



## EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE ERVA-MATE *ILEX PARAGUARIENSIS* EM PONTA PORÃ E AMAMBAI: APORTE AO DESENVOLVIMENTO<sup>1</sup>

Bruno Neto de Andrade<sup>2</sup>  
Helen Cristiane Caetano Ribeiro<sup>3</sup>  
Willian Rocha de Matos<sup>4</sup>  
Omar Jorge Sabbag<sup>5</sup>

### RESUMO

Este artigo aborda analisar a eficiência da produção de erva-mate na região fronteira de Mato Grosso do Sul, por meio de um estudo multicaso, relevante para a economia local e desenvolvimento regional. Metodologicamente, foi aplicada a técnica de análise envoltória de dados para retornos constantes de escala, com orientação *input*; tomando como variáveis explicativas para insumos: área plantada; mão de obra e o valor investido na produção; a variável *output* foi a produção efetiva. Observou-se que uma eficiência global de 48,7% entre os produtores de erva-mate. Verificou-se que o produtor com menor desempenho deve minimizar o uso dos insumos em 82,1% para que possa tornar eficiente. Conclui-se que esta técnica multicriterial auxilia no processo de tomada de decisão, sendo uma importante ferramenta na gestão das propriedades, com vistas ao desenvolvimento da atividade e da região como um todo.

**Palavras-chave:** Desempenho. Desenvolvimento regional. Setor ervateiro. Planejamento.

---

<sup>1</sup>Artigo elaborado na disciplina Sistemas Produtivos Agrários e Desenvolvimento Rural do programa de mestrado em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos (UEMS- Ponta Porã)

<sup>2</sup>Mestrando em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Brasil. E-mail: [bruno\\_weusa@hotmail.com](mailto:bruno_weusa@hotmail.com)

<sup>3</sup>Mestrando em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Brasil. E-mail: [helen.caetano@hotmail.com](mailto:helen.caetano@hotmail.com)

<sup>4</sup>Mestrando em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Brasil. E-mail: [willian\\_2100@hotmail.com](mailto:willian_2100@hotmail.com)

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo. Pós-doutor e docente na UNESP, orientador do programa de pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Brasil. E-mail: [omar.sabbag@unesp.br](mailto:omar.sabbag@unesp.br)

## EFFICIENCY IN THE PRODUCTION OF *ILEX PARAGUARIENSIS* HERB IN PONTA PORÃ AND AMAMBAI: CONTRIBUTE TO DEVELOPMENT

### ABSTRACT

This paper aims to analyze the efficiency of herb-mate production in the border region of Mato Grosso do Sul, through a multicase study, relevant to the local economy and regional development. Methodologically, the data envelopment analysis technique was applied for constant returns of scale, with input orientation; taking as explanatory variables for inputs: cultivation area; labor and the amount invested in production; the output variable was the effective output. An overall efficiency of 48.7% between herb-mate producers. It was found that the producer with lower performance should minimize the use of inputs by 82.1% in order to make it efficient. It is concluded that this multicriterial technique assists in the decision making process, being an important tool in the management of properties, aiming at the development of the activity and the region as a whole.

**Keywords:** Performance. Regional development. Herbal sector. Planning.

### 1 INTRODUÇÃO

A erva-mate recebeu o nome científico em latim de *Ilex Paraguariensis*, planta muito cultivada na América do Sul, principalmente na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (PAGLIOSA *et al.*, 2010). Esta planta possui grande identidade histórica com a região fronteira de Ponta Porã, município localizado na região sul do Estado de Mato Grosso do Sul, vizinho do município paraguaio de Pedro Juan Caballero. Normalmente consumida na forma de mate, tereré e chá, seu consumo no Brasil pode alcançar valores aproximados de 5 kg *per capita* por ano (CARDOZO JUNIOR; MORAND, 2016).

A comercialização passou por diversas transformações no curso do tempo nesta região marcada pela guerra com Paraguai e pelo conflito na demarcação das fronteiras. Inicialmente, o município de Ponta Porã (Ponta Purá ou pedra bonita) servia apenas de passagem e transporte da erva-mate, a partir do território paraguaio, de forma que a região ganhou nova perspectiva a partir da Guerra da Tríplice Aliança no século XIX (1864-1870).

A criação da empresa “Erva Matte Laranjeira” foi uma das tentativas de ocupação da fronteira, que exportava erva-mate para o Paraguai e Argentina,

servindo grandemente para o crescimento econômico na época (SILVESTRINI; WEINGARTNER; TACHIBANA, 2018).

Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Estado do Mato Grosso do Sul produz atualmente menos de 20% da erva-mate que consome. São apenas 11 empresas que produzem erva-mate em grande escala no Estado, enquanto que no Rio Grande do Sul são mais de 300 organizações. A área total plantada está em torno de 300 hectares. Mas esta realidade pode mudar num curto espaço de tempo (EMBRAPA, 2017).

A eficiência produtiva agrícola pode ser muito relevante, para que o processo de crescimento e desenvolvimento ganhe incentivos equânimes e justos em uma determinada região. Neste sentido, o cálculo da eficiência de unidades produtivas tem importância tanto para fins estratégicos, quanto para planejamento e tomada de decisão (GOMES; MANGABEIRA, 2004).

Ainda assim, a eficiência de uma unidade de produção pode ser medida por meio da comparação entre valores observados e valores ótimos de seus produtos (saídas), com seus respectivos recursos utilizados no ciclo produtivo (insumos) (GOMES; MANGABEIRA, 2004).

O emprego de modelos DEA (*data envelopment analysis*) pode apoiar as decisões dos municípios correspondentes ao EDR (escritório de desenvolvimento regional) de análise, ao indicar os municípios ineficientes e os que podem servir de referência às atividades agropecuárias (GOMES; MELLO; BIONDI NETO, 2003).

A erva-mate atualmente possui potencial para o desenvolvimento desta região, marcada por processos produtivos específicos. Ao pensar na produção e estudo de viabilidade, deve-se considerar, também, a sustentabilidade como um valor a ser observado no processo produtivo. O desafio é, portanto, entender a viabilidade à luz da sustentabilidade na produção. Sobre esta perspectiva, ensinam Gomes *et al.* (2009) que:

O modelo de sustentabilidade aqui proposto mede a capacidade de cada propriedade gerar receita e/ou preservar a mata nativa com os recursos que tem. É eficiente quem tem uma boa relação entre a receita e gastos, ou entre mão-de-obra e terra. Também é eficiente quem tiver uma boa relação entre mata preservada e gastos e/ou área total de terra da propriedade. (GOMES; MELLO; MANGABEIRA, 2009, p. 32).

Neste contexto, a erva-mate desempenha um importante papel socioeconômico em vários municípios, como é o caso de Ponta Porã e Amambai/MS. Os principais destinos da matéria-prima, composta de folhas e ramos finos, são o chimarrão, o mate gelado e o chá-mate (PANDOLFO *et al.*, 2003).

Diante disso, o trabalho pretende analisar a eficiência da produção de erva-mate na região fronteira de Mato Grosso do Sul, por meio de um estudo multicaso. Isso porque a economia da região atualmente gira em torno da agricultura e pecuária, sendo a produção e comercialização da erva-mate relevante para a economia local e a presente pesquisa de grande relevância para o estudo dos sistemas produtivos e desenvolvimento regional.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ERVA-MATE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil)<sup>6</sup> ocorre de maneira natural da região oeste do Paraná ao sul de Mato Grosso do Sul, parte da província de Misiones na Argentina e por fim, a região oriental do Paraguai (DANIEL, 2009; QUEIROZ, 2015). Possuindo cerca de 700 (setecentas) espécies, a *Ilex* pertence à família Aquifoliaceae, sendo a mais comum e com maior utilização do gênero a espécie *Ilex paraguariensis* St. Hil (COSTA *et al.*, 2009).

Sua presença é notada na preparação de bebidas como o tereré e o chimarrão. As folhas provenientes da erva-mate ou simplesmente mate servem para o preparo de bebidas estimulantes, conhecidas por chimarrão, quando consumida quente, ou tereré, quando consumida fria (SOUZA; LORENZI; ROCHA NETO, 2012), além de servir para chá e como planta medicinal (DIAZ *et al.*, 2013). Ainda é utilizada como matéria-prima para balas, caramelos, sorvetes, refrigerantes, cosméticos, produtos de higiene, medicamentos, corantes e detergentes para uso hospitalar (BORILLE; REISSMANN; FREITAS, 2005).

---

<sup>6</sup>Referência dada ao nome do naturalista francês August de Saint-Hilaire, que no ano de 1820 empreendeu várias missões no sul do Brasil para relatar à França as espécies de ervas sulistas. DANIEL (2009).

Possui expressividade econômica para municípios como Ponta Porã e Amambai, situados no sul de Mato Grosso do Sul, regiões que tiveram no passado a forte influência dos ervais. Foi a principal atividade econômica na fronteira do Brasil com Paraguai no final do século XIX e começo do século XX, cujas técnicas de elaboração foram difundidas pelos paraguaios, que por sua vez herdaram a cultura da tradição indígena guarani (GERHARDT, 2013).

O fator histórico e cultural dessas regiões engloba o hábito do consumo dessas bebidas e a atividade do plantio da erva-mate vem sendo incentivada no Estado para se fortalecer e aumentar a renda de famílias e produtores, segundo a lei 13.791 de 03 de janeiro de 2019, visa a produção sustentável<sup>7</sup> da erva-mate no país, procurando elevar o padrão de qualidade, apoiar e incentivar a comercialização (BRASIL, 2019).

Na Tabela 1, Ponta Porã e Amambai estão entre os municípios que lideram a produção de erva-mate no Mato Grosso do Sul, conforme apresentado no período de 2007 a 2017.

Tabela 1 – Produção de erva-mate no Mato Grosso do Sul, 2007-2017

MS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	4982	3929	3221	3494	3100	2473	3793	2655	1313	1781	1449
Amambai	625	372	384	810	364	286	600	90	90	150	240
Antônio João	380	350	249	192	162	148	180	25	50	50	50
Aral Moreira	2178	1890	1716	1551	1340	1086	1350	1500	600	600	600
Coronel Sapucaia	29	-	-	-	-	-	-	24	24	24	24
Iguatemi	-	-	-	-	-	-	-	26	40	5	-
Laguna Carapã	300	286	367	330	451	272	480	30	30	30	33
Paranhos	355	289	31	44	322	278	252	30	32	32	32
Ponta Porã	414	378	345	298	255	213	750	840	350	840	420
Sete Quedas	60	-	29	41	28	28	48	30	32	-	-
Tacuru	457	364	100	228	178	162	133	60	65	-	50

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal – Lavoura permanente (2007-2017).

As aptidões econômico-produtivas naturais da região ou a habilidade de organização dos atores e agentes locais de explorar economicamente aquilo que é natural e distinto das demais regiões podem gerar diferentes conexões produtivas *in loco* e ao mesmo tempo estimular modificações positivas para o desenvolvimento em nível nacional (PIACENTI, 2016).

<sup>7</sup>Produção Sustentável é a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar custos ambientais e sociais. Processo de Marrakesh, Pnuma PPCS, (MMA, 2011).

O cenário agrário brasileiro passou por significativas mudanças nas últimas décadas onde a modernização trouxe considerável aumento na produção agrícola, colaborando para o desenvolvimento regional, otimizando os sistemas de produção e contribuindo para o crescimento da economia nacional (TEIXEIRA, 2005).

Assim, a ideia de desenvolvimento articula-se, numa direção, com o conceito de eficiência, e noutra com o de riqueza. As formas mais racionais de comportamento correspondem uma satisfação mais plena das necessidades humanas. Para o desenvolvimento, seu elemento essencial é a inovação técnica, que permite o aumento de produtividade por meio de processos produtivos mais eficientes; adicionalmente, a acumulação de capital é um elemento essencial para que esse ocorra (FURTADO, 1981).

## 2.2 CONCEITO DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

Com o propósito de ampliar os estudos sobre o manejo da erva-mate em propriedades de Ponta Porã e Amambai, este estudo propõe a análise de eficiência referente a propriedades em várias fases do cultivo. Existem duas formas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente: a primeira é reduzindo os insumos, mantendo constante a produção; a segunda é aumentando a produção, mantendo constantes os insumos (MELLO *et al.*, 2005).

Contudo, faz-se necessário entender o conceito de eficiência, que é relativo e difere dos conceitos de eficácia e produtividade. Assim, Mello e Meza (2005) explicam que:

Eficiência é um conceito relativo. Compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Há importantes distinções na forma de avaliar a quantidade mencionada. Os chamados métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido. Normalmente, usam médias para determinar o que poderia ter sido produzido (MELLO, *et al.*, 2005).

Em se tratando da eficácia, a ligação é apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos utilizados em sua produção. Quanto à produtividade, esta é o resultado entre a razão do que foi produzido e os gastos para produzir. Já a eficiência compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que

poderia ter sido produzido com os mesmos recursos, de modo que, caso a unidade produtiva esteja muito distante desse parâmetro, ela pode ser considerada ineficiente (CLEMENTE; GOMES; LIRIO, 2015).

Desde o estabelecimento da técnica DEA – *data envelopment analysis* ou análise envoltória de dados, descrita por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), é significativa a presença da pesquisa relativa à eficiência em diversos setores de atividade econômica.

Esse modelo avalia unidades, com combinações de entradas e saídas, localizando a fronteira eficiente dentro de um grupo analisado e tem-se mostrado atrativo em diversos setores de aplicação (CARVALHO *et al.*, 2017). Assim, a utilização desse modelo apresenta resultados que auxiliam no planejamento para otimizar a produção em uma propriedade.

### **3 METODOLOGIA**

Esta pesquisa caracteriza-se pela abordagem metodológica quantitativa, tendo em vista a aplicação de técnica não paramétrica de quantificação e mensuração. Quanto à natureza, considera-se como pesquisa aplicada, uma vez que sua essência é gerar conhecimentos para aplicação prática, direcionado à solução de problemas específicos, envolvendo interesses locais e tomadas de decisões (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa descritiva. Conforme Gil (1999), as pesquisas descritivas buscam descrever as características de determinadas populações ou fenômenos, sendo uma de suas características principais, a utilização de técnicas padronizadas como, por exemplo, a coleta de dados.

As fontes de dados utilizadas neste estudo constituíram-se de dados primários, a partir de questionários diagnósticos aplicados em julho e agosto de 2019, junto a produtores de erva-mate da região de Ponta Porã e Amambai, ambos municípios localizados no Estado do Mato Grosso do Sul.

### 3.1 ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Segundo Gomes, Mello e Biondi Neto (2003), como em qualquer atividade agrícola, no que se refere à gestão, é necessário avaliar o desempenho da unidade produtiva através do conceito de eficiência. Dessa forma, é fundamental a análise de eficiência tanto para fins estratégicos, quanto para o planejamento e tomada de decisões. Ainda segundo os autores, uma possibilidade de se medir a eficiência de unidades de produção é através do uso de fronteiras de produção, que, a partir dos dados obtidos, são regiões identificadas como de máxima produção ou de mínimo custo.

De acordo com Acosta, Silva e Lima (2011), a eficiência técnica de uma unidade de produção pode ser medida por meio da comparação dos valores observados e dos valores ótimos de suas variáveis *input* e *output*, ou seja, dados os recursos disponíveis, compara-se a produção atingida com a produção máxima possível, ou dado o quantitativo de produtos gerados, compara-se a quantidade mínima necessária de recursos e a efetivamente aplicada.

A Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) faz uso de programação matemática linear para estimar a fronteira de produção eficiente, incorporando diversas variáveis *inputs* e *outputs* para os cálculos da eficiência. Esta análise foi desenvolvida para identificar a eficiência de unidades produtivas, fazendo com que outros aspectos, além do financeiro, sejam levados em consideração. Na DEA, cada unidade produtiva é identificada como unidade tomadora de decisão (*Decision Making Unit* – DMU). O princípio básico da DEA é comparar o desempenho das DMU's que realizam tarefas similares, levando em consideração a relação de insumos e produtos (GOMES; MELLO; BIONDI NETO, 2003).

Conforme aponta Gomes (2008), a modelagem por DEA requer três etapas para a implementação do problema: 1) definição e seleção de DMU's; 2) seleção das variáveis *inputs* e *outputs*; e 3) escolha e aplicação do modelo. O conjunto de DMU's selecionadas deve ser homogêneo, ou seja, devem realizar as mesmas atividades, com os mesmos objetivos e deve possuir a mesma utilização das variáveis de entrada e saída. Com relação aos modelos, os mais conhecidos são o modelo CCR e o modelo BBC:



O modelo CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) supõe retornos constantes de escala, ou seja, acréscimos nos recursos produzirão acréscimos proporcionais nos produtos. O modelo BCC (BANKER *et al.*, 1984) considera situações de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre inputs e outputs. Nesse modelo, o axioma da proporcionalidade é substituído pelo axioma da convexidade. De forma não matemática, no modelo BCC uma DMU é eficiente se, na escala em que opera, é a que melhor aproveita os recursos de que dispõe (relação outputs/inputs) (GOMES, 2008, p. 29).

Na visão de Guerreiro (2008), o modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), é o modelo originário da técnica DEA baseada no trabalho de Farrell. De acordo com o autor, qualquer variação nos insumos acarreta em uma variação proporcional dos produtos e a eficiência é definida como sendo a razão entre a soma ponderada de produtos (variáveis *output*) e a soma ponderada dos insumos (variáveis *input*):

$$Eficiência = \frac{\text{Soma ponderada dos outputs}}{\text{Soma ponderada dos inputs}}$$

Conforme definido por Charnes *et al.* (1994), o modelo possibilita a atribuição de um conjunto de multiplicadores, ou peso, à todas DMU's, e como cada DMU pode possuir um sistema de valor diferente, cada unidade pode-se definir o seu próprio conjunto de pesos, buscando assim maximizar a sua eficiência. Conforme apontam os autores, a restrição exigida é que todas as DMU's possuam um valor de eficiência entre 0 e 1. O modelo CCR que visa a minimização de *inputs* é apresentado a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_0 &= \frac{\sum_{j=1}^S u_j y_{j0}}{\sum_{i=0}^r v_i x_{i0}} \\ \text{Sujeito a: } &\frac{\sum_{j=1}^S u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, n \\ &u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall_{j,i} \end{aligned}$$

Em que  $Eff_0$  é a eficiência técnica da DMU<sub>0</sub>;  $u_j$  e  $v_i$  são, respectivamente, pesos de *outputs* e *inputs*;  $x_{ik}$  e  $y_{jk}$  são *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>k</sub>; e  $x_{i0}$  e  $y_{j0}$  são *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>0</sub>.

Dessa forma, o modelo CCR verifica se uma DMU é eficiente do ponto de vista produtivo e calcula o índice de eficiência produtiva. Além de analisar a eficiência, é possível por meio de uma análise de *benchmarking*, melhorar os níveis de insumos utilizados (redução dos *inputs*) e da produtividade (incremento dos *outputs*).

### 3.2 SELEÇÃO DAS DMU's

Os dados utilizados no presente estudo foram provenientes de questionários diagnósticos junto a oito produtores de erva-mate nos municípios de Amambai e Ponta Porã/MS. A justificativa para a quantidade de unidades produtivas investigadas é que, conforme aponta Ali e Seiford (1993), *apud* Carvalho e Sabbag (2015), faz-se necessário que o quantitativo de unidades produtivas seja, no mínimo, duas vezes o número de insumos (X) e produtos (Y), isto é, o total deve ser  $\geq 2(X+Y)$ , o que atende a definição de DMU's a ser analisadas pelo método DEA.

No presente trabalho foram utilizadas quatro variáveis, sendo três delas referentes aos insumos (variáveis *inputs*) e uma delas referente aos produtos (variável *output*). As variáveis *inputs* estão relacionadas com os principais fatores de produção para a economia – Terra, Trabalho e Capital – sendo elas: área plantada (em hectares); mão de obra necessária por ciclo de produção (em número de pessoas, onde o ciclo é o tempo de espera para colher após a poda); e o valor investido para iniciar a produção (valor em reais estimado para cada produtor). Já a variável *output* está relacionada à produção efetiva (em quilos por área plantada).

Como forma de facilitar o processo de decisão, a presente pesquisa se pauta na caracterização da medida de eficiência, de forma que a decisão seja orientada por um único índice, através de método não paramétrico que mede a variabilidade dos resultados de forma indireta. Após a coleta dos dados, os mesmos foram tabulados em planilha eletrônica e aplicados ao *software* DEAP – versão 2.1, descrito por Coelli (1996).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, observa-se na Tabela 2 as estatísticas descritivas das variáveis de análise de eficiência das unidades produtoras de erva-mate. Os resultados apresentam características de investimentos iniciais médio em R\$5.814,29 por hectare, com uma amplitude de R\$9.914,29, em razão do tamanho da propriedade, considerando a variabilidade entre a área plantada, bem como a proporcionalidade do número de pessoas necessárias na produção, apresentando um desvio padrão de 4,69, justificando-se a amplitude de variação da produção de 14.333,34 quilogramas por hectare, entre a produção mínima de 1.666,66 e máxima em 16.000 quilogramas, pressupondo-se a diferença das classes de eficiência.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis das unidades produtoras, 2019

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Área plantada (I1)	Hectares	7,0	7,37	1,0	22,0
Mão de obra (I2)	Número de pessoas	3,5	4,69	1,0	15,0
Investimento (I3)	R\$/hectare	5.814,29	4.208,64	800,00	10.714,29
Produção (O1)	Kg/hectare	7.190,33	6.027,64	1.666,66	16.000,00

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos produtores de erva-mate por classe de eficiência no modelo DEA-CCR, sendo possível classificá-los entre eficientes e ineficientes. A classe de eficiência 0,8-1,00 identifica dois produtores de erva-mate com eficiência de 25% da amostra (sendo 12,5% com eficiência técnica em 100%), dos quais foram eficientes com investimentos iniciais médios de apenas R\$900,00, para uma área plantada média de 12,25 hectares, com uma mão de obra média de aproximadamente 8 trabalhadores e com uma produção correspondente à 16.000 quilogramas/hectare (16 toneladas/hectare).

Vale destacar que os produtores mais eficientes otimizam seus investimentos correspondentes à área produtiva e que nesta classe predomina-se a maior produtividade média, reforçando a que em um ambiente de incerteza, a capacidade absorviva permite à organização rural prever com maior precisão a natureza e o potencial econômico dos avanços tecnológicos (COHEN; LEVINTHAL, 1990), sendo

necessário avaliar as habilidades, o aprendizado e o saber-fazer histórico dos produtores rurais para assimilar e utilizar novos conhecimentos, com vistas ao desenvolvimento da atividade e região.

A mão de obra apresenta uma produção média de 1.882,35 quilogramas por hectare para a classe de eficiência máxima, produzindo mais do que as duas classes com menor eficiência (1.428 e 1.740 kg/hectare respectivamente). Entretanto, ela fica abaixo do que a segunda maior classe de eficiência, cuja produção média da mão de obra apresenta um valor de 3.500 quilogramas por hectare, sendo a produção desta quase duas vezes mais por mão de obra.

O que vale enfatizar é que nem sempre a melhor produção média irá representar a melhor eficiência (como apresentado neste estudo), o que remete à definição de produtividade. De acordo com Mello et al. (2005), a produtividade é adquirida pela razão entre o que foi produzido e o valor investido para produzir. De forma geral, avaliações de produtividade e eficiência acabam sendo muito focadas apenas na produtividade como indicador, e segundo Gomes, Mello e Biondi Neto (2003), esta prática pode ser equivocada, uma vez que não levam em consideração outros indicadores importantes para a medida de eficiência, como por exemplo a mão de obra e investimentos, que se otimizados, possuem custos reduzidos no ciclo de produção.

Tabela 3 – Distribuição por classe de eficiência dos produtores de erva-mate, 2019.

Classe de eficiência	%	Área plantada (média)	Mão de obra (média)	Investimento (média)	Produção (média)
0,0 – 0,19	12,5	7,00	2,00	10.714,29	2.856,00
0,2 – 0,39	37,5	6,16	1,66	5.666,66	2.888,89
0,4 – 0,79	25	3,00	2,00	8.500,00	7.000,00
0,8 – 1,00	25	12,25	8,50	900,00	16.000,00

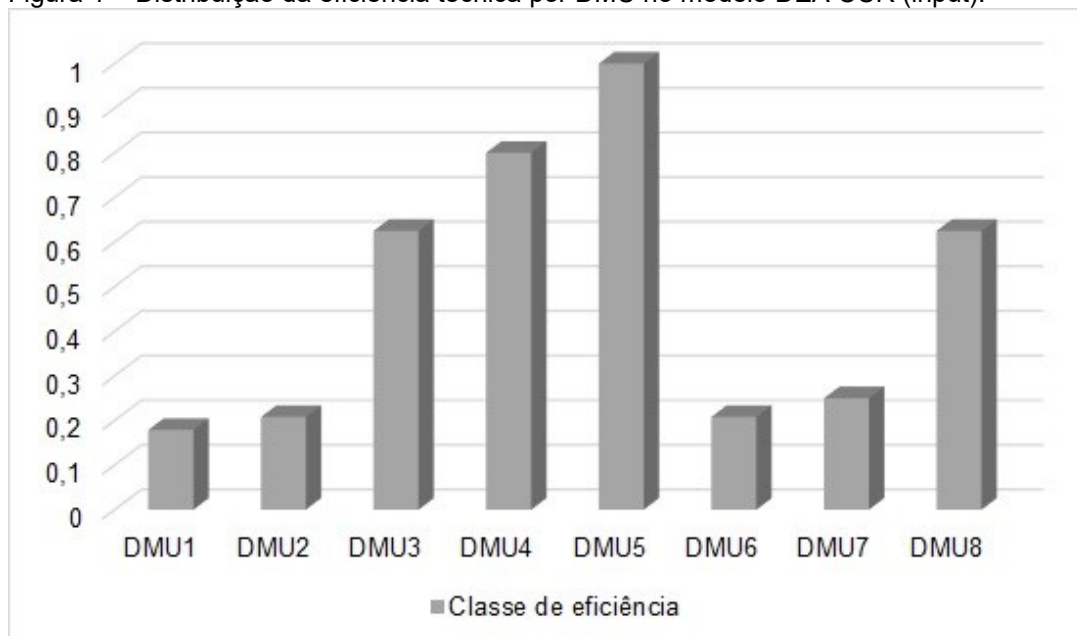
Fonte: Dados da pesquisa.

O que é importante destacar nos dados apresentados é que mesmo possuindo uma área plantada média que chega a ser até 4 vezes maior e uma mão de obra utilizada sendo 4 vezes maior, a produção média da classe de eficiência máxima chega a ser 5 vezes maior do que as outras classes. Essa eficiência pode ser explicada pelo fato do valor inicial investido por estes produtores ter sido muito menor comparado aos outros produtores, chegando a ser 11 vezes menor. Isso

reforça o conceito de que uma otimização dos investimentos, área plantada e mão de obra tendem a refletir numa eficiência melhor.

De forma geral, a média de eficiência global, cujo valor corresponde à média das eficiências obtidas de cada DMU foi de 48,7% entre as unidades produtoras de erva-mate. Assim, classifica-se como eficientes os produtores que obtiveram melhor racionalização dos gastos e uma maior produção, e que as unidades devem identificar os ajustes necessários para obter melhores níveis de eficiência da produção. É importante ressaltar, que a DMU 5 foi considerada unidade de excelência para as demais unidades entendidas como ineficientes em relação à fronteira, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Distribuição da eficiência técnica por DMU no modelo DEA CCR (input).



Destaca-se que, dentre o conjunto de fatores que podem ser otimizados para alcançar a eficiência entre as DMU's inferiores a um, está o valor do investimento inicial. Segundo Araújo (2013), as simulações de alterações no orçamento global são úteis no processo de análise das possibilidades e alternativas de desenvolvimento da propriedade rural.

A Tabela 4 resume os indicadores de duas DMU's ineficientes, correspondente às diferenças entre os dados atuais e os alvos a ser atingidos para que possam se tornar eficientes, explicando assim a diferença de desempenho entre as unidades produtoras de erva-mate. Por exemplo, a DMU 1 que possui a menor

eficiência global, deve reorientar seu planejamento para diminuir, em aproximadamente 82% a utilização de insumos de maneira proporcional à produção obtida, para o conjunto de *inputs* considerados, apresentando resultados mais distantes dos valores atuais. Desta forma, os alvos indicam para esta DMU uma projeção de área plantada de 0,446 hectares e investimentos iniciais de R\$ 142,00, mantendo a produção na mesma magnitude.

Tabela 4 – Alteração dos valores atuais das variáveis de cada DMU ineficiente, para que se tornem eficientes, 2019

DMU	Variáveis	Valor Atual	Folga	Alvo	$\Delta\%$
1 (0,179)	Área plantada	7,00	0,803	0,446	- 82,1%
	Mão de obra	2	0	0,357	
	Investimento inicial	10.714,29	1.769,70	142,00	
2 (0,208)	Área plantada	14	2,135	0,781	-79,2%
	Mão de obra	3	0	0,625	
	Investimento inicial	8.000,00	1.416,66	250,00	

Fonte: Dados da pesquisa.

Os alvos das variáveis *input* possibilitam informar à unidade produtora sobre a ineficiência e quais medidas devem ser tomadas para alcançar a eficiência, ou seja, representam um valor referencial mínimo no qual o empreendedor poderia reduzir os valores atuais correspondentes às variáveis. Ainda assim, as folgas resumem-se às variáveis mais expressivas que limitam a eficiência técnica produtiva, destacadas sobretudo pela área de plantio e investimentos nas propriedades.

Enfim, a programação matemática, como proposta pela técnica DEA, pode ser uma ferramenta importante para o avanço da pesquisa sobre sistema de produção, na medida em que ela permite testar globalmente a coerência do conhecimento disponível sobre os mesmos no tocante ao desenvolvimento rural e regional (SILVA NETO, 2009).

Por fim, a gestão de uma empresa rural é um processo de tomada de decisão que avalia a alocação de recursos escassos em diversas possibilidades produtivas, dentro de um ambiente de riscos e incertezas característicos do setor agrícola, constituindo-se um dos fatores indispensáveis para alcançar o desenvolvimento sustentável da propriedade como um todo (LOURENZANI, 2006).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da eficiência produtiva para o grupo de produtores de erva-mate mostrou a necessidade de uma melhor alocação dos recursos utilizados, uma vez que os produtores eficientes são aqueles que conseguem produzir mais com uma menor quantidade de insumos em seus sistemas produtivos, levando em consideração gastos com investimentos e demais elementos constituintes de produção.

Para um melhor gerenciamento do sistema produtivo, visando ao melhor desempenho em relação ao conjunto de *inputs* analisados, o planejamento da atividade deve ser muito bem realizado e, se possível, com o auxílio de um profissional qualificado, uma vez que em apontamento registrado, os produtores reclamaram da falta de uma assistência técnica especializada nas propriedades.

Outros fatores constatados pelos produtores foi a dificuldade de comercialização do produto; ausência de linha de crédito específica para a erva-mate; a concorrência de produtos vindos da região sul do país; falta de pesquisas para desenvolvimento e melhoramento genético de mudas; sistemas de irrigação insuficientes, uma vez que há quedas de produção devido à estiagem no período de inverno; bem como falta de políticas públicas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva.

Em suma, esta técnica multicriterial auxilia no processo de tomada de decisão durante o processo de transformação de insumos em produto, sendo uma importante ferramenta na gestão das propriedades ineficientes em relação aos desperdícios, com vistas ao desenvolvimento da atividade e da região como um todo.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, Cristina Maria Machim; SILVA, Ana Maria Volkmer de Azambuja da; LIMA, Milton Luiz Paiva de. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, v. 5, n. 4, p. 88-102, 2011.

ARAÚJO, Luís Augusto. **Planejamento de propriedades rurais**. Palhoça/SC: UnisulVirtual, 2013.

BANKER, Rajiv D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**. v. 17, p. 35-44, 1984.

BORILLE, Ângela Maria Wolski.; REISSMANN, Carlos Bruno; FREITAS, Renato João Sossela de. Relação entre compostos fitoquímicos e o nitrogênio em morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 01, p. 183-198, 2005.

BRASIL, S. **Lei nº 13.791, de 3.1.2019**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/L13791.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13791.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2019.

CARDOZO JUNIOR, Euclides Lara; MORAND, Christine. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health: a review. **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 440-454, 2016.

CARVALHO, Jaqueline Bonfim de *et al.* Desempenho da produção agropecuária dos municípios pertencentes ao Escritório de Desenvolvimento Rural de Andradina, SP, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 18, n. 2, p. 171-184, 2017.

CARVALHO, Jaqueline Bonfim de; SABBAG, Omar Jorge. Análise de eficiência da produção de alface no noroeste de São Paulo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Roraima, v. 9, n. 2, 2015, p. 152-160.

CHARNES, Abraham *et al.* **Data Envelopment Analysis**. 1. ed. New York: KAP, 1994.

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

CLEMENTE, Felipe.; GOMES, Maria Fernandes Maciel; LIRIO, Viviani Silva. Análise da eficiência técnica de propriedades citrícolas do Estado de São Paulo. **Econ. Apl.**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 1, p. 63-79, mar. 2015.

COELLI, Tim. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: University of New England. 1996. (CEPA Working Papers, 08/96).

COHEN, Wesley. M.; LEVINTHAL, Daniel. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

COSTA, Reginaldo Brito da *et al.* Melhoramento genético de erva-mate nativa do Estado de Mato Grosso do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 611-619, 2009.

DANIEL, Omar. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados: Editora UFGD, 2009.



DIAZ, Vinícius Sandri; SEONE, Carlos Eduardo Sicoli; KAGEYAMA, Paulo Yoshio. **Diversidade genética, estrutura genética espacial e fluxo gênico em populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) na área de entorno do Parque Nacional do Iguaçu.** Embrapa Florestas. [S.l.], 2013, p. 48.

EMBRAPA. Programa Mais Floresta discute cultivo de erva-mate no MS. **A Embrapa: Portal Embrapa**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21693925/programa-mais-floresta-discute-cultivo-de-erva-mate-no-ms>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

FURTADO, Celso. **Pequena introdução ao desenvolvimento: um enfoque interdisciplinar.** 2.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1981.

GERHARDT, Marcos. **História ambiental da erva-mate.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 290.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, Eliane Gonçalves. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. **Engevista**, v. 10, n. 1, p. 27-51, jun. 2008.

GOMES, Eliane Gonçalves; MANGABEIRA, João Alfredo de Carvalho. Uso de análise de envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**, v. 6, n. 1, p. 19-27, 2004.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de; MANGABEIRA, João Alfredo de Carvalho. Estudo da sustentabilidade agrícola em município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 23-42, jan./abr. 2009.

GOMES, Eliane Gonçalves; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de; BIONDI NETO, Lídia. **Avaliação de eficiência por análise de envoltória de dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica.** Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, 2003. p. 39.

GUERREIRO, Alexandra dos Santos. **Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados.** Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

LOURENZANI, Wagner Luiz; PINTO, Leonardo de Barros. Proposta metodológica para a capacitação gerencial de agricultores familiares. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL; XLIV. 2006. Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2006.

MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de *et al.* Curso de análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL; 37. 2005. Gramado. **Anais [...]**. Gramado, 2005.

PAGLIOSA, Cristiane Manfé *et al.* Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **Food Chemistry**, v. 122, n. 1, p. 173-178, Sept. 2010.

PANDOLFO, Carla Maria *et al.* Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) à adubação mineral e orgânica em um latossolo vermelho aluminoférrico. **Ciência Florestal**, p. 37-45, 2003.

PIACENTI, Carlos Alberto. **Indicadores do potencial de desenvolvimento endógeno dos municípios paranaenses**. Foz do Iguaçu PR: Parque ITAIPU, 2016.

QUEIROZ, Paulo Roberto Cimó. A companhia Mate Laranjeira, 1891-1902: contribuição à história da empresa concessionária dos ervais do antigo sul de Mato Grosso. **Revista Territórios & Fronteiras**, Cuiabá, v. 8, n. 1, p. 204-228, 2015.

SILVA NETO, Benedito. **Modelagem e planejamento de sistemas de produção agropecuária**: manual de aplicação da programação matemática. Ijuí: Ed. Unijuí, 2009.

SILVESTRINI, Rubens; WEINGARTNER, Alisolete; TACHIBANA, Luã. A Tríade “Guerra do Paraguai-Erva Mate-Território”: a contribuição da *Ilex paraguariensis* para a formação da fronteira do território brasileiro pós-guerra. **ARGAMASSA - Revista das Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, Geografia, Gestão, Decisão e Memória**, Campo Grande, p. 17-29, 2018.

SOUZA, Vinícius Castro; LORENZI, Harri; ROCHA NETO, Antonio Campos. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto. Modernização da Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos, Ambientais e Sociais. Três Lagoas: **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas-MS**, v. 2, n. 2, 2005.

**Artigo recebido em:** 14/12/2019

**Artigo aprovado em:** 18/02/2020

**Artigo publicado em:** 02/03/2020