



SPOLM 2007

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 08 e 09 novembro de 2007.

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM AGRICULTURA COM UNIDADES EM DESVANTAGEM COMPETITIVA

Eliane Gonçalves Gomes *

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – SGE
Parque Estação Biológica, Av. W3 Norte Final, Asa Norte, 70770-901, Brasília, DF
eliane.gomes@embrapa.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello *

Universidade Federal Fluminense – Departamento de Engenharia de Produção
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ
jcsmello@producao.uff.br

Antônio Carlos Reis de Freitas

Embrapa Meio Norte
Av. Duque de Caxias 5650, Buenos Aires, 64006-220, Teresina, PI
carlos@cpamn.embrapa.br

Resumo

Este artigo compara o desempenho de sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de derruba e queima e de trituração de capoeira por unidades familiares camponesas da Amazônia Oriental. A eficiência foi medida com modelos de Análise de Envoltória de Dados (DEA), considerando-se retornos constantes de escala. Como as unidades em avaliação usam diferentes tecnologias é aqui proposta uma alternativa para o cálculo da medida de eficiência final que considera a não homogeneidade do grupo em avaliação. Os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima proporcionaram maior eficiência técnica do que aqueles cultivados com tecnologia de trituração de capoeira.

Palavras-chave: Eficiência técnica; DEA; DMUs não homogêneas; Agricultura familiar.

Abstract

In this paper we compare the performance of family farms agricultural systems that employed the mechanised chopping of the follow vegetation and those that used slash-and-burn technology in the Brazilian Eastern Amazon. The technical efficiency scores were calculated using Data Envelopment Analysis (DEA) models with constant returns to scale. As the units under evaluation are non-homogeneous we propose here an alternative approach to calculate the final efficiency scores. The results indicate that farmers that used slash-and-burn technology were more efficient than those that employed the mechanised chopping.

Key words: Technical efficiency; DEA; Non-homogeneous DMUs; Rural family farmers.

1. INTRODUÇÃO

* Bolsista do CNPq, Brasil.

Um sistema agrícola cultivado com tecnologia de trituração de capoeira consiste em um método de preparo do solo sem uso do fogo, associado, fundamentalmente, a duas inovações tecnológicas: a trituração e o enriquecimento de capoeira. A trituração de capoeira consiste no corte da biomassa aérea da vegetação de pousio (capoeira) para reduzir a perda de nutrientes e formar uma cobertura morta (Kato & Kato, 2000). Já o enriquecimento de capoeira envolve o plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido, com vistas a diminuir o período de pousio e acumular biomassa na vegetação de pousio (Brienza Jr. et al., 1998).

A possibilidade de esta tecnologia transformar-se em força produtiva, ou seja, em meios de produção, foi discutida inicialmente por Costa (1998). Este autor analisou as possibilidades da mecanização pesada na agricultura camponesa e destacou a importância do rendimento do trabalho familiar no processo decisório da unidade familiar, cuja preferência por determinada tecnologia depende de critérios que assegurem sua eficiência reprodutiva.

Partindo desta perspectiva, Freitas (2004) realizou um estudo sobre os impactos provocados pela introdução da tecnologia de trituração de capoeira no processo produtivo de unidades familiares da Amazônia Oriental. Para tal foi conduzido um ensaio experimental que envolveu 24 unidades familiares da localidade Travessa Cumarú, município de Igarapé-Açú, no estado do Pará, durante dois ciclos anuais de produção, entre agosto de 2000 e julho de 2002.

Neste artigo são analisados os dados de desempenho econômico das áreas cultivadas com uso desta tecnologia em relação às áreas cultivadas com práticas tradicionais de derruba e queima. Foram usados modelos de Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) para calcular medidas de eficiência desses produtores. Por usarem diferentes tecnologias de produção, este grupo de agricultores familiares não é homogêneo. Para que possam ser comparados, propõe-se aqui uma abordagem para o cálculo das medidas de eficiência que considera esta não homogeneidade.

2. ESTUDO DE CASO

O ensaio experimental do tipo *ex-post* envolveu 24 famílias da localidade Travessa Cumarú, situada no município de Igarapé-Açú, Pará. Durante a instalação do ensaio experimental buscou-se consolidar a parceria entre pesquisadores e camponeses para a realização da pesquisa. Foram realizadas várias reuniões locais para expor os objetivos gerais da pesquisa, as quais serviram para a formação de dois grupos. A escolha por um ou outro grupo ficou sob decisão de cada família e foi decidido que a família que participasse do grupo que iria usar a tecnologia de trituração de capoeira também poderia usar derruba e queima em outras roças do lote ou fora dele.

No primeiro ciclo anual de produção, entre agosto de 2000 a julho de 2001, foram formados dois grupos de observação: um grupo de 13 unidades familiares, que usaram sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima e sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira, e outro grupo composto por 11 unidades familiares, que empregaram exclusivamente sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima. No segundo ciclo, compreendido entre agosto de 2001 e julho de 2002, todas as unidades familiares utilizaram sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima.

As ações de pesquisa iniciaram-se em junho de 2000, no ato da aplicação de um questionário junto a vinte e quatro chefes de famílias camponesas. O questionário era composto de perguntas fechadas e abertas em relação à origem da família e sua composição, à família como unidade de produção e de consumo, aos meios de produção, ao uso das terras e à existência de apoios institucionais.

Na primeira quinzena de janeiro de 2001, todas as famílias foram visitadas para definir a sua participação no ensaio experimental (o que seria cultivado, tamanho da área a ser triturada ou de capoeira a ser enriquecida). As primeiras operações efetivaram-se em março

de 2001. Com o uso da tecnologia de trituração de capoeira foram testados os sistemas de cultivo do feijão, feijão + maxixe, mandioca + feijão, mandioca + milho, milho + feijão e maracujá.

O registro mensal de dados, em formulário individual por família, foi feito em dois níveis: da unidade familiar camponesa, referente às atividades vinculadas à produção e ao consumo dos membros da família do lote como um todo (uso do trabalho familiar, uso do trabalho de terceiros, tipos de culturas, plantios, área plantada, área colhida, quantidade colhida, gastos com fertilizantes e pesticidas, gastos com mão-de-obra, receitas oriundas da venda de produtos e de trabalho, receita oriunda de aposentadorias e benefícios); e da área cultivada com a marcação de parcelas (50 m²), para obter dados relativos à produtividade física das culturas, por contagem (número de pés, número de covas, número de frutos) e pesagem (peso de frutos, peso de grãos, peso de raízes). As informações sobre trabalho foram lançadas por membro da família e por plantio individualmente (cada plantio em um registro) para permitir a comparação da capacidade produtiva das unidades familiares por trabalhador equivalente e por unidade de área. Além do formulário individual, foram usadas as técnicas de entrevista e de observação direta.

O universo da amostra abrangeu um total de 55 áreas cultivadas, sendo 34 áreas cultivadas no primeiro ciclo anual de produção (13 áreas cultivadas com uso da tecnologia de trituração de capoeira e 21 cultivadas com práticas de derruba e queima) e 21 áreas cultivadas com práticas de derruba e queima no segundo ciclo anual de produção. Para cada unidade familiar foram monitoradas as seguintes variáveis: área cultivada por plantio (mandioca, milho, feijão, maracujá, maxixe), renda líquida por área cultivada, dias trabalhados e número de trabalhadores equivalentes. Maiores detalhes sobre o estudo podem ser encontrados em Freitas (2004).

Para avaliar a eficiência técnica relativa das unidades familiares utilizou-se o modelo DEA com retornos constantes de escala (Charnes et al. 1978). As medidas de eficiência foram calculadas pelo *software* SIAD (Angulo Meza et al., 2005).

3. DEA

3.1. Aspectos gerais

Os constrangimentos e as oportunidades do meio envolvente determinam a escolha, pela unidade familiar camponesa, dos tipos de culturas (temporárias, permanentes, hortaliças) a cultivar. Essa escolha estrutura o sistema de produção agrícola que melhor ajusta-se à disponibilidade de recursos internos (especialmente terra e trabalho) para obter rendimentos satisfatórios.

Como consequência, a eficiência técnica da unidade familiar exprime os resultados obtidos em uma seqüência de ciclos de produção. No curto prazo, reflete os acertos e desacertos de decisões tomadas pela unidade familiar ao longo das trajetórias dos sistemas produtivos adotados em ciclos anteriores.

A eficiência técnica no curto prazo das unidades familiares camponesas foi medida com uso de modelos de DEA (Cooper et al., 2000). O objetivo é conhecer melhor a magnitude da interferência que a adoção de sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira pode exercer sobre a eficiência técnica das unidades familiares camponesas da Amazônia Oriental.

A abordagem por DEA, que utiliza problemas de programação linear (PPLs) para estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), é capaz de incorporar diversos *inputs* e *outputs* para o cálculo da eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMUs (*Decision Making Units*). Os PPLs de DEA otimizam cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto-eficientes. Essas unidades servem como referência ou *benchmark* para as unidades ineficientes.

Há dois modelos DEA clássicos. O modelo CCR (também conhecido por CRS ou *constant returns to scale*), que trabalha com retornos constantes de escala (Charnes et al., 1978) e assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. O modelo BCC (ou VRS), devido a Banker et al. (1984), considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade. São possíveis, tradicionalmente, duas orientações para esses modelos: orientação a *inputs*, quando deseja-se minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a *outputs*, quando o objetivo é aumentar os produtos, sem mexer nos recursos utilizados.

Existem duas formulações equivalentes para DEA. De forma simplificada, pode-se dizer que uma das formulações (modelo do Envelope) define uma região viável de produção e trabalha com uma projeção de cada DMU na fronteira dessa região. A outra formulação (modelo dos Multiplicadores) trabalha com a razão de somas ponderadas de produtos e recursos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições.

Neste artigo foi usado o modelo DEA CCR, já que as unidades familiares apresentam aproximadamente a mesma escala de produção. Em (1) e em (2) apresentam-se, respectivamente o modelo DEA CCR dos Multiplicadores e do Envelope, com orientação a *inputs*, já que neste artigo busca-se saber em quanto as unidades familiares ineficientes deveriam reduzir os recursos usados, de modo a aumentar a eficiência, sem alterar as quantidades produzidas. Considera-se que cada DMU k , $k = 1 \dots n$, é uma unidade de produção que utiliza r *inputs* x_{ik} , $i = 1 \dots r$, para produzir s *outputs* y_{jk} , $j = 1 \dots s$.

Em ambas as formulações h_o é a eficiência da DMU o em análise; x_{io} e y_{jo} são os *inputs* e *outputs* da DMU o . Em (1), v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para *inputs* e *outputs*, respectivamente. Em (2), λ_k representa a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU o .

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \\
 & \text{sujeito a} \\
 & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\
 & - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad k = 1 \dots n \\
 & v_i, u_j \geq 0, \quad i = 1 \dots r, \quad j = 1 \dots s
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad h_o \\
 & \text{sujeito a} \\
 & h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1 \dots r \\
 & - y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1 \dots s \\
 & \lambda_k \geq 0, \quad k = 1 \dots n
 \end{aligned} \tag{2}$$

3.2. DMUs não homogêneas

Um dos pressupostos clássicos de DEA é a possibilidade de comparação entre as DMUs, ou seja, o grupo de unidade a avaliar deve ser homogêneo em diversos sentidos. A inexistência desta homogeneidade é uma das “armadilhas” referidas por Dyson et al.(2001). Segundo esses autores, consideram-se homogêneas as DMUs que satisfazem às seguintes propriedades:

- Realizam atividades comparáveis e produzem produtos e/ou serviços similares, de modo que possa ser definido um conjunto comum de produtos; isto é equivalente ao dito usual de emprego da mesma tecnologia;
- Estar disponível para todas as unidades em avaliação um mesmo conjunto de recursos;
- As unidades operam em ambientes similares.

No caso aqui em estudo, esta homogeneidade não existe, já que alguns produtores usaram em seus sistemas produtivos tecnologia de derruba e queima e outros trituração de capoeira.

Dyson et al. (2001) propõem alternativas, uma para cada caso, para contornar a não homogeneidade das DMUs. No caso do uso de tecnologias diferentes, os autores propõem, por exemplo, o agrupamento das unidades em *clusters* homogêneos. Haas e Murphy (2003) argumentam que este reagrupamento só é útil quando há um número elevado de DMUs sob avaliação e propõem técnicas de ajustamento da não homogeneidade com uso de regressões. Saen et al. (2005) estudaram o problema de unidades não homogêneas no sentido de não disporem de um mesmo conjunto de *inputs* e/ou produzirem um mesmo conjunto de *outputs*. Xiao e Li (2007) propõem abordagem semelhante à de Saen et al. (2005) para contornar o problema das DMUs não homogêneas.

A questão do agrupamento em grupos homogêneos pode ser visto como um problema de variáveis categóricas em DEA. Estudos deste tipo podem ser vistos, por exemplo, em Banker e Morey (1986), Kamakura (1988), Rousseau e Semple (1993), Cook et al. (1998), Nanci et al. (2005) e Biondi Neto et al. (2006).

Aqui propõe-se uma técnica alternativa para compensar a não homogeneidade, que pode ser vista como uma técnica de ajuste ou compensação, numa abordagem semelhante à de Saen et al. (2005). No caso em questão, os agricultores familiares que usaram a tecnologia de trituração de capoeira têm a desvantagem de usarem uma tecnologia mais cara, o que pode comprometer sua renda líquida e sua eficiência, dado que não são consideradas variáveis ambientais. Dessa forma, propõe-se compensar estas unidades pelo princípio de *handicap*, ou seja, dar vantagem à partida ao “competidor” em desvantagem e, conseqüentemente, poder conduzir uma comparação justa. Esta é uma prática comum, principalmente em esportes e, nestes, aqueles que envolvem competidores com algum tipo de deficiência que deve ser quantificada. Compensações deste tipo podem ser vistas, por exemplo, em Vanderburgh e Laubach (2000), Lewis (2005), Jessop (2006), Runkel (2006), Amprou et al. (2007), Chandler e Noriega (2007).

No caso aqui em estudo, a compensação é feita aumentando-se a “pontuação” de quem tem essa desvantagem. A proposta segue os seguintes passos:

1. Separar as DMUs em agrupamentos homogêneos.
2. Rodar um modelo DEA isolado para cada grupo identificado; selecionar as unidades 100% eficientes.
3. Rodar um modelo DEA somente com as unidades eficientes de cada grupo.
4. Calcular a eficiência média das unidades do passo 2, separadas em seus grupos.
5. Rodar um modelo DEA com todas as unidades juntas.
6. Usar a eficiência média como fator de correção das medidas de eficiência do grupo em desvantagem, dividindo-se a eficiência encontrada no passo 5 pela eficiência média do passo 4. Se forem encontrados valores superiores à unidade, fazer a necessária normalização.
7. As medidas de eficiência corrigidas são as do passo 6.

4. MODELAGEM E RESULTADOS

O modelo DEA foi aplicado às áreas cultivadas nos dois ciclos de produção, das quais, 38 áreas nos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima e 4 áreas cultivadas nos sistemas agrícolas com tecnologia de trituração de capoeira. Nesta análise, das 55 áreas

originalmente acompanhadas, foram descartadas as 13 que apresentaram resultados negativos. Como *inputs* foram considerados “área cultivada” e “dias trabalhados”; renda líquida é o *output*. Dada a presunção de proporcionalidade entre os *inputs* e o *output*, foi escolhido o modelo CCR. Os dados usados consideraram as culturas permanentes e as temporárias conjuntamente.

Seguindo os passos da proposta aqui apresentada, foram calculadas as medidas de eficiência para cada grupo isoladamente. No grupo com prática de derruba e queima (DQ), das 38 DMUs, duas foram DEA eficientes. No grupo com tecnologia de trituração de capoeira (TC), dos quatro produtores, um foi eficiente.

Os *benchmarks* de cada grupo são descritos a seguir.

- Unidade familiar do Sr. Nô (mandioca e maracujá): renda líquida de R\$ 15.959,00. Trabalhou 191,25 dias e cultivou 4,79 ha com práticas de derruba e queima.
- Unidade familiar do Sr. Patinha (maracujá): rendimento líquido no valor de R\$ 3.688,00. Usou 0,72 ha de área cultivada com práticas de derruba e queima e 124,50 dias de trabalho.
- Unidade familiar do Sr. Bilo (maracujá): rendimento líquido no valor de R\$ 2.020,67. Cultivou 0,47 ha de área com tecnologia de trituração de capoeira e trabalhou 96,67 dias.

Em seguida, rodou-se um modelo DEA CCR composto pelas três DMUs acima mencionadas. Os produtores Nô e Patinha (grupo DQ) tiveram neste modelo eficiência unitária. O produtor Bilo (TC) teve eficiência de 0,8393. Neste caso, como há somente um produtor no grupo de TC, a eficiência média é 0,8393.

A próxima etapa foi calcular as medidas de eficiência considerando-se as 42 DMUs em um único grupo. As eficiências dos quatro produtores de TC foram divididas por 0,8393 para correção da desvantagem que têm à partida ao serem comprados com os produtores do grupo de DQ. Os resultados destes passos encontram-se na Tabela 1.

É importante destacar que, embora as unidades familiares que usaram o sistema e cultivo com tecnologia de trituração de capoeira tenham obtido, em média, eficiência técnica menor do que aquelas com prática de derruba e queima considerando o quadro atual, a experiência mostra que no longo prazo (após quatro ou mais ciclos de cultivo), o sistema de cultivo de trituração de capoeira pode proporcionar valor de rendimentos superior ao do sistema de derruba e queima, o que poderia ser convertido em aumento da eficiência.

Ressalta-se também que neste estudo foram considerados somente aspectos produtivos e financeiros. A inclusão de variáveis ambientais nas medidas de eficiência pode resultar em um cenário bem diferente do descrito aqui, já que a tecnologia de trituração de capoeira pode ser considerada “limpa” em relação às práticas de derruba e queima.

Tabela 1: Medidas de eficiência das etapas da abordagem proposta.

DMU	Medidas de eficiência			
	Passo 1-2	Passo 3	Passo 5	Passo 6
DQ1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DQ2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DQ3	0,6540	-	0,6540	0,6540
DQ4	0,5179	-	0,5179	0,5179
DQ5	0,1344	-	0,1344	0,1344
DQ6	0,1073	-	0,1073	0,1073
DQ7	0,3589	-	0,3589	0,3589
DQ8	0,2941	-	0,2941	0,2941
DQ9	0,0818	-	0,0818	0,0818
DQ10	0,3289	-	0,3289	0,3289
DQ11	0,1197	-	0,1197	0,1197
DQ12	0,1014	-	0,1014	0,1014
DQ13	0,3966	-	0,3966	0,3966
DQ14	0,4078	-	0,4078	0,4078
DQ15	0,4795	-	0,4795	0,4795
DQ16	0,2218	-	0,2218	0,2218
DQ17	0,6828	-	0,6828	0,6828
DQ18	0,2325	-	0,2325	0,2325
DQ19	0,0940	-	0,0940	0,0940
DQ20	0,3524	-	0,3524	0,3524
DQ21	0,8155	-	0,8155	0,8155
DQ22	0,3030	-	0,3030	0,3030
DQ23	0,1108	-	0,1108	0,1108
DQ24	0,3628	-	0,3628	0,3628
DQ25	0,2961	-	0,2961	0,2961
DQ26	0,2481	-	0,2481	0,2481
DQ27	0,3780	-	0,3780	0,3780
DQ28	0,2046	-	0,2046	0,2046
DQ29	0,3117	-	0,3117	0,3117
DQ30	0,0432	-	0,0432	0,0432
DQ31	0,4411	-	0,4411	0,4411
DQ32	0,6035	-	0,6035	0,6035
DQ33	0,5788	-	0,5788	0,5788
DQ34	0,4661	-	0,4661	0,4661
DQ35	0,1089	-	0,1089	0,1089
DQ36	0,1920	-	0,1920	0,1920
DQ37	0,5277	-	0,5277	0,5277
DQ38	0,3653	-	0,3653	0,3653
TC1	0,8052	-	0,2017	0,2403
TC2	1,0000	0,8393	0,8393	1,0000
TC3	0,0678	-	0,0191	0,0228
TC4	0,0504	-	0,0126	0,0150

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da tecnologia de trituração de capoeira, enquanto alternativa tecnológica ao uso do fogo na agricultura por segmentos sociais camponeses da Amazônia Oriental, consiste em uma resposta de segmentos da pesquisa agropecuária brasileira às demandas tecnológicas da agenda de pesquisa da Cooperação Científica e Tecnológica Internacional. Essas demandas estão direcionadas para a mitigação da crise ecológica global,

por meio da superação da matriz energética baseada em combustíveis fósseis (padrão técnico produtivista da agricultura). Portanto, a reorientação do padrão tecnológico da agricultura camponesa de derruba e queima no sentido da adoção de padrões ambientais de produção e consumo (tal como o baixo uso de fertilizantes químicos pelo uso da tecnologia trituração de capoeira) é parte de um movimento mais amplo de modernização da agricultura mundial.

Do ponto de vista econômico, os valores de renda líquida dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira são significativamente inferiores aos valores dos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima. Isto significa que, no curto prazo, a introdução da tecnologia de trituração de capoeira diminui a rentabilidade por trabalhador equivalente das unidades familiares camponesas. Em relação à eficiência técnica, foram igualmente verificados menores valores para os processos produtivos com tecnologia de trituração de capoeira.

Portanto, a incorporação da tecnologia de trituração de capoeira ao processo produtivo por si só não garante o nível de remuneração do trabalho familiar. São dois os fatores principais que afetam o rendimento líquido: a baixa produtividade física (kg/ha) dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira e os altos custos de produção, especialmente o custo operacional da trituração de capoeira (R\$ 143,90/hora máquina). Dessa forma, tornam-se importantes estudos que visem a redução do custo operacional de trituração. Por outro lado, a elevação do rendimento líquido por área cultivada total dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira pode ser buscada pela intensificação do uso da terra, com a adoção de consórcios de cultivos temporários (mandioca, feijão e milho) intercalados com cultivo de hortaliças (maxixe, pimenta doce, berinjela).

A agregação de valor aos produtos gerados nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira pode ser também buscada pela certificação ambiental, uma vez que propiciam serviços ambientais à sociedade.

6. REFERÊNCIAS

- AMPROU, J.; GUILLAUMONT, P.; JEANNENEY, S.G. Aid selectivity according to augmented criteria. **World Economy**, v. 30, n. 5, p. 733-763, 2007.
- ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BANKER, R.R.; MOREY, R.C. The use of categorical variables in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 32, n. 12, p. 1613-1627, 1986.
- BIONDI NETO, L. ; ANGULO MEZA, L. ; SOARES DE MELLO, M.H.C. ; SOARES DE MELLO, J.C.C. B. . Kohonen-DEA no agrupamento e determinação da eficiência comparada dos municípios do Rio de Janeiro. In: XIII CLAIO Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, 2006, Montevideo. Anales del XIII Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, 2006.
- BRIENZA JR., S.; COSTA SANTOS, V.O.; PANTOJA, R.deF.R.; SÁ, T.D.deA.; VIELHAUER, K; DENICH, M.; VLEK, P.L.G.V. Enriched fallow vegetation with leguminous trees: possibilities to improve the slash-and-burn in eastern brazilian Amazonia. In: Congresso Brasileiro em Sistemas Florestais no Contexto de Qualidade Ambiental e Competitividade, 2., 1998. Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 17-19.
- CHANDLER, C.; NORIEGA, L.A. Levelling the playing field - Games handicapping. **WSEAS Transactions on Computers**, v. 6, n. 1, p.147-152, 2007.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

- COOK, W.D.; CHAI, D.; DOYLE, J.; GREEN, R. Hierarchies and groups in DEA. **Journal of Productivity Analysis**, v. 10, p. 177–198, 1998.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- COSTA, F.A. Industrialism, peasant rationality and sustainable development in the Amazon: Theoretical-methodological directions for the project ENV 44. In: **THIRD SHIFT-WORKSHOP**, 3., 1998, Manaus. **Proceedings...**, 1998. p. 219-237.
- DYSON, R.G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A.S.; PODINOVSKI, V.V.; SARRICO, C.S.; SHALE, E.A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2., p. 245–259, 2001.
- FREITAS, A.C.R. **Crise Ecológica e Mudança Técnica da Agricultura Camponesa de Derruba e Queima da Amazônia Oriental**. Belém: Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, 2004. 169 p. Tese de Doutorado.
- HAAS, D.A.; MURPHY, F.H. Compensating for non-homogeneity in decision-making units in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 144, n. 3, p. 530-544, 2003.
- JESSOP, A. A measure of competitiveness in leagues: A network approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n.12, p. 1425-1434, 2006.
- KAMAKURA, W.A. A note on “The use of categorical variables in data envelopment analysis”. **Management Science**, v. 34, n. 10, p. 1273-1276, 1988.
- KATO, M.S.; KATO, O.R. Preparo de área sem queima, uma alternativa para a agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental: aspectos agroecológicos. In: Seminário sobre Manejo da Vegetação Secundária para a Sustentabilidade da Agricultura Familiar da Amazônia Oriental, 2000, Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000.
- LEWIS, A.J. Handicapping in group and extended golf competitions. **IMA Journal Management Mathematics**, v. 16, n. 2, p.151-160, 2005.
- NANCI, L.C. ; SENRA, L.F.A.C. ; SOARES DE MELLO, J.C.C. B. . Uso de DEA e técnicas de agrupamento na avaliação do desempenho de operadores logísticos - estudo de caso na entrega domiciliar de jornais. In: XIX ANPET, 2005, Recife. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2005 - Anais do XIX ANPET. Ro de Janeiro : Anisio Brasileiro; Oswaldo C. da C. Lima Neto; Maria Leonor Alves Maia: Editores, 2005. v. 2. p. 1777-1787.
- ROUSSEAU, J.J.; SEMPLE, J.H. Categorical outputs in data envelopment analysis. **Management Science**; v. 39, n. 3; p. 384-386, 1993.
- RUNKEL, M. Optimal contest design, closeness and the contest success function. **Public Choice**, v. 129, n. 1-2, p. 217-231, 2006.
- SAEN, R.F.; MEMARIANI, A.; LOTFI, F.H. Determining relative efficiency of slightly non-homogeneous decision making units by data envelopment analysis: a case study in IROST. **Applied Mathematics and Computation**, v. 165, n. 2, p. 313-328, 2005.
- VANDEBURGH, P.M.; LAUBACH, L.L. Modeling a two-mile run age and body weight handicap for men and women. **Biomedical Sciences Instrumentation**, v. 36, p.325-330, 2000.
- XIAO, M.D.; LI, C.D. Study of DEA and its application with non-homogeneity decision making units. **Xi Tong Gong Cheng Yu Dian Zi Ji Shu/Systems Engineering and Electronics**, v. 29, n. 1, p., 57-59, 2007.