

Produção, eficiência técnica e desempenho institucional da Embrapa no período 1996-2005

RESUMO: Neste artigo apresenta-se e analisa-se a evolução do modelo de produção da Embrapa no período 1996-2005 e sua influência no desempenho institucional. Identificam-se, via a técnica de método de momentos generalizados aplicados a modelos de painel dinâmico, as variáveis contextuais com associação significativa, com a eficiência técnica de produção e com a intensidade da captação de recursos externos ao Tesouro Nacional. Inclui-se nesse estudo o efeito da mudança administrativa na instituição. Conclui-se que a instituição responde positivamente no curto prazo aos estímulos derivados do modelo de produção, ou seja, o conjunto de centros de pesquisa responde positivamente ao processo de negociação de metas quantitativas dos componentes de produção e da avaliação institucional.

Palavras-chave: Produção. Eficiência técnica. Desempenho institucional. Pesquisa agrícola.
Código JEL: C13, C21, C23, C44.

ABSTRACT: This article shows and analyzes the evolution of Embrapa's production model during the period 1996-2005, and its influence on the institution's performance. Using the technique of generalized method of moments and a dynamic panel data we identify contextual variables with significant association with the technical efficiency of production and the intensity of revenue generation other than National Treasury funds. We conclude that the institution responds positively in the short run to the stimuli derived from the production model, that is, the set of research centers responds positively to the process of negotiations of quantitative goals defined in terms of the production components and the institutional evaluation.

Keywords: Production. Technical efficiency. Institutional performance. Agricultural research.
JEL Code: C13, C21, C23, C44.

Geraldo da Silva e Souza¹
Eliane Gonçalves Gomes¹
Antônio Flavio Dias Avila¹
Rosaura Gazzola¹

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Parque Estação Biológica – Av. W3 Norte final – 70770-901 – Asa Norte – Brasília-DF – Brasil. (geraldosouza; eliane.gomes; flavio.avila; rosaura.gazzola}@embrapa.br

Introdução

Em tempos de competição por recursos e de restrições orçamentárias, uma instituição pública de pesquisa deve procurar aumentar sua produção com qualidade, sem demandar recursos adicionais (SOUZA et al. 1999). Uma melhor administração dos recursos disponíveis e a realização de padrões e objetivos pré-especificados são metas factíveis por meio do acompanhamento quantitativo do processo de produção. Dessa forma, a mensuração do desempenho produtivo de tais instituições é de fundamental importância para sua gestão. A literatura de administração de organizações e de planejamento estratégico é rica em métodos e estratégias definidas por esse ambiente. Vale a pena citar aqui o *six sigma* (PANDE et al. 2000) e o *balanced scorecard* (KAPLAN & NORTON, 1996).

Nesse contexto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) monitora, desde 1996, o processo de produção de seus 37 centros de pesquisa, por meio de um modelo de produção. Faz uso de uma fronteira determinística do tipo DEA (*Data Envelopment Analysis*), a qual permite avaliar a eficiência técnica de produção de cada um dos centros (SOUZA et al. 1997, 1999, 2007; PORTUGAL et al. 1998; SOUZA & AVILA, 2000).

O processo de avaliação da Embrapa é original e não tem similar no país.

O interesse da análise concentra-se na identificação, por um lado, de centros de pesquisa eficientes que possam servir de *benchmarks* e, por outro, de fatores associados ao processo de produção que causem ou estejam associados à eficiência técnica. A identificação de *benchmarks* resulta da análise da distribuição das medidas de eficiência e, nesse sentido, é mais direta. A identificação de fatores causais de eficiência é mais delicada e exige modelagem estatística adequada.

Alguns estudos foram realizados na Embrapa para avaliar os efeitos de variáveis contextuais para a fronteira de produção de pesquisa. Vale citar os trabalhos de Souza et al. (1999), que se concentram na avaliação dos efeitos de tipo de centro, e de Souza

(2006) e Souza et al. (2007), que avaliam os efeitos, sob óticas e períodos distintos, das variáveis racionalização de custos, melhoria de processos, nível de parcerias, tipo e tamanho. Essas análises fazem uso de respostas do tipo DEA em modelos de dois estágios e do ajuste da variável de produção y em modelos que postulam a existência de uma fronteira estocástica.

Este artigo tem como objetivo geral descrever e analisar a evolução do sistema de avaliação da Embrapa no período 1996-2005, principalmente do ponto de vista da componente de produção de pesquisa. Tem como objetivo específico estudar os centros de pesquisa em função do sistema de avaliação de unidades vigente nos últimos anos e observar as mudanças ocorridas durante esse tempo, as quais afetaram direta e indiretamente o processo gerencial e de produção da empresa. Neste ponto busca-se identificar variáveis contextuais que potencialmente possam afetar a evolução da eficiência técnica e o escore de captação de receitas, via modelos de painel dinâmico. Dessa forma, busca-se estender os resultados obtidos em estudos anteriores, contribuindo para a literatura referenciada.

Na Seção 2 apresenta-se a base quantitativa do modelo de produção da Embrapa. Aborda-se também o mecanismo gerencial definido por negociações de metas associadas à produção. Na Seção 3 apresenta-se a evolução dos principais indicadores de avaliação. De interesse direto para a instituição são: a evolução de receita própria relativamente aos recursos do Tesouro Nacional, a eficiência técnica de produção e o índice de desempenho institucional, um construto formado por componentes estratégicos, tais como intensidade de parcerias e racionalização de custos. Na Seção 4 exploram-se dois modelos econométricos do tipo painel dinâmico na tentativa de identificar variáveis contextuais e práticas gerenciais importantes na caracterização do desempenho. De particular importância é a avaliação da mudança administrativa na Embrapa. Na Seção 5 apresentam-se as considerações finais, seguidas das referências bibliográficas.

1 Modelo de produção e de avaliação institucional da Embrapa

1.1 Variáveis de Produção: produtos e insumos

No caso da Embrapa, um conjunto de indicadores potenciais de produção está disponível desde 1991. São os planos anuais de trabalho (Pats) que refletem as variáveis de produção dos centros de pesquisa. Estão detalhados no documento Embrapa (1996). A partir dos Pats chegou-se a um conjunto de 28 variáveis de produto e três de insumo representativas do processo produtivo da Embrapa. Os 28 atributos de produto foram divididos em quatro categorias de produção: produção técnicocientífica; produção de publicações técnicas; desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos; transferência de tecnologia e promoção de imagem. Reconhece-se com essas categorias as várias dimensões do trabalho na Embrapa: a dimensão acadêmica, através da Produção Técnicocientífica; a dimensão da extensão rural e do marketing, por meio das categorias de Transferência de Tecnologia e Promoção da Imagem e de Produção de Publicações Técnicas; a dimensão de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), com a categoria de Desenvolvimento de Tecnologias, Produtos e Processos.

De forma sucinta, são descritos abaixo os indicadores de produção atualmente em uso no sistema de produção Embrapa. Embora tenha havido alterações neste sistema ao longo do tempo, a descrição seguinte é bem representativa das categorias de produção e do que essas representaram ao longo do período 1996-2005. A referência institucional básica é Embrapa (2006), na qual cada item de produção é descrito com detalhes.

- Produção Técnicocientífica: artigo em periódico indexado; nota técnica; capítulo em livro técnicocientífico; artigo em anais de congresso; resumo em anais de congresso; orientação de dissertação ou tese de pós-graduação.
- Produção de Publicações Técnicas: sistema de produção; circular técnica; comunicado técnico/recomendações técnicas; boletim de pesquisa

e desenvolvimento; documentos; organização/edição de livros; artigo de divulgação na mídia.

- Desenvolvimento de Tecnologias, Produtos e Processos: cultivar gerada/lançada e evento elite; cultivar testada/indicada; prática/processo agropecuário; raça/tipo; insumo agropecuário; processo agroindustrial; metodologia científica; máquina, equipamento e instalação; estirpes; monitoramento/zonamento; software.
- Transferência de Tecnologia e Promoção da Imagem: dia de campo; organização de eventos e participação da unidade em exposição ou feira; palestra; curso oferecido; folder/folheto/cartilha produzido; vídeo/dvd produzido; unidade demonstrativa e de observação; campanha interna corporativa; veículo interno de comunicação; veículo externo de comunicação; matéria jornalística.

Os insumos do processo de produção são definidos por trabalho, custeio e capital.

Como indicadores da atividade de produção (insumos e produtos), considerou-se um sistema de índices relativos adimensionais. Sua construção permite a definição de medidas de produção global e agregadas por categoria. O processo de agregação obtém-se através de ponderações definidas por um sistema de pesos adequado, em princípio, variável por unidade.

Os índices relativos marginais de produção são calculados para cada atributo e para cada unidade de pesquisa, em cada ano, dividindo-se o quantitativo observado na atividade de produção para a unidade em questão, pela média por unidade do atributo. As médias consideradas pela Embrapa são tomadas dentro de anos, mas comparações absolutas no período também são levadas a efeito considerando-se um ano base, particularmente na avaliação da produtividade.

Como componente de produção $y_i, i=1,2,3,4$ de cada categoria de produto, toma-se a média ponderada dos índices relativos (parciais) que compõem a categoria. Represente-se por o a unidade sob análise. Tem-se a expressão (1), na qual $a_{ji}^o, j=1...k,$

é o sistema de pesos para a unidade o na categoria de produção i , $a_{ji}^o \geq 0$ e $\sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o = 1$; k_i é o número de indicadores de produção que compõem i ; y_{ji}^o é o índice relativo de produção j .

$$y_i^o = \sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o y_{ji}^o \quad (1)$$

Embora todos os centros produzam alguma quantidade de todas as variáveis de produção consideradas e utilizem-se dos mesmos tipos de insumo, têm percepções distintas sobre a importância relativa de cada categoria de produção. Um centro de biotecnologia, por exemplo, considera como categoria mais importante a produção técnicocientífica, enquanto um centro de produto considera tipicamente como mais importante, a categoria de desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos.

A Embrapa procurou resolver o problema das percepções distintas agregando o produto com o uso de um sistema de pesos variável por unidade de pesquisa. Tal sistema de pesos não pode ser determinado de modo automático por uma técnica como DEA, por exemplo, devido à falta de homogeneidade das unidades envolvidas na avaliação. Outro problema pertinente ao método DEA é que o uso excessivo de variáveis de produção, sem algum tipo de agregação *a priori*, torna todos os centros de pesquisa eficientes.

A definição de um sistema de pesos *a priori* é uma tarefa complexa. Este sistema de pesos deve servir ao propósito de obter uma medida univariada, ou de dimensão reduzida, representativa do produto e que permita comparações entre centros de pesquisa. Inicialmente apelou-se para técnicas de análise multivariada para a redução da dimensão do produto. Particularmente, procurou-se na análise de correlação, análise de componentes principais e análise fatorial, a solução para o problema de redução de dimensão. As técnicas de análise multivariada mostraram-se insatisfatórias em alguns aspectos importantes. Por exemplo, o uso da análise de componentes principais e da análise fatorial pode levar a correlações negativas de certos atributos com as dimensões de produção. Outro problema associado com o uso de todas as técnicas multivariadas relaciona-se à constância do sistema de pesos. Para resolver esse problema, inicialmente optou-se por

um sistema de pesos variável por unidade para as categorias de produção, em que o grau de dificuldade relativa de cada atributo dentro de cada categoria foi identificado via o coeficiente de variação. A variabilidade do sistema de pesos, por centro de pesquisa, foi obtida, deste modo, só para o produto agregado (SOUZA et al., 1997). A procura de pesos de agregação adequados para as categorias levou ao conceito de coeficiente de especialização.

Ressalta-se aqui uma vez mais que, para que as produções das unidades de pesquisa pudessem ser comparadas, foi necessário um esforço no sentido de definir uma medida de produto que reduzisse as diferenças operacionais de cada unidade. No nível dos quatro componentes de produção, isso obtém-se permitindo que os pesos dos índices relativos variem por centro de pesquisa. Os coeficientes de especialização foram os vetores dessa variação. Especificamente, o produto combinado y^o da unidade o é definido pela média ponderada apresentada em (2), onde os pesos são os coeficientes de especialização $coef(i,0)$.

$$y^o = coef(1,0)y_1^o + coef(2,0)y_2^o + coef(3,0)y_3^o + coef(4,0)y_4^o \quad (2)$$

O coeficiente de especialização da categoria i é o quociente apresentado em (3), no qual \bar{y}_i^o é a média histórica das observações de y_i^o .

$$coef(i,0) = \frac{\bar{y}_i^o}{\bar{y}_1^o + \bar{y}_2^o + \bar{y}_3^o + \bar{y}_4^o} \quad (3)$$

Tal como foram definidos, os coeficientes de especialização são favoráveis aos centros de pesquisa, no sentido de que ponderam mais fortemente o que cada um tem de melhor, independentemente do direcionamento de políticas de pesquisa. O sistema, contudo, é flexível o suficiente para absorver modificações. Nas aplicações levadas a efeito com essas quantidades, por exemplo, explora-se a classificação dos centros da Embrapa em tipo (centros de pesquisa de produtos; de temas básicos; de pesquisa agroflorestal ou agropecuária nas ecorregiões brasileiras) e tamanho (pequenos, médios, grandes). Define-se como sistema de pesos para cada categoria de produção a mediana (média) dos coeficientes de especialização por tipo ou tamanho. Desse

modo, centros de pesquisa do mesmo tipo têm o mesmo coeficiente de especialização. Esta abordagem, além de simplificar os cálculos, torna a distribuição dos pesos das categorias de produção menos sensíveis (mais robusta) à presença de concentrações extremas (atípicas).

A administração da Embrapa logo percebeu que o sistema de pesos poderia servir também como mecanismo orientador de diretrizes de pesquisa e os coeficientes de especialização como indicadores do cumprimento dessas metas no curto e no longo prazos. Com o objetivo de obter um sistema de pesos mais consoante com os objetivos administrativos da empresa, o processo evoluiu para a captação de percepções de importância via modelos de escalagem psicossocial. Neste contexto foram consideradas variantes das técnicas AHP (Saaty, 1994) e do modelo de comportamento mental sugerido por Thurstone (1927) e discutido em detalhes em Torgenson (1958), Souza (1988) e Souza (2002). No caso da Embrapa, os pesos foram definidos exogenamente como resultado de um estudo que envolveu cerca de quinhentos pesquisadores e todos os administradores da empresa.

As medidas relativas de insumo para o centro o são denotadas por x_k^o , $k = 1, 2, 3$ e representam *proxies* para quantitativos de pessoal, custeio e capital, respectivamente. Como já sugerido anteriormente, são medidas em valores relativos à média da empresa em dado ano.

1.2 Análise de envoltória de dados

A Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) tem como objetivo, calcular a eficiência de unidades produtivas, chamadas genericamente de unidades de tomada de decisão ou DMUs (*Decision Making Units*), conhecendo-se os níveis de recursos empregados (insumos) e de resultados obtidos (produtos). DEA otimiza cada observação individual, de modo a estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), composta das unidades que apresentam as melhores práticas dentro da amostra em avaliação (unidades Pareto eficientes). Essas unidades servem como referência ou *benchmark* para as unidades ineficientes.

A eficiência é definida genericamente como a razão da soma ponderada de produtos pela soma ponderada de insumos necessários para gerá-los. Os pesos usados nas ponderações são obtidos em DEA por problemas de programação linear (PPLs), que atribuem a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência. A vantagem de DEA frente a outros modelos de produção é a capacidade de incorporar múltiplos *inputs* (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e múltiplos *outputs* (saídas ou produtos) para o cálculo de uma medida de eficiência única, com ou sem a incorporação de julgamentos subjetivos por parte dos decisores.

Há dois modelos DEA clássicos associados a um processo produtivo, o CCR (Charnes et al., 1978) e o BCC (Banker et al., 1984). O modelo CCR (ou CRS, de *constant returns to scale*) admite retornos constantes à escala e assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. O modelo BCC (ou VRS, de *variable returns to scale*) considera retornos variáveis à escala; substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade. Tradicionalmente, são possíveis duas orientações radiais para esses modelos na busca da fronteira de eficiência: orientação a *inputs*, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a *outputs*, quando o objetivo é aumentar as quantidades produzidas, sem mexer nas quantidades dos recursos usados. Sob a hipótese de retornos constantes, as duas orientações são equivalentes no sentido de que induzem a mesma medida de eficiência.

Existem duas formulações equivalentes para um problema do tipo DEA, definidas por PPLs duais. São conhecidas como formulação do Envelope e dos Multiplicadores. De forma simplificada, pode-se dizer que na formulação do Envelope define-se uma região viável de produção e projeta-se cada DMU na fronteira dessa região. As DMUs ineficientes localizam-se abaixo da fronteira de eficiência e as eficientes na fronteira. Já na formulação dos Multiplicadores trabalha-se com a razão de somas ponderadas de produtos e insumos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições. Na solução ótima, esses multiplicadores representam preços sombra de produtos e insumos.

Em (4) e em (5) apresentam-se, respectivamente, o modelo DEA CCR dos Multiplicadores e do Envelope, com orientação a inputs. Considera-se que cada DMU k , $k=1...n$, é uma unidade de produção que utiliza r inputs x_i^k , $i=1...r$, para produzir s outputs y_j^k , $j=1...s$; x_i^o e y_j^o são os inputs e outputs da DMU o ; v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para inputs e outputs, respectivamente. Em (5), θ_o é a eficiência da DMU o em análise e λ_k representa a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU o . As formulações primal e dual do modelo DEA BCC são obtidas adicionando-se um fator de escala à função objetivo e à desigualdade de (4), e a restrição $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ ao PPL (5).

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_{j=1}^s u_j y_j^o \\ & \text{sujeito a} \\ & \sum_{i=1}^r v_i x_i^o = 1 \\ & - \sum_{i=1}^r v_i x_i^k + \sum_{j=1}^s u_j y_j^k \leq 0, \forall k \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta_o \\ & \text{sujeito a} \\ & \theta_o x_i^o - \sum_{k=1}^n x_i^k \lambda_k \geq 0, \forall i \\ & - y_j^o + \sum_{k=1}^n y_j^k \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned} \quad (5)$$

O modelo DEA sob retornos constantes com um único output (y) e um único input (x) é obtido através de uma regra de três simples. A melhor relação y/x (max) recebe o valor unitário e a eficiência de qualquer outra unidade em avaliação é obtida por y/x (max).

Outra interpretação interessante do problema dual (modelo do Envelope) é a que segue. Se X representa a matriz de utilização de insumos e Y a matriz de produtos, então o par $(X\lambda, Y\lambda)$ representa o vetor de produção de um pseudo produtor, sendo λ o vetor com componentes λ_k . Deste modo, uma unidade é considerada eficiente se não existe nenhum pseudo produtor que seja capaz de produzir pelo menos o que a unidade produziu, gastando menos. O conjunto dos pseudo produtores inclui todas as unidades em avaliação.

As discussões dos modelos do tipo DEA aqui apresentadas representam essencialmente medidas de eficiência técnica.

É possível definir problemas análogos considerando eficiência alocativa e eficiência econômica. Os conceitos de eficiência técnica e alocativa representam uma decomposição multiplicativa da eficiência econômica. Uma DMU é ineficiente do ponto de vista econômico se não opera na isoquanta da unidade eficiente ou se não utiliza seus insumos nas proporções ótimas definidas pelo hiperplano de preços tangente à isoquanta da unidade eficiente.

Na Embrapa, ao longo do período 1996-2005, as medidas de eficiência foram sempre do tipo eficiência técnica e calculadas com orientação a insumos sob a hipótese de retornos constantes à escala. A abordagem induz um processo de classificação mais rígido, ao contrário do modelo BCC, que busca comparações com unidades de aproximadamente o mesmo tamanho.

Para amenizar o problema da escala de operação dos diversos centros de pesquisa, as medidas de eficiência foram calculadas na empresa também por grupos de tamanho, em um total de três. Esses grupos foram definidos via análise de conglomerados, considerando o vetor de insumos. Atualmente, a preferência é por medidas de eficiência econômica, calculadas a partir de produtos múltiplos normalizados pela escala de operação e corrigidos pela presença de observações atípicas.

1.3 Avaliação institucional

A discussão até aqui apresentada foi iniciada pelo modelo de avaliação institucional da Embrapa, com referência a Portugal et al. (1998). O modelo teve sua implementação inicial em 1997, constituindo-se inicialmente dos componentes: cumprimento de metas institucionais (eficácia), eficiência técnica de produção, avaliação da qualidade dos projetos de pesquisa, impacto socioeconômico das tecnologias geradas pelo centro de pesquisa e avaliação da imagem do centro de pesquisa. Mais tarde, por interesse administrativo, foi incluída no processo de avaliação a produtividade. Também apareceram, de forma mais explícita no modelo de avaliação, escores de intensidade de parcerias, de melhoria de processos e do esforço das unidades de pesquisa da Embrapa em obter recursos externos ao Tesouro Nacional.

A introdução do componente intensidade de parcerias teve por objetivo amenizar o efeito competitivo gerado pelas comparações de produção. A avaliação da imagem foi resultante de pesquisas de opinião junto aos clientes da empresa.

Cada uma dessas dimensões de interesse institucional foi propriamente medida a partir de indicadores de performance e agregadas, devidamente ponderadas, em único escore de desempenho, denominado Índice de Desempenho Institucional (IDI). Em princípio, os pesos da ponderação estavam concentrados nas medidas de eficiência técnica de produção e de eficácia. A evolução desses pesos ao longo do tempo, reflete de modo interessante, as preocupações administrativas da Embrapa com o sistema de avaliação da produção de pesquisa.

Conforme Portugal et al. (1998), o componente de eficácia inicialmente baseou-se no alcance de metas qualitativas, definidas como metas de gestão ou compromissos institucionais, e, de metas quantitativas, definidas pelo sistema de produção. Tais metas eram previamente negociadas entre os centros de pesquisa e a Diretoria Executiva (DE) da Empresa, para o período de um ano. Essa característica do processo de avaliação resultou diretamente da possibilidade da mensuração da produção. Foi a partir dessas negociações, induzidas pelo termômetro da produção construído a partir de medidas de eficiência, que a administração da empresa procurou reduzir diferenças e orientar a pesquisa no âmbito de seu planejamento estratégico.

As metas qualitativas vinculam-se a projetos ou ações prioritárias, estabelecidos pela DE. São exemplos de metas qualitativas: redução de custos fixos, aumento de ações de parceria, eliminação ou redução do número de reincidências em auditorias internas e melhorias de processos administrativos/gerenciais.

Também foram usadas no cálculo da medida de eficácia, as metas de captação de recursos. Os centros negociam com a DE metas de geração de receita própria para o ano-objeto de avaliação e, ao final do período, são avaliadas quanto ao desempenho em tal processo. São consideradas tanto as receitas captadas diretamente (via SIAFI), quanto as receitas indiretas, onde terceiros assumem despesas de projetos de P&D e de atividades desenvolvidas pela unidade.

Ao longo do tempo, a componente eficácia foi alterada e acabou desaparecendo do IDI. Alguns de seus componentes, no entanto, permaneceram como componentes isoladas. Esses foram: intensidade de parcerias, melhoria de processos, racionalização de custos e captação de recursos.

2 Análise do modelo de produção e a evolução do índice de desempenho institucional

Durante o período 1996-2005, mudanças administrativas importantes aconteceram na empresa em duas dimensões críticas: alteração dos componentes do Índice de Desempenho Institucional e mudança de gerência da empresa. Tem-se interesse em avaliar, nesse contexto, as tendências do modelo de avaliação e do controle gerencial.

A Figura 1 mostra a evolução da eficiência técnica mediana anual de produção da Embrapa. Essas medidas de eficiência foram calculadas considerando todos os centros de pesquisa em um único grupo e segundo o modelo usado atualmente na empresa, qual seja, modelo DEA CCR orientado a inputs, com três *inputs* (custos de pessoal, custeio e capital) e um *output* (indicador agregado de produção). As flutuações observadas até 2001 são resultado fundamentalmente de mudanças de cálculo e de percepção interna.

Pode-se dizer que, nesse período, a direção da empresa procurou, pelo menos, manter os padrões de eficiência na instituição. Isso evidencia-se no comportamento dos coeficientes de variação, que apresentam tendência negativa. A partir de 2002 há uma queda nos níveis de produção e diferenças mais acentuadas provocam redução substancial na eficiência mediana. Nota-se aqui um período de falta de controle gerencial próprio. Isso consubstancia-se na Figura 1, na qual os coeficientes de variação passam a apresentar tendência crescente. Em resumo, o que se desprende desse gráfico é que a instituição responde positivamente ao controle gerencial quantitativo. A negociação quantitativa das metas de produção é de importância crítica para atenuar diferenças e alavancar a excelência técnica de produção.

A falta de controle administrativo é evidente também na Figura 2, onde se apresenta a evolução da mediana do escore

de captação de recursos, que representa a participação da receita própria (direta mais indireta) nos recursos de outros custeios e capital recebidos do Tesouro. Até 2002 observa-se um esforço óbvio no sentido de manter relativamente alta a participação dos recursos externos ao Tesouro Nacional. A partir daí, a tendência é declinante.

Figura 1 – Evolução da eficiência técnica de produção no período 1998-2005: mediana e coeficiente de variação

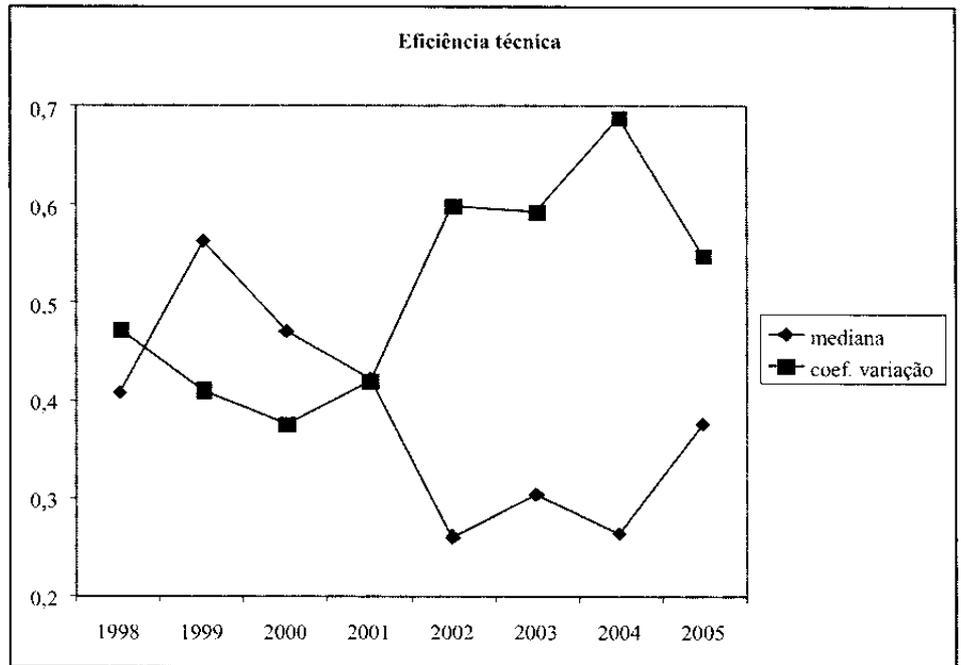
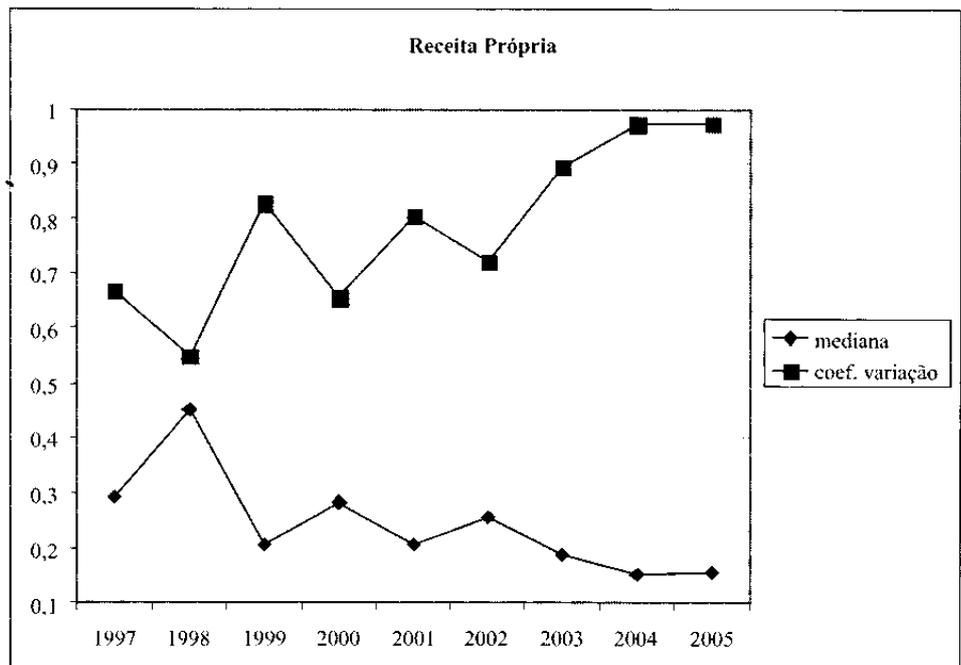


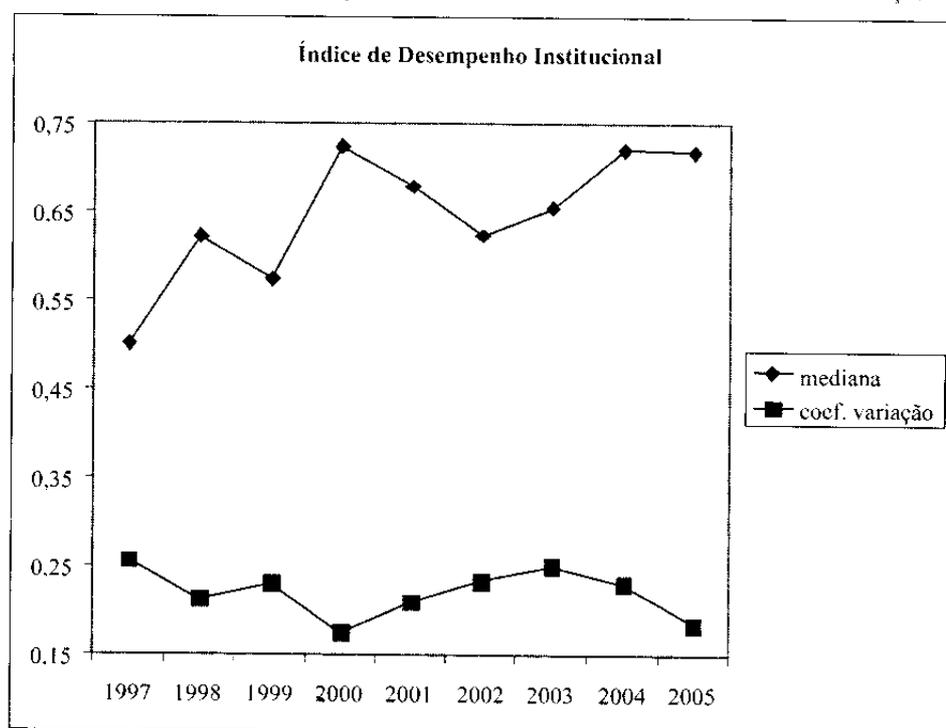
Figura 2 – Evolução da receita própria no período 1997-2005: mediana e coeficiente de variação



O comportamento do IDI reproduz a mesma tendência das medidas de eficiência técnica, sob uma ótica diferente. Em última análise, os centros de pesquisa da Embrapa são avaliados em função de seus IDIs e não diretamente em função do sistema de produção. O IDI pode envolver construtos quantitativos e qualitativos, e norteia o processo gerencial através do controle do sistema de pesos. A princípio, a componente forte do IDI era a eficiência técnica (importância relativa de 45% no seu cálculo). Como resultado direto da

importância dessa participação, o IDI apresenta índices mais modestos até 2002. A partir daí o IDI dispara para valores acima de 70%. Essa tendência crescente se explica por uma certa manipulação do índice por parte do sistema. O rigor demandado pelos componentes de produção foi sendo substituído por outros componentes de mais fácil controle administrativo (por exemplo, o peso da eficiência no cálculo do IDI era de 20% em 2005). Essa percepção é óbvia na Figura 3, que mostra a evolução dos IDIs medianos e dos respectivos coeficientes de variação.

Figura 3 – Evolução do IDI no período 1997-2005: mediana e coeficiente de variação



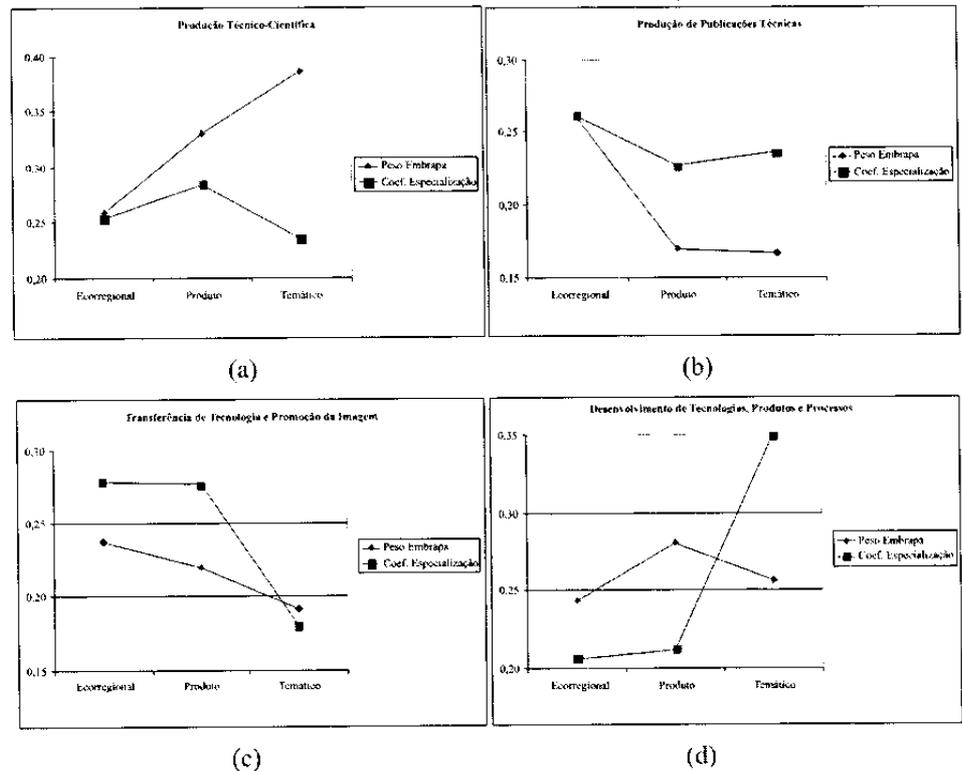
É de interesse avaliar o efeito do sistema de pesos na produção dos centros de pesquisa. Os coeficientes de especialização representam, por excelência, os mecanismos para determinar a ocorrência de alterações no processo de produção, induzidas pelas percepções administrativas, que são traduzidas pelo sistema de pesos. A análise aqui é feita por categoria de produção. A classificação de interesse é por tipo de unidade (temática, ecorregional ou de produto) e a discussão inicia-se com a produção técnico-científica.

Ao longo do período 1997-2005, os centros ecorregionais e de produto aproximaram-se bem mais das metas da empresa para a categoria de produção técnico-científica do que os centros temáticos,

conforme Figura 4 (a). Esta é a categoria de maior importância para esses centros e seu desempenho não está de acordo com essa percepção. Os centros temáticos apresentariam níveis melhores de eficiência técnica, melhorando significativamente sua produção na dimensão acadêmica.

Quanto à categoria de publicações técnicas nota-se um afastamento substancial das metas da Embrapa por parte dos centros temáticos e de produto. O que se depreende das Figuras 4 (b), (c) e (d) é uma fuga de especialização desses centros da produção técnico-científica para outras categorias; os centros temáticos para a categoria Desenvolvimento de Tecnologias, Produtos e Processos e os centros de produto para Transferência de Tecnologia e Promoção da Imagem.

Figura 4 – Sistema de pesos e coeficientes de especialização, por tipo de centro de pesquisa: (a) Produção Técnico-Científica; (b) Produção de Publicações Técnicas; (c) Transferência de Tecnologia e Promoção da Imagem; (d) Desenvolvimento de Tecnologias, Produtos e Processos. Período 1997-2005



3 Fatores causais da eficiência técnica e da receita própria

De interesse na análise da evolução de medidas de avaliação como a eficiência técnica de produção está a identificação de variáveis contextuais que potencialmente possam causar eficiência. Grande esforço tem sido dedicado na Embrapa na tentativa de identificar essas co-variáveis. Alguns estudos importantes sobre o tema foram publicados, relacionados a sub-períodos do período aqui analisado. Outras medidas de eficiência foram também consideradas apesar de não terem sido utilizadas diretamente no sistema de avaliação da empresa. Nessas análises, assume-se implicitamente que as condições de separabilidade de Simar & Wilson (2007) se verifiquem: estas implicam que as variáveis contextuais são realmente exógenas.

Souza et al. (2007) avaliaram o efeito das variáveis contextuais captação de receita, intensidade de parcerias, racionalização de custos, melhoria de processos, tipo e tamanho na medida de eficiência custo, calculada sob a hipótese BCC de retornos variáveis. A análise foi feita via mínimos quadrados

em dois estágios, assumindo correlação contemporânea entre os centros e correlação serial não estruturada. Nesse artigo, os autores sugeriram também o uso de uma fronteira invertida para o desempate de unidades eficientes (baseado na proposta original de Leta et al. (2005) e Angulo Meza et al. (2005)). A análise cobriu o período 2001-2003. Os autores concluíram que, no período, todas as variáveis contextuais foram significantes, embora tamanho tenha significância apenas marginal, possivelmente devido ao uso do modelo BCC. É de se notar aqui o efeito positivo da captação na eficiência.

Motivados por Souza et al. (2007), aqui são considerados, para o período 2000-2005, dois modelos com estrutura de painel, um para a evolução da eficiência técnica CCR e outro para o escore de captação de receitas. As variáveis contextuais medidas em todo o período são as medidas defasadas de eficiência e captação, intensidade de parcerias, melhorias de processos, uma variável indicadora representativa da mudança gerencial da empresa a partir de 2003 e dummies de tempo. Os modelos

estatísticos utilizados são do tipo painel dinâmico e seguem a abordagem de Arellano & Bond (1991). O método de estimação utilizado é o GMM – *Generalized Method of Moments* (Greene, 2002).

Para a eficiência técnica foi ajustado o modelo apresentado em (6), no qual *efic* representa eficiência, *par* intensidade de parcerias, *mproc* melhoria de processos, *recp* captação de recursos, *efeito* uma *dummy* representando a mudança na administração da empresa a partir de 2003, e *tempo3-tempo6* dummies de tempo. As componentes τ e ε satisfazem as condições do modelo de Arellano & Bond (1991). Nesse modelo, *i* representa os centros de pesquisa da Embrapa ($i = 1...37$) e *t* os períodos de tempo ($t = 1...6$). O método de estimação usado supõe a não existência de autocorrelação de segunda ordem e é robusto quanto à presença de heteroscedasticidade em τ e ε .

$$\begin{aligned}
 \text{efic}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \text{efic}_{it-1} + \beta_2 \text{par}_{it} + \beta_3 \text{par}_{it-1} + \beta_4 \text{recp}_{it} + \beta_5 \text{recp}_{it-1} \\
 & + \beta_6 \text{mproc}_{it} + \beta_7 \text{mproc}_{it-1} + \beta_8 \text{efeito}_{it} + \beta_9 \text{tempo3}_{it} + \beta_{10} \text{tempo4}_{it} \\
 & + \beta_{11} \text{tempo5}_{it} + \beta_{12} \text{tempo6}_{it} + \tau_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \quad (6)$$

Vale dizer que o uso das técnicas de Arellano & Bover (1995) e Blundell & Bond (1998) não conduziu a resultados mais informativos. Na realidade, não há evidência contra nenhuma das duas abordagens. A preferência recaiu sobre a técnica mais informativa sobre a significância das variáveis contextuais.

A estrutura de defasagens apresentada em (6) foi escolhida pelo critério de significância. A consideração de defasagens adicionais não conduz a efeitos estatisticamente significantes.

A possibilidade da endogeneidade das variáveis contextuais levou a considerar tal hipótese na especificação do modelo. O teste de Hausman, correspondente a esse ajuste em relação à hipótese de exogeneidade, produziu a estatística qui-quadrado de 8,51 com 11 graus de liberdade, claramente não significativa.

A Tabela 1 mostra os resultados encontrados. Tem-se um efeito significativo da defasagem de parcerias e marginal para melhorias de processos. A mudança administrativa tem efeito negativo e significativo na eficiência técnica. O valor negativo e significativo da *dummy* tempo 3 superpõe-se a este efeito, evidenciando ainda mais o efeito da mudança administrativa ocorrida a partir de 2003.

O teste de Arellano-Bond da presença de correlação serial de segunda ordem não é significativo, com p-valor de 17,2%, e o teste de especificação do modelo (Sargan) tem p-valor de 27,8% e não indica evidência de que o modelo não esteja propriamente especificado.

Utilizou-se o pacote estatístico Stata v.10 no exercício estatístico. O programa relata o uso de 22 instrumentos definidos a partir da defasagem de segunda ordem da variável resposta, variáveis contextuais correntes e defasadas, funções indicadoras do tempo e uma constante. A versão competitiva de Arellano-Bover e Blundell-Bond faz uso de 26 instrumentos. Uma descrição detalhada das matrizes de instrumento utilizadas pode ser vista em Stata (2007).

Tabela 1 – Modelo de painel dinâmico para eficiência técnica de produção a retornos constantes. Período 2000-2005. Estimativas Stata v.10. Estimadores robustos de desvio padrão

Parâmetro	Estimativa	Desvio padrão (robusto)	p-valor
β_1	0,110	0,145	0,447
β_2	0,037	0,076	0,622
β_3	0,164	0,068	0,016
β_4	0,064	0,068	0,345
β_5	0,003	0,082	0,972
β_6	0,076	0,047	0,103
β_7	0,031	0,040	0,441
β_8	-0,131	0,056	0,019
β_9	-0,128	0,032	0,000
β_{10}	0,024	0,055	0,664
β_{11}	-0,008	0,060	0,893
β_{12}	0,117	0,062	0,058
β_{13}	0,279	0,104	0,007

Na análise da captação de recursos foi usado o modelo descrito em (7). Duas defasagens fizeram-se necessárias na especificação da parte autorregressiva do modelo (7). Uma estrutura de defasagens superior a utilizada não se mostrou significativa. O efeito da mudança de administração na presente instância é capturado pelas dummies de tempo. A presença dos valores defasados de eficiência, parcerias e melhorias de processos captura o efeito do índice de desempenho institucional do período anterior.

$$\begin{aligned} recp_{it} = & \beta_0 + \beta_1 recp_{it(-1)} + \beta_2 recp_{it(-2)} + \beta_3 effc_{it(-1)} \\ & + \beta_4 par_{it(-1)} + \beta_5 mproc_{it(-1)} \\ & + \beta_6 tempo4_{it} + \beta_7 tempo5_{it} + \beta_8 tempo6_{it} + \tau_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

Desta análise, cujos resultados são apresentados na Tabela 2, são de importância os coeficientes negativos do tempo, o que sugere uma queda significativa de arrecadação a partir de 2003. As defasagens da receita são conjuntamente significantes (p-valor de 3,2%). Os valores defasados de *recp*, *par* e *mproc* não são conjuntamente significantes (p-valor de 60%). O teste

para a presença de autocorrelação serial de segunda ordem tem p-valor de 30,4 % e o de especificação de Sargan tem p-valor de 69,0% e, portanto, não indicam evidência de erros de especificação da equação (7). Os valores das defasagens da captação são conjuntamente significantes (p-valor de 2%) e o índice de desempenho institucional defasado não parece influenciar o nível de captação, uma vez que os coeficientes dos valores defasados de parcerias, melhorias de processo e eficiência não são conjuntamente significantes (p-valor de 60%). A técnica de Arellano-Bover e Blundell-Bond não conduz a resultados significativamente distintos ou mais informativos.

O programa relata o uso de 16 instrumentos definidos a partir da segunda defasagem da variável resposta, variáveis contextuais defasadas, funções indicadoras do tempo e uma constante. A versão competitiva de Arellano-Bover e Blundell-Bond faz uso de 20 instrumentos. Uma descrição detalhada das matrizes de instrumento utilizadas pode ser vista em Stata (2007).

Tabela 2 – Modelo de painel dinâmico para captação de receita própria. Período 2000-2005. Estimativas Stata v. 10. Estimadores robustos de desvio padrão

Parâmetro	Estimativa	Desvio padrão (robusto)	p-valor
β_1	0,321	0,168	0,056
β_2	0,151	0,088	0,086
β_3	0,137	0,132	0,298
β_4	0,003	0,086	0,976
β_5	0,009	0,063	0,885
β_6	-0,070	0,030	0,017
β_7	-0,110	0,032	0,001
β_8	-0,049	0,037	0,189
β_9	0,106	0,104	0,309

Finaliza-se essa discussão atentando para o fato de que versões mais parcimoniosas dos modelos ajustados, obtidas com base na significância das variáveis, foram evitadas de modo a enfatizar os resultados estatísticos. Neste contexto, não se procura por parcimônia, mas sim em mostrar a relevância ou não de determinadas variáveis contextuais.

Considerações finais

Neste artigo foi analisada a evolução do sistema de avaliação da Embrapa em vigor no período 1996-2005, sob a ótica

de seus componentes quantitativos. De particular relevância nesta análise está o comportamento da produção e de alguns construtos administrativos importantes na identificação de variáveis contextuais, que sejam responsáveis pela eficiência técnica de produção, medida de forma determinística através de modelos de análise envoltória de dados.

As técnicas econométricas do tipo GMM, aplicadas a dados de painel dinâmico, foram usadas na caracterização das co-variáveis mais significantes para o processo produtivo e no controle do

nível de captação de recursos externos ao Tesouro Nacional pelos centros de pesquisa da Embrapa. Concluiu-se desta análise que as unidades da empresa respondem às iniciativas de controle, derivadas de seu modelo de produção e que, no período, parcerias e melhorias de processos tiveram efeitos significativos e variaram no mesmo sentido da eficiência técnica.

Foi evidente um efeito negativo no período de avaliação resultante da mudança de administração na empresa. Isso se evidenciou dos modelos de painel dinâmico e dos gráficos dos coeficientes de variação, que apresentam comportamento inverso no índice de desempenho institucional e nas variáveis associadas diretamente à produção.

Referências

- ANGULO MEZA, L. et al. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for Data Envelopment Analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493-503. 2005.
- ARELLANO, M. BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, v. 58, p. 277-297. 1991.
- ARELLANO, M. BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of the error-components models. *Journal of Econometrics*, v. 68, p. 29-51. 1995.
- BLUNDELL, R. BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel-data models. *Journal of Econometrics*, v. 87, p. 115-143. 1998.
- BANKER, R.D. CHARNES, A. COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092. 1985.
- 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.
- EMBRAPA. Manual dos indicadores de avaliação de desempenho das unidades descentralizadas da Embrapa: Metas quantitativas - Versão para ano base 2007. Brasília: Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento, 2006. 42p.
- EMBRAPA. Sistema de Informação Gerencial dos Planos Anuais de Trabalho – Sispat: manual do usuário. Brasília: Embrapa, 1996.
- GREENE, W.H. *Econometric Analysis*. 5th Ed. New York: Prentice Hall, 2002.
- KAPLAN, R.S. NORTON, D.P. *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard: Harvard Business School Press, 1996. 322p.
- LETA, F.R. et al. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, v. 25, n. 2, p. 229-242. 2005.
- PANDE, P.S. NEUMAN, R.P. CAVANAGH, R.R. *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. New York: Mc-Graw Hill, 2000. 448p.
- PORTUGUAL, A.D. et al. Sistema de avaliação e premiação por resultados da Embrapa. *Revista do Serviço Público*, v. 49, n. 3, p. 59-83. 1998.
- SAATY, T.L. *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publication, 1994.
- SIMAR, L. WILSON, P.W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, v. 136, n. 1, p. 31-64. 2007.
- SOUZA, G. S. Significância de efeitos técnicos na eficiência de produção da pesquisa agropecuária brasileira. *Revista Brasileira de Economia*, v. 60, n. 1, p. 94-117. 2006.

- SOUZA, G.S. The law of categorical judgement revisited. *Brazilian Journal of Probability and Statistics*, v. 16, p. 123-140. 2002.
- SOUZA, G.S. ALVES, E. AVILA, A.ED. Technical efficiency in agricultural research. *Scientometrics*, v. 46, p. 141-160. 1999.
- SOUZA, G.S. et al. Produtividade e eficiência relativa de produção em sistemas de produção de pesquisa agropecuária. *Revista Brasileira de Economia*, v. 51, n. 3, p. 281-307. 1997.
- SOUZA, G.S. AVILA, A.ED. A psicometria linear da escalagem ordinal: uma aplicação na caracterização da importância relativa de atividades de produção em ciência e tecnologia. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 3, p. 11-27. 2000.
- SOUZA, G.S. et al. Economic efficiency of Embrapa's research centers and the influence of contextual variables; *Pesquisa Operacional*, v. 27, n. 1, p. 15-26. 2007.
- SOUZA, J. *Métodos de escalagem psicossocial*. Brasília: Thesaurus, 1988.
- STATA. *Manual, Release 10, Longitudinal/Panel Data*, 2007.
- THURSTONE, L.L. A law of comparative judgment. *Psychological Review*, v. 34, p. 273-286. 1927.
- TORGENSON, W.S. *Theory and Methods of Scaling*. New York: Wiley, 1958.