendas, foi possível constatar que apenas 30 produtores, do total de 68, eram eficientes tecnicamente. Quando se analisou, entretanto, sobre o aspecto da eficiência alocativa de recurso, pode-se concluir que, independentemente da classificação como produtor, todos eram ineficientes.

Oliveira (2008) estudou o cultivo de camarão marinho no Rio Grande do Norte em sistema dulciaquícola. O autor coletou 115 observações, no período de 2002 a 2005. A análise da eficiência do cultivo foi feita por meio do DEA. As variáveis consideradas são: produção e peso médio final e, as variáveis explicativas adotadas foram: tempo de cultivo, quantidade pós-larvas, quantidade de ração ofertada, área do viveiro e as variáveis exógenas é a origem das pós-larvas. Os resultados encontrados demonstram 24 observações foi constatado eficiência.

2.3. Modelo Tobit

O modelo Tobit é largamente aplicado para determinar quais variáveis explicativas influenciam a eficiência. No Brasil, o uso do modelo censurado aplicado ao agronegócio está associado à utilização de um modelo não paramétrico, como, DEA e/ou *Free Disposal Hull* (FDH).

Nesse contexto, vários autores, como Alvim, Stülp e Kayser (2015), Santos et al. (2009) e Clemente, Gomes e Lírio (2015), estudando caso de culturas específicas, já evidenciaram a importância dessa ferramenta para o ganho de eficiência e o aumento da produtividade das lavouras. Há, contudo, poucos estudos dessa metodologia aplicados à carcinicultura brasileira. O mais conhecido é de Silva e Sampaio (2009). O estudo realizado

por estes autores utilizou dois métodos não paramétricos para determinação do nível de eficiência- DEA e FDH. Para encontrar os determinantes da eficiência, utilizou-se o modelo Tobit. Os dados usados na pesquisa foram de origem secundária. Os indicadores foram coletados por meio do Censo da Carcinicultura, pela ABCC, em 2004. Os resultados mostram que algumas práticas a gestão estão relacionadas ao ganho de eficiência. Além disso, foi possível constatar que, para pequenos e médios produtores, o ideal seria operar com uma densidade de estocagem inferior a 50 camarões por m².

3. Metodologia

Esta seção determina e caracteriza a área utilizada na realização da pesquisa de campo. Em seguida, é descrita a natureza e fonte de dados e, por último, definem-se os métodos de análise dos dados.

3.1. Área de estudo

A pesquisa foi conduzida nas fazendas produtoras de camarão do Estado do Ceará. As unidades avaliadas tinham como principal atividade a engorda de camarão. Em 2015, segundo o IBGE (2015), o Ceará expressou a maior produção de camarão do País. O Estado, também, possui a maior área destinada à produção do País, 6.580 ha aproximadamente.

A coleta de dados ocorreu nos municípios que mais se destacaram na engorda de camarão: Aracati, Acaraú, Itaiçaba, Itarema e Jaguaruana. Quanto à mesorregião, os Municípios de Aracati, Itaiçaba e Jaguaruana constituem a mesorregião do Jaguaribe, enquanto, Itarema e Acaraú estão localizadas na mesorregião do Noroeste Cearense. O Município de Aracati, que produz quase 40% do camarão cearense, lidera a produção no Estado com 12.469 toneladas e 97 produtores, em seguida, está Acaraú, que possui 1.092 hectares destinados à carcinicultura e com uma produção de 4.702 toneladas o que corresponde a 14,70% de tudo que é produzido no Ceará (ABCC, 2013). Jaguaruana, segundo a ABCC (2013), exprime uma produtividade média de 5,36 kg de camarão /m², sendo desta forma um dos dez municípios mais produtivos do Estado; além disso, sua produção contribui com quase 7%. Com relação aos Municípios de Itaiçaba e Itarema apesar de ainda apresentarem uma área destinada ao cultivo pouco representativa, no ano de 2011, registraram uma produtividade média, respectivamente, de 6,67e 6,35 kg de camarão /m², de tal maneira, são municípios que expressam um grande potencial produtivo e, conseqüentemente, de relevância ao Ceará.

3.2. Natureza dos dados

Os dados do estudo são de natureza primária, coletados diretamente de produtores, engenheiros de pesca, diretores e gerentes de produção. A coleta ocorreu por meio de aplicação direta de questionários e entrevistas. Os entrevistados respondiam a perguntas referentes à produção de 2015.

A formulação do questionário seguiu a orientação estabelecida por Campos e Campos (2006) com algumas alterações.

3.3. Número de produtores e tamanho da amostra

O experimento foi realizado por meio de processo de amostragem probabilística aleatória simples e utilizando o tamanho da população definida no Levantamento da Infraestrutura Produtiva e dos Aspectos Tecnológicos, Econômicos, Sociais e Ambientais da Carcinicultura Marinha no Brasil em 2011 (ABCC, 2013). Logo, o tamanho da amostra foi determinado pelo método descrito por Cochran (1977). Com efeito se levou em conta o fato de que a proporção “p” será igual a 50%, assim procurou-se considerar o tamanho da amostra máxima, certificando o alto nível de representatividade e erro amostral de 10%. O nível de confiança utilizado foi de 95%, estabelecido sob a curva de distribuição normal padronizada, em que

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

n= tamanho da amostra;

Z=escore sobre a curva de distribuição normal padronizada (1,96);

p=1/2, parâmetro de proporção para “n” máximo;

q= percentagem complementar;

N=tamanho da população;

e= erro de amostragem (10%).

Para a definição do tamanho da amostra, entendeu-se que, no Ceará, existem 325 produtores de camarão (ABCCAM, 2013), no entanto, a amostra envolveu a aplicação de 42 questionários.

Para a definição das variáveis Bezerra, Silva e Mendes (2007) relatam que a escolha das variáveis explicativas deve ser feita ao considerando a influência sobre as variáveis-

resposta. Para tanto, é necessário reconhecer o tipo de manejo praticado nas fazendas. Já para Norões (2017), a escolha das variáveis deve ser feita no fato de que a variável dependente represente a produção e a variável explicativa caracterize os principais insumos utilizados na produção.

Em decorrência de tal realidade, a variável escolhida para ser dependente foi a produção de camarão em quilograma (kg), pois, levando em conta que as firmas são unidades que buscam a minimização dos insumos, esta variável sintetiza o alcance do objetivo. A Tabela 1 resume todas as variáveis, dependentes e independentes, utilizadas para mensurar a eficiência das fazendas produtoras de camarão do Ceará.

Tabela 1: Variáveis utilizadas para a determinação da eficiência, 2015

VARIÁVEIS EXPLICATIVAS	DEFINIÇÃO
Área	Hectares (ha)
Densidade	Camarão/metro ² (cam/m ²)
Pós-larvas	Unidade
Insumos	Quilogramas (kg)
Ração	Quilogramas (kg)
Mão de Obra	Unidades
Viveiros	Unidades
VARIÁVEL DEPENDENTE	
Produção	Quilogramas (kg)

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Método de análise

3.4.1. Análise Envoltória de Dados

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram uma metodologia não paramétrica com o intuito de medir a eficiência das unidades tomadoras de decisão (UTD) no uso de insumo para produzir determinado(s) produto(s). De acordo com Santos et al. (2009), o resultado do DEA é fornecido por meio de programação matemática, constituindo a fronteira de eficiência.

Ferreira e Gomes (2009) relatam que a eficiência é medida em função da distância das unidades em relação ao nível ótimo de eficiência. Os mesmos autores também destacam as formas para a realização do estudo da eficiência, que podem ser: técnica ou alocativa. Na eficiência técnica, o objetivo da firma é obter o máximo de produto com a origem numa determinada cesta de fatores de produção ou produzir uma quantidade de produtos com o mínimo de insumos. Já a eficiência alocativa busca maximizar o lucro, minimizando os custos de produção.

Segundo Alvim, Stülp e Kayser (2015), análise de eficiência é feita por meio da eficiência técnica global (ETG) e/ou eficiência técnica local (ETL). Para os autores, a ETL desconsidera os retornos de escala, portanto, ao mensurar a eficiência, leva-se em consideração apenas a distância da UTD da fronteira. Mesmo, porém trabalhando na fronteira, ou seja, uma firma eficiente, pode haver espaço para aumentar sua produção apenas alterando a escala de produção. Já na ETG a UTD estaria trabalhando na escala ótima de produção.

Os modelos utilizados no processo de análise dos dados são CCR e BCC. Desse modo, a ETG será feita usando o modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), CCR, que conceitua a eficiência considerando o retorno constante de escala. Já para a análise da ETL, utilizou-se o modelo de Banker, Charnes e Cooper (1984), que considera os retornos variáveis de escala.

O modelo de CCR por ser descrito pela seguinte fórmula matemática:

$$MIN_{\theta, \lambda} \theta \quad (2)$$

Sujeito a: $-y_i + Y\lambda \geq 0$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0 \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0;$$

a variável θ representa a eficiência da i -ésima UTD. O valor de θ pode variar de 0 a 1. Caso, os escores encontrados sejam no intervalo de 0,9 e 1, a firma será considerada eficiente, caso contrário, ineficiente. O λ é o vetor de constantes $n \times 1$, em que os valores são calculados para achar a solução ideal. Quando a UTD é eficiente, esse parâmetro exprime valor zero. Caso contrário, os valores obtidos para λ serão pesos usados na combinação linear das outras UTD eficientes que afetam a projeção da UTD ineficiente sobre a fronteira calculada (SANTOS *et al.*, 2009). A variável y_i representa o vetor quantidade de produtos ($m \times 1$) i -ésima UTD. Já o Y corresponde a matriz de produto e X é a matriz de insumos, ambos apresentam dimensões de ($n \times m$) e ($n \times K$), respectivamente. Para Coelli *et al.* (1998), o problema de programação linear deve ser resolvido n vezes, referindo a sua resolução para cada UTD, já que θ deve ser encontrado para cada UTD.

O modelo de CCR é válido na situação, entretanto, em que todas as firmas estejam operando em escala ótima, o que nem sempre acontece. Portanto, para resolver esse problema,

será adotado o modelo BCC. Coelli et al. (1998) descrevem que a utilização do modelo BCC possibilita o cálculo da eficiência sem causar problema de eficiência de escala.

Para isso, é necessário refazer o modelo de CCR agora, porém, adicionando uma restrição de convexidade. A equação para retornos variáveis a escala pode ser descrita da seguinte fórmula matemática:

$$MIN_{\theta, \lambda} \theta \quad (4)$$

Sujeito a: $-y_i + Y\lambda \geq 0$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0 \quad (5)$$

$$N_1 \lambda = 1 \quad (6)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (7)$$

Por meio do cálculo do modelo CCR e BCC, será feita, ainda, uma análise da eficiência considerando a escala empregada no processo produtivo, chamada de eficiência de escala (ES). A ES é indicada pela razão entre $ES = \frac{CCR}{BCC}$. Portanto, a eficiência de escala será feita pela divisão dos escores de eficiências criados no modelo CCR pelos escores do modelo BCC. Além disso, vale destacar os resultados esperados, caso o escore obtido para ES seja igual a 1 (um), a empresa opera sobre retornos constantes à escala, caso contrário, esta poderá operar sobre retornos crescente ou decrescente.

Quanto à orientação dos modelos, podem ser orientados via *inputs* ou *outputs*. A escolha da orientação foi por meio dos *inputs* dando destaque à redução dos insumos, sem, no entanto, alterar o nível de produção. Com os resultados do DEA, será feita uma estratificação, por tamanho, das empresas, seguindo a classificação feita pela ABCC (2013). Assim, também, será possível constatar quais são os grupos mais eficientes.

3.4.2. Análise pelo Modelo Tobit

Para verificar que elementos influenciam na eficiência, utilizou-se o modelo econométrico Tobit. Assim, o regressando será definido com suporte nos escores de eficiência encontrados para cada carcinicultor. De acordo com Wooldridge (2003), quando se analisa uma variável dependente que opera com valores limitados, não é adequado trabalhar com o método dos mínimos quadrados ordinários. Nesse caso, o indicado é utilizar o modelo Tobit

e, além disso, o modelo é utilizado para determinar as variáveis responsáveis pela eficiência do modelo.

Os escores de eficiência utilizados na variável dependente serão os valores obtidos por meio do modelo CCR-I. A escolha desse modelo foi feita seguindo o critério estabelecido por Alvim, Stülp e Kayser (2015). Para esses autores, o modelo de retorno constante é mais restritivo, pois todas as unidades que foram classificadas como eficientes no modelo CCR serão também classificadas como eficientes no modelo BCC. O inverso, todavia, não ocorre.

O modelo Tobit é estimado utilizando a seguinte formulação (GONÇALVES *et al.* 2008):

$$y_i^* = \beta x_i + \mu_i \quad (8)$$

em que y_i^* é a variável dos escores de eficiência dos produtores; x_i o vetor das variáveis explicativas (área, densidade, pós-larvas, insumos, ração, mão de obra, viveiro e produção); e β o vetor dos parâmetros a serem estimados. Além disso, o erro deve possuir média igual a zero e a variância σ^2 .

Esta investigação de teor acadêmico adota um limite de escore igual 1, logo $y^c = 1$. Portanto, os valores observados de y_i deverão obedecer às seguintes condições (ALVIM; STÜLP; KAYSER, 2015):

Para $y_i^* < y^c$ então $y_i = y_i^*$

Para $y_i^* \geq y^c$ então $y_i = y^c$

O modelo Tobit será estimado por meio do método de máxima verossimilhança (ML). Conforme Amemiya (1984), a função ML para o modelo Tobit é dada por:

$$L = \prod_{y_i=0} \left[1 - \Phi\left(\frac{x_i\beta}{\sigma}\right) \right] \prod_{y_i>0} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left[-\frac{1}{2} \frac{(y_i - x_i\beta)^2}{\sigma^2} \right] \quad (9)$$

A função de verossimilhança, no entanto, deve ser logaritmizada para se obter a função de log-verossimilhança.

$$L = \sum_{y_i=0} \ln \left[1 - \Phi\left(\frac{x_i\beta}{\sigma}\right) \right] + \sum_{y_i>0} \left[\ln \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} - \frac{1}{2} \frac{(y_i - x_i\beta)^2}{\sigma^2} \right] \quad (10)$$

Com efeito, na equação, o primeiro termo representa a probabilidade de o evento ser menor do que um. Já o segundo membro representa a densidade do evento ser observado. O valor $\phi(Z)$ é feito por meio da função:

$$\phi(z) = (2\pi)^{-1/2} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \quad (11)$$

em que z é dado pela seguinte formula:

$$z = \frac{x\beta}{\sigma} \quad (12)$$

O impacto das variáveis sobre a eficiência do modelo será medido por meio do efeito marginal. Greene (2003) descreve que o efeito marginal deverá ser mensurado da seguinte maneira:

$$EM_x = \frac{\partial E(y_i)}{\partial x_i} = \beta \phi\left(\frac{x_i \beta}{\sigma}\right) \quad (13)$$

O modelo Tobit, de modo similar ao modelo de mínimos quadrados ordinários, deve ser submetido a uma avaliação, isto é, a um teste que deverá ser aplicado para verificar se as variáveis explicativas incluídas no modelo atuam conjuntamente na variável dependente. De acordo com Santos et al. (2009), o teste indicado é o de razão de verossimilhança (LR *statistic*). O teste adota a distribuição do qui-quadrado (X^2), com os graus de liberdade dados pelo número de coeficientes. Finalmente, as considerações a respeito do teste obedeceram à relação $LR > X^2$ tabelado, em que, caso isso ocorra, significa que as variáveis regressoras incluídas no modelo causam alteração na variável dependente (SANTOS *et al.*, 2009).

4. Resultados e Discussão

4.1. Identificação e análise da eficiência dos produtores de camarão

Neste ensaio, as variáveis utilizadas para determinar a eficiência estão representadas na Tabela 2. Nesta estão às características das propriedades (tamanho da propriedade, densidade de estocagem, insumos, ração, número de funcionários, número de viveiros e produção). Vale ressaltar que os dados apresentam grande dispersão ao redor da média.

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis empregadas no modelo DEA, 2015

Variáveis	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo	Coefficiente de variação (%)
Área (ha)	27,64	30,73	165	2,50	111,18
Pós-larvas (unid)	11.372.263	10.333.100	42.100.000	900.000	90,86
Densidade (cam/m ²)	48,67	30,20	116,67	4,24	62,05
Insumos (kg)	28.867,15	34.594,15	150.240	18	119,84
Ração (kg)	57.791,46	47.110,88	191.031	6.840	81,52
Mão de obra (unid)	11,73	12,74	35	3,00	108,61
Viveiros (unid)	7,15	4,93	26	2,00	68,95
Produção (kg)	88.385,45	72.177,32	280.000	4.500	81,66

Fonte: Elaboração própria.

Os escores de eficiência técnica para as fazendas produtoras de camarão do Estado do Ceará foram obtidos segundo os modelos de retornos constantes (CCR); retornos variáveis (BCC) e eficiência de escala (ES). Vale salientar que as UTD's que tiveram resultados de eficiência acima de 0,9 foram consideradas eficientes. Na perspectiva de Ferreira (2015), essa maleabilidade é para evitar prejuízo à análise, pois algumas unidades podem se destacar mais, e isso ocorre porque esta é um *outlier* e não em razão da sua eficiência relativa.

Conforme a Tabela 3, são expostos os níveis de eficiência CCR, BCC e ES e as estatísticas descritivas referentes às fazendas.

Tabela 3: Eficiência das fazendas produtoras de camarão do Estado do Ceará, 2015

	CCR	BCC	ES
Média	0,69	0,92	0,73
Máximo	1	1	1
Mínimo	0,08	0,38	0,08
Fazendas eficientes	14	27	16
% da amostra	36,84	71,05	42,10

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que, das fazendas analisadas pelo pressuposto do retorno constante, 14 são tecnicamente eficientes, o que corresponde a 36,84% do total de fazendas. Em relação à eficiência, as firmas apresentam um valor médio para CCR de 0,69, ou seja, caso intentem ser tecnicamente eficientes, elas terão que reduzir, em média, a utilização dos fatores produtivos em 31% e manterem o nível de produção. Souza Junior (2003), que estudou a carcinicultura cearense, relatou que 55% dos produtores amostrados podem ser considerados tecnicamente eficientes e que, em média, teriam que reduzir a utilização dos insumos em 19,11%.

Para o caso dos retornos variáveis, nota-se um aumento das fazendas tecnicamente eficientes. Considerando o total de fazendas amostradas (42 empreendimentos aquícolas), tem-se que 71,05 % das UTD's são eficientes. O escore de eficiência médio mostra que houve

um crescimento de 33,33% de produtores eficientes para o BCC-I. A diferença percentual de 23% entre as médias do CCR e BBC indica que a ineficiência técnica do modelo de retorno constante decorre da ineficiência de escala. Fica claro, também, que, ao considerar o modelo BCC-I, o número de fazendas eficientes aumentou para 27. Souza Junior (2003) relatou que o número de fazendas tecnicamente eficientes aumentou 28,93% com a adoção do modelo BCC, isso ocorre porque apesar de considerar o tamanho individual de cada empreendimento o modelo de retornos variáveis não leva em consideração o pressuposto da existência de ineficiência de escala, assim, este modelo apresenta um maior número de unidades eficientes se comparado com o CCR (SANTOS et al.,2009). Adicionalmente, Seiford e Zhu (1999), afirmam que as unidades classificadas como eficientes no modelo de CCR-I, também serão caracterizadas como eficientes para o modelo BCC-I; contudo, o inverso não ocorre.

A eficiência de escala mede a relação entre os modelos CCR-I e BCC-I. As firmas classificadas como eficientes no modelo ES operam em escala ótima de produção. Portanto, de acordo com a Tabela 3, observa-se que 42,10% das fazendas trabalham em escala ótima de produção.

No que diz respeito aos retornos do modelo CCR, ilustrado na Tabela 4, 28,94% das fazendas conseguiram atingir o retorno constante, ou seja, essas unidades utilizam de modo equilibrado os *inputs* e *output* desempenhando suas atividades sob condições ótimas. Conforme Carvalho et al. (2016), quando uma UTD chega ao nível constante, esta passa a ser uma unidade referencial para as demais unidades, portanto esta firma torna-se um modelo sobre como utilizar adequadamente os insumos no processo produtivo, ou seja, uma *benchmarks*.

Tabela 4: Valores de eficiências e a natureza dos retornos, 2015

Retornos	Eficientes (%)	Ineficientes (%)
Constante	28,94	2,63
Crescente	23,68	42,10
Decrescente	0	2,63
Total	52,62	47,36

Fonte: Elaboração própria.

Quando ao retorno crescente, 23,68% das firmas que foram eficientes apontaram retorno crescente, ou seja, há uma diferença do valor encontrado para eficiência total de escala (na tabela 3). Isso foi resultado da ponderação inicial, que considerou eficientes as fazendas com valores médios acima de 0,90. Nesse caso, cabe à consideração que, apresentando retornos crescentes, o melhor seria ampliar a escala de produção.

As unidades produtoras enquadradas como ineficientes e com retornos crescentes (42,10%) estariam em melhor condição se a escala de produção fosse ampliada. Nesse caso,

cabe uma observação: como o número de viveiros é fixo, pois a construção é demorada, só seria possível mudar a escala de produção, de maneira imediata, via mudança da produtividade e, conseqüentemente, alteração do manejo ou emprego de novas tecnologias.

Em relação às UTD's que demonstraram ineficiências e retornos decrescentes, 2,63%; o processo produtivo só alcançaria a eficiência caso o tamanho da escala de produção fosse reduzido.

Durante a análise dos dados, foi possível verificar diversos tamanhos de firmas. Nesse contexto, segundo ABCC (2013) as unidades produtivas são classificadas de acordo com o seu tamanho. A entidade cita que as unidades produtivas podem ser de quatro tipos: micro (unidade com menos de 5 hectares); pequeno (de 5 e 10 hectares); médio (de 10 e 50 hectares) e grande (maior do que 50 hectares). Por meio dessa classificação, foi possível determinar onde ocorre a maior porcentagem de ineficiência. Por meio dos resultados descritos na Tabela 5, percebe-se que a maior parte da ineficiência se concentra no micro, pequeno e médio produtor, ou seja, 53,64% são ineficientes.

Tabela 5: Classificação dos produtores, quanto ao tamanho das fazendas, eficiência e ineficiências, 2015

Classificação	Fazendas (%)	Ineficientes (%)	Eficientes (%)	Média de eficiência (CCR)
Micro	4,87	4,87	0	0,5733
Pequeno	21,95	14,63	7,31	0,7415
Médio	48,78	34,14	14,63	0,7144
Grande	24,39	4,87	19,51	0,8992
Total	100	58,53	41,56	-

Fonte: Elaboração própria.

Vale salientar que a média de eficiência dos produtores está em 0,69, para o modelo CCR. Após separar os produtores em classes, os resultados indicam que o microprodutor teve o pior resultado de eficiência, ademais, também não foi encontrado nenhuma *benchmarks*. Na consideração da ABCC (2013), o percentual de microprodutores em atividade no ano de 2011 correspondia a 52% do total de produtores do Ceará. Conforme Sousa Junior (2003), os produtores cearenses tecnicamente eficientes adotaram níveis tecnológicos mais elevados o que está fora do alcance financeiro para maioria dos micros, pequenos e médios produtores.

4.2. Identificação do(s) determinante(s) da (in)eficiência técnica dos produtores

A tabela 6 mostra os resultados obtidos por meio do modelo Tobit. Os resultados demonstram quais os principais regressores explicam a (in)eficiência das propriedades produtoras de camarão no Estado do Ceará.

Contudo, antes de analisar os resultados dos coeficientes, é importante destacar o teste realizado para constatar a eficiência do modelo. O teste LR foi aplicado para averiguar se as variáveis explicativas, conjuntamente, têm efeito sobre a variável dependente, ou seja, se estas são importantes para explicar o regressando. Logo, a hipótese nula seria a inexistência do efeito. O valor do LR mostra que a hipótese nula pode ser rejeitada. Também foi realizado o teste para identificar se os coeficientes são estatisticamente diferentes de zero. O resultado mostra que a hipótese nula pode ser rejeitada a 1%.

Tabela 6: Variáveis que, conjuntamente, influenciam a (in)eficiência técnica dos produtores de camarão do Ceará, 2015

Variáveis	Efeito marginal	Erro padrão	Valor-p
Pós-larvas	1,69e-9	8,21e-9	0,039
Viveiros	-0,0055375	0,0151669	0,715
Densidade	-0,0042011	0,002385	0,078
Insumos	-4,02e-6	1,66e-6	0,015
	Valor		
LR	12,17		
X ²	0,0161		

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados apesar de conjuntamente explicarem a variável dependente, um deles não foi significativo: viveiros. Isso pode ter ocorrido em razão da heterogeneidade da amostra.

Os regressores pós-larvas e insumos são estatisticamente significativos a 5%. Já a variável explicativa densidade é significativa a 10%. Vale ressaltar que os sinais encontrados estão coerentes com o esperado, visto que, para densidade e insumos, se estes estiverem sendo usados de modo mais intensivo, tudo mais constante, causam efeitos positivos sobre a eficiência do sistema (SOUZA JUNIOR, 2003).

Os efeitos marginais que causam alterações na densidade e nos insumos indicam que o aumento de 1% dessas variáveis reduz a ineficiência, respectivamente, -0,00420 e 0,00000402. Já para pós-larva, é possível perceber que o aumento de 1% percentual nessa variável é responsável pelo crescimento da ineficiência de 0,00000000169.

Apesar de grande parte das unidades produtoras de camarão operarem de maneira ineficiente, os resultados mostram quais são as variáveis que devem ser utilizadas para incrementar a produção de camarão do Estado do Ceará. Nesse aspecto, caso tencionem melhorar, os produtores devem olhar para as variáveis: pós-larvas e insumo, porém o aumento da eficiência está fortemente vinculado a utilização dos insumos.

O aumento da produção acompanhado por aumento de densidade deve ser observado com atenção, pois o aumento do número de camarões por metro quadrado não causaria o

aumento sustentável da produção no longo prazo. Logo, o aumento da produção deve ser acompanhado da melhora de todos os outros fatores. Na inteligência de Silva e Sampaio (2009), a utilização de equipamentos para aeração, o tratamento de solo e a utilização de tanques berçários contribuíram para a redução da ineficiência.

Em suma, os resultados de eficiência da carcinicultura cearense indicam que as UTD's, em média, apresentam grandes possibilidades de utilização equilibrada dos recursos. O resultado também mostra que, nos últimos anos, houve uma perda de eficiência por parte dos produtores relacionada ao erro de escala de produção. O processo de estratificação dos produtores, ou seja, dividi-los em classes, mostrou que o pior resultado foi identificado para os microprodutores. Contudo, no contexto geral, os produtores que desejarem maior eficiência devem melhorar a relação de uso de pós-larvas e insumos.

5. Conclusão

O estudo teve por objetivo, demonstrar por meio da análise de eficiência, a atual situação da carcinicultura cearense, além disso, identificar quais unidades produtivas apresentam maior vulnerabilidade, visto que, ser tecnicamente ineficiente implica em desequilíbrio na relação insumo e produto.

No geral, as fazendas de camarão do Estado do Ceará apresentaram, em média, um valor de eficiência 0,69. Contudo, as UTD's eficientes, ou seja, as *benchmarks* apresentaram melhor relação entre *inputs* e *outputs* e não necessitam alterar a escala de produção que podem ser utilizadas como modelo por outras empresas.

No modelo de BCC, o número de firmas eficientes é superior ao modelo CCR. A análise da relação entre BCC e CCR permitiu concluir que a ineficiência das UTD's ocorre devido a escala de produção. Adicionalmente, os grupos de micros, pequenos e médios produtores apresentaram os piores resultados de eficiência.

Estes grupos possuem escores médios de ineficiência abaixo do escore geral de classificação. Para os microprodutores, os resultados são ainda mais alarmantes, pois além de estarem muito abaixo do valor médio da amostra, estes não possuem nenhuma unidade referencial de eficiência.

O modelo Tobit mostra que as variáveis pós-larvas, insumo, viveiros e densidade atuam sobre o modelo estimado. O regressor pós-larvas têm efeito negativo sobre a eficiência. Já as variáveis explicativas, densidade e insumo, têm efeito positivo; contudo, a variável que tem o maior efeito sobre o modelo é o insumo.

O resultado está coerente, até mesmo, quando se analisam as duas metodologias, conjuntamente, pois, no modelo não paramétrico, foi evidenciado que a ineficiência é causada pelo tamanho da escala de produção. Já em relação ao modelo Tobit ficou claro que qualquer alteração para melhorar a eficiência deve ser feita primeiro na densidade e insumo, pois estas trariam um de ganho de eficiência.

Por fim, como sugestão de políticas públicas que visem melhorar a capacidade produtiva dos micros, pequenos e médios produtores indicam-se o aumento das linhas de créditos; as empresas de assistência técnica devem atuar junto a esse grupo, objetivando o uso racional dos insumos, para torná-los mais competitivos. Conseqüentemente, aumenta-se a capacidade produtiva do Estado, visto que, estes produtores são responsáveis por quase metade da produção cearense.

6. Referências

ALMEIDA, P. N. A. Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006. 2012. *Tese* (Programa de Doutorado no Curso de Economia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

ALVIM, A.; STÜLP, V. J.; KAYSER, V. H. Análise da eficiência técnica nas lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. *Redes*, v. 20, n. 2, p. 158-175, 2015.

AMEMIYA, T. "Tobit models, a survey", *Journal for Econometrics*, n. 24, p. 3-61, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (Rio Grande do Norte). Censo da Carcinicultura de 2004. Disponível em: http://abccam.com.br/wp-content/uploads/2011/02/TABELAS_CENSO_SITE.pdf. Acesso em: 12 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011. Disponível em: http://abccam.com.br/site/wp-content/uploads/2013/12/LEVANTAMENTO-DA_INFRAESTRUTURA-PRODUTIVA.pdf. Acesso em: 17 abr. 2017.

BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p.1078-1092, 1984.

BECERRA-DORAME, M. J.; MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. Effect of using autotrophic and heterotrophic microbial-based-systems for the pre-grown of *Litopenaeus Vannamei*, on the production performance and selected haemo-lymph parameters. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 45, n. 5, p.944-948, 2014.

BEGUM, M. E. A.; HOSSAIN, M. I.; PAPANAGIOTOU, E. Technical efficiency of shrimp farming in Bangladesh: an application of the stochastic production frontier approach. *Journal of the World Aquaculture Society*, Malden, v. 44, n. 5, p. 641-654, 2013.

BEZERRA, A. M.; SILVA, J. A. A. da; MENDES, P. de P. Seleção de variáveis em modelos matemáticos dos parâmetros de cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, p. 385-391, 2007.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, p. 128, 2003.

CAMPOS, K. C.; CAMPOS, R. T. Alternativa econômica para o novo rural do Nordeste brasileiro. *Revista Informe GEPEC*, Toledo, v. 10, n. 2, p. 40-53, 2006.

CARVALHO, J. B.; MODONESE, V. da S.; SANT'ANA, V. Z.; SABBAG, O. J. Análise de eficiência do Programa Aquisição de Alimentos para o território de Andradina e Noroeste Paulista. *Revista Espacios*, Caracas, v. 37, n. 10, p.1-16, 2016.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal Of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CLEMENTE, F.; GOMES, M. F. M.; LÍRIO, V. S. Análise da eficiência técnica de propriedades citrícolas do estado de São Paulo. *Economia Aplicada*, v. 19, n. 1, p. 63-79, 2015.

COCHRAN, W. G. *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1977.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer, p. 341, 1998.

CONSUMO: demanda por camarão aquece mercado local. O Estado, Fortaleza, 19 set. 2011. *Caderno economia*. Disponível em: <http://www.oestadoce.com.br/economia/consumo-demanda-por-camarao-aquece-mercado-local>. Acesso em: 08 maio 2018.

COSTA, E.; SAMPAIO, Y. Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão marinho cultivado. *Revista Economia Aplicada*, Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 327-345, 2004.

COOPER, W. W. RAM: a range adjusted measure of efficiency for use with additive models, and relations to other models and mesasure in DEA. *Journal Of Productivity Analysis*, Texas, v. 11, n. 1, p.5-42, 2001.

FARREL, M. J. A measurement of productive efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society*, v. 120, n. 3, p. 254-290, 1957.

FERREIRA, C. B. Ensaio sobre produtividade e eficiência agrícola na América Latina, no Brasil e no Vale do São Francisco. 2015. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Curso de Economia, Economia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. *Introdução à análise envoltória de dados*. Viçosa: UFV, p. 389, 2009.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A. A cadeia produtiva do camarão cultivado no estado do Ceará - uma análise crítica. 2006. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Curso de Mestrado em Economia Rural, Economia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JUNIOR., W. Densidade de estocagem na engorda de camarão branco cultivado em sistema de bioflocos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 8, p. 878-884, 2013.

GONÇALVES, R. M. L.; VIEIRA, W. da C.; LIMA, J. E.; GOMES, S. T. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. *Economia Aplicada*, São Paulo, v.12, n. 2, 2008.

GOMES, E.; MANGABEIRA, J.; MELLO, J. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 43, n. 4, 2005.

GUNARATNE, L. H. P.; LEUNG, P. Asian black tiger shrimp industry: a meta-production frontier analysis. 1996. Disponível em: <http://library.enaca.org/NACA-Publications/EconomicsManagement.pdf>. Acesso em: 04 out. 2017.

GREENE, W. H. *Econometric analysis*. 5. ed., New Jersey: Prentice Hall, 2003.1026p.

HACKBARTH NETO, A. A.; STEIN, C. E. Uma abordagem dos testes não-paramétricos com utilização do Excel. 2003. Disponível em: <http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/textos/artigo_11_09_2003.pdf>. Acesso em: 03 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, v.43, p. 1-49, 2015.

ISLAM, G. M. N.; YEW, T. S.; NOH, K. M. Technical efficiency analysis of shrimp farming in Peninsular Malaysia: a stochastic frontier production function approach. *Trends In Applied Sciences Research*, San Francisco, v. 18, p. 325-343, 2014.

NGUYEN, K. T.; FISHER, T. C. G. Efficiency analysis and the effect of pollution on shrimp farms in the mekong river delta. *Aquaculture Economics & Management*, v.18, n. 4, p. 325-343, 2014.

KOOPMANS, T. C. *Analysis of production as an efficient combination of activities*. In: _____(Ed.). *Activity analysis of production and allocation: proceedings of a conference*. New York: John Wiley & Sons, Inc.; London: Chapman & Hall, Limited, p.83-97, 1951.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 150, p. 5-20, 2015.

LEITÃO, R. C.; CAVALCANE, R. R. R.; RIBEIRO, E. M.; CLAUDINO, R. L.; MACIEL, N. M.; ROSA, M. de F. Reúso da água da despesca na produção de camarão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, p. 1314-1320, 2011.

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

LOVELL, C. A. K. *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. New York: Oxford University, 1993. 415p.

LORENZETT, J. R.; LOPES, A. L.; DE LIMA, M. V. Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, v. 3, n. 1, p. 168-190, 2010.

MARTINEZ-CORDERO, F. J.; LEUNG, P. Sustainable aquaculture and producer performance: measurement of environmentally adjusted productivity and efficiency of sample of shrimp farms in Mexico. *Aquaculture*, Honolulu, v. 241, p. 249 - 268, 2004.

MELO, F. P.; FERREIRA, M. G. P.; LIMA, J. P. V. de; CORREIA, E. de S. Cultivo do camarão marinho com bioflocos sob diferentes níveis de proteína com e sem probiótico. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, p. 202-210, 2015.

MORAIS, G. A. de S. Ensaio sobre eficiência técnica e produtividade total dos fatores da agricultura dos países do Mercosul e da América do Sul. 2015. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Curso de Economia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

NORÕES, A. K. M. Eficiência produtiva da carcinicultura nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. 2017. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Economia Rural), Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, I. R. Utilização da análise envoltória de dados (DEA), no diagnóstico da eficiência de cultivo do camarão marinho *litopenaeus vannamei* (Boone,1931). 2008. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Curso de Biometria e Estatística Aplicada), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no Sul de Minas Gerais. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, Lavras, v. 7, p. 50-59, 2005.

RIVERA, E. B. B.; COSTANTIN, P. D. Produtividade total dos fatores nas principais lavouras de grãos brasileiras: análise de fronteira estocástica e índice de Malmquist. 2007. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A121.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2017.

SANTOS, V. F.; VIEIRA, W. C.; RUFINO, J. L. S.; LIMA, J. R. F. de. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004 - 2006. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 47, n. 03, p. 677-698, 2009.

SCHER, P. D. Análise de eficiência técnica pelo método DEA na agricultura do Distrito Federal. 2015. *TCC* (Graduação - Curso de Ciências Econômicas), Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SEIFORD, L. M.; ZHU, J. An investigation of returns to scale under data envelopment analysis. *Internacional Journal of Management Science*, v. 27, n. 1, p. 1-11, 1999.

SILVA, J. L. M.; SAMPAIO, L. M. B. Eficiência, gestão e meio ambiente na carcinicultura do Rio Grande do Norte. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 47, n. 4, p. 883-902, 2009.

SIVARAMAN, I.; KRISHNAN, M.; ANANTHAN, P. S.; SATYASAI, K.J.S.; KRISHNAN, L.; HARIBABU, P.; ANANTH, P. N. Technical efficiency of shrimp farming in Andhra Pradesh: estimation and implications. *Current World Environment*, Mundai, v. 10, n. 1, p. 199-205, 2015.

SOUSA JÚNIOR, J. P. de. Análise da eficiência da produção de camarão marinho em cativeiro no estado do Ceará. 2003. *Dissertação* (Programa de Mestrado - Curso de Economia), Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

TORESAN, L. Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas. 1998. *Tese* (Programa de Doutorado - Curso de Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. *Revista Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 45, p. 39-51, 1998.

VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12, Vila Real, Portugal, 2002. *Anais...* Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, p. 111-118, 2002.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory Econometrics - a modern approach* Thomson South-Western, 2003.