

EFICIÊNCIA RELATIVA NA AVALIAÇÃO DE INSTITUIÇÕES DE PESQUISA AGROPECUÁRIA¹

*Geraldo da Silva e Souza, Eliseu Alves,
Antonio Flávio Dias Ávila, Elmar Rodrigues da Cruz²*

RESUMO

Apresenta-se um modelo que serve ao propósito de avaliação das relações de produção em instituições de pesquisa agropecuária. A noção básica que permite avaliações comparativas entre unidades produtoras de pesquisa é a de medida radial de eficiência relativa de produção. Esta medida de eficiência, aplicada neste estudo aos centros de pesquisa da EMBRAPA, é geral e pode ser estendida a outros contextos. A abordagem que se utiliza na definição do conceito de eficiência é a do estudo de fronteiras econômicas via envoltória de dados – modelos DEA.

RELATIVE EFFICIENCY IN THE EVALUATION OF AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTIONS

ABSTRACT

This paper presents a model which may be utilized to evaluate production in institutions of agricultural research. The basic notion allowing comparisons among research units is the radial measure of relative efficiency of production. This measure, applied in this study to Embrapa's research centers, is general and can be extended to other contexts. The approach followed in the definition of the concept of technical efficiency is derived from the analysis of production frontiers via data envelopment analysis – DEA models.

INTRODUÇÃO

É de importância para a administração de uma instituição de pesquisa dispor de medidas e procedimentos que permitam avaliar o *quantum* de sua produtividade e a eficiência de seu processo produtivo. Em tempos de competitividade e de redução orçamentária, uma instituição precisa ter

¹ Pesquisa com suporte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq.

² Pesquisadores, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. SAIN Parque Rural, CEP 70770-901 Brasília, DF.

noção de quanto seu produto pode crescer com qualidade sem a absorção adicional de recursos. O acompanhamento quantitativo do processo produtivo permite uma gerência efetiva das aplicações dos recursos disponíveis quanto ao cumprimento de metas de eficiência e a observação de direcionamentos definidos pela política de produção da empresa. Neste contexto desenvolve-se um modelo de produção com base nas observações de insumo–produto das unidades de pesquisa da Embrapa, as quais permitem avaliações e acompanhamento dos níveis de produtividade observados na Empresa de forma absoluta e relativa. A base teórica deste modelo é a Análise de Fronteiras de Produção. Faz-se uso intensivo dos modelos DEA (“Data Envelopment Analysis”) descritos em Seiford & Thrall (1990), Färe et al. (1994), Charnes et al. (1995), Sengupta (1995) e Alves (1996). Os modelos DEA são modelos de programação linear que essencialmente generalizam a noção de produtividade. A exploração da interpretação econômica do modelo DEA, visto como um modelo de produção a partir de seu dual, permite o estudo das escalas relativas de produção, bem como o acesso ao efeito congestivo dos insumos no processo de produção. A discussão apresenta em detalhes, na próxima seção, os modelos DEA e seus duais. Enfatiza-se a noção de medida radial de eficiência relativa. Na seção seguinte apresenta-se o sistema Embrapa de produção de pesquisa. Este é definido essencialmente pela listagem de seus atributos de insumo e produto. Nesta seção introduz-se também a forma de cálculo dos indicadores de produção e a noção de produtividade em uso na Embrapa. Na seção ‘Análise do sistema de produção Embrapa’, apresentam-se os resultados empíricos observados na Embrapa. A análise é feita separadamente e combinada para os anos de 1992-1995. Finalmente, na última seção apresentam-se as conclusões da análise.

MODELOS DE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Considere um sistema de produção composto de n unidades produtoras [ou unidades tomadoras de decisões (UTD) de produção]. Cada UTD consome quantidades diversas de m insumos para produzir quantidades variáveis de s produtos. Denote por:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

a matriz $s \times n$ de produção das n UTD’s. Note que a r -ésima coluna de Y representa o vetor de produção da r -ésima UTD. Denote por:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

a matrix $m \times n$ de uso de insumos das n UTD's. A r -ésima coluna de X representa o vetor de uso de insumos da r -ésima UTD. As matrizes $Y = (y_{ij})$ e $X = (x_{ij})$ devem satisfazer as seguintes propriedades: $p_{ij} \geq 0$, $\sum_i p_{ij} > 0$ e $\sum_j p_{ij} > 0$, onde p representa x ou y .

Definição 1: A eficiência relativa de produção da UTD $o \in \{1, 2, \dots, n\}$, representada por $E(o)$, é a solução do problema de programação:

$$E(o) = \max_{u, v} \frac{y'_o u}{x'_o v}$$

sujeito às restrições: i) $x'_o v = 1$; ii) $y'_j u - x'_j v \leq 0$, $j = 1, 2, \dots, n$; e iii) $u \geq 0$, $v \geq 0$.

Se interpretarmos os coeficientes u e v como preços de produtos e insumos respectivamente vê-se que a noção de eficiência relativa de produção é bem próxima da de rentabilidade ou produtividade (receita/gastos ou "output/input"). Procura-se pelo sistema de preços (u, v) que produza a maior produtividade relativa possível para a UTD o , sob análise. Uma boa motivação para a definição de eficiência relativa obtém-se considerando o caso $s = m = 1$. Nesta instância, a condição de normalização do preço do insumo implica que para a UTD o :

$$v = \frac{1}{x_o}$$

Seja agora:

$$R = \max_{j=1, \dots, n} \frac{y_j}{x_j}$$

a maior produtividade observada no conjunto das UTD's. O conjunto de restrições (ii) e (iii) implica:

$$0 \leq u \leq \frac{1}{x_o R}$$

Portanto,

$$E(o) = \frac{y_o}{x_o R}$$

obtida quando:

$$u = \frac{1}{x_o R}$$

Vê-se, portanto, que no caso de um único “input” e um único “output” a noção de eficiência relativa de produção é uma regra de três simples. A maior produtividade observada no conjunto das UTD’s tem eficiência unitária e as demais têm eficiência relativa calculada de modo proporcional. Note que a quantidade $E(o)$ representa também, neste contexto simples, a redução proporcional que devemos aplicar aos insumos x_o para que a UTD o atinja o nível de produtividade máxima R . De forma equivalente o inverso da eficiência relativa define o aumento proporcional de produto que a UTD sob análise deve levar a efeito para que possa atingir a produtividade R . Esta é a essência dos modelos DEA.

O dual do modelo de programação linear da definição 1 tem uma interpretação econômica que é interessante e muito importante explorar. As nuances do caso $s = m = 1$ tornam-se bem mais evidentes no contexto do problema dual. Note que em forma matricial podemos escrever o modelo da definição 1, como:

$$\max_{u,v,\delta} (y_o', 0, 0) \begin{pmatrix} u \\ v \\ \delta \end{pmatrix}$$

Sujeito às restrições:

$$\begin{pmatrix} 0 & x_o' & 0 \\ Y' & -X' & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

onde δ é um vetor de variáveis de folga e I é a matriz identidade de ordem n .

O problema dual correspondente é $\min_{\theta,\lambda} \theta$, sujeito às restrições:

$$\begin{pmatrix} 0 & Y \\ x_o & -X \\ 0 & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta \\ \lambda \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} y_o \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

ou equivalentemente $\min_{\theta, \lambda} \theta$ sujeito às restrições: i) $Y\lambda \geq y_o$; ii) $X\lambda \leq \theta x_o$; e iii) $\lambda \geq 0$ e θ livre.

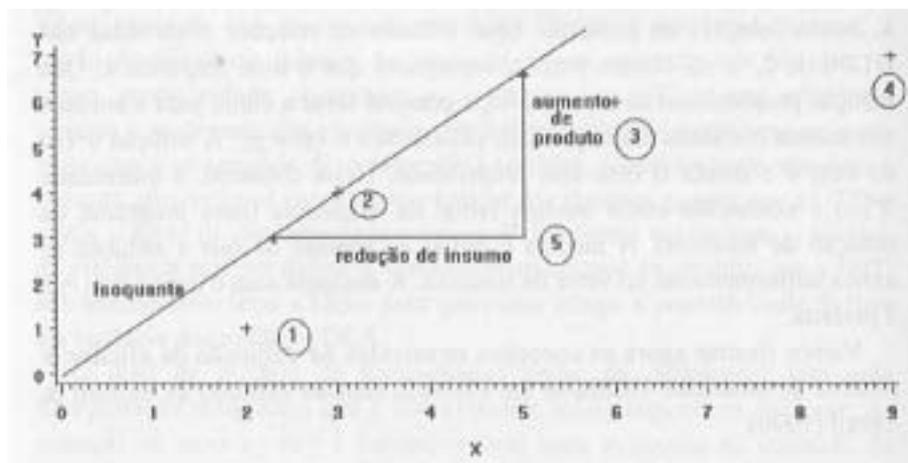
Os produtos matriciais $Y\lambda$ e $X\lambda$ com $\lambda \geq 0$ representam combinações lineares das colunas de Y e X , respectivamente. Obtêm-se assim, para cada λ , novas relações de produção (que incluem as relações observadas nas UTD's 1, 2, ... n). Nestes termos, a pergunta que o dual responde é: Que redução proporcional de insumos θx_o é possível levar a efeito para a unidade sob análise o e ainda assim produzir pelo menos o vetor y_o ? A solução $\theta^*(o)$ do dual é o menor θ com esta propriedade. Neste contexto, a quantidade $\theta^*(o)$ é conhecida como medida radial de eficiência (num programa de redução de insumos). A medida é radial no sentido de que a redução se aplica uniformemente no vetor de insumos. A analogia com o caso $s = m = 1$ é perfeita.

Vamos ilustrar agora os conceitos envolvidos na definição de eficiência relativa de produção. Utiliza-se um exemplo simples extraído de Seiford & Thrall (1990).

Exemplo 1: Têm-se cinco UTD's com os dados de produção da Tabela 1. A Tabela 1 mostra também produtividades e eficiências relativas de produção. Note-se que unidades produtivas não são necessariamente eficientes. Este é o caso da UTD 3 que tem produtividade unitária e é ineficiente. A Figura 1 ilustra as projeções que tornariam a UTD 5 eficiente segundo os programas de redução de insumo e aumento de produção respectivamente. A reta que passa pela UTD de melhor produtividade – a unidade tomadora de decisão 2 – define as combinações de insumo x produto eficientes, i.e., com eficiência unitária.

Tabela 1. Dados de produção e medidas de produtividade e eficiência.

UTD	x (insumo)	y (produto)	Produtividade	θ^*	ϕ^*
1	2	1	0,5000	0,3750	2,6667
2	3	4	1,3333	1,0000	1,0000
3	6	6	1,0000	0,7500	1,3333
4	9	7	0,7777	0,5833	1,7144
5	5	3	0,6000	0,4500	2,2222

**Figura 1. Região de eficiência relativa unitária (isoquanta) e projeções na fronteira.**

Nosso objetivo agora é o de definir modelos de eficiência que permitam caracterizar uma nova medida de eficiência técnica: a de escala de operação. Esta medida que representaremos por θ_{esc} também varia no intervalo (0,1) com valores menores do que um, indicando ineficiência. Queremos saber se uma relação de produção (x_o, y_o) é ineficiente, porque pertence a uma região do conjunto de possibilidades de produção de retornos crescentes ou decrescentes. No primeiro caso, y_o é demasiadamente pequeno para que (x_o, y_o) seja eficiente. No segundo caso, x_o é demasiadamente grande. Tais informações são de extrema relevância para o estabelecimento de políticas de produção. Ineficiência na região de retornos crescentes exige,

possivelmente, ajustes via programa de aumento da produção. Na região de retornos decrescentes, os ajustes podem ser feitos via programa de redução de insumos.

A eficiência de escala obtém-se adicionando algumas restrições na variável λ , que aparece nas combinações lineares $Y\lambda$ e $X\lambda$. A imposição de $\sum_i \lambda_i \leq 1$ produz um modelo de eficiência sob a hipótese de retornos decrescentes (RD), cuja solução representaremos por $\theta_{RD}^*(o)$. Se em vez disso, impusermos $\sum_i \lambda_i = 1$, produziremos um modelo de produção sob a hipótese de rendimentos variáveis. Represente a solução do problema de programação linear correspondente por $\theta_{RV}^*(o)$. É possível demonstrar que a solução $\theta^*(o)$ do problema inicial assume retornos constantes à escala.

A medida de eficiência escala é definida pela comparação entre as eficiências técnicas sobre retornos decrescentes e variáveis:

$$\theta_{esc}^*(o) = \frac{\theta_{RC}^*(o)}{\theta_{RV}^*(o)}$$

Suponha $\theta_{esc}^*(o) < 1$. Se $\theta^*(o) = \theta_{RD}^*(o)$, a UTD opera numa região de retornos crescentes. Se $\theta^*(o) < \theta_{RD}^*(o)$, a UTD opera numa região de retornos decrescentes.

Exemplo 1: (continuação). A Tabela 2 apresenta as soluções dos problemas de programação necessários à avaliação da escala de produção. A Figura 2 ilustra os resultados encontrados.

Tabela 2 . Eficiência técnica da escala de produção.

UTD	x	y	θ^*	θ_{RD}^*	θ_{RV}^*	θ_{esc}^*	Retornos
1	2	1	0,3750	0,3750	1,0000	0,3750	crescente
2	3	4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	eficiente
3	6	6	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	decrescente
4	9	7	0,5833	1,0000	1,0000	0,5833	decrescente
5	5	3	0,4500	0,4500	0,5333	0,8438	crescente

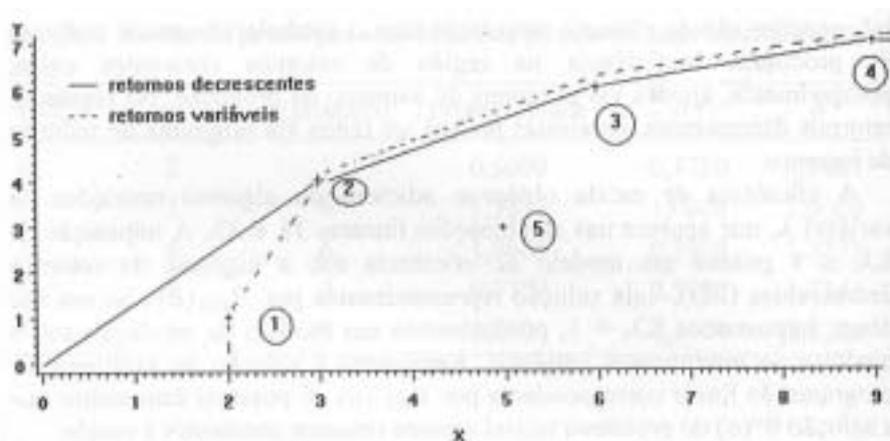


Figura 2. Fronteiras dos conjuntos soluções (isoquantas) dos problemas de rendimentos decrescentes e variáveis.

Agora vamos definir uma medida de eficiência de produção que permite determinar se existem componentes do vetor de insumos que sejam congestivas, isto é, componentes de custo cujo aumento na intensidade de uso implique na redução de alguma componente do vetor de produção. A nova medida de eficiência técnica será denominada eficiência congestiva e vai ser representada por $\theta_{cong}(o)$. A definição de congestividade envolve a comparação da solução de dois modelos. Ambos sob a hipótese de retornos variáveis. Um sob disponibilidade plena e outro sob disponibilidade fraca. Intuitivamente, a disponibilidade plena ocorre quando com mais insumos consegue-se produzir pelo menos a mesma quantidade de produto que se tinha anteriormente. A disponibilidade fraca permite que o nível de produto diminua. Os modelos de programação que obtivemos até o momento sob as hipóteses de rendimentos constantes, decrescentes e variáveis assumem disponibilidade plena. A eficiência relativa sob retornos variáveis e disponibilidade fraca $\theta_{RV,F}$ é a solução do problema de programação linear $\min_{\theta, \lambda} \theta$ sujeito às restrições: i) $Y\lambda \geq y_0$; ii) $X\lambda = \theta x_0$; e iii) $\sum_i \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0; \theta$ livre.

Define-se:

$$\theta_{cong}^*(o) = \frac{\theta_{RV}^*(x_o, y_o)}{\theta_{RV,F}^*(x_o, y_o)}$$

onde o F denota disponibilidade fraca.

Quando $\theta_{cong}^*(o) < 1$ é de interesse determinar que insumos, ou combinação de insumos, são responsáveis pela congestão. Isto é feito com a utilização de medidas parciais de eficiência técnica. Seja B um subconjunto de $\{1, 2, \dots, s\}$ com pelo menos um elemento, e B^c seja seu complemento. Queremos determinar se o conjunto de insumos B^c é congestivo. Decomponha X e x_o de acordo com a partição induzida por B , isto é, escreva:

$$X = \begin{pmatrix} X^B \\ X^{B^c} \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad x_o = \begin{pmatrix} x_o^B \\ x_o^{B^c} \end{pmatrix}$$

Determine a solução $\theta_{cong,B}^*(o)$ do problema de programação linear $\min_{\theta, \lambda} \theta$ sujeito a: i) $Y\lambda \geq y_o$; ii) $X^B \lambda \leq \theta x_o^B$; iii) $X^{B^c} \lambda = \theta x_o^{B^c}$; e iv) $\sum_i \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0; \theta$ livre. Se $\theta_{cong,B}^*(o) = \theta_{RV}^*(o)$, o subvetor de insumos B^c obstrui a produção. Note que não existe unicidade na noção de congestividade. Na presença de congestão a análise deve ser repetida para todos os subconjuntos (plausíveis) de insumos.

Tem-se, portanto, a decomposição seguinte da eficiência técnica sob retornos constantes:

$$\theta^*(o) = \theta_{esc}^*(o) \theta_{cong}^*(o) \theta_{RV,F}^*(o)$$

Segue que uma UTD é ineficiente por problemas de escala, congestão ou por não pertencer à isoquanta do problema de produção com disponibilidade fraca e retornos variáveis.

Exemplo 1: (continuação). A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de congestão. A UTD 5 não pertence à fronteira do problema de retornos variáveis e disponibilidade fraca.

Tabela 3. Análise da congestão.

UTD	$\theta_{RV,F}^*$	θ_{cong}^*
1	1,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000
3	1,0000	1,0000
4	1,0000	1,0000
5	0,5333	1,0000

O SISTEMA DE PRODUÇÃO EMBRAPA

O sistema de produção da Embrapa, composto por 37 unidades ou centros de pesquisa, foi definido a partir de um conjunto de indicadores de desempenho que já vem sendo usado pela empresa desde 1991 para o acompanhamento dos centros através dos planos anuais de trabalho. O sistema está descrito em detalhes no documento Embrapa (1996a). Com a participação da Diretoria Executiva e das unidades de pesquisas que compreendem o universo Embrapa de atuação, selecionaram-se 28 indicadores de produto e três de insumo representativos da produção da Empresa. Um passo importante para a avaliação da produção via tais indicadores foi a preparação do glossário Embrapa (1996b), em que são conceituados cada um dos itens de produção utilizados no sistema. Começa-se a discussão do sistema Embrapa de produção com o “output”. Os atributos de produto foram classificados em quatro categorias. Produção técnico-científica, produção de publicações técnicas, difusão de tecnologia e imagem e desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos. Por produção

técnico-científica entende-se a produção de artigos ou capítulos de livros destinados essencialmente ao meio científico. Exige-se que cada atributo considerado na categoria seja especificado com referência bibliográfica completa. São considerados os artigos no prelo em virtude da grande variação nos prazos de publicação de revistas. Considera-se artigo no prelo aquele em que o autor foi notificado pelo editor da revista de que o artigo foi aceito para publicação. Especificamente, o grupo de produção técnico-científica inclui os seguintes atributos.

1. Artigo em periódico nacional (com corpo editorial) e capítulo escrito em livro nacional.
2. Artigo em periódico estrangeiro (com corpo editorial) e capítulo escrito em livro estrangeiro.
3. Artigos e resumos publicados em anais de Congresso.

A categoria de produção de publicações técnicas engloba as publicações geradas por uma unidade de pesquisa que tem impacto direto nas atividades do negócio agrícola. Especificamente, nesta categoria, consideram-se os seguintes atributos.

1. Circular Técnica. Publicação seriada, escrita em linguagem técnica, contendo um conjunto de recomendações e/ou informações baseadas em resultados experimentais ou em observações de interesse local, regional ou nacional.
2. Boletim de Pesquisa. Publicação seriada, escrita em linguagem técnico-científica, contendo relato completo de pesquisa, apresentado segundo a estrutura usual do artigo técnico científico. Objetiva divulgar resultados de trabalhos de pesquisa.
3. Comunicado Técnico. Publicação seriada, escrita em linguagem técnica, contendo recomendações e/ou informações de interesse da economia local, regional ou nacional, de forma sucinta e objetiva, alimentada por trabalho técnico-científico ou observações dos pesquisadores.
4. Periódicos (Série Documentos). Publicação seriada, contendo relato de pesquisa, observações, informações tecnológicas, ou conteúdos que não se enquadram nas demais publicações da Embrapa, tais como: lançamentos de cultivares; atas e anais de reuniões e congressos; relatos de expedições científicas; dados concernentes a recursos genéticos e naturais; trabalhos de cunho científico-social e econômico; relatório de

reuniões técnicas; programas de pesquisa; palestras técnicas; relatórios de administração e apoio; inventários e diagnósticos; traduções; e trabalhos provenientes de teses, etc.

5. Recomendações/Instruções Técnicas: Publicação de periodicidade irregular, de caráter técnico simplificado, destinada a divulgar sistema de produção a um público técnico-extensionista e agricultores em geral.

A categoria de difusão de tecnologia e imagem compreende ações de produção que têm a ver com o esforço da Embrapa em tornar público o seu produto e divulgar sua imagem. Nesta categoria, os itens de produto considerados foram os seguintes.

1. Dia-de-campo. Evento realizado nas unidades de pesquisa visando à difusão de conhecimentos, tecnologias e inovações. O evento visa principalmente a agricultores, técnicos de extensão, cooperativas e estudantes de graduação. O público-alvo do dia-de-campo é constituído de pelo menos 40 pessoas. O período da atividade de difusão é de no mínimo quatro horas.
2. Organização de Congressos e Seminários. Eventos promovidos sob a efetiva responsabilidade de uma unidade de pesquisa em sua coordenação e organização. São computados apenas os eventos com período não inferior a três dias de duração.
3. Palestras. Apresentação de um tema técnico ou científico dentro ou fora de uma unidade de pesquisa. São consideradas como palestras apenas as apresentações com duração mínima de uma hora e público mínimo com registro de vinte pessoas.
4. Participação de Exposições e Feiras. Participação de uma unidade de pesquisa em exposições e feiras. A participação nesses eventos só é considerada nos casos seguintes:
 - a) montagem de estande próprio da unidade de pesquisa apresentando atividades da unidade por meios audiovisuais e distribuição de publicações unicamente relativas ao tema do evento; e
 - b) co-patrocínio do evento.
5. Cursos Oferecidos. Curso organizado e oferecido por uma unidade de pesquisa, devidamente registrado internamente, contendo a carga horária e conteúdo. É considerado a partir de oito horas de duração, podendo ser ministrado pela unidade em suas instalações ou não. Não são

consideradas disciplinas ministradas como parte de cursos de universidades.

6. Estagiários Treinados. Concessão de estágios a técnicos, estudantes, etc. O estágio é considerado a partir de uma duração mínima de oitenta horas. Não são considerados estágios de estudantes de nível médio.
7. Bolsistas Orientados. Orientação de bolsistas no âmbito de uma unidade de pesquisa. A orientação só é considerada quando o período da bolsa é igual ou superior a seis meses com carga horária mínima de 240 horas.
8. Folders Produzidos. Consideram-se somente folders produzidos a partir de resultados técnico-científicos. Reedições do mesmo folder não são consideradas. A idéia aqui é considerar na produção de imagem os folders de divulgação de eventos ou novas tecnologias e não os folders institucionais.
9. Vídeos Produzidos. Os vídeos deste item de produção contêm resultados, tecnologias e conhecimentos gerados por uma unidade da Embrapa e utilizáveis pelos seus usuários e clientes. São considerados apenas vídeos de produtos, serviços e processos com divulgação institucional limitada ao mínimo para assegurar credibilidade técnica. Os vídeos têm duração mínima de 12 minutos.
10. Pesquisa em Andamento. Publicação seriada produzida por uma unidade de pesquisa, escrita em linguagem técnico-científica, abordando aspectos de um problema de pesquisa e/ou objetivos e metodologias envolvidos na pesquisa, podendo conter informações e/ou observações de cunho científico, de forma sucinta e objetiva.
11. Unidades Demonstrativas. Demonstração de resultados de tecnologias geradas por uma unidade de pesquisa na forma de produto acabado, geralmente com a co-participação de um órgão de assistência técnica privado ou oficial.
12. Unidades de Observação. É a observação (validação) de resultados, em escala comercial, em diferentes ambientes e épocas, antes de estar a tecnologia terminada. As unidades de observação são feitas na área de uma unidade de pesquisa ou fora dela com a colaboração de produtores, cooperativas ou outros órgãos de pesquisa ou instituições privadas.

Finalmente, a categoria de desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos é definida por indicadores que estão relacionados com o esforço de desenvolvimento levado a efeito por uma unidade de pesquisa a fim de

tornar sua produção disponível à sociedade na forma de produto acabado. Inclui-se nesta categoria de produção apenas tecnologias, produtos e processos novos, devidamente testados para clientes e usuários através de testes de ajustes ou protótipos, unidades demonstrativas ou já em processo de registro (marca ou patente). Especificamente:

1. Cultivar. Lançamento de cultivar (variedade, híbrido ou clone).
2. Prática e processo agropecuários. Conjunto de procedimentos utilizados em matérias-primas da agropecuária, visando a sua transformação em produtos agropecuários.
3. Insumo agropecuário. Toda matéria-prima utilizável ou transformável para a obtenção de produtos agropecuários, incluindo estirpes.
4. Processo agroindustrial. Operação ou conjunto encadeado de operações utilizadas em escala comercial ou industrial, nas etapas da colheita (extração), pós-colheita, transformação e preservação de produtos agrícolas, visando ao aproveitamento econômico.
5. Máquinas (equipamentos). Máquina ou equipamento desenvolvido por uma unidade de pesquisa.
6. Metodologia científica. Metodologia científica desenvolvida por uma unidade como produto de suas pesquisas.
7. Software.
8. Monitoramento, zoneamento e mapeamento. Geração de mapas, zoneamento agroecológico ou sócio-econômico.

Os insumos do processo produtivo têm seu *quantum* de utilização medido através do custeio e da despesa de capital. Especificamente consideramos os componentes de custos seguintes:

1. Despesas com pessoal. Folha de pagamento anual da unidade de pesquisa, incluindo todos os encargos sociais, férias e décimo-terceiro salário.
2. Outros custeios. Todas as despesas correntes (material de consumo, diárias, locomoção, serviços de terceiros, etc.) realizadas por uma unidade de pesquisa. Excluem-se do total do custeio as receitas geradas por projetos de produção.
3. Depreciação (custo do capital). Valor da depreciação anual.

INDICADORES DE PRODUÇÃO E INSUMOS

Como indicadores da atividade de produção (insumos e produtos) considera-se um sistema de índices relativos. A idéia, do ponto de vista do “output”, foi definir um indicador combinado de produção como uma média ponderada desses indicadores. Os índices relativos 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 por um mais a média por unidade do atributo. Só entram no cálculo dos índices relativos e da média as unidades que potencialmente realizam a atividade de produção considerada. Vê-se, portanto, que um mais a média dentro de anos, por unidade, serve de base no cálculo dos relativos. Medidas representativas e menos influenciáveis à presença de “outliers” podem ser obtidas winsorizando estas médias. Isto equivale a eliminar observações do começo e fim de cada atividade ordenada. O nível de winsorização que se está usando é de cerca de 8%. Neste nível o procedimento elimina três observações do começo (três menores) e três observações do fim (três maiores) do arquivo de cada atividade.

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 por o a unidade sob análise. Tem-se:

$$y_i^o = \sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o y_{ji}^o; \quad 0 \leq a_{ji}^o; \quad \sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o = 1$$

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

Para que as produções das unidades de pesquisa possam ser comparadas é necessário um esforço no sentido de definir uma medida que reduza a um denominador comum as diferenças operacionais de cada unidade. Quanto aos componentes de produção isto se obtém permitindo que os pesos dos índices relativos variem por unidade. Quanto ao produto combinado

induzimos este efeito com a utilização de coeficientes de especialização. Especificamente, o produto combinado y^o da unidade \mathbf{o} é definido pela média ponderada:

$$y_i^o = \sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o y_{ji}^o; \quad 0 \leq a_{ji}^o; \quad \sum_{j=1}^{k_i} a_{ji}^o = 1$$

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

Para que as produções das unidades de pesquisa possam ser comparadas, é necessário um esforço no sentido de definir uma medida que reduza a um denominador comum as diferenças operacionais de cada unidade. Na esfera dos componentes de produção, isto obtém-se permitindo que os pesos dos índices relativos variem por unidade. Na esfera do produto combinado, induz-se a este efeito com a utilização de coeficientes de especialização. Especificamente, o produto combinado y^o da unidade \mathbf{o} é definido pela média ponderada:

$$y^o = coef(1, \mathbf{o})y_1^o + coef(2, \mathbf{o})y_2^o + coef(3, \mathbf{o})y_3^o + coef(4, \mathbf{o})y_4^o$$

onde os pesos são os coeficientes de especialização $coef(i, \mathbf{o})$. Toma-se como coeficiente de especialização da categoria i o quociente:

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

onde \bar{y}_i^o é a média histórica das observações de y_i^o .

Tal como definidos, os coeficientes de especialização são favoráveis às unidades, no sentido de que ponderam mais fortemente o que cada unidade tem de melhor, independentemente do direcionamento de políticas de

pesquisa. O sistema, contudo, faz-se mister ressaltar, é flexível o suficiente para absorver modificações. Por exemplo, na aplicação que se leva a efeito na próxima seção, explora-se a classificação das unidades de pesquisa da Embrapa em tipos e define-se como sistema de pesos para cada categoria de produção a mediana relativa dos coeficientes de especialização por tipo. Deste modo, unidades do mesmo tipo têm o mesmo coeficiente de especialização. Esta abordagem, além de simplificar os cálculos, torna a distribuição dos pesos pelas categorias de produção menos sensível (robusta) à presença de concentrações extremas. No momento, está-se avaliando um sistema de pesos alternativo que é obtido com a utilização de técnicas de hierarquização de processos em problemas de decisão.

Os indicadores relativos de insumos (despesas) são representados por x_i , $i = 1, 2, 3$, e representam pessoal, custeio e capital, respectivamente.

Como medida combinada de despesa toma-se o relativo d^o obtido dividindo-se o total de gastos com insumo de cada unidade (pessoal + custeio+capital) por um mais a média winsorizada dos gastos totais da Empresa. Em linguagem econômica está-se trabalhando com índices de despesa tendo por base um mais a média winsorizada.

Define-se a produtividade de uma unidade de pesquisa como o quociente:

$$\text{Prod} = \frac{y}{d}$$

observado na unidade. Esta medida pode ser calculada dentro de anos e entre anos, considerando-se, por exemplo, a razão de médias (sobre anos)

$$\text{Prod}_c = \frac{\bar{y}}{\bar{d}}$$

As unidades de pesquisa produtivas são aquelas que apresentam produtividade igual ou superior a um.

ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO EMBRAPA

O sistema de produção da Embrapa é composto de 37 centros de pesquisa nacionais classificados em três tipos de acordo com suas missões e objetivos de pesquisa: Centros ecorregionais (E), total de 13 unidades, de produto (P), total de 15 unidades e temáticos (T), total de 9 unidades. Na apresentação estes centros de pesquisa aparecem codificados.

Como descrito na seção 'O sistema de produção Embrapa', o sistema envolve 28 atributos de produto e três de insumos. Os atributos de produto são reduzidos a uma única variável de produção com a utilização de um sistema de pesos variável por unidade (centro) de pesquisa no contexto da referida seção. A análise de eficiência do sistema foi levada a efeito com o auxílio de duas macros SAS. Uma para o cálculo de eficiências relativas (EFIC) e outra para a análise da congestão (CONGEST)³. As duas macros assumem a existência de um conjunto de dados END1⁴ contendo os valores da variável "output" (y), dos "inputs" (x_1 , x_2 e x_3) e a identificação das unidades produtoras (ID). As macros podem ser facilmente generalizadas para um número maior de insumos e produtos.

A Tabela 4, no Apêndice, mostra os coeficientes de variação, entre médias históricas de quatro anos, por unidade, calculados para cada um dos 28 atributos de produção avaliados. Estes coeficientes de variação são a base do sistema de pesos descrito na seção 'Modelos de envoltória de dados'. Intuitivamente, as variáveis mais difíceis de produzir têm maior variabilidade relativa e, em consequência, maior CV e mais peso. Este sistema de pesos via CV's é uma alternativa natural a procedimentos multivariados, tais como análise fatorial e de componentes principais, que podem produzir pesos negativos. No momento ainda se está comparando a representatividade desta abordagem, em face dos critérios de decisão AHP de Saaty (1990) e dos julgamentos categorizados de Thurston, como em Souza (1987). Note-se que, quando uma unidade não produz um determinado atributo, o peso deste é nulo, i.e., o sistema de pesos da unidade fica definido somente pelos coeficientes de variação, relativos à soma total destas quantidades, que realmente compõem a carteira de atividades da unidade em questão. Esta abordagem induz a um sistema de pesos diferente

³ As macros EFIC e CONGEST, utilizadas na avaliação dos atributos de produção estão disponíveis via FTP anônimo, no endereço 'ftp.sede.embrapa.br', no diretório \pub\dea\.

⁴ Também disponível no diretório \pub\dea\.

para cada unidade de pesquisa. Observa-se que, também no cálculo dos coeficientes de variação gerados pelas médias históricas, excluem-se as unidades de pesquisa que não exercem uma dada atividade produtiva. Estas exclusões (exceções de produção) só ocorrem na categoria associada à variável y_4 (desenvolvimento de tecnologias produtos e processos) e são como segue. Para y_{14} (variedade, total de 10), as unidades FH, GI, EI, IK, QR, BD, GL, IL, EF e ZZ. Para y_{24} (prática/processo agropecuário, total de 6), as unidades EI, IK, GL, AC, EF e ZZ. Para y_{34} (insumo, total de 12), as unidades FH, GI, EI, IK, QR, GL, AD, BC, EG, GK, EF, e ZZ. Para y_{44} (processo agroindustrial, total de 15), as unidades II, EI, AB, EH, IK, GH, QR, DF, GJ, FF, BC, GG, GM, AC e ZZ. Para y_{54} (metodologia científica, total de 7), as unidades AB, FG, AD, FF, BC, GG e GM. Para y_{64} (máquina/equipamento, total de 24), as unidades ZP, FH, EI, AB, EH, IK, EE, QR, GL, FG, FJ, LL, ZQ, AD, FF, BC, GG, BB, IL, GM, EG, AC, GK e ZZ. Para y_{74} (software, total de 18), as unidades II, IJ, EH, IM, EE, DF, FG, FJ, LL, ZQ, AD, FF, BC, BB, GM, DE, GK e EF. Finalmente, para y_{84} (monitoramento, total de 8), as unidades FH, AB, IM, BD, FJ, FF, BC e EF.

A Tabela 5, no Apêndice, mostra os coeficientes de especialização para as unidades da Embrapa e as medianas por tipo de centro. A distribuição dos coeficientes de especialização não é uniforme dentro dos tipos por categoria de produção. Existem concentrações extremas para todos os tipos de unidade, notadamente nas categorias de difusão de tecnologia e imagem e desenvolvimento de tecnologias produtos e processos. Os centros temáticos diferem substancialmente dos centros de produto e ecorregionais que mostram uma distribuição semelhante de especializações. Os centros temáticos apresentam concentração de atividades ligeiramente superior na categoria de produção técnico-científica, bem superior no desenvolvimento de tecnologias, produtos e processos e são dominados na produção de publicações técnicas e difusão de tecnologias e imagem.

A Tabela 6, no Apêndice, mostra a evolução da produtividade na Embrapa. Os tipos temáticos e de produto têm produtividade bem mais elevada que os ecorregionais. A evolução das medianas para a Embrapa indica uma tendência decrescente no período 92-94, com uma significativa recuperação em 1995, quando a Empresa se torna produtiva. Os centros temáticos e ecorregionais têm papel significativo na recuperação do sistema produtivo. Estes centros, na mediana, aumentaram suas produtividades em 23,5% e 28%, respectivamente, no período 94-95.

A Tabela 7, no Apêndice, mostra a evolução da eficiência relativa sob a hipótese de retorno constante. A impressão geral é a mesma do quadro de produtividades. Os centros temáticos e de produto dominam. De modo geral, contudo, as eficiências relativas medianas são baixas. Parece haver espaço para crescimento substancial da eficiência técnica em muitas unidades. Tal como no caso da produtividade, a eficiência relativa mostra uma recuperação significativa da empresa como um todo no período 94-95 (aumento de 27% na mediana). Na média, as unidades LL, II, EE e ZZ estão na fronteira. Em 1992 estão na fronteira II, EE, LL e ZZ. Em 1993 são eficientes FG, EE e GK. Em 1994 são eficientes EE, FG e ZZ. Neste ano parece haver problemas na utilização do recurso de pessoal pois este coeficiente (preço) é nulo para todas as unidades eficientes. Em 1995 são eficientes II, GH, LL e ZZ. Observa-se, portanto, que as unidades aparentemente mais eficientes são EE e ZZ, com quatro aparições e com eficiência unitária no período analisado, seguidas de II e LL com três, FG com duas e GK e GH com uma cada.

De particular interesse para a instituição é o ano de 1995, por ser o mais recente e o ano em que as unidades realmente se conscientizaram do processo de avaliação. Neste ano, leva-se a efeito também a análise de congestão e de escala. A Figura 3 mostra os aspectos distribucionais da eficiência relativa de retornos constantes. É clara a presença de duas modas na distribuição. Os valores dos quartis e da mediana no diagrama de caixa são modestos.

As medidas de eficiência 'escala e congestão' aparecem na Tabela 8, no Apêndice. A coluna de retornos (RET) indica as direções a serem seguidas no processo de tornar as unidades mais eficientes. Para a região de retornos crescentes, possivelmente, aumento de produção com despesa constante. Para a região de retornos decrescentes, possivelmente, redução de custos com produção constante. Os casos sérios de congestão para 1995, CONG inferior a 0,5, estão listados na Tabela 9, onde reporta-se também o valor da eficiência técnica sob a hipótese de retornos variáveis e disponibilidade plena. Vê-se, portanto, que IM tem o custeio congestivo, EG tem o capital, o custeio e o par pessoal-custeio congestivos, e BD tem o custeio congestivo.

Eficiência relativa na avaliação de instituições de pesquisa agropecuária

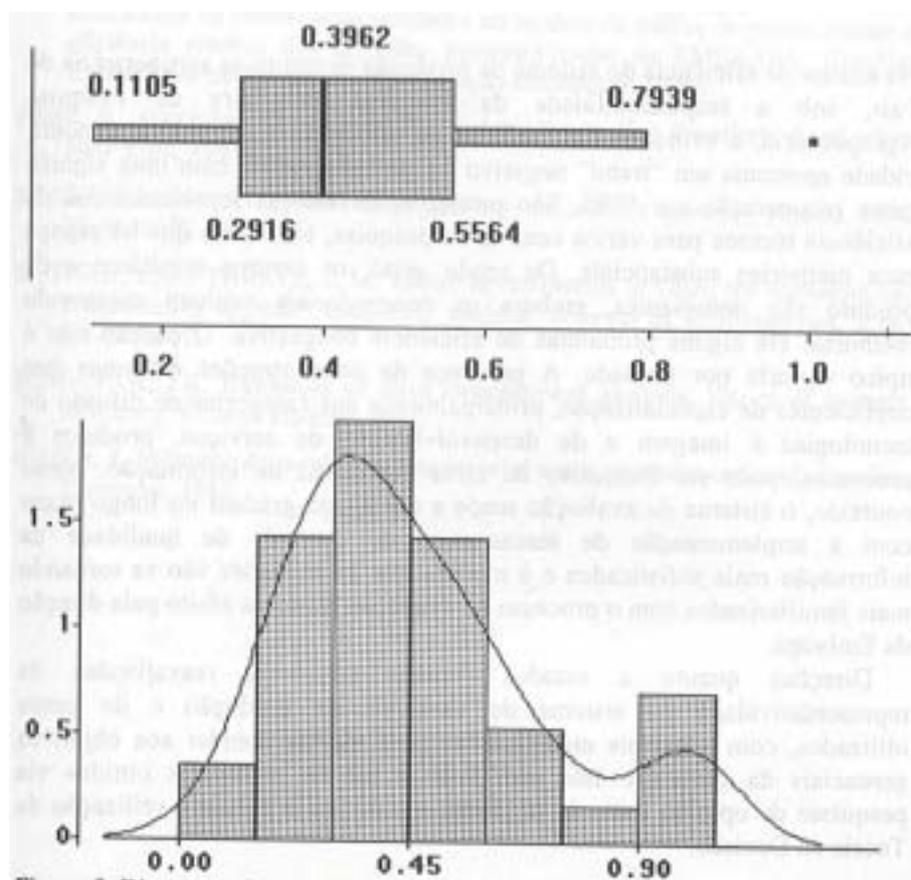


Figura 3. Diagrama de caixa, histograma e densidade de E95.

Tabela 9. Eficiências relativas da análise da congestão de insumos no ano de 1995.

Unidade	Capital	Custeio	Pessoal	Cus. cap.	Pess. cap.	Pess. cus.	RV
IM	1,00000	0,36926	0,37178	0,37178	1,00000	1,00000	0,36926
EG	0,29323	0,29323	1,00000	1,00000	1,00000	0,29323	0,29323
BD	1,00000	0,39051	0,39217	0,39217	1,00000	1,00000	0,39051

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Na análise de eficiência do sistema de produção de pesquisa agropecuária do País, sob a responsabilidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a evolução das medidas de eficiência técnica e de produtividade apresenta um “trend” negativo no período 92-94, com uma significativa recuperação em 1995. São modestos os valores representativos da eficiência técnica para vários centros de pesquisa, indicando que há espaço para melhorias substanciais. De modo geral, os centros temáticos e de produto são dominantes, embora os ecorregionais venham mostrando melhoras. Há alguns problemas de eficiência congestiva. O padrão não é típico e varia por unidade. A presença de concentrações extremas nos coeficientes de especialização, principalmente nas categorias de difusão de tecnologias e imagem e de desenvolvimento de serviços, produtos e processos, pode ser indicativo de erros potenciais de informação. Neste contexto, o sistema de avaliação tende a um ajuste gradual no longo prazo com a implementação de mecanismos de controle de qualidade da informação mais sofisticados e à medida que as unidades vão se tornando mais familiarizadas com o processo de avaliação levado a efeito pela direção da Embrapa.

Direções quanto a estudos futuros envolvem reavaliações da representatividade do sistema de variáveis de produção e de pesos utilizados, com possíveis modificações para melhor atender aos objetivos gerenciais da Embrapa. Isto será feito à luz de resultados obtidos via pesquisas de opinião junto às unidades e à diretoria e com a utilização da Teoria da Decisão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.R. de A. **Medidas de eficiência**; métodos não paramétricos. Submetido à publicação na revista da SOBER, 1996.
- CHARNES, A.; LEWIN, A.L.; SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Kluwer, Holland, 1995.
- EMBRAPA. Sistema de informação gerencial dos planos anuais de trabalho—SISPAT; manual do usuário. Brasília: EMBRAPA—Secretaria de Administração Estratégica, 1996a.

- EMBRAPA. Sistema de avaliação de unidades: glossário de termos técnicos e indicadores de desempenho utilizados no modelo de análise de produtividade e eficiência relativa das unidades descentralizadas da EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA–Secretaria de Administração Estratégica, 1996b.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVEL, C.A.K. **Production frontiers**. Cambridge, New York, 1994.
- SAATY, T.L. **Multicriteria decision-making**; the analytic hierarchy process. New York: RWS, 1990.
- SEIFORD, L.M.; THRALL, R.M. Recent developments in DEA; the mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, n.46, p.7-38, 1990.
- SENGUPTA, J.K. **Dynamics of data envelopment analysis**; theory of systems efficiency. Kluwer, Holland, 1995.
- SOUZA, J. **Métodos de escalagem psicossocial uni e multidimensional**. Brasília: Thesaurus, 1987.

APÊNDICE

Tabela 4. Coeficientes de variação das médias históricas, winsorizadas, do período 1992-95.

Produção Técnico Científica	Variável (y_1)	CV
Artigo Nacional + Cap. Nacional	y11	62,04
Artigo Estrangeiro+Cap. Estrangeiro	y21	76,19
Resumo+Art. Congresso	y31	52,28
Produção de Publicações Técnicas	Variável (y_2)	CV
Circular Técnica	y12	106,40
Boletim Técnico	y22	104,03
Comunicado Técnico	y32	59,40
Periódico	y42	86,43
Recomendações/Instruções Técnicas	y52	120,22
Difusão de Tecnologia e Imagem	Variável (y_3)	CV
Dias de Campo	y13	94,28
Organização de Congressos	y23	85,42
Palestras	y33	78,20
Feiras e Exposições	y43	48,19
Cursos Oferecidos	y53	53,83
Estagiários Treinados	y63	81,89
Bolsistas Orientados	y73	80,39
Folders Produzidos	y83	53,01
Vídeos Produzidos	y93	108,78
Pesquisa em Andamento	y10 3	85,93
Unidades Demonstrativas	y11 3	142,81
Unidades de Observação	y12 3	107,43
Desenv. Tecnologia/Produtos e Processos	Variável (y_4)	CV
Variedade	y14	80,80
Prática/Processo Agropecuário	y24	118,12
Insumo (+Estirpe)	y34	199,03
Processo Agro-industrial	y44	270,69
Metodologia Científica	y54	112,47
Máquina/Equipamento	y64	104,15
Software	y74	129,71
Monitoramento	y84	119,02

Tabela 5. Coeficientes de especialização por unidade de pesquisa e medianas por tipo.

Unidade	Tipo	PTC(y_1)	PPT (y_2)	PDTI (y_3)	PDTPP (y_4)
FJ	E	0,3609	0,1456	0,2319	0,2615
GJ	E	0,4330	0,2045	0,2927	0,0698
LL	E	0,1455	0,1908	0,5964	0,0673
ZQ	E	0,1942	0,4017	0,4040	0,0000
AD	E	0,0929	0,2945	0,4678	0,1448
FF	E	0,2799	0,1883	0,4701	0,0617
BC	E	0,0260	0,7008	0,1645	0,1086
GG	E	0,1767	0,1912	0,5362	0,0959
BB	E	0,3184	0,2445	0,1698	0,2674
IL	E	0,4473	0,1430	0,3098	0,0999
GM	E	0,2714	0,3476	0,3571	0,0239
DE	E	0,2501	0,4936	0,2138	0,0425
EG	E	0,2179	0,3167	0,3445	0,1209
Mediana	E	0,2501	0,2445	0,3445	0,0959
AA	P	0,3485	0,2899	0,3039	0,0577
II	P	0,2563	0,0941	0,5748	0,0748
FH	P	0,2161	0,2806	0,4792	0,0240
EI	P	0,2009	0,3232	0,3594	0,1165
AB	P	0,4477	0,2367	0,2788	0,0368
EH	P	0,2146	0,3588	0,4115	0,0152
IM	P	0,6211	0,0770	0,1356	0,1663
EE	P	0,2968	0,4750	0,1691	0,0591
GH	P	0,1676	0,1083	0,6718	0,0523
BD	P	0,2226	0,3332	0,2073	0,2370
DD	P	0,2672	0,2134	0,4259	0,0935
DF	P	0,3363	0,1479	0,3723	0,1436
FG	P	0,1698	0,1919	0,5068	0,1314
AC	P	0,3426	0,1889	0,3092	0,1592
GK	P	0,3128	0,2679	0,3450	0,0742
Mediana	P	0,2672	0,2367	0,35941	0,0748
ZP	T	0,5862	0,1601	0,2129	0,0408
FI	T	0,4172	0,1470	0,1667	0,2690
U	T	0,0991	0,2878	0,5547	0,0583
GI	T	0,7954	0,0000	0,1714	0,0332
IK	T	0,4493	0,0257	0,3430	0,1819
QR	T	0,1862	0,1370	0,0919	0,5849
GL	T	0,1810	0,2557	0,3691	0,1942
EF	T	0,1019	0,2105	0,0826	0,6050
ZZ	T	0,2869	0,0297	0,0814	0,6020
Mediana	T	0,2869	0,1470	0,1714	0,1942

Tabela 6. Produtividades anuais (P92-95) e combinada (PCO) no período 1992-95.

Unidade	Tipo	P92	P93	P94	P95	PCO
FJ	E	0,2851	0,2165	0,2113	0,3023	0,2515
GJ	E	0,7642	0,5386	0,7633	1,1382	0,7913
LL	E	2,1219	1,6863	2,8148	2,1825	2,2562
ZQ	E	1,7288	0,6616	0,7726	0,8503	0,9985
AD	E	0,9572	0,4047	0,2041	0,8955	0,5968
FF	E	2,0512	0,8907	0,6433	0,8237	1,1049
BC	E	0,6878	1,5692	1,9498	1,9976	1,5466
GG	E	0,8695	0,2672	0,3969	0,7194	0,5536
BB	E	1,0307	1,1417	0,6935	0,9517	0,9511
IL	E	0,3298	0,5001	0,5315	0,7652	0,5299
GM	E	0,4806	0,2532	0,5917	0,2886	0,4008
DE	E	0,6247	0,8068	1,0215	0,7754	0,7802
EG	E	0,7532	0,6737	0,3072	0,5046	0,5610
Mediana	E	0,7642	0,6616	0,6433	0,8237	0,7802
AA	P	0,7137	0,5279	0,7419	0,9186	0,7220
II	P	1,6815	1,7251	1,2312	1,9793	1,6494
FH	P	1,0760	0,3189	0,6185	1,0326	0,7451
EI	P	1,0970	1,5285	2,0351	0,6322	1,3008
AB	P	0,7454	0,8084	0,8149	0,6204	0,7458
EH	P	1,4999	0,9262	1,3056	1,1539	1,2256
IM	P	0,7353	1,2256	1,4218	0,6383	0,9972
EE	P	1,5120	3,0589	2,1491	1,6687	2,1012
GH	P	2,0347	2,4427	2,2434	2,4043	2,2806
BD	P	0,9665	1,6254	0,8836	1,0839	1,1246
DD	P	0,8278	2,5818	1,2205	1,7518	1,5855
DF	P	0,7676	1,2018	1,3666	1,2358	1,1380
FG	P	1,3546	1,9404	1,4517	1,1878	1,4797
AG	P	1,3466	0,9596	0,9451	1,1770	1,1148
GK	P	1,7528	1,4357	1,9067	1,0038	1,5430
Mediana	P	1,0970	1,4357	1,3056	1,1539	1,2256
ZP	T	0,9899	1,3788	1,8252	0,8912	1,2714
PI	T	2,0203	1,7277	1,7703	1,6006	1,7806
IJ	T	0,4418	0,9238	0,9243	1,0117	0,8551
GI	T	1,6105	1,2187	1,1947	1,8969	1,4912
IK	T	0,9160	0,9474	0,8525	0,6462	0,8279
QR	T	0,6633	0,6384	0,8130	1,4707	0,8503
GL	T	0,7899	0,7479	0,5819	1,0672	0,8107
EF	T	1,8352	2,5138	1,3399	2,5036	2,0672
ZZ	T	4,9655	2,6027	4,9709	3,7720	4,1002
Mediana	T	0,9899	1,2187	1,1947	1,4707	1,2714
Mediana	Empresa	0,9665	0,9596	0,9451	1,0326	1,1049

Tabela 7. Eficiências relativas anuais (E92-95) e combinada (ECO) no período 1992-95.

Unidade	Tipo	E92	E93	E94	E95	ECO
AD	E	0,30338	0,13428	0,06189	0,27743	0,19404
BB	E	0,32429	0,39467	0,19744	0,34798	0,34359
BC	E	0,25020	0,52017	0,64354	0,62636	0,54011
DE	E	0,27280	0,31325	0,23786	0,32591	0,22664
EG	E	0,52312	0,33185	0,18522	0,29156	0,37087
FF	E	0,83918	0,29792	0,17995	0,28145	0,38808
FJ	E	0,15523	0,08122	0,07723	0,13152	0,11855
GG	E	0,35012	0,08823	0,15233	0,30081	0,22574
GJ	E	0,42659	0,22023	0,32132	0,52228	0,45241
GM	E	0,18999	0,09744	0,21645	0,11053	0,17112
IL	E	0,16784	0,18508	0,14755	0,21565	0,19954
LL	E	1,00000	0,56143	0,84048	1,00000	1,00000
ZQ	E	0,77653	0,27903	0,31421	0,30119	0,46870
Mediana	E	0,32429	0,27903	0,19744	0,30081	0,34359
AA	P	0,36222	0,18548	0,30739	0,37244	0,32345
AB	P	0,29700	0,30095	0,24923	0,25120	0,30491
AC	P	0,47999	0,31566	0,24264	0,42203	0,40777
BD	P	0,20159	0,54810	0,18910	0,36821	0,29418
DD	P	0,35473	0,95222	0,39308	0,59855	0,65987
DF	P	0,39098	0,42782	0,47508	0,55642	0,49785
EE	P	1,00000	1,00000	1,00000	0,79386	1,00000
EH	P	0,52881	0,35882	0,55521	0,52047	0,56396
EI	P	0,46670	0,52000	0,44578	0,20498	0,46136
FG	P	0,38166	1,00000	1,00000	0,45367	0,70453
FH	P	0,37690	0,10447	0,22264	0,36698	0,28207
GH	P	0,63378	0,83269	0,95224	1,00000	0,92216
GK	P	0,63780	1,00000	0,92599	0,69108	0,93920
II	P	1,00000	0,76841	0,54258	1,00000	1,00000
Mediana	P	0,39098	0,52000	0,44578	0,45367	0,49785
IM	P	0,33591	0,42144	0,38383	0,25668	0,42349
EF	T	0,67782	0,86644	0,27535	0,70586	0,60963
FI	T	0,84246	0,60579	0,36357	0,53424	0,63932
GI	T	0,67757	0,41977	0,24120	0,53657	0,44495
GL	T	0,28401	0,26636	0,20823	0,39620	0,30348
IJ	T	0,15953	0,30615	0,41519	0,43055	0,37187
IK	T	0,27638	0,32617	0,18140	0,19606	0,22579
QR	T	0,37583	0,25551	0,31201	0,49767	0,37834
ZP	T	0,44258	0,45168	0,56293	0,31934	0,48830
ZZ	T	1,00000	0,88291	1,00000	1,00000	1,00000
Mediana	T	0,44258	0,41977	0,31201	0,49767	0,44495
Mediana	Empresa	0,38166	0,35882	0,31201	0,3962	0,42349

Tabela 8. Eficiências relativas do retorno constante (RC), decrescente (RD), variável (RV) e variável disponibilidade fraca (RG) no ano de 1995. ESC é a eficiência escala e CONG é a eficiência congestiva. Denota-se por 'c' retornos (RET) crescentes e por 'd' retornos decrescentes.

Unidade	RC	RD	RV	RG	ESC	RET	CONG
GM	0,11053	0,11053	0,31747	0,31779	0,34817	c	0,99900
FJ	0,13152	0,13152	0,27015	0,32588	0,48685	c	0,82897
IK	0,19606	0,19606	0,27713	0,37568	0,70746	c	0,73767
EI	0,20498	0,20498	0,27748	0,29623	0,73872	c	0,93669
IL	0,21565	0,21565	0,28760	0,29008	0,74983	c	0,99145
AB	0,25120	0,25120	0,28779	0,30074	0,87285	c	0,95696
IM	0,25668	0,25668	0,36926	1,00000	0,69513	c	0,36926
AD	0,27743	0,27743	0,66209	0,67490	0,41902	c	0,98103
FF	0,28145	0,28145	0,38222	0,41722	0,73636	c	0,91610
EG	0,29156	0,29156	0,29323	1,00000	0,99431	c	0,29323
GG	0,30081	0,30081	0,42684	0,54479	0,70473	c	0,78350
ZQ	0,30119	0,30119	0,48680	0,54040	0,61872	c	0,90082
ZP	0,31934	0,33538	0,33538	0,33538	0,95215	d	1,00000
DE	0,32591	0,32591	0,32689	0,33594	0,99700	c	0,97306
BB	0,34798	0,34798	0,63734	0,82374	0,54599	c	0,77372
FH	0,36698	0,36698	0,42546	0,43929	0,86255	c	0,96853
BD	0,36821	0,36821	0,39051	1,00000	0,94290	c	0,39051
AA	0,37244	0,37244	0,43400	0,46330	0,85816	c	0,93675
GL	0,39620	0,39620	0,86767	1,00000	0,45662	c	0,86767
AC	0,42203	0,42203	0,51054	0,62815	0,82663	c	0,81277
U	0,43055	0,43055	0,63157	1,00000	0,68172	c	0,63157
FG	0,45367	0,45367	0,58236	1,00000	0,77902	c	0,58236
QR	0,49767	0,50393	0,50393	0,50393	0,98759	d	1,00000
EH	0,52047	0,52047	0,52216	0,52849	0,99676	c	0,98802
GJ	0,52228	0,52228	0,55120	0,59796	0,94752	c	0,92181
FI	0,53424	0,53507	0,53507	0,61972	0,99844	d	0,86341
GI	0,53657	0,53657	0,68166	0,72145	0,78715	c	0,94485
DF	0,55642	0,55642	0,55822	0,57521	0,99678	c	0,97046
DD	0,59855	0,73464	0,73464	0,75638	0,81476	d	0,97125
BC	0,62636	0,62636	0,69384	0,72433	0,90274	c	0,95791
GK	0,69108	0,69108	1,00000	1,00000	0,69108	c	1,00000
EF	0,70586	1,00000	1,00000	1,00000	0,70586	d	1,00000
EE	0,79386	0,79386	0,83577	1,00000	0,94985	c	0,83577
II	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	ok	1,00000
GH	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	ok	1,00000
LL	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	ok	1,00000
ZZ	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	ok	1,00000