

# Uma análise do comércio internacional de carnes

Eliane Gonçalves Gomes<sup>1</sup>  
Geraldo da Silva e Souza<sup>2</sup>  
Rosaura Gazzola<sup>3</sup>

**Resumo:** Estuda-se neste artigo o mercado internacional de carnes (bovina, suína e de frango) sob a ótica das quantidades e valores de produção, exportação e importação. Os índices de *quantum* de Tornqvist são calculados para cada uma dessas dimensões. Procedeu-se à avaliação dos países segundo duas abordagens alternativas – DEA Multicritério e Análise de Componentes Principais. As duas avaliações são utilizadas conjuntamente, por meio de análise não paramétrica de conglomerados, na identificação de grupos de importância homogêneos, no que diz respeito ao volume total de negócios. A combinação dessas técnicas é original e evidencia propriedades ótimas adicionais do DEA Multicritério e da primeira componente principal. A segunda componente principal define um contraste entre importação, produção e exportação, e identifica os países mais importantes na dimensão compradora do comércio de carnes. A identificação de grupos homogêneos nessa dimensão também é feita via análise não paramétrica de conglomerados. Todas as classificações são validadas e corrigidas via Análise Discriminante.

**Palavras-chave:** DEA multicritério, análise multivariada, comércio de carnes.

## An Analysis of the International Meat Market

**Abstract:** In this article we study the international meat market (beef, pork and chicken meat) under the point of view of the values of production, exports and imports. The Tornqvist *quantum* indexes are computed for each of these dimensions. The countries are then evaluated according to alternative approaches – DEA Multicriteria and Principal Components Analysis applied to the correlation matrix, via the first principal component. The two competitive classifications are used, jointly, to identify homogeneous groups of importance relative to total business volume by means of a nonparametric cluster analysis. Additionally, the second principal component defines a contrast between production, imports and exports and identifies the most important countries in the buying dimension of the meat market. The identification of homogeneous groups in this dimension is also carried out by means of nonparametric cluster analysis. All classifications are validated and corrected via Discriminant Analysis.

**Keywords:** DEA multicriteria, multivariate analysis, meat trade market.

<sup>1</sup> Pesquisadora da Embrapa – Secretaria de Gestão e Estratégia, Doutora em Engenharia de Produção. E-mail: eliane.gomes@embrapa.br

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa – Secretaria de Gestão e Estratégia, Phd em Estatística. E-mail: geraldo.souza@embrapa.br

<sup>3</sup> Analista da Embrapa – Secretaria de Gestão e Estratégia, engenheira-agrônoma. E-mail: rosaura.gazzola@embrapa.br

## Introdução

O comércio de carnes – bovina, suína e de frango – é de extrema importância para o Brasil. Gazzola et al. (2006) enfatizam a importância do complexo carnes para o Brasil como um todo e para o agronegócio em particular. O total das exportações brasileiras de carne tem crescido significativamente no passado recente, representando, em 2006, 17,5% do total das exportações geradas pelo agronegócio, o qual representou 36,0% do total das exportações brasileiras (BRASIL, 2007).

Analisando-se os dados da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2007), o Brasil também apresenta, no mesmo período, as seguintes taxas de crescimento geométrico anual da produção: 4,7% ( $\pm 0,3\%$ ) para carne bovina, 7,4% ( $\pm 1,2\%$ ) para carne suína e 8,8% ( $\pm 0,3\%$ ) para carne de frango.

Em se tratando de exportações, durante o período 1995–2006, o Brasil alcançou as maiores taxas geométricas anuais de crescimento de exportação de carnes, estimadas em 24,0% ( $\pm 1,4\%$ ) para carne bovina, 30,4% ( $\pm 3,1\%$ ) para carne suína e 20,9% ( $\pm 1,4\%$ ) para carne de frango.

Tipicamente, as grandes direções do comércio de carnes são conhecidas por especialistas. Entretanto, faz-se mister ressaltar, é essencial também a identificação de potenciais intermediários de comércio. Nessa dimensão, as fronteiras de conhecimento são difusas. O conhecimento de mercados potenciais é de importância para a manutenção do crescimento sustentado do setor produtivo de carnes. Nesse contexto, técnicas de classificação como DEA e Análise Multivariada servem ao propósito de evidenciar correntes de negócios, as quais, de outra forma, ficariam obscurecidas e/ou tardiamente reconhecidas, com prejuízos sensíveis para o setor exportador.

Desse modo, torna-se essencial acompanhar de perto o comportamento do mercado internacional de carnes e identificar ameaças e oportunidades de negócio para o Brasil.

Este artigo contribui para esses objetivos, oferecendo uma classificação do volume de comércio internacional, com a utilização combinada dos métodos de Análise Multivariada e de fronteira de produção determinística – DEA. A combinação das abordagens é original e empresta robustez à classificação final, identificando as direções importantes e potencialmente relevantes para o comércio internacional de carnes.

A Análise Multivariada toma por base as técnicas de Análise de Componentes Principais, Análise de Conglomerados e Análise Discriminante (JOHNSON; WICHERN, 2007) para a definição de índices de desenvolvimento e na categorização de volume de negócios e de países compradores. As duas primeiras componentes principais são utilizadas para a caracterização de escores de importância, tomando como base a noção de separação (variação) máxima. Ademais, o modelo DEA Multicritério (e a noção de fronteira invertida) também é utilizado na determinação de um escore de importância, que toma a noção de eficiência (técnica) de produção como base da avaliação da percepção de importância. O par definido pelo escore na primeira componente e pelo DEA Multicritério serve ao propósito de identificar grupos homogêneos de comércio ordenados por importância. A caracterização da segunda componente principal como uma direção de volume de importação é um subproduto dessa análise. A Análise Discriminante funciona, por um lado, como elemento de medida de qualidade de ajustamento da separação por grupos, e por outro lado, como corretor de classificações.

Nossa exposição procede como segue. Na seção *Índices de Tornqvist*, especifica-se a técnica de agregação usada para definição dos *quantuns* de produção, exportação e importação do complexo carnes para cada país. Na seção *Técnicas de avaliação, de classificação e de qualidade da classificação*, descrevem-se as técnicas de Análise Multivariada e de eficiência de produção que são usadas no artigo. Discute-se o uso de componentes principais e DEA Multicri-

tério e como essas podem ser combinadas para produzir grupos homogêneos de comércio via Análise de Conglomerados não paramétrica. Na seção *Resultados*, apresentam-se os resultados da análise. Finalmente, na seção *Conclusões*, faz-se um resumo dos resultados encontrados e apresentam-se as conclusões do estudo.

## Índices de Tornqvist

Os números índices são os instrumentos mais usados para medir mudanças nos níveis de variáveis econômicas. Segundo Coelli et al. (1998), números índices são usados em três áreas principais: como medidas de produção e de utilização de insumos no cálculo da produtividade total dos fatores; como dados em aplicações de DEA e fronteiras estocásticas; em dados de painel envolvendo variáveis de preço e de quantidade ao longo do tempo.

Um índice é uma nova variável real ou construído que serve ao propósito de medir mudanças em um conjunto de variáveis. São usados para comparações no tempo, no espaço ou em ambos. São geralmente usados para medir alterações de preços e quantidades no tempo, assim como diferenças de seus níveis em firmas, indústrias, regiões ou países.

Para medir mudanças nas quantidades produzidas, importadas e exportadas, foram aqui usados os índices do tipo Tornqvist. Sejam  $q_{ij}$  e  $P_{ij}$  a quantidade e o preço, respectivamente, da commodity  $i$  ( $i=1, \dots, N$ ) no  $j$ -ésimo período de tempo ( $j=s, t$ ). O período de referência,  $s$ , é chamado de período base e o período para o qual o índice é calculado,  $t$ , é denominado período atual.

Genericamente, o índice de *quantum* de Tornqvist é definido conforme (1), no qual  $Q_{st}^T$  representa o índice de quantidade de Tornqvist para o período  $t$ , tomando o período  $s$  como base;  $w_{ij}$  é a participação (*share*) da  $i$ -ésima commodity no  $j$ -ésimo período de tempo, definida por (2).

$$Q_{st}^T = \prod_{i=1}^N \left[ \frac{q_{it}}{q_{is}} \right]^{\frac{w_{is} + w_{it}}{2}} \quad (1)$$

$$w_{ij} = \frac{P_{ij} q_{ij}}{\sum_{i=1}^N P_{ij} q_{ij}} \quad (2)$$

A abordagem usada neste artigo para avaliação do volume de comércio de carnes envolveu a determinação de três índices do tipo Tornqvist, combinando os produtos carne bovina, suína e de frango. Foram calculados três índices: um índice de *quantum* de produção (IndProd), um índice de *quantum* de importação (IndImp) e um índice de *quantum* de exportação (IndExp). Tomou-se como ano base  $s = 1995$  e como ano de avaliação  $t = 2003$ . Portanto, tem-se  $N = 3$  em (1) e  $i =$  carne bovina (BF), carne suína (PK), carne de frango (PT). As quantidades e os preços foram definidos para o ano base como a média mundial. As *shares*  $w_{ij}$  em (2) foram calculadas a partir de valores obtidos para as quantidades e preços médios. Quantidades em qualquer caso foram definidas em 1.000 t e preços em US\$ t<sup>-1</sup>.

Os dados aqui usados tiveram como fonte o repositório Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT, 2007). Foram usados os valores de produção, importação e exportação (preços e quantidades) das carnes bovina, suína e de frango para os anos de 1995 e 2003. Essas informações de comércio estão disponíveis para 161 países.

## Técnicas de avaliação, de classificação e de qualidade da classificação

### Técnicas de avaliação

#### *Análise de Componentes Principais*

A Análise de Componentes Principais (JOHNSON; WICHERN, 2007) é uma técnica estatística que se preocupa em explicar a estrutura de variância-covariância (correlação), associada a um conjunto de variáveis, através de um conjunto de combinações lineares ou construtos ortogonais. Os objetivos gerais

do processo são a redução de dimensão e a interpretação. Aqui, esses construtos serão utilizados dos dois modos.

Se  $\Sigma$  representa a matriz de variância-covariância de um vetor de  $p$  variáveis  $x'=(x_1, \dots, x_p)$ , as componentes principais  $y'=(y_1, \dots, y_p)$ , isto é, as transformações lineares,  $y_i=l_i x_i$ ,  $i=1, \dots, p$  são determinadas de modo que  $y_1$  maximiza a variância  $l_1' \Sigma l_1$ , sujeito à condição  $l_1' l_1=1$ ;  $y_2$  maximiza a variância  $l_2' \Sigma l_2$ , sujeita às condições  $cov(y_1, y_2)=0$  e  $l_2' l_2=1$ , e assim por diante, de modo que a  $i$ -ésima componente principal  $y_i$  maximiza  $l_i' \Sigma l_i$  sujeito às condições  $cov(y_i, y_k)=0$  para  $k < i$  e  $l_i' l_i=1$ . Se as variáveis em  $x'$  são padronizadas de modo a ter média nula e variância unitária, a extração de componentes dá-se a partir da matriz de correlação. Os pesos  $l_i$  são os autovetores ortonormais de  $\Sigma$  e correspondem aos autovalores  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ .

A consideração da matriz de correlação na determinação das componentes principais empresta à análise escores que são invariantes por transformações de localização e de escala.

Quando todas as variáveis apresentam correlação positiva com a primeira componente, esta serve ao propósito de definir um construto de crescimento ou de desenvolvimento geral. É esse construto que é aqui usado para representar a direção de importância de comércio via componente principal. É importante observar que outras componentes podem ser utilizadas com propósitos semelhantes e, de fato, faz-se uso aqui da segunda componente da matriz de correlação dos índices de intensidade comércio para identificar direções importadoras.

#### *Análise de Envoltória de Dados (DEA) Multicritério*

Modelos DEA têm 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).

Há dois modelos de 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 insumos e produtos. 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 insumos, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a produtos, 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 à 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. Em (3) e em (4) apresentam-se, respectivamente, o modelo DEA CCR dos Multiplicadores e do Envelope, com orientação a insumos. Considera-se que cada DMU  $k$ ,  $k=1, \dots, n$ , é uma unidade de produção que utiliza  $r$  insumos  $x_i^k$ ,  $i=1, \dots, r$ , para produzir  $s$  produtos  $y_j^k$ ,  $j=1, \dots, S$ ;  $x_i^o$  e  $y_j^o$  são os insumos e produtos da DMU  $o$ ;  $v_i$  e  $u_j$  são os pesos calculados pelo modelo para os insumos e produtos, respectivamente. Em (4),  $\theta_o$  é a eficiência da DMU  $o$  em análise e  $\lambda_k$  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 (3), e a restrição  $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$  ao PPL (4).

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{j=1}^s u_j y_j^o \\ \text{sujeito a } & \\ & \sum_{i=1}^r v_i x_i^o = 1 \\ & - \sum_{i=1}^r v_i x_i^k + \sum_{j=1}^s u_j y_j^k \leq 0, \forall k \\ & u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \end{aligned} \quad (3)$$

Min  $\theta_o$

sujeito a

$$\begin{aligned}\theta_o x_i^o - \sum_{k=1}^n x_i^k \lambda_k &\geq 0, \forall i \\ -y_j^o + \sum_{k=1}^n y_j^k \lambda_k &\geq 0, \forall j \\ \lambda_k &\geq 0, \forall k\end{aligned}\quad (4)$$

Na modelagem DEA, devem ser definidas as unidades a avaliar, as variáveis (insumos e produtos) e o modelo a ser usado. Aqui, as DMUs foram os países que participam do mercado internacional de carnes, em um total de 161. Os produtos (insumos) foram os índices de Tornqvist calculados para produção, importação e exportação de carnes (IndProd, IndImp, IndExp). Para avaliar-se o desempenho de cada país, considerou-se que cada um é promotor de seu desempenho no mercado de carnes. Consideraram-se dois problemas do tipo DEA-CCR: um com único insumo de nível unitário e produto tridimensional, e outro com insumo tridimensional e produto unitário (GOMES; SOUZA, 2005; KOEIJER et al., 2002; LETA et al., 2005; LOVELL; PASTOR, 1999; THOMPSON et al., 1986). No primeiro caso, a medida de importância é obtida diretamente pela medida DEA e, no segundo caso, por 1 menos a eficiência DEA (fronteira invertida). Tais modelos são equivalentes a modelos multicritério aditivos (LETA et al., 2005), com a particularidade de que as próprias alternativas atribuem pesos a cada critério, ignorando qualquer opinião de um eventual decisor. Ou seja, DEA é usado como ferramenta multicritério, e não como uma medida de eficiência clássica. Por isso, este modelo é aqui chamado de DEA Multicritério.

Para gerar a classificação dos países, usou-se a média das duas medidas de importância normalizada pelo máximo.

Conforme mencionado, neste artigo foi usado o modelo DEA CCR. O uso deste modelo é sustentado por Lovell e Pastor (1999), que provam que um modelo DEA CCR de insumo único (produto único) e constante, com orientações a produtos (a insumos), é equivalente ao modelo DEA BCC correspondente.

## Técnicas de classificação

A Análise de Conglomerados ou de Agrupamentos preocupa-se com a identificação de grupos homogêneos relativamente ao conjunto de observações do vetor  $p$ -dimensional  $x'$  (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Há várias técnicas de agrupamento baseadas em medidas de distância e de similaridade entre as realizações do vetor  $x'$ . Aqui, fez-se uso da noção de distância euclidiana e do método de Ward para a caracterização dos grupos. O método de Ward é um método que procura minimizar a variância dentro dos grupos. A distância entre dois grupos quaisquer na classificação é obtida somando-se, para todas as variáveis  $x'$ , a soma de quadrados para tratamentos (grupos), gerada pela classificação nos grupos. É um método de classificação hierárquico e foi utilizado aqui de forma não paramétrica, isto é, a técnica foi aplicada aos postos (*ranks*) das variáveis em  $x'$  (CONOVER, 1998). Na aplicação em apreço,  $x'$  é o vetor bidimensional formado pelos *ranks* dos escores de avaliação definidos pela primeira componente principal e pelo escore DEA Multicritério. Em segunda instância, é o vetor unidimensional dos *ranks* na segunda componente principal. As componentes foram determinadas relativamente aos dados originais.

Um problema de solução complexa na Análise de Conglomerados é a identificação do número de grupos homogêneos em uma base de dados. Para o método de análise usado (Ward), estão disponíveis estatísticas auxiliares para a determinação do número de conglomerados. Estas são SPRSQ, RSQ, ERSQ, CCC, PSF e PST2. A medida SPRSQ representa a proporção de redução da variância total resultante da classificação atual. RSQ representa a proporção da variância total explicada pela classificação atual. ERSQ é o valor esperado aproximado de RSQ, sob a hipótese de que os dados se distribuam uniformemente. PSF (pseudo F) mede o nível de separação dos agrupamentos na classificação atual. PST2 mede o nível de separação dos dois grupos mais recentemente criados. A estatística CCC está descrita em detalhes em Sarle (1983). Não é objetivo aqui uma descrição

detalhada dessas estatísticas, que pode ser vista em SAS (2007).

As estatísticas auxiliares variam com o número de agrupamentos considerado. Pontos de quebra no gráfico dessas variáveis contra o número de grupos são indicativos da presença de grupos homogêneos. Intuitivamente, procura-se por pontos de máximos locais de CCC e PSF, por mínimos locais de PST2, e por pontos de estabilização de SPRSQ, RSQ e ERSQ.

Ainda no contexto da Análise de Conglomerados, faz-se uso da Análise Discriminante Canônica (SAS, 2007). A análise em apreço produz dois construtos ortogonais que funcionam de modo similar às componentes principais, e são convenientes para representar graficamente as observações dos *ranks* da primeira componente e da medida de eficiência. A abordagem serve ao propósito de ilustrar a formação final dos conglomerados.

### Qualidade da classificação

A abordagem algo heurística usada na determinação de conglomerados é validada e corrigida via Análise Discriminante.

A Análise Discriminante é uma técnica de estatística multivariada que tem por objetivo típico alocar uma observação em grupos previamente definidos. O uso da técnica aqui tem relação com a validação do processo de classificação gerado pelo método de Ward. Quando aplicada a respostas medidas por *ranks*, adquire propriedades não paramétricas (CONOVER, 1998).

Esta abordagem faz uso da função discriminante  $d_i^2(x) = (x - m_i)' V_i^{-1} (x - m_i)$ , sendo  $m_i$  o vetor de médias do grupo  $i$  e  $V_i$  a matriz de variância correspondente. Aloca-se a observação  $x$  ao grupo que produza o menor valor da distância. A quantidade relativa de erros de classificação é usada como indicador de adequabilidade da classificação.

## Resultados

A partir das quantidades e dos preços foram construídos os índices de Tornqvist para cada país: índice de *quantum* de produção (IndProd), índice de *quantum* de importação (IndImp) e um índice de *quantum* de exportação (IndExp), conforme descrito na seção 2. Esses dados, que compõem a base de análise, constam da Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados e resultados.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
África do Sul	297,87	131,58	6,06	-0,280	51	0,497	126	3	-0,040	132	1
Albânia	1,96	100,00	100,00	-0,234	101	0,464	89	2	-0,055	94	3
Alemanha	1.284,45	1.678,61	1.033,09	1,673	155	0,627	155	1	0,882	156	1
Angola	6,27	100,00	100,00	-0,233	110	0,484	102,5	2	-0,055	85	3
Antigua e Barbuda	0,02	100,00	100,00	-0,234	71	0,045	22	4	-0,055	124	2
Arábia Saudita	127,41	100,00	100,00	-0,215	134	0,502	137	1	-0,070	59	4
Argélia	48,55	0,01	100,00	-0,270	58	0,229	41	4	-0,144	15	5
Argentina	1.230,27	58,68	659,34	0,549	148	0,547	146	1	-0,375	6	5
Armênia	1,18	36,31	100,00	-0,262	60	0,435	74,5	3	-0,108	43	4

Continua...

Tabela 1. Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Austrália	882,72	0,48	1.231,25	1,103	152	0,579	150	1	-0,527	5	5
Áustria	62,97	114,91	108,29	-0,209	135	0,501	135	1	-0,052	128	2
Azerbaijão	4,29	100,00	0,00	-0,344	28	0,152	34	5	-0,030	139	1
Bahamas	0,48	100,00	100,00	-0,234	90	0,375	61	4	-0,055	105	2
Bangladesh	28,72	100,00	100,00	-0,230	126	0,494	122	1	-0,058	69	3
Barbados	0,32	3,72	33,69	-0,349	21	0,008	15	5	-0,119	31	4
Bélgica	173,92	215,37	596,86	0,390	146	0,540	145	1	-0,103	45	4
Belize	0,45	0,36	100,00	-0,277	52	0,007	12	4	-0,138	20	5
Benin	0,84	99,96	100,00	-0,234	93	0,419	69	4	-0,055	98	2
Bermudas	0,02	100,00	100,00	-0,234	68	0,010	16	4	-0,055	127	2
Bielo-rússia	37,73	100,00	100,00	-0,228	128	0,496	125	1	-0,059	67	3
Birmânia	54,96	100,00	100,00	-0,226	131	0,499	132	1	-0,061	63	3
Bolívia	22,72	100,00	0,11	-0,341	35	0,363	56	5	-0,032	135	1
Bósnia e Herzegovina	0,49	100,00	100,00	-0,234	91	0,377	62	4	-0,055	104	2
Brasil	7.364,26	3,17	894,39	1,699	156	0,614	154	1	-1,204	3	5
Brunei	0,61	100,00	100,00	-0,234	92	0,395	66	4	-0,055	103	2
Bulgária	5,05	100,00	100,00	-0,233	106	0,483	98	2	-0,055	89	3
Burkina Faso	8,46	9,83	100,00	-0,272	56	0,436	76	3	-0,131	24	5
Burundi	0,22	100,00	100,00	-0,234	85	0,303	50	4	-0,055	110	2
Cabo Verde	0,14	100,00	0,69	-0,344	30	0,100	31	5	-0,030	141	1
Camarões	5,61	70,16	16,68	-0,338	38	0,449	80	3	-0,059	66	3
Camboja	7,97	100,00	100,00	-0,233	114	0,485	108	2	-0,056	81	3
Canadá	779,60	1.968,57	1.057,58	1,751	157	0,640	156	1	1,178	158	1
Chade	8,46	100,00	100,00	-0,233	115	0,485	109	2	-0,056	80	3
Chile	66,72	58,27	105,33	-0,236	65	0,498	128	3	-0,099	49	4
China	47.433,62	693,07	119,93	7,125	160	1,000	160,5	1	-5,158	1	5
Chipre	2,88	0,02	1,69	-0,386	5	0,000	2	5	-0,114	36	4
Colômbia	210,49	10,43	0,00	-0,352	20	0,480	94	3	-0,129	25	5
Comores	0,04	100,00	100,00	-0,234	77	0,103	32	4	-0,055	118	2

Continua...

Tabela 1. Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Coréia do Norte	7,64	100,00	100,00	-0,233	150	0,485	107	4	-0,056	159	1
Coréia do Sul	105,80	2.657,01	7,37	0,790	113	0,603	152	3	2,098	82	3
Costa do Marfim	5,99	100,00	100,00	-0,233	107	0,484	99,5	2	-0,055	88	3
Costa Rica	8,29	0,64	0,47	-0,386	3	0,065	27	5	-0,114	37	4
Croácia	3,85	7,55	58,84	-0,319	44	0,371	58	5	-0,122	27	5
Cuba	6,17	100,00	100,00	-0,233	109	0,484	101	2	-0,055	86	3
Dinamarca	390,80	164,56	2.304,93	2,285	158	0,665	158	1	-0,601	4	5
Djibuti	0,40	100,00	0,00	-0,344	24	0,004	8,5	5	-0,030	144	1
Dominica	0,02	59,34	100,00	-0,252	124	0,008	118	1	-0,089	71	3
Egito	189,87	0,03	29,84	-0,327	42	0,326	53	5	-0,143	16	5
El Salvador	5,85	5,09	11,13	-0,372	16	0,379	63	3	-0,113	40	4
Emirados Árabes	2,29	100,00	100,00	-0,234	102	0,470	90	2	-0,055	93	3
Equador	37,34	1,99	100,00	-0,271	57	0,476	93	3	-0,141	18	5
Eslováquia	13,22	50,22	17,44	-0,345	22	0,457	86	3	-0,077	57	4
Eslovênia	5,52	46,87	47,05	-0,315	46	0,457	84	3	-0,087	54	4
Espanha	812,74	539,26	544,11	0,568	149	0,551	148	1	0,106	150	1
Estados Unidos	19.202,65	2.922,50	6.916,03	11,378	161	1,000	160,5	1	-1,668	2	5
Estônia	1,62	100,00	100,00	-0,234	99	0,456	83	4	-0,055	96	3
Etiópia	56,87	100,00	33,02	-0,299	48	0,488	117	3	-0,045	130	2
Filipinas	281,24	252,98	0,73	-0,235	66	0,499	130	3	0,065	148	1
Finlândia	17,22	5,85	41,74	-0,337	39	0,457	85	3	-0,121	29	4
França	1.150,58	1.168,01	586,66	0,939	151	0,580	151	1	0,582	153	1
Gabão	0,10	100,00	0,02	-0,344	23	0,004	8,5	5	-0,030	145	1
Gâmbia	0,09	100,00	100,00	-0,234	80	0,207	39	4	-0,055	115	2
Gana	1,66	100,00	100,00	-0,234	100	0,457	87	2	-0,055	95	3
Geórgia	3,17	100,00	0,81	-0,343	32	0,272	44	5	-0,030	137	1
Granada	0,03	100,00	100,00	-0,234	72	0,057	23	4	-0,055	123	2
Grécia	12,37	768,14	9,60	-0,042	142	0,499	133	1	0,526	152	1

Continua...

Tabela 1. Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Guatemala	16,52	62,74	0,09	-0,358	19	0,303	49	5	-0,063	61	3
Guiana	0,68	100,00	0,02	-0,344	26	0,030	20	5	-0,030	142	1
Guiné	1,82	98,56	100,00	-0,234	67	0,461	88	3	-0,056	73	3
Guiné-Bissau	0,27	100,00	100,00	-0,234	87	0,323	52	4	-0,055	108	2
Haiti	2,47	100,00	100,00	-0,234	103	0,473	92	2	-0,055	92	3
Holanda	291,67	1.291,95		1,341	154	0,609	153	1	0,679	154	1
Honduras	10,74	22,62	0,11	-0,376	14	0,173	36	5	-0,096	50	4
Hungria	69,03	22,21	95,29	-0,263	59	0,495	123	3	-0,127	26	5
Ilhas Fiji	0,46	100,00	100,00	-0,234	89	0,372	59	4	-0,055	106	2
Ilhas Salomão	0,04	100,00	100,00	-0,234	76	0,097	28,5	4	-0,055	119	2
Índia	1.319,31	0,00	1,80	-0,189	137	0,380	64	4	-0,269	7	5
Indonésia	275,05	0,84	38,78	-0,304	47	0,491	120	3	-0,155	13	5
Irã	309,02	100,00	100,00	-0,188	138	0,504	139	1	-0,091	52	4
Irlanda	141,10	79,67	487,35	0,206	144	0,530	144	1	-0,186	9	5
Islândia	0,19	5,88	2,16	-0,383	8	0,000	6	5	-0,109	42	4
Israel	34,14	100,00	0,96	-0,338	37	0,421	70	3	-0,034	133	1
Itália	510,91	1.367,82	233,39	0,540	147	0,569	149	1	0,914	157	1
Jamaica	4,26	100,00	100,00	-0,233	105	0,482	97	2	-0,055	90	3
Japão	274,18	11.832,78	0,97	4,795	159	0,997	159	1	9,768	161	1
Jordânia	18,71	17,85	11,05	-0,365	17	0,444	79	3	-0,103	46	4
Kazaquistão	44,16	100,00	100,00	-0,227	129	0,497	127	1	-0,060	65	3
Kiribati	0,02	100,00	100,00	-0,234	70	0,044	21	4	-0,055	125	2
Laos	2,41	100,00	0,01	-0,344	27	0,099	30	5	-0,030	140	1
Letônia	1,63	86,21	5,85	-0,344	29	0,368	57	5	-0,043	131	2
Líbano	12,26	100,00	100,00	-0,232	123	0,488	116	1	-0,056	72	3
Libéria	0,20	100,00	100,00	-0,234	84	0,295	48	4	-0,055	111	2
Líbia	9,15	100,00	100,00	-0,233	116	0,486	110	2	-0,056	79	3
Lituânia	6,02	100,00	100,00	-0,233	108	0,484	99,5	2	-0,055	87	3
Macedônia	0,37	100,00	100,00	-0,234	88	0,352	55	4	-0,055	107	2
Madagascar	9,93	100,00	100,00	-0,233	117	0,486	111	2	-0,056	78	3

Continua...

Tabela 1. Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Malásia	199,68	566,77	31,11	-0,077	141	0,520	142	1	0,330	151	1
Malauí	1,03	100,00	100,00	-0,234	96	0,432	72	4	-0,055	100	2
Mali	11,79	100,00	100,00	-0,232	122	0,487	115	1	-0,056	74	3
Malta	0,25	100,00	100,00	-0,234	86	0,314	51	4	-0,055	109	2
Marrocos	37,05	0,44	0,01	-0,382	9	0,374	60	3	-0,117	33	4
Maurícios	1,69	0,29	1,74	-0,386	4	0,000	2	5	-0,114	39	4
Mauritânia	1,19	100,00	100,00	-0,234	98	0,441	78	4	-0,055	97	2
México	901,83	3.281,01	1,39	1,174	153	0,643	157	1	2,529	160	1
Moçambique	2,99	100,00	0,69	-0,343	31	0,260	42	5	-0,030	138	1
Mongólia	3,93	100,00	100,00	-0,233	104	0,482	95	2	-0,055	91	3
Nepal	28,12	100,00	0,25	-0,340	36	0,389	65	5	-0,033	134	1
Nicarágua	6,74	11,59	0,48	-0,381	10	0,176	37	5	-0,105	44	4
Níger	1,07	100,00	100,00	-0,234	97	0,435	74,5	4	-0,055	99	2
Nigéria	52,32	100,00	100,00	-0,226	130	0,499	131	1	-0,061	64	3
Noruega	9,77	0,75	0,00	-0,386	2	0,023	18	5	-0,114	38	4
Nova Zelândia	117,44	0,01	36,17	-0,330	41	0,121	33	5	-0,136	22	5
Panamá	10,03	100,00	100,00	-0,233	118	0,486	112,5	2	-0,056	77	3
Paquistão	356,67	0,00	0,00	-0,335	40	0,004	7	4	-0,155	12	5
Paraguai	19,27	0,01	0,15	-0,385	6	0,000	4	5	-0,116	34	4
Peru	110,25	9,97	100,00	-0,257	61	0,498	129	3	-0,143	17	5
Polinésia Francesa	0,03	100,00	100,00	-0,234	73	0,057	24	4	-0,055	122	2
Polónia	525,77	63,35	393,65	0,152	143	0,526	143	1	-0,221	8	5
Portugal	29,38	162,06	26,40	-0,284	49	0,484	102,5	3	0,012	146	1
Quênia	34,78	100,00	100,00	-0,229	127	0,496	124	1	-0,059	68	3
Quirguistão	6,89	100,00	100,00	-0,233	111	0,484	104	2	-0,056	84	3
Reino Unido	311,92	1.080,72	110,72	0,250	145	0,548	147	1	0,727	155	1
Rep. Centro-Africana	5,46	4,17	100,00	-0,275	55	0,396	67	3	-0,136	23	5

Continua...

Tabela 1. Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Rep. da Moldávia	1,96	15,23	0,88	-0,380	12	0,019	17	5	-0,101	48	4
Rep. das Maldivas	0,02	100,00	100,00	-0,234	69	0,023	19	4	-0,055	126	2
Rep. Dem. do Congo	0,84	100,00	100,00	-0,234	94	0,283	46	4	-0,055	102	2
Rep. do Congo	0,17	100,00	100,00	-0,234	83	0,419	68	4	-0,055	112	2
Rep. Dominicana	13,57	100,00	100,00	-0,232	63	0,488	14	4	-0,056	53	4
Rep. Tcheca	49,07	55,01	27,83	-0,326	43	0,482	96	3	-0,080	56	4
Romênia	92,26	193,52	5,81	-0,284	50	0,485	106	3	0,036	147	1
Ruanda	0,93	100,00	100,00	-0,234	95	0,425	71	4	-0,055	101	2
Rússia	838,27	100,00	100,00	-0,109	140	0,512	141	1	-0,154	14	5
Samoa	0,07	100,00	100,00	-0,234	78	0,159	35	4	-0,055	117	2
Santa Lúcia	0,03	100,00	100,00	-0,234	74	0,060	25	4	-0,055	121	2
São Tomé e Príncipe	0,03	100,00	100,00	-0,234	75	0,061	26	4	-0,055	120	2
Senegal	3,21	48,80	45,61	-0,316	45	0,452	82	3	-0,084	55	4
Sérvia e Montenegro	60,07	100,00	100,00	-0,225	132	0,500	134	1	-0,062	62	3
Seicheles	0,04	0,97	100,00	-0,277	53	0,007	12	4	-0,138	21	5
Síria	10,64	100,00	100,00	-0,232	120	0,487	114	1	-0,056	75	3
Sri Lanka	9,86	15,88	0,02	-0,379	13	0,097	28,5	5	-0,101	47	4
Sudão	20,97	100,00	100,00	-0,231	125	0,492	121	1	-0,057	70	3
Suécia	29,87	246,99	28,56	-0,245	64	0,490	119	3	0,083	149	1
Suíça	23,51	80,42	5,98	-0,343	33	0,452	81	3	-0,050	129	2
Suriname	0,15	100,00	100,00	-0,234	81	0,268	43	4	-0,055	114	2
Tailândia	302,41	0,06	99,99	-0,232	121	0,432	73	4	-0,174	10	5
Tanzânia	40,13	0,12	0,69	-0,381	11	0,343	54	5	-0,118	32	4
Timor-Leste	0,16	100,00	100,00	-0,234	82	0,274	45	4	-0,055	113	2
Togo	0,40	100,00	0,00	-0,344	25	0,005	10	5	-0,030	143	1
Trinidad e Tobago	2,86	5,52	0,43	-0,385	7	0,000	5	5	-0,109	41	4

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

País	IndProd	IndImp	IndExp	Prin1		DEA		Grupo Prin1 DEA	Prin2		Grupo Prin2
				Valor	Rank	Valor	Rank		Valor	Rank	
Tukmenistão	10,09	100,00	100,00	-0,233	119	0,486	112,5	1	-0,056	76	3
Tunísia	9,40	0,06	0,00	-0,386	1	0,000	2	5	-0,114	35	4
Turquia	276,45	0,01	83,19	-0,255	62	0,284	47	4	-0,167	11	5
Ucrânia	175,35	100,00	100,00	-0,208	136	0,503	138	1	-0,075	58	4
Uganda	9,30	0,00	100,00	-0,276	54	0,007	12	4	-0,140	19	5
Uruguai	73,62	0,48	0,94	-0,376	15	0,440	77	3	-0,122	28	4
Uzbequistão	108,42	100,00	100,00	-0,218	133	0,502	136	1	-0,068	60	4
Vanuatu	0,09	100,00	100,00	-0,234	79	0,205	38	4	-0,055	116	2
Venezuela	139,52	12,64	0,84	-0,361	18	0,471	91	3	-0,119	30	4
Vietnã	322,88	100,00	100,00	-0,186	139	0,505	140	1	-0,093	51	4
Yemen	13,55	100,00	0,00	-0,342	34	0,212	40	5	-0,031	136	1
Zimbabwe	7,40	100,00	100,00	-0,233	112	0,485	105	2	-0,056	83	3

Fonte: IndProd, IndImp e IndExp calculados a partir dos dados originais de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT, 2007).

A Tabela 1 apresenta a base de dados utilizada e as classificações resultantes das análises levadas a efeito no vetor bivariado de *ranks* de Prin1 e DEA (volume total de negócios) e de Prin2 (dimensão de importação).

A Tabela 2 apresenta os resultados da Análise de Componentes Principais aplicada ao vetor de dimensão 3, definido pelos *quantuns* de produção, importação e exportação. As duas primeiras componentes foram responsáveis por 80% do traço da matriz de correlação dos ín-

lices. O construto de variância máxima Prin1 (primeira componente principal) pode ser interpretado como um escore de volume total de negócios. Prin2 (segunda componente principal) define um contraste entre o *quantum* de importação e os *quantuns* de produção e exportação. Portanto, os países bem classificados em Prin2 tipicamente representam oportunidades de negócios, uma vez que o desempenho positivo na dimensão significa volume alto de importação e baixos níveis de produção e exportação.

**Tabela 2.** Análise de componentes principais (pesos, correlações e autovalores).

Índice	Prin1 (pesos)	Correlação com Prin1	Prin2 (pesos)	Correlação com Prin2
Índice de produção (IndProd)	0,6054	0,734	-0,4785	-0,435
Índice de importação (IndImp)	0,4486	0,544	0,8652	0,820
Índice de exportação (IndExp)	0,6574	0,798	-0,1498	-0,142
Autovalores da matriz de correlação	1,4714		0,8980	

A Análise de Conglomerados para o par definido pelos *ranks* de Prin1 e DEA está resumida na Tabela 3. Os gráficos da evolução das estatísticas auxiliares em função do número de conglomerados são apresentados na Figura 1.

Com base notadamente em RSQ, SPRQ e PST2, sugere-se a existência de cinco conglomerados. A Tabela 1 apresenta a classificação correspondente, na qual o Grupo 1 representa o grupo mais importante, seguido em importância pelo Grupo 2. O pior grupo é o 5. Os grupos 3 e 4 representam direções conflitantes entre os *ranks* de Prin1 e DEA. A distribuição das observações onde se superpõem os grupos é apresentada na Figura 2, onde se vê a representação dos grupos (G1, G2, G3, G4, G5) nas coordenadas de componentes canônicos discriminantes ortogonais.

A análise do volume total de negócios, além de indicar casos óbvios como Estados Unidos e Inglaterra como importantes, revela outros não tão óbvios como Uzbequistão e Ucrânia. A Análise Discriminante da classificação identificou apenas sete países erroneamente classificados em grupos de menor importância (El Salva-

dor, Israel, Marrocos, Estônia, Coreia do Norte, Coreia do Sul e Panamá). Esses países foram reclassificados segundo a função discriminante.

A correlação de Spearman entre as classificações de Prin1 e DEA Multicritério em todo o conjunto de dados é de 77%. Entre os países indicados como melhores nos dois critérios e adicionalmente com Prin1>0, isto é, entre os 19 melhores, a correlação de Spearman sobe para 96%. Isso significa que o DEA Multicritério e a primeira componente principal identificam praticamente os mesmos países como os mais importantes. Esse fato empresta propriedades de variância máxima aos escores DEA e de eficiência à componente principal.

A Análise de Conglomerados relativamente a Prin2 consta da Tabela 4. Os gráficos de CCC, PSF e PST2 (Figura 3) sugerem claramente cinco grupos. A classificação resultante dos *ranks* de Prin2 consta também da Tabela 1.

Na Análise Discriminante, detectaram-se erros de classificação em apenas cinco países (Israel, África do Sul, Colômbia, Croácia e Hungria). As classificações, como anteriormente, foram corrigidas pela função discriminante qua-

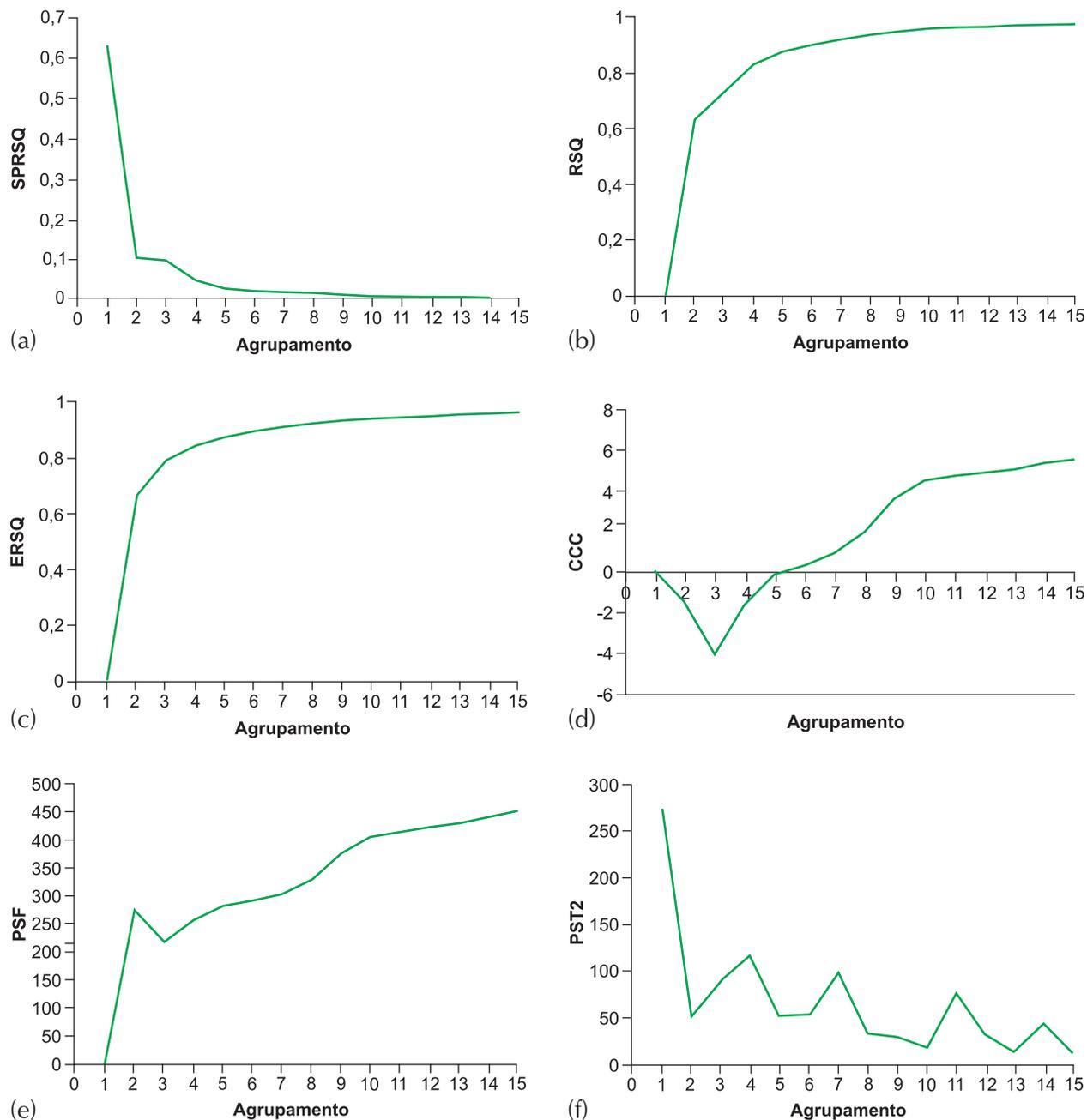
**Tabela 3.** Estatísticas auxiliares da Análise de Conglomerados dos ramos de Prin1–DEA.

NCL	SPRSQ	RSQ	ERSQ	CCC	PSF	PST2
1	0,6327	0,000	0,000	0,00	-	274,0
2	0,1018	0,633	0,666	-1,40	274	51,9
3	0,0954	0,734	0,792	-4,10	218	91,1
4	0,0463	0,830	0,846	-1,60	255	101,0
5	0,0249	0,876	0,879	-0,30	276	51,9
6	0,0186	0,901	0,900	0,10	282	53,7
7	0,01600	0,920	0,916	0,66	294	75,6
8	0,01400	0,936	0,927	1,68	318	34,0
9	0,0084	0,950	0,936	3,22	358	29,6
10	0,0049	0,958	0,944	4,04	383	18,9
11	0,0034	0,963	0,949	4,20	390	24,3
12	0,0032	0,966	0,954	4,12	389	32,5

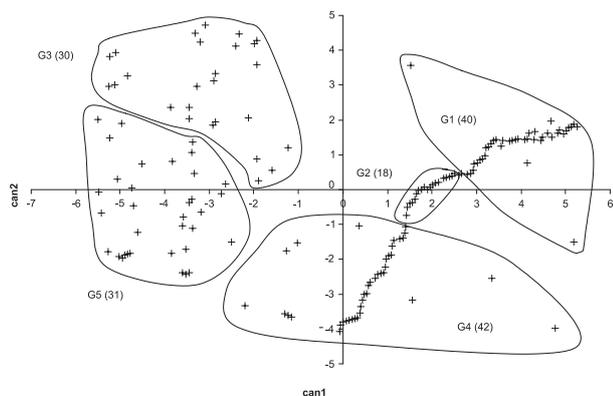
Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

NCL	SPRSQ	RSQ	ERSQ	CCC	PSF	PST2
13	0,0030	0,970	0,958	4,18	393	14,4
14	0,0024	0,973	0,962	4,37	401	42,9
15	0,0023	0,975	0,965	4,45	406	13,1



**Figura 1.** Gráficos das estatísticas auxiliares da Análise de Conglomerados para os ranks de Prin1 e DEA: (a) SPRSQ, (b) RSQ, (c) ERSQ, (d) CCC, (e) PSF, (f) PST2.



**Figura 2.** Componentes canônicas e agrupamentos. Valores entre parênteses referem-se ao número de países em cada grupo.

drática. A Tabela 1 mostra a classificação dos países nos grupos da dimensão da importação e identifica a razão da importância relativa de alguns países como Japão, Coreia do Sul e México no volume total de negócios. Estes têm uma componente de importação fortíssima. Aqui,

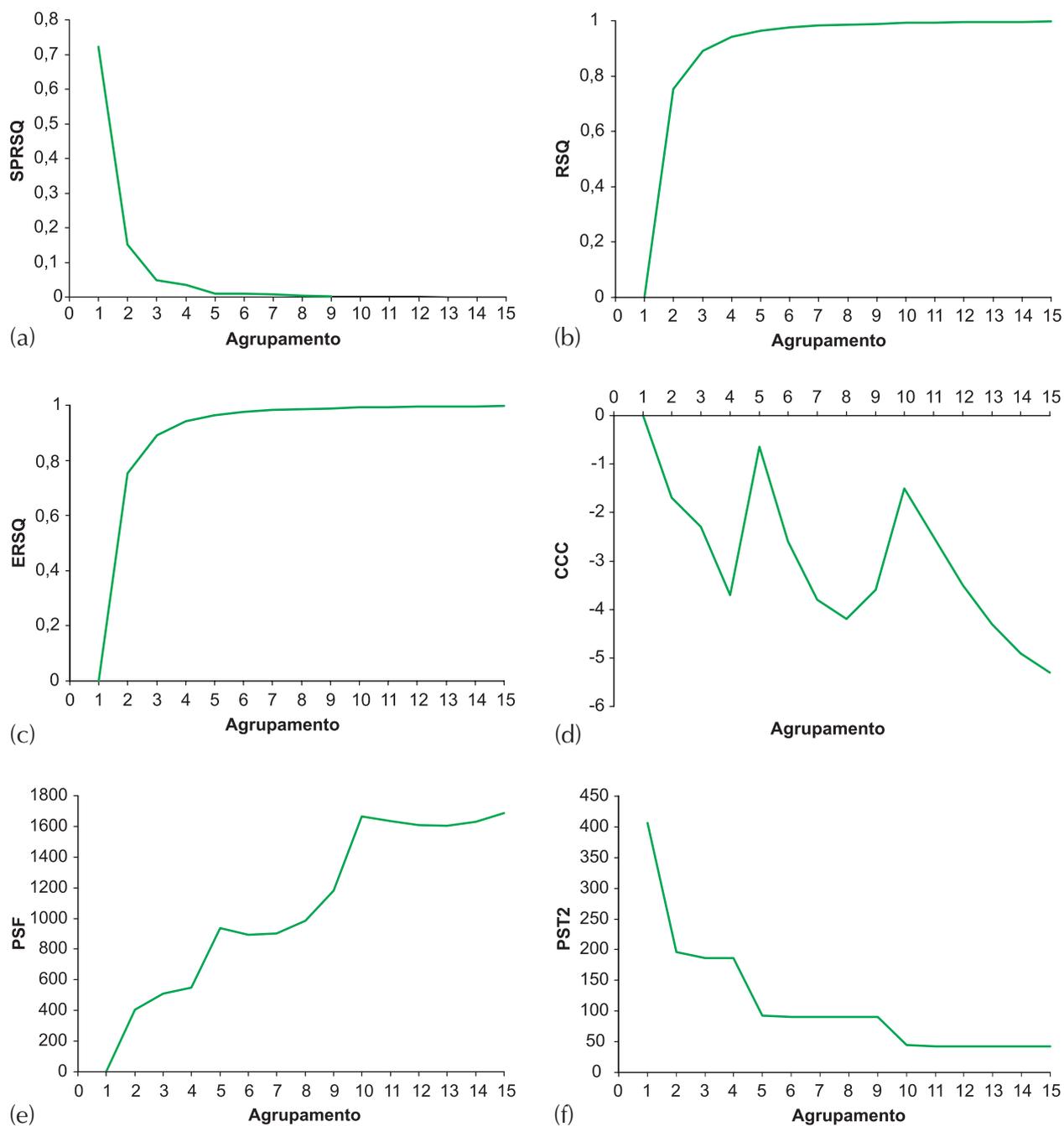
tal qual a análise do volume total de negócios, além dos casos óbvios como Alemanha e Inglaterra, outras direções promissoras de comércio são identificadas no grupo mais importante, como Romênia, Bolívia, Geórgia, Moçambique e Yemen.

## Conclusões

Procedeu-se à avaliação do comércio internacional de carnes sob duas óticas: a do volume de negócios e a do mercado importador. As técnicas usadas foram Análise de Componentes Principais, Análise Discriminante e Análise de Envoltória de Dados (DEA) com visão multicritério. A abordagem que combina o DEA Multicritério e Componentes Principais é original e sugere, de um ponto vista empírico, propriedades de variância máxima para o DEA Multicritério e de eficiência para a classificação via a primeira componente principal. Embora haja uma diferença entre os dois critérios, medida por um coeficiente de correlação de posições da ordem

**Tabela 4.** Estatísticas auxiliares da Análise de Conglomerados dos ranks de Prin2.

NCL	SPRSQ	RSQ	ERSQ	CCC	PSF	PST2
1	0,7222	0,000	0,000	0,0	-	413,0
2	0,1507	0,722	0,753	-1,5	413	231,0
3	0,0484	0,873	0,892	-1,7	542	175,0
4	0,0356	0,921	0,941	-2,7	613	150,0
5	0,0089	0,957	0,963	-1,3	866	98,0
6	0,0088	0,966	0,975	-2,7	877	91,7
7	0,0074	0,975	0,982	-3,0	986	85,1
8	0,0039	0,982	0,986	-2,4	1.194	76,8
9	0,0025	0,986	0,989	-2,5	1.334	64,6
10	0,0019	0,988	0,992	-2,8	1.432	53,2
11	0,0017	0,990	0,993	-3,1	1.527	57,0
12	0,0016	0,992	0,994	-3,2	1.665	46,3
13	0,0007	0,994	0,995	-2,8	1.885	33,6
14	0,0006	0,994	0,996	-3,3	1.935	39
15	0,0006	0,995	0,997	-3,8	1.993	34



**Figura 3.** Gráficos das estatísticas auxiliares da Análise de Conglomerados para os *ranks* de Prin2: (a) SPRSQ, (b) RSQ, (c) ERSQ, (d) CCC, (e) PSF, (f) PST2.

de 77%, os países identificados como os mais importantes são essencialmente os mesmos. O coeficiente de correlação de Spearman entre DEA e Prin1 para os valores positivos de Prin1 é de 96%.

As variáveis utilizadas nas análises foram definidas pelos índices de *quantum*, tipo Tornqvist, de produção, exportação e importação. A classificação levada a efeito foi não paramétrica e, portanto, robusta quanto à presença de

atipicidades (*outliers*). Esse efeito foi obtido considerando os *ranks* das classificações, em vez dos escores originais DEA e de Componentes Principais. Para tornar a Análise de Componentes Principais invariante por transformações de localização e de escala, a análise foi efetuada com a utilização da matriz de correlação.

Os países mais importantes identificados na dimensão de volume de negócios foram Estados Unidos, China, Japão, Dinamarca, Canadá e Brasil. Os mais importantes na dimensão de importação (oportunidades de negócios) foram Japão, México, Coreia do Sul, Itália, Alemanha e Inglaterra. A presença do Japão nas duas classificações decorre do volume expressivo de sua importação. Cinco grupos foram detectados nos construtos de volume de negócios e de importação, revelando casos importantes menos óbvios nas duas dimensões de potencial interesse para o agronegócio brasileiro. Tais são os casos de Uzbequistão e Ucrânia, na dimensão de volume de negócios, e de Romênia, Bolívia, Geórgia, Moçambique e Yemen, na dimensão de importações.

## Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

## Referências

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, Providence, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **AliceWeb**. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 14 mar. 2007.

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

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: Kluwer Academic, 1998.

CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Wiley, 1998.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 22 mar. 2007.

GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; SOUZA, G. S.; MARRA, R.; OLIVEIRA, A. J. Mercado de carnes: aspectos descritivos e experiências com o uso de modelos de equilíbrio parcial e de espaço de estados. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 1, p. 84-101, 2006.

GOMES, E. G.; SOUZA, G. S. Avaliação de ensaios experimentais com o uso da análise de envoltória de dados: uma aplicação a consórcios. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 50.; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 11., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: RBRAS; SEAGRO, 2005.

JOHNSON, A. R.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 2007.

KOEIJER, T. J. de; WOSSINK, G. A. A.; STRUIK, P. C.; RENKEMA, J. A. Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 66, p. 9-17, 2002.

LETA, F. R.; MELLO, J. C. C. B. S. de; GOMES, E. G.; ANGULO MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, Lisboa, PT, v. 25, n. 2, p. 229-242, 2005.

LOVELL, C. A. K.; PASTOR, J. T. Radial DEA models without inputs or without outputs. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, NL, v. 118, p. 46-51, 1999.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Documentation of the Aglink-Cosimo Model**. Paris, FR: OECD, 2007. 31 p.

SARLE, W. S. **Cubic clustering criterion**. Cary: SAS Institute, 1983. (SAS Technical Report, A-108).

SAS. **SAS®9: user guide**. Cary: SAS Institute, 2007.

THOMPSON, R. G.; SINGLETON JUNIOR, F. D.; THRALL, R. M.; SMITH, B. A. Comparative evaluation for locating a high-energy physics lab in Texas. **Interfaces**, Hanover, v. 16, p. 35-49, 1986.