

Análise Da Eficiência De Pequenas Propriedades Rurais Através Do Método Da Análise Envoltória De Dados (Dea)

Efficiency Analysis of Small Rural Properties Through the Method Data Envelopment Analysis (DEA)

Victor Augusto Merli Oliveira Lima
Celso Correia de Souza
José Francisco dos Reis Neto
Robson Sitorski Lins
Daniel Massen Frainer

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS ATRAVÉS DO MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Efficiency Analysis of Small Rural Properties Through the Method Data Envelopment Analysis (DEA)

*Victor Augusto Merli Oliveira Lima
Celso Correia de Souza
José Francisco dos Reis Neto
Robson Sitorski Lins
Daniel Massen Frainer*

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar os fatores mais importantes para se alcançar o desenvolvimento socioeconômico e ambiental em um assentamento rural. As entradas e saída, em um total de 13 variáveis de entrada relacionadas com atividades sociais, econômicas e ambientais que envolvem cada assentado e, como saída, a receita total do colono. O resultado foi de 0,6280, considerado de média eficiência. Também foram analisadas as razões pelas quais as DMUs ineficientes não conseguiram 100% de eficiência, e quais seriam as unidades eficientes que podem ser tomadas como um modelo para os ineficientes.

Palavras-chave: Desenvolvimento regional, produtividade-eficiência, economia de escala, eficiência técnica.

Abstract: The objective of this paper was to determine the most important factors to achieve the socioeconomic and environmental development in a rural settlement. The Inputs and output, in a total of 13 inputs variables related to social, economic and environmental activities that involves each settler and as a result, the total income of the settler was considered. The result was 0.6280, considered of average efficiency. They were also analyzed the reasons why the inefficient units did not get 100% of efficiency, and which would be the efficient units that might be taken as a model to the inefficient ones.

Key words: Regional development, productivity-efficiency, economy of scale, technical efficiency.

JEL: I38.

Introdução

O agravamento dos problemas relacionados à questão agrária no Brasil está fortemente vinculado ao modelo econômico capitalista em vigor no país e ao avanço da modernização que se expandiu sobre o território nacional, principalmente, a partir de 1970, com a mecanização agrícola. Os efeitos foram uma acelerada urbanização e o aumento da concentração de terras no campo, não acompanhados de projetos que amenizassem os impactos sociais causados pelo intenso êxodo rural e a concentração de indivíduos não qualificados para o trabalho nas grades cidades, com marginalidade social, delinquência, mendicância e prostituição (GRAZIANO, 1982).

O caminho para a marcha inversa, de se incentivar a vida no campo com boas condições econômicas, sociais e ambientais não tem sido tarefa fácil para o governo. Esse retorno do homem para campo não tem sido algo tão pacífico ao longo da história. Pelo contrário tem provocado grandes conflitos em todo país, posto que voltar para o campo é, pois, reocupar espaços perdidos, agora na forma de assentamentos rurais, e conquistar de volta a dignidade (OLIVEIRA, 2012).

No Estado de Mato Grosso do Sul, por exemplo, a criação de assentamentos rurais muitas vezes não se dá de forma pacífica. Embora eles representem políticas compensatórias, percebe-se que aqueles assentamentos rurais conquistados resultaram de lutas, com invasões de propriedades e muita persistência do trabalhador rural sem-terra. Após a conquista da terra e, ao serem inseridos na realidade dos assentamentos rurais, os assentados passam a vivenciar os mais diversos problemas, como a falta de crédito, infraestrutura deficiente, necessidade de complementação da renda por meio de trabalhos fora da propriedade, carência ou ausência de serviços sociais essenciais como saúde e educação, entre outros (OLIVEIRA, 2012).

Segundo LAMERA (2008), alguns assentamentos rurais conseguem se destacar comparativamente a outros, pois o acesso aos serviços sociais básicos e as instituições são realizadas de maneiras diferenciadas e depende de cada assentamento rural, de cada assentado, do tamanho dos lotes e das infraestruturas que são muito desiguais entre eles.

Por outro lado, a criação e manutenção de assentamentos rurais têm favorecido o processo de crescimento da agricultura familiar no Brasil, que tem assumido uma posição interessante nas discussões científicas, sobretudo em relação à contribuição que oferece ao desenvolvimento regional, com enfoque na capacidade de arregimentar os pequenos agricultores e, de fazê-los multiplicadores de comprometimento ambientais e sociais, tornando-os atores na busca da sustentabilidade e por condutas relacionadas à proteção e manutenção da natureza e da biodiversidade.

A ideia de sustentabilidade em assentamentos rurais deve contemplar eficiência técnica relativa, produtividade, desenvolvimento econômico, preservação ambiental, equidade social e qualidade de vida do assentado, dessa e das próximas gerações, de modo a não se buscar somente o crescimento econômico e, sim, o que poderia ser chamado de desenvolvimento sustentável.

O conceito de eficiência técnica relativa em unidades produtivas permite diferenciar entre estados de produção eficientes e ineficientes, na medida em que compara a eficiência de múltiplas unidades de produção que fornecem produtos similares mediante a consideração explícita do uso de suas múltiplas entradas (recursos) na produção de múltiplas saídas (produtos) (CHAVES, 2007).

A técnica da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) baseia-se em programação matemática, sendo particularmente um procedimento não

paramétrico com o objetivo de avaliar comparativamente e relativamente as eficiências de unidades produtivas, também denominadas de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units - DMUs*), na presença de múltiplas entradas (*inputs*) e múltiplas saídas (*outputs*) (MELLO *et al.*, 2005).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a eficiência de pequenas propriedades rurais com a utilização de análise envoltória de dados (DEA) e fornecer subsídios aos proprietários ineficientes para se aprimorarem no sentido de se tornarem eficientes utilizando-se determinados proprietários eficientes como referências (*benchmarking*).

2. Fundamentação Teórica

A Análise Envoltória de Dados (DEA) teve início em 1978, com o objetivo de comparar a eficiência de escolas públicas norte-americanas levando-se em conta: escores aritméticos; medidas da autoestima em testes psicológicos; habilidades psicomotoras de alunos; número de horas-aulas dos professores e; tempo gasto pela mãe em leituras com o filho. Atualmente, esta técnica é empregada em diversos problemas das ciências, inclusive, àqueles de cunho empresarial (LINS e MEZA, 2000).

A DEA é uma técnica não paramétrica de Programação Linear, ligada à Pesquisa Operacional, que permite analisar comparativamente unidades independentes (empresas, departamentos, assentamentos, etc.) no que se refere ao seu desempenho operacional. Ela fornece uma medida para avaliar a eficiência técnica relativa das unidades de tomada de decisão (*Decision Making Unit - DMUs*). As DMUs podem ser departamentos ou divisões de uma empresa, unidades administrativas ou operacionais, redes de empresas e suas filiais, produtores rurais de determinada cultura, ou seja, essa técnica é adaptável a qualquer problema que tenha como objetivo a análise de eficiência comparada (alocativa) (PEREIRA, 1995).

Segundo Pereira (1995) e Azambuja (2002), a eficiência se apresenta de duas formas: eficiência técnica e eficiência alocativa. No caso, a eficiência técnica mede a proximidade entre a quantidade de produtos que uma DMU produz e a quantidade máxima de produtos que essa DMU poderia produzir, dado o nível de insumos que pratica. O conceito de *Pareto-Kolmman* para a eficiência é caracterizado por um vetor *input-output*, de modo que uma DMU é eficiente se e somente se: nenhum *output* possa ser aumentado sem que algum *input* seja aumentado, ou algum outro *output* seja reduzido; nenhum *input* possa ser reduzido sem que outro *input* seja aumentado, ou algum *output* seja reduzido.

A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU “A” é capaz de produzir Y (A) unidades de produto, utilizando X(A) unidades de insumos, então outras DMUs poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma DMU “B” é capaz e produzir Y(B) unidades de produto, utilizando X(B) de insumos, então outras DMUs seriam capazes de realizar o mesmo esquema de produção.

Existem em DEA dois modelos básicos para se encontrar a eficiência técnica de uma DMU: modelos CCR (Retornos Constantes de Escala) e BCC (Retornos Variáveis de Escala). O primeiro pressupõe o retorno constante de escala, isto é, uma variação nos inputs implicará uma variação nos outputs, de forma proporcional; o segundo pressupõe que uma variação nos inputs implicará uma variação não proporcional nos outputs (CHARNES *et al.*, 1978 e BIONDI NETO, 2001).

Quando usada a aplicação dos modelos DEA, deve-se fazer uma opção: usar um modelo orientado a *outputs*, no qual se obtém o máximo nível de *outputs* mantendo os *inputs* fixos, ou um modelo orientado a *inputs*, que visa a obter um menor uso de *inputs* dado o nível dos *outputs*. A decisão de usar um ou outro modelo deve ser previamente selecionada pelo pesquisador.

2.1. O Modelo CCR

Nesse modelo define-se a eficiência como a razão entre a soma ponderada dos *outputs* pela soma ponderada dos *inputs*. O modelo permite que sejam atribuídos tanto aos *inputs* quanto aos *outputs* um conjunto de pesos para cada DMU, no sentido de maximizar a sua eficiência. Neste caso, a função (ou fronteira) de produção corresponde a uma reta que passa pela origem de um sistema cartesiano, em que o eixo horizontal representa os insumos e o vertical, produtos. Se o desempenho da DMU está sobre a fronteira de eficiência, ela é tida como tecnicamente eficiente, caso contrário, se o seu desempenho está abaixo da fronteira, a empresa é tida como tecnicamente ineficiente. A única condição é que todas as DMUs tenham uma eficiência menor ou igual a 1 (AZAMBUJA, 2002).

A formulação matemática dessas condições, denominadas de programação matemática, são apresentadas pelas equações 1 e 2.

Modelo CCR <i>input</i> orientado	Modelo CCR <i>output</i> orientado
$MaxEff_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$	$MinEff_0 = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}$
<p>Sujeito a:</p> $\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, o, \dots, n \quad (1)$ <p>$u_j \geq 0, \forall j, v_i \geq 0, \forall i$</p>	<p>Sujeito a:</p> $\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, o, \dots, n \quad (2)$ <p>$u_j \geq 0, \forall j, v_i \geq 0, \forall i$</p>

Onde Eff_0 é a eficiência da DMU₀; u_j e v_i são os pesos de outputs j e inputs i, respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são os inputs i e outputs j da DMU_k e; x_{i0} e y_{j0} são os inputs i e outputs j da DMU₀.

Esses dois modelos têm infinitas soluções, e fazem parte de um problema de programação fracionária. Eles podem ser transformados em problemas de programação linear (PPL), cada um com uma única solução, fazendo o denominador da função objetivo igual a uma constante que, por conveniência, normalmente é igual a 1. Com essa simplificação os modelos tomam as formas apresentadas nas equações 3 e 4, denominadas de modelos primais (CASADO, 2007 e CASADO e SILUK, 2011).

Primal (multiplicadores) - CCR <i>input</i> orientado	Primal (multiplicadores) - CCR <i>output</i> orientado
$Max H_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo}$ <p>Sujeito a :</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (3)$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0$ $k = 1, 2, \dots, o, \dots, n$ $u_j, v_i \geq 0, \forall u, v.$	$Min H_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$ <p>Sujeito a :</p> $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1 \quad (4)$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0$ $k = 1, 2, \dots, o, \dots, n$ $u_j, v_i \geq 0, \forall u, v.$

Onde H_0 é a eficiência da DMU_o e λ_k é a k – ésima coordenada da DMU_o em uma base formada pelas DMUs de referência. A partir do modelo primal é possível obter o modelo dual, denominado de modelo envelope que apresenta o mesmo valor ótimo do primal, se existir. Os dois modelos envelopes estão representados pelas equações 5 e 6, em que θ é a eficiência da DMU_o.

Dual (envelope) - CCR <i>input</i> orientado.	Dual (envelope) - CCR <i>output</i> orientado.
<p>Min θ</p> <p>Sujeito a :</p> $\theta x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$ $-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0,$ $j=1, 2, \dots, s; \lambda_k \geq 0, \quad \forall k$	<p>Max θ</p> <p>Sujeito a :</p> $\theta y_{jo} - \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (6)$ $x_{io} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0,$ $j=1, 2, \dots, s; \lambda_k \geq 0, \quad \forall k$

Os modelos de minimização de *inputs* buscam a minimização de insumos mantendo, no mínimo, o nível de produção atual, expresso pela maximização do somatório, com a soma ponderada dos insumos no denominador. Os modelos duais buscam os valores de λ_k que minimizem θ , com λ_k a contribuição da DMU_k na formação do alvo (objetivo) da DMU_o, portanto, os *benchmarks* da DMU_o (CASADO, 2007 e CASADO e SILUK, 2011). As representações gráficas desses dois modelos estão nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Modelo CCR input orientado

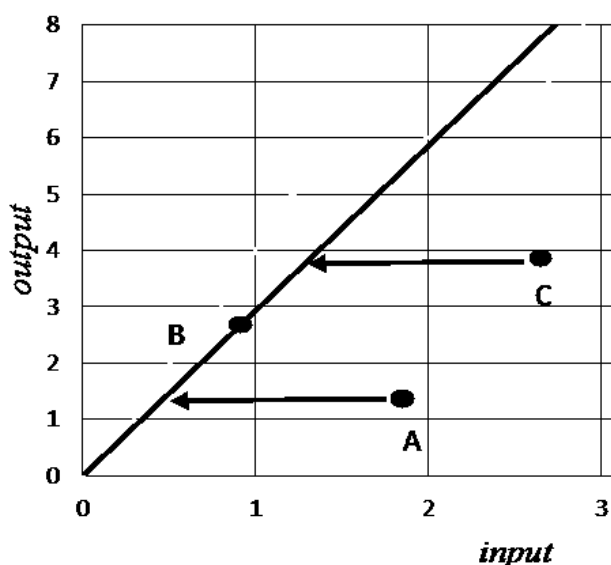
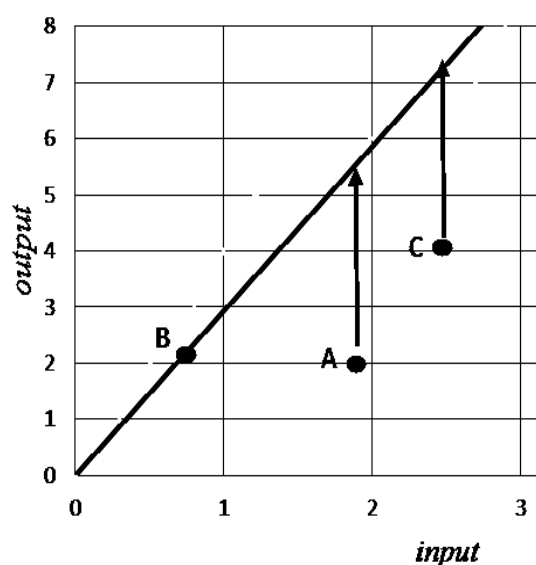


Figura 2. Modelo CCR output orientado



Estudo semelhante poderia ser feito para o modelo BCC, não sendo feito, pois, não foi objeto desse estudo, que se optou pelo método CCR. Os níveis de eficiência variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, melhor é o nível de eficiência. Será considerada eficiente aquela DMU com nível de eficiência igual a 1. Na Tabela 1 estão discriminados os níveis de eficiência para as DMUs em análises (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 1. Níveis de eficiências.

Intervalo de eficiência	Nível de eficiência
0,0000 – 0,5000	Baixo Nível de Eficiência
0,5001 – 0,8000	Médio Nível de Eficiência
0,8001 – 0,9999	Alto Nível de Eficiência
1,0000	Eficiente

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2012).

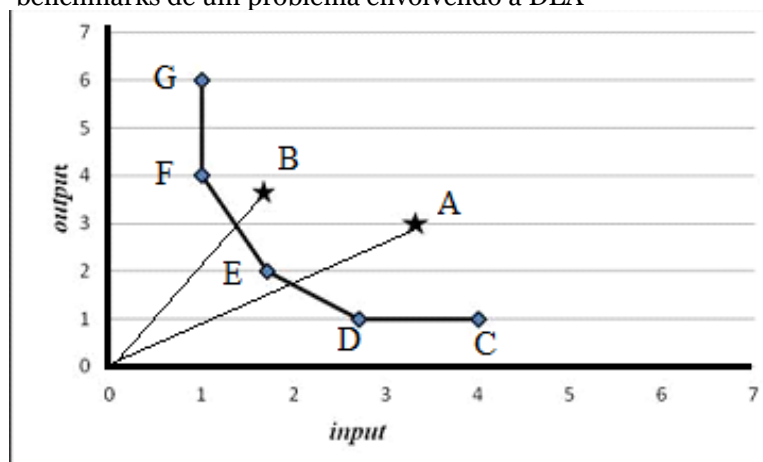
A determinação de *benchmarks* é uma das características gerenciais mais importantes dos modelos DEA clássicos. Na Figura 3 é apresentado um modelo DEA com dois *inputs* e um *output*, seis DMUs, A, B, C, D, E, F e G, dessas, são eficientes as DMUs C, D, E, F e G, pois, estão sobre a fronteira de eficiência e, como ineficientes, as DMUs A e B, que não estão sobre essa fronteira.

As retas que ligam as DMUs ineficientes A e B à origem permitem encontrar os alvos dessas DMUs, que são os pontos onde as retas interceptam a fronteira de eficiência. Por exemplo, para a DMU A, o alvo encontra-se no segmento de reta determinado pelas DMUs E e D, que são os seus *benchmarks*. No entanto, o alvo é mais próximo da DMU E do que da DMU D. Portanto, a DMU E é um *benchmark* mais importante para a unidade A. Análise semelhante pode ser feita para a DMU B.

Essa análise geométrica pode ser feita algebricamente pelo cálculo dos pesos λ 's. Um λ igual a zero significa que a DMU correspondente não é *benchmark* para a DMU em análise. Quanto maior for o λ , maior a importância da DMU correspondente como

referência para a DMU ineficiente. No exemplo da Figura 3, para a DMU A, os pesos λ_B , λ_C , λ_F e λ_G são iguais a zero.

Figura 3. DMUs eficientes, não eficientes, alvos, folgas e benchmarks de um problema envolvendo a DEA



Fonte: Ferreira e Gomes (2012).

Os valores dos alvos são as metas a serem atingidas pelas referidas DMUs, de modo a alcançar um nível de eficiência ótimo e, as folgas, se caracterizam como sendo a parte do alvo já atingido até o momento pela DMU. Desse modo, o objetivo a ser alcançado pela DMU é a diferença entre o alvo e a folga que a DMU já possui. De outro modo, define-se objetivo como o que deve ser atingido pela DMU, para que esta pertença à fronteira de eficiência analisada. A forma clássica de determinar alvos em DEA considera a possibilidade de orientação a *inputs* ou a *outputs*. Essas orientações consideram, respectivamente, que a DMU atinge a fronteira eficiente mantendo os *inputs* constantes e aumentando os *outputs*, ou congelando os *outputs* com a diminuição dos *inputs*.

Para as DMUs C, D e E, só é possível reduzir um *input* e permanecer na região eficiente de produção aumentando (ou diminuindo) seu *output*. As DMUs F e G, apesar de eficientes, têm um comportamento diferente das demais, pois, pode-se diminuir o *Input* 1 mantendo constante o *Input* 2 que permanecerão na região eficiente de produção. Essas quantidades, que ainda são possíveis serem reduzidas, são conhecidas como folgas. Observa-se, assim, que apesar de serem 100% eficiente, as DMUs F e G não são tão eficientes quanto as outras unidades eficientes.

3. Material e Métodos

Este trabalho caracterizou-se como quantitativo e descritivo, tendo sido desenvolvido no Assentamento Rural Eldorado II, Sidrolândia (MS), em que se utilizou de conceitos da teoria da função de produção que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de produção na unidade de tempo, e os fatores utilizados no processo de produção, visando determinar a eficiência técnica relativa econômica, social e ambiental do proprietário rural.

Existem três etapas na aplicação da DEA: 1) determinação dos insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*) relevantes para avaliar a eficiência relativa das DMU selecionadas; 2) criação e solução do modelo DEA e; 3) análises dos resultados (ROLL *et al.*, 1991).

Segundo LINS e MOREIRA (1999), uma vez definidas as DMUs, deve-se determinar o número delas. Sabe-se que o número de DMUs deve ser o dobro (no mínimo) do número de variáveis utilizadas no modelo, em se tratando de modelos DEA. A DEA consiste em encontrar a melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. Caso a DMU virtual seja melhor do que a DMU original, por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou por produzir a mesma quantidade usando menos insumos, a DMU original será ineficiente.

Percebe-se, portanto, que a fronteira eficiente de produção será aquela que representa as unidades avaliadas que conseguem maximizar o uso dos insumos na produção de produtos ou, ainda, consegue produzir uma quantidade maior de produtos com uma quantidade menor de insumos.

Quando da aplicação dos modelos DEA tem-se duas opções a serem tomadas: usar um modelo produto orientado, com o qual se obtém o máximo nível de produtos mantendo um número fixo de insumos; ou um modelo insumo orientado, que visa obter um mesmo nível de produção utilizando uma quantidade menor de insumos. Os modelos básicos existentes da DEA são: CCR (Retorno Constante de Escala) insumo orientado e produto orientado e BCC (Retorno Variável de Escala) insumo orientado e produto orientado. Esses quatro modelos estão descritos detalhadamente em FRIED *et al.* (1993) e CHARNES *et al.* (1994).

Como objetivo principal deste trabalho foi a avaliação das eficiências de pequenos proprietários rurais, foram selecionadas treze variáveis consideradas como insumos (*inputs*), com os seus respectivos escores e uma variável produto (*output*).

Inputs: X_1 - Programa de extensão ofertado aos alunos – escores 0 e 1 (0 = Não e 1 = Sim); X_2 - Curso de capacitação para o trabalhador rural – escores 0 e 1 (0 = Não e 1 = Sim); X_3 - Possibilidades de lazer na região do assentado – escores de 0 a 3 (0 = Não existe infraestrutura de lazer, 1 = Existem salões de festas ou campos de futebol, 2 = Existem campos de futebol e salões de festas, 3 = Existem campos de futebol, salões de festas e televisor); X_4 = Tipo de habitação do assentado – escores de 0 a 2 (0 = Casa de taipa, 1 = Casa de tijolo sem reboco e piso e 2 = Casa de tijolo com reboco e piso); X_5 = Destino da produção do assentado – escores de 1 a 3 (1 = Subsistência e atravessadores, 2 = Subsistência e atacadistas e 3 = Subsistência e varejistas); X_6 = Iluminação utilizada na residência – escores 1 e 2 (1 = Lampião a querosene ou a gás, lâmparina a querosene ou velas, 2 = Energia elétrica); X_7 = Destino do lixo doméstico – escores de 1 a 3 (1 = Queimado ou jogado a céu aberto, 2 = Enterrado e 3 = Coletado); X_8 = Controle de pragas – escores de 1 a 3 (1 = Agrotóxico, 2 = Nenhum método e 3 = Biológico); X_9 = Utilização de fogo nas atividades agropecuárias – escores 0 ou 1 (0 = Não e 1 = Sim); X_{10} = Plantio de árvore para conservação do solo – escores 0 ou 1 (0 = Não e 1 = Sim); X_{11} = Existência de sistema de esgoto ou fossa – escores 0 ou 1 (0 = Não e 1 = Sim); X_{12} = Utilização de rotação de cultura – escores 0 ou 1 (0 = Não e 1 = Sim) e; X_{13} = Utilização da prática de plantio para evitar a degradação do solo – escores 0 ou 1 (0 = Não e 1 = Sim).

Output: Y_1 - Renda média total familiar dos proprietários de lotes, em reais, incluindo a remuneração pela venda de produtos, de execução de trabalhos externos ao lote e, benefícios sociais.

As variáveis de dois a sete refletem a infraestrutura econômica, social e de moradia e foram utilizadas como fatores importantes para a renda do assentado. As variáveis de nove a treze foram consideradas para verificação do nível de sustentabilidade ambiental. Para a determinação da eficiência dos pequenos proprietários rurais foi empregado o modelo DEA-CCR com produto orientado, modelo

(1), pelo fato de que os insumos utilizados não serem passíveis de serem reduzidos (LAMERA, 2008).

Segundo Mello et al. (2005), o modelo de DEA_CCR orientado a produto, obtido de (1), permite que cada DMU escolha os pesos para cada variável (insumo ou produto) da forma que lhe for mais benevolente, desde que esses pesos aplicados às demais DMUs satisfaçam as condições do modelo. Observa-se do modelo (1) que uma DMU pode ser considerada eficiente para vários conjuntos de pesos. Quando para algum *input* ou *output* o peso for zero, significa que essa variável não foi considerada na avaliação.

Na Tabela 1 estão discriminados os intervalos de escalas de eficiência para as DMUs em análises (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 1. Intervalos de escalas de eficiência

Baixo nível de eficiência	$0 < IE \leq 0,5$
Médio nível de eficiência	$0,5 < IE \leq 0,8$
Alto nível de eficiência	$0,8 < IE \leq 1,0$

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2012).

Quanto mais próximo o índice de eficiência estiver de 1 (100%), mais eficiente é o assentado (representando uma DMU), nos aspectos econômico, social e ambiental.

4. Resultados e Discussão

Neste trabalho foram utilizadas treze variáveis de entrada (*input*), uma variável de saída (*output*) e 150 modelos de programação linear (eq. 1), representando cada um dos 150 assentados, escolhidos de modo que representasse os 777 assentados do Assentamento Rural Eldorado II, cujas propriedades foram consideradas como DMUs. O número de DMUs, no caso, é maior do que o dobro do número de variáveis, satisfazendo as condições do modelo utilizado. Foi desenvolvida uma matriz de 150 linhas por 14 colunas, onde as linhas representavam os assentados (propriedades), denominadas DMUs, numeradas de 1 a 150 e as colunas as variáveis insumos X_i ($i = 1, 2, \dots, 13$) (*inputs*) e uma variável produto Y_i (*output*). Todo cálculo do DEA_CCR produto orientado foi realizado utilizando o software SIAD, cujos resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2: Relação dos resultados dos índices de eficiências das DMUs do Assentamento Eldorado II, em 2012

QUANTIDADE DE DMUs	(IE %)
90	1,00 (100%)
23	0,76 (76%)
16	0,67 (67%)
1	0,60 (60%)
3	0,50 (50%)
8	0,40 (40%)
1	0,36 (36%)
7	0,33 (33%)
1	0,29 (29%)

Com essas informações, observou-se que dos 150 assentados (DMUs), 90 possuíam índices de eficiência igual a 1 (100%); 23 assentados com índices de eficiência de 0,76 (76%); 16 assentados com índices de eficiência de 0,67 (67%); 1 assentado com índices de eficiência de 0,60 (60%); 3 assentados com índices de eficiência de 0,50 (50%); 8 assentados com índices de eficiência de 0,40 (40%); 1 assentado com índice de eficiência de 0,36 (36%); 7 assentados com índices de eficiência de 0,33 (33%) e 1 assentado com índice de eficiência de 0,29 (29%).

O valor médio do índice de eficiência técnica do Assentamento Rural Eldorado II foi de 0,6280, considerado de médio nível de eficiência, conforme a Tabela 1. Além de identificar as DMUs eficientes, o modelo DEA-CCR permite medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece o *benchmark* para as DMUs ineficientes. Esse *benchmark* é determinado pela projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência conforme GOMES *et al.* (2003).

Com base nos resultados obtidos pôde-se obter uma análise de *benchmarking* (eficiência baseado nos valores de insumos), identificando-se quais as DMUs eficientes podem ser consideradas como referência para as DMUs ineficientes. Classicamente, a forma como é feita esta projeção determina orientação do modelo: orientação a insumos (quando se deseja minimizar os insumos, mantendo os valores dos produtos constantes) e orientação a produtos (quando se deseja maximizar os resultados sem diminuir os recursos). Existem abordagens alternativas, que podem alterar simultaneamente as quantidades de insumos e produtos de acordo com (ANGULO MEZA *et al.*, 2001).

Na análise dos resultados da DEA-CCR, obtidos neste trabalho, pode-se ter uma visão de quais e como as DMUs ineficientes podiam utilizar as DMUs eficientes como referência para tornarem-se eficientes. Por meio do estudo dos pesos das variáveis de insumos, chegou-se às seguintes conclusões em relação a uma DMU ineficiente, como exemplo a DMU₈, comparando-a com um valor de insumos de uma DMU eficiente, foi possível observar aqueles insumos que apresentaram fragilidade, isto é, índices abaixo de 100% (Quadro 1).

Quadro 1: Relação de inputs da DMU₈ que apresentaram fragilidade

	Referências Pesos
DMU 08 (66,66 %) Ineficiente	Input 01 (Programa de extensão ofertado pelas escolas aos alunos) = 0,00 %
	Input 02 (Curso de capacitação para o trabalhador rural) = 0,00 %
	Input 03 (Possibilidades de lazer na região do assentado) = 0,00 %
	Input 04 (Tipo de habitação do assentado) = 66,66 %
	Input 05 (Destino da produção do assentado) = 0,00 %
	Input 06 (Iluminação utilizada na residência) = 83,33 %
	Input 07 (Destino do lixo doméstico) = 33,33 %
	Input 08 (Controle de praga na unidade produtiva) = 0,00 %
	Input 09 (Não utilização de fogo nas atividades agropecuárias) = 33,33 %
	Input 10 (Plantio de árvore para conservação do solo) = 0,00 %
	Input 11 (Existência de sistema de esgoto ou fossa) = 66,66 %
	Input 12 (Utilização de rotação de cultura) = 33,33 %
	Input 13 (Utilização da prática de plantio para evitar a degradação do solo) = 0,0 %

Analisando a DMU8 pode-se verificar as percentagens dos insumos (*inputs*) na tentativa de deixar essa DMU que, neste caso, apresenta um nível de eficiência de 66,66 %, em eficiente. Os insumos (*inputs*) 01, 02, 03, 05, 08, 10 e 13 não têm valores significativos em relação à eficiência da DMU8 o que demonstra a fragilidade desse assentado nas respectivas variáveis. Porém, ao analisar os outros insumos (*inputs*), percebe-se uma significativa relação entre a ineficiência com a eficiência da DMU8, principalmente, no insumo 06, cuja variável faz referência sobre o tipo de iluminação utilizada na residência do assentado.

Os pesos utilizados no modelo, como referência, representam o peso relativo associado a cada unidade eficiente no cálculo, para a taxa de eficiência em relação às unidades ineficientes. Portanto, mensurar o quanto os insumos (*inputs*) das DMUs ineficientes têm de se referenciar aos insumos (*inputs*) das DMUs eficientes utilizadas como *benchmarks*, para que a mesma possa alcançar a eficiência, mantendo-se os atuais níveis de produto (*output*). O quadro 2 mostra os níveis de insumos (*inputs*) ideais para transformar a DMU₈, que é ineficiente, em uma DMU eficiente.

Quadro 2: Níveis de *inputs* ideais para tornar a DMU₈ eficiente.

Inputs	Níveis ideais dos inputs	Valor do input atual
Input 01: Programa de extensão ofertado ao assentado	0	0
Input 02: Curso de capacitação para o trabalhador rural	1	2
Input 03: Possibilidades de lazer na região do assentado	0	1
Input 04: Tipo de habitação do assentado	0	0
Input 05: Destino da produção do assentado	0	1
Input 06: Iluminação utilizada na residência	0	0
Input 07: Destino do lixo doméstico	0	1
Input 08: Controle de praga na unidade produtiva	0	0
Input 09: Não utilização de fogo nas atividades agropecuárias	0	1
Input 10: Plantio de árvore para conservação do solo	0	1
Input 11: Existência de sistema de esgoto ou fossa	0	0
Input 12: Utilização de rotação de cultura	0	1
Input 13: Prática de plantio para evitar a degradação do solo	0	1

Analisando os valores dos insumos (*inputs*) atuais e os insumos (*inputs*) ideais para a transformação da DMU8 que se encontra ineficiente em eficiente, podem-se observar algumas características que são os valores de insumos (*inputs*) que foram utilizados na DMU₈ e, também os valores ideais para que a DMU8 possa apresentar um nível de eficiência aceitável perante a DEA.

Por meio dos quadros 1 e 2 pode-se ter uma ideia inicial sobre *benchmarks*, ou seja, uma ideia de como se transformar uma DMU ineficiente em uma DMU eficiente. Neste modelo foi analisada apenas uma DMU ineficiente, a DMU8. Foi possível

perceber que ao reduzir a quantidade de insumos consegue-se tornar uma DMU ineficiente em uma DMU eficiente. Desse modo, pode-se afirmar que é possível realizar uma alteração de um ou mais insumos (*inputs*) para tentar alcançar a eficiência de uma determinada DMU. Com os novos dados obtidos para a DMU8 executou-se o software SIAD, obtendo-se essa DMU eficiente, ou seja, valor 1 (100%). Análises semelhantes poderiam ser feitas com outras DMUs ineficientes.

5. Conclusão

Após a realização desta pesquisa, chegou-se a algumas conclusões sobre os índices de eficiência do Assentamento Rural Eldorado II: 62,8% dos assentados são eficientes em relação às variáveis propostas e aos demais assentados e que pode conduzir ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do Assentamento Rural. Observa-se que 37,2% assentados analisados são ineficientes perante os demais assentados, porém, com a técnica do DEA, é possível propor soluções de melhorias para cada assentado ineficiente de maneira individual, de modo a torná-los eficientes.

Conforme ficou constatado, o índice médio de eficiência do Assentamento Rural Eldorado II foi de 0,6280, um índice um pouco acima de 0,50 que pode ser considerado como limite mínimo de média de eficiência. Nesse aspecto, pode-se também constatar um do baixo índice de desenvolvimento econômico, social e ambiental, indicando problemas acentuados com os assentados. A persistência desses problemas pode causar transtornos aos assentados, gerando insatisfações que podem acarretar no abandono da terra, com vendas das propriedades e retornos às condições de sem-terras, conforme também observado por (OLIVEIRA, 2012).

A solução do problema com a utilização da DEA_CCR mostrou que todas as variáveis ligadas a insumos são importantes para determinar a eficiência dos assentados do Assentamento Rural Eldorado II, pois todas foram consideradas nas específicas ponderações.

A aplicação do modelo DEA possibilita uma comparação entre cada unidade produtiva, de transformação de seus insumos em produtos, indicando as alterações que devem ser realizadas para tornar unidades ineficientes em unidades eficientes. Um ponto importante é ser criterioso na elaboração do formulário para implementação do banco de dados, pois informações conflitantes poderão invalidar os resultados, levando-se a uma conclusão totalmente errônea do problema.

Outro fator importante que deve ser levado em conta é a forma criteriosa da escolha das variáveis de insumos (*inputs*) e produto (*outputs*), fator esses, importantes para a resolução do problema. Além do programa SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão), existem outros programas que também podem ser utilizados para a resolução do DEA. A escolha do SIAD foi feita pela facilidade de sua utilização, de ser um programa livre e pelo fato de possuir um *front-end* amigável. A inserção dos dados para análise, assim como a saída dos dados para interpretação depende de poucos conhecimentos de informática.

Como sugestão para trabalhos futuros, realizar uma pesquisa com os aspectos econômicos, sociais e ambientais dos assentamentos rurais do Estado de Mato Grosso do Sul, no sentido de sugerir melhorias para aumento da eficiência técnica dos assentamentos com a utilização da DEA. Uma limitação do presente trabalho foi referente à escolha das variáveis de insumo que, neste trabalho, utilizou-se de variáveis qualitativas que, após um estudo criterioso, foram transformadas em quantitativas para a aplicação da DEA.

Referências

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 a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Niterói, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

CASADO, F. L.; SOUZA, A. M. Análise Envoltória de Dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na Educação Superior. **Revista Social E Humanas**, Santa Maria, v. 20, p. 59-71, 2008.

CHARNES, A; COOPER, W. W; RHODES, E. **Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications**. USA: Kluwer Academic Publishers, 1994.

FRIED, H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (eds.). **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University, 1993.

GRAZIANO, J. S. **A Modernização Dolorosa**. Rio de Janeiro: Zahar; 1982.

LAMERA, J. A. **Análise da Eficiência dos Assentamento Rurais em Mato Grosso**. 2008. 168p. Dissertação (Mestrado em Economia). Programa de Pós-Graduação em Agronegócios e Desenvolvimento Regional. Faculdade de Administração, Economia e Ciências Contábeis. Departamento de Economia. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

LINS, M. P. E.; MOREIRA, M. C. B. Método I - O stepwise para seleção de variáveis em modelos de Análise Envoltória de Dados. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 39-50, 1999.

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; MIONDI NETO, L. Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais...**. Gramado (RS), de 27 a 30/09/2005.

OLIVEIRA, R. D. **Análise da sustentabilidade do Assentamento Rural Eldorado II no município de Sidrolândia, MS**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional). Universidade Anhanguera – Uniderp, MS.

ROLL, Y.; COOK, W.; GOLANY, B. Controlling Factor weights in DEA. **IEEE Transactions**, Haifa, v. 23, p. 2-9, 1991.

Submetido em 20/04/2016

Aprovado em 20/12/2016

Sobre o(s) Autor(es):

Victor Augusto Merli Oliveira Lima

Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Anhanguera - Uniderp (1999) e Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade Anhanguera - Uniderp (2014). Foi Analista de Redes de Computadores - Exército Brasileiro no período de 2002 - 2009. Foi professor do Curso de Redes de Computadores da Universidade Católica Dom Bosco no período de 2004 - 2010. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul.

Email: victor.a.lima@gmail.com

Celso Correia de Souza

Graduado em Matemática pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Penápolis (1972); Mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1985) e; Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1994). É professor aposentado pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Atualmente, é professor doutor da Universidade Anhanguera Uniderp. É pesquisador da Fundação Manoel de Barros (FMB) e do Núcleo de Estudos e Pesquisas Econômicas e Sociais (NEPES).

Email: csouza939@gmail.com

José Francisco dos Reis Neto

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1974), Mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000) e doutorando em Administração e Economia com ênfase em Marketing na Universidad de Salamanca (2006), Espanha. É pesquisador do Núcleo de Estudos e Pesquisas Econômicas e Sociais - NEPES.

Email: jfreis@terra.com.br

Robson Sitorski Lins

Graduado em Direito, Especialista em Direito Tributário pelo IBET – Instituto Brasileiro de Estudos Tributários. É professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS.

Email: robsonsitorski@hotmail.com

Daniel Massen Frainer

Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2000), Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004) e Doutorado em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2010). Atualmente desenvolve projetos relacionados com o tema de Matriz de Insumo-Produto Regional e Política Estadual de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira (PROFRONT) ambas para o Governo do Estado de Mato Grosso do Sul.

Email: danielfrainer@gmail.com