

INTEGRAÇÃO ENTRE SENSORIAMENTO REMOTO, GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA MEDIR EFICIÊNCIA EM AGRICULTURA

Eliane Gonçalves Gomes¹, João Alfredo de Carvalho Mangabeira¹, João Carlos Correia
Baptista Soares de Mello²

Abstract This paper uses Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate agriculture efficiency. Total area is one of the variables and has two possible values: the one declared by the farmer and the one measure by IKONOS II satellite images, and can be represented as an interval data. The theoretical model, called interval DEA model is applied to the case of Holambra's (SP) farmers' efficiency evaluation.

Resumo Este artigo usa modelos de Análise de Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência em agricultura. A área total de cada propriedade é uma das variáveis do modelo e apresenta dois possíveis valores: o valor declarado pelo produtor e o valor medido com o uso de imagens do satélite IKONOS II, podendo ser representada como um dado intervalar. O modelo teórico, chamado de modelo DEA intervalar, é aplicado ao caso da avaliação da eficiência dos agricultores do município de Holambra (SP).

INTRODUÇÃO

A eficiência de uma unidade produtiva é medida através da comparação entre os valores observados e os valores possíveis de seus produtos (saídas ou outputs) e recursos (insumos ou inputs). O uso de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA) (COOPER et al., 2000) para medir a eficiência relativa de unidades produtivas tem-se mostrado bastante atrativo em diversos setores. Em agricultura, modelos DEA podem apoiar as decisões dos agricultores, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas adotadas. Gomes et al. (2003) apresentam o estado da arte do uso de DEA em agricultura.

Este artigo faz uso de DEA para medir a eficiência de uma amostra de 71 agricultores do município de Holambra, estado de São Paulo. Os dados utilizados são aqueles originalmente usados para tipificação dos produtores rurais do município (MANGABEIRA, 2002), referentes ao ano de 2002 e obtidos por levantamento de campo, via questionários socioeconômicos. Uma das variáveis

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite - Av. Dr. Júlio Soares de Arruda 803, Parque São Quirino, 13088-300, Campinas, SP - (19)32566030 - eliane@cnpm.embrapa.br; manga@cnpm.embrapa.br

² Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal Fluminense - Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ - (21)26295432 - jcsmello@producao.uff.br

do modelo, a área total, apresenta dois possíveis valores: aquele declarado pelo produtor e o medido com o uso de imagens do satélite IKONOS II, de alta resolução espacial. Como essa variável apresenta incerteza na medição, pode ser representada como um dado intervalar.

A fronteira DEA eficiente é, dessa forma, construída considerando-se os limites de incerteza, isto é, os menores e maiores valores possíveis de serem assumidos pela variável. Constrói-se, então, uma região em relação à qual as unidades avaliadas, DMUs (Decision Making Units), possuem um certo grau de pertença. Neste artigo, apresentam-se os resultados do uso do modelo DEA intervalar ou fuzzy-DEA, proposto e descrito em Soares de Mello et al. (2003a, 2003b), na avaliação dos agricultores de Holambra.

AValiação DE Eficiência DOS AGRICULTORES DE HOLAMBRA

Mangabeira (2002) mapeou o uso das terras do município de Holambra (Figura 1a) com base em imagens do satélite IKONOS II (do ano de 2000) e levantamentos de campo (em 2001). Com o uso de questionários de campo, levantou informações de 266 variáveis socioeconômicas (que geraram 204 indicadores), para uma amostra de 74 produtores rurais (Figura 1b e 1c). De posse desses indicadores, o autor tipificou essa amostra de produtores e foram identificados 6 tipos de agricultores em Holambra, a saber, agrocitricultores (14 agricultores); agrofloricultores (7); agropecuaristas (4); florecitricultores (24); floricultores (13); produtores agrícolos anuais (9).

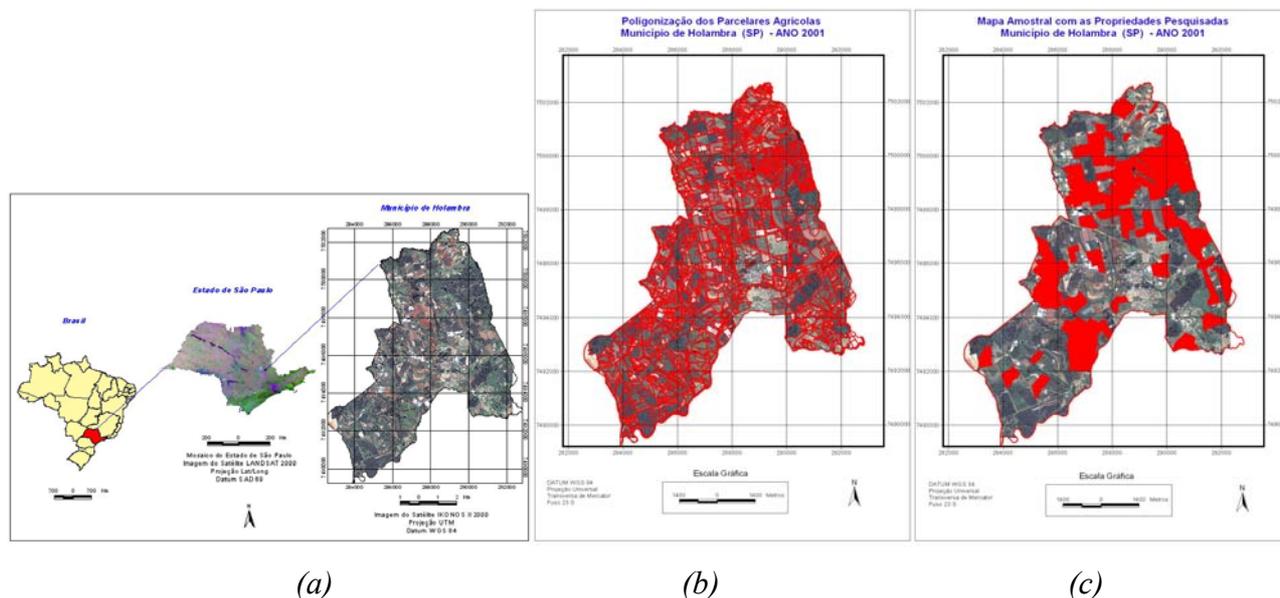


Figura 1. Localização do município de Holambra (a), distribuição espacial das propriedades rurais do município (b) e das amostradas para o levantamento com questionários de campo (c).

Estruturação do Problema

Para avaliar os agricultores de Holambra foram selecionados 4 dos 206 indicadores derivados por Mangabeira (2002). Essas variáveis indicam as relações clássicas entre produção, capital e trabalho. Como inputs (recursos ou fatores de produção) foram selecionados Área Total

(representada pela área total da propriedade), em hectares, Emprego (expresso por homem-hora-ano) e Uso de Máquinas (calculado como número total de horas de uso de máquinas no ano); Renda Líquida anual da propriedade, em reais, é o output (produção ou saída).

Os valores das variáveis Emprego, Uso de Máquinas e Renda Líquida são aqueles fornecidos pelos agricultores nos questionários de campo. Já a variável Área Total pôde ser obtida de duas fontes: dos questionários de campo (ou seja, da informação fornecida pelo agricultor) e das imagens de satélite do município. Conforme mostrado na Figura 1, o uso da imagem do satélite IKONOS II bem como o conhecimento dos limites de cada propriedade, permitiu calcular, com apoio de um Sistema de Informação Geográfica, a área total de cada propriedade. Esse valor, no entanto, é diferente do valor fornecido pelo agricultor. Assim, a variável Área Total é uma variável incerta que pode ser representada como um dado intervalar no modelo DEA: um dos limites do intervalo é a informação dada pelo agricultor e o outro, o dado calculado com base na imagem de satélite.

As unidades de avaliação (DMUs) são as propriedades agrícolas amostradas por Mangabeira (2002). O modelo selecionado foi o modelo DEA com retornos variáveis de escala (DEA BCC) (COOPER et al., 2000), já que há diferenças de escala significativas entre as DMUs.

Resultados

Calculando-se os modelos DEA BCC, verifica-se que a eficiência média em relação às fronteiras otimista e pessimista (fronteiras do modelo DEA intervalar) foi de 34,0 e 33,9%, respectivamente. Tanto em relação à fronteira otimista quanto à pessimista, 10 DMUs foram DEA BCC eficientes, sendo as mesmas nos dois casos. Ao calcular-se o índice de pertença à fronteira (SOARES DE MELLO et al., 2003a, 2003b) obtém-se como resultado que 9 DMUs tiveram pertença unitária (1 produtor agriano, 1 floricultor, 1 florescitricultor, 2 agropecuaristas e 4 agrofloricultores) e 62 tiveram pertença zero à fronteira difusa. Não houve DMUs com pertença intermediária. Este resultado corrobora a tese de que os produtores de flores são mais eficientes que aqueles produtores que se dedicam a outras atividades (pecuária, culturas anuais etc.).

Para melhor discriminar as unidades eficientes (com pertença unitária) foi usado o índice composto de classificação intervalar ou, resumidamente, índice fuzzy-DEA proposto em Soares de Mello et al. (2003b). Como resultado, 6 DMUs apresentaram índice agregado 1,00; 1 DMU, índice 0,95; 6 DMUs, índice zero; demais DMUs com índice 0,50. Dentre os grupo, verifica-se que os Florescitricultores, Agropecuaristas e Produtores Agrianois apresentam índices de pertinência compostos variados; metade dos Agrofloricultores têm índice 1,00 e o restante 0,50. Já os Floricultores têm índice zero ou 0,50. Esse resultado reforça o sentimento existente em relação aos agricultores de Holambra: os produtores de flores são mais eficientes que os demais. Entretanto, destaca-se que a idéia de que o produtor que utiliza estufa é mais eficiente que aquele que cultiva flores em campo aberto não foi confirmada, já que o grupo de Floricultores, em que 100% deles

possuem estufas, são menos eficientes que os Agrofloricultores (79% com estufas).

CONCLUSÕES

A integração do sensoriamento remoto com modelos de pesquisa operacional mostra-se bastante promissora. Os resultados obtidos ratificaram a experiência dos especialistas ao indicar os produtores de flores como os mais eficientes. No entanto, verificou-se que os agricultores que usam essencialmente estufas eram tidos como eficientes de forma equivocada. Uma possível explicação para este engano é que avaliações menos rigorosas levam em conta apenas a área cultivada, desconsiderando que tais propriedades rurais apresentam grandes extensões de terra sem uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, USA, 2000.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI NETO, L. Avaliação de eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com Sistemas de Informação Geográfica. **Documentos**, n. 28. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003.

MANGABEIRA, J.A. de C. **Tipificação de Produtores Rurais Apoiada em Imagens de Alta Resolução Espacial, Geoprocessamento e Estatística Multivariada: Uma Proposta Metodológica**. Campinas, 2002. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; ANGULO-MEZA, L.; BIONDI NETO, L. Índice de Eficiência em Fronteiras DEA Nebulosas. In: XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2003, Natal. **Anais...**, 2003a.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; ANGULO-MEZA, L.; BIONDI NETO, L. Índice de Eficiência em Fronteiras DEA Nebulosas. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 2, n. 14, 2003b. Disponível em: <<http://www.producao.uff.br/rpep/relpesq103/014relpesq103.doc>>. Acesso em: 11 maio 2004.