

# COMPLEXOS INDUSTRIAIS NO ESPAÇO: UMA ANÁLISE DE *FUZZY CLUSTER*

Rodrigo Simões  
Cedeplar/UFMG

## Resumo

Este trabalho, fora uma pequena introdução, apresenta 3 seções. A primeira procura descrever, de forma sucinta, os métodos multivariados de classificação, as diferenças da lógica dos conjuntos clássicos (crisp sets) para os conjuntos nebulosos (fuzzy sets), a adequação desse último ao objeto de nossa análise, além da definição do algoritmo de cálculo e suas propriedades. A segunda apresenta uma aplicação para Minas Gerais, nos anos de 1980 e 1996, do método de fuzzy clusters e a última conclui o trabalho.

Palavras-chave: complexos industriais, metodologia, espaço, fuzzy clusters, Minas Gerais – Brasil.

## Abstract

This paper estimates a fuzzy cluster methodology for an industrial input-output data basis for Minas Gerais, Brazil, in 1980 and 1996. The aim of the paper is identify industrial complexes and its thickness in the internal economic structure of the State of Minas Gerais.

Key words: industrial complexes, methodology, space, fuzzy clusters, Minas Gerais – Brazil.

## COMPLEXOS INDUSTRIAIS NO ESPAÇO : UMA ANÁLISE DE *FUZZY CLUSTER*

### Introdução

Parte da literatura recente em economia regional, especificamente os trabalhos baseados em modelos de Equilíbrio Geral Computável (CGE), vêm se preocupando novamente com a construção de matrizes inter-regionais de insumo-produto. Estas procuram modelar a estrutura econômica de determinada região no tocante à sua estrutura de compra e venda intersetorial, descrevendo o padrão de comércio existente entre essa e o resto do país. Além disso, podem servir como auxiliar na avaliação do “padrão de vazamentos” da demanda final da região analisada para como o restante do universo (Minas Gerais em relação ao Brasil, por exemplo). Também propiciam a base para o cálculo de multiplicadores regionais e a identificação de setores-chave, ao estilo Rasmussen / Chenery & Watanabe. Contudo, a partir desses trabalhos não somos capazes de constituir padrões de vazamentos regionais intersetoriais, ou seja, as influências que a ausência, ou má localização, de determinados setores pode vir a causar na estrutura econômica como um todo, proposição básica de nosso trabalho. Mais que isso, a identificação de conjuntos de setores com características econômico-espaciais semelhantes permite analisar tanto as falhas e porosidades nas cadeias produtivas regionais como suas possíveis oportunidades de adensamento.

Visando avançar no sentido da incorporação da dimensão espacial às relações intersetoriais na economia, SIMÕES (2003) propõe a construção teórico-metodológica de uma matriz de acessibilidade (fricção) espacial multi-setorial, a partir do instrumental das matrizes de insumo-produto brasileiras. Os valores  $v_{ij}$  desta matriz  $V$  são o fundamento para a construção de aglomerados espaciais, indicando o constrangimento à circulação e reprodução que cada setor impinge aos demais do ponto de vista locacional e de relações de compra e venda (requisitos de circulação). A análise individual de cada setor e suas relações pode proporcionar a identificação de “gargalos” não apenas dependentes das relações técnicas de consumo intermediário entre os setores – tal como realizado para o conjunto do setor industrial brasileiro por diversos autores e recentemente por BRITTO (2002) e NEIT (2003) – mas principalmente das contingências espaciais que cada setor pode causar regionalmente aos demais. Uma análise detida nos valores individuais dos elementos da matriz  $V$  proporciona elementos para detalhar, analítica e multi-setorialmente, as porosidades de cada cadeia produtiva. Desses resultados, segundo SIMÕES (2003), podemos inferir que políticas setoriais de desenvolvimento regional com ênfase nos setores industriais deveriam privilegiar sua atuação em setores que apresentem elevados valores de  $v$  - que conjuga relações técnicas e localização - face à capacidade de, equacionados estes gargalos econômico-espaciais, serem potencializadas a integração e diminuídos os vazamentos inter-regionais da estrutura de compras e vendas intermediárias.

Aqui nos propomos a uma análise diferenciada dos resultados de tal matriz  $V$ . Vale dizer, ao invés de analisar separadamente cada setor optamos aqui por agrupá-los em classes semelhantes no tocante à sua acessibilidade espacial, identificando complexos industriais espaciais. Ou seja, utilizando os elementos de  $V$  como matriz inicial de dados aplicamos um método multivariado de classificação recentemente difundido na literatura

em economia regional e urbana<sup>1</sup>, a saber, *Fuzzy Cluster Analysis*, também chamado *Fuzzy-Set Clustering*. Tal análise pode ser de extrema utilidade se pensarmos em estratégias de políticas regionais de desenvolvimento, especificamente nas políticas de adensamento regional de cadeias produtivas e mesmo na elegibilidade de setores para recebimento de incentivos fiscais.

Este trabalho, fora essa pequena introdução, apresenta 3 seções. A primeira procura descrever, de forma sucinta, os métodos multivariados de classificação, as diferenças da lógica dos conjuntos clássicos (*crisp sets*) para os conjuntos nebulosos (*fuzzy sets*), a adequação desse último ao objeto de nossa análise, além da definição do algoritmo de cálculo e suas propriedades. A segunda apresenta uma aplicação para Minas Gerais, nos anos de 1980 e 1996, do método de *fuzzy clusters* e a última conclui o trabalho.

## I - Métodos de classificação e *Fuzzy Cluster Analysis*

Tal como presente em KAGEYAMA & LEONE (1999:20), o “(...) objetivo dos métodos de classificação é dividir em subconjuntos (classes) o mais semelhantes possível, um conjunto de elementos (indicadores) a partir de distâncias dois a dois”.

Em outras palavras, métodos de aglomeração (*clustering*) podem ser caracterizados como qualquer procedimento estatístico que, utilizando um conjunto finito e multi-dimensional de informações, classifica seus elementos em grupos restritos homogêneos internamente, permitindo gerar estruturas agregadas significativas e desenvolver tipologias analíticas. Dois tipos de métodos de classificação podem ser descritos, “(...) os métodos não-hierárquicos, que produzem uma partição em número fixo de classes; e os métodos hierárquicos, que produzem seqüências de partições em classes cada vez mais vastas” (BAROUCHE & SAPORTA, 1982:47).

Na classificação não-hierárquica agrupam-se  $n$  indivíduos em  $k$  classes “(...) de tal sorte que indivíduos de uma mesma classe sejam os mais semelhantes possíveis e que as classes sejam bem separadas” (BAROUCHE & SAPORTA, 1982:48). Por sua vez, as classificações hierárquicas podem ser de duas formas, aglomerativas ou divisivas. Métodos aglomerativos, que segundo MIYAMOTO (1990) são os mais utilizados em classificações hierárquicas aplicadas às ciências sociais, iniciam-se com a situação na qual cada elemento do conjunto referencial de dados (universo) forma seu próprio *cluster*. Sucessivamente o número de classes vai decrescendo em uma unidade, reunindo-se as duas classes mais homogêneas, i.e., as que possuam maior similaridade para a par. Tal processo continua até que todos os elementos façam parte de um só agrupamento, uma só classe. Métodos divisivos iniciam-se de forma inversa, ou seja, consideram todo o conjunto de elementos como um só agrupamento e, utilizando-se de alguma métrica de dissimilaridade, vai procedendo a separações deste grupo inicial até que cada indivíduo seja uma classe em si. (KAGEYAMA & LEONE, 1999; S-PLUS, 2000).

A definição da métrica de dissimilaridade a ser usada acompanha as peculiaridades do conjunto de dados, as características estatísticas das variáveis e os objetivos da classificação, podendo ser baseada em um ou múltiplos atributos dos indivíduos. S-PLUS (2000:103) apresenta cinco métricas de dissimilaridade para conjuntos contínuos não-

---

<sup>1</sup> Ver HARRIS *et al.* (1993), HARP & FOSDECK (2000), GERMAN *et al.* (1999), GROVE & ROBERTS (1990), ALBRECHT (1995) dentre outros.

categoricos e discute suas adequações. Os métodos usuais de classificação, presentes nos *softwares* estatísticos atuais, permitem a utilização de qualquer destas métricas, sendo a distância euclidiana a mais utilizada<sup>2</sup>.

Assim, a classificação de indivíduos em grupos homogêneos - nos quais os valores médios de cada classe representariam os indivíduos nela alocados, com a variabilidade intraclasse mínima e variabilidade interclasse máxima - permite criar taxonomias, tipologias, reduzindo a quantidade de dimensões a serem analisadas e possibilitando um entendimento mais direto das características inerentes das informações<sup>3</sup>.

Contudo, como bem definem HARRIS et al. (1993:157):

*“Hard cluster analysis suffers from the problem that a given observation, say x, must belong to one and only one cluster, whereas x may in fact possess attributes that partial membership in several classes”.*

Vale dizer, os métodos de classificação usuais (*Hard Cluster Analysis*) utilizam-se do conceito de conjuntos clássicos (*crisp sets*) caracterizados pela inequívocidade de sua função de pertinência (ou pertencimento). Intuitivamente a teoria dos conjuntos traz consigo uma noção dicotômica fundamental: pertencer ou não pertencer. Em outras palavras, definir um conjunto clássico implica tomar uma decisão binária quanto à pertinência de determinado indivíduo (objeto, elemento) numa dada classe (grupo, categoria): aceitar (“= 1”) ou rejeitar (“= 0”) tal proposição. A função de pertinência de um conjunto A com relação a X pode ser descrita como:

$$A(X) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Assim, cada conjunto o qual um elemento pode ser designado é assumido como possuindo únicas e distintas coordenadas, sendo que todos os seus membros ocupam idênticamente o mesmo ponto físico, não existindo a possibilidade de heterogeneidade interna.

Contudo, se o conjunto de informações - seja pelas peculiaridades do objeto a que representam, seja pela ambigüidade da própria estrutura de dados - possui uma fonte de imprecisões que não a aleatoriedade derivada de processos estocásticos, e sim derivada da ausência de fronteiras abruptamente definidas entre as classes<sup>4</sup>, devemos voltar nossa atenção para a utilização da Teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Theory of Fuzzy Sets*)<sup>5</sup>.

De acordo com ZADEH (1965), um subconjunto *fuzzy* de um conjunto X qualquer é definido como uma função  $u : X [0,1]$ ; para cada  $x \in X$  o valor de  $u(x)$  é o grau de pertinência de x a um subconjunto u. Assim, se em vez de assumir valores no intervalo discreto “{0,1}” a função de pertinência assumir valores no intervalo contínuo “[0,1]” então o conjunto “A” denomina-se conjunto *fuzzy*, com cada indivíduo podendo vir a pertencer parcialmente a múltiplos conjuntos. O valor de  $u(x)$  é usualmente utilizado para representar o grau ou a extensão na qual X se associa com a descrição semântica de u,

---

<sup>2</sup> Para maiores detalhes ver MAINLY (1991), dentre outros.

<sup>3</sup> Para o nosso caso, a aglomeração de setores em grupos de semelhantes características locais e de requisitos de circulação, pode ser interpretado como a configuração de complexos industriais espaciais, caracterizando setores de melhor e pior inserção econômica espacializada na economia de Minas Gerais.

<sup>4</sup> Como parece ser o nosso caso, no qual setores industriais, principalmente os da indústria de base, mantêm relações técnicas de produção com várias cadeias produtivas simultaneamente.

<sup>5</sup> O termo *fuzzy* é de ampla utilização na literatura, mesmo em textos de língua que não a inglesa, sendo preferencial à tradução para o português, i.e., “nebuloso”.

sendo que  $u(X)$  não pode ser interpretado como a probabilidade que  $X$  pertença à classe  $u$  e sim o quanto pertence. HARRIS *et al.* (1993:157) exemplificam de forma clara:

*“Therefore, the number  $u_{ik} = u_i(x_k)$  specifies the membership that datum  $x_k$  has with the  $i^{\text{th}}$  fuzzy cluster ( $u_i$ ). In this context, a value such a  $u_{ik}=0.65$  can be interpreted as follow: the numerical features of vector  $x_k$  possesses (roughly) 65 percent of the attributes required to be a perfect or prototypical representative of cluster  $i$ . Note that  $u_{ik}=0.65$  does not infer that here exists a 65 percent chance that  $x_k$  belongs to the  $i^{\text{th}}$  cluster. The degree of membership of a given datum with a given cluster is unknown using ‘hard’ clustering algorithms”.*

Também WOODBERY *et al.*(1978) exemplificam a intuição de função de pertinência. Se  $S_1$  é o conjunto de números inteiros maiores que “ $n$ ”;  $S_2$  o conjunto de números inteiros muito maiores que “ $n$ ”; e  $I$  e  $J$  números inteiros tal que  $I > J > n$ ; podemos afirmar que  $I$  é um elemento de  $S_2$  em uma maior extensão que o elemento  $J$ .

Partindo desta apresentação introdutória da lógica de conjuntos *fuzzy* podemos retornar aos métodos de classificação e apresentar o algoritmo FANNY<sup>6</sup> (*Fuzzy Analysis*) para estimação de *clusters*. Segundo KAUFMAN & ROUSSEEUW (1990), comparado a outros métodos de estimação de *fuzzy clusters* (*Fuzzy-C Means*, por exemplo, descrito em BEZDEK, 1981) o FANNY tem a vantagem de aceitar matrizes de dissimilaridade em todas as métricas para conjuntos contínuos e ser mais robusto que os demais.

Assim, para cada elemento  $i$  e cada *cluster*  $v$  há uma pertinência  $u_{iv}$ , que indica quão fortemente  $i$  pertence a  $v$ , se satisfeitas as condições

$$1) \quad u_{iv} \geq 0 \quad \forall \quad i = 1, \dots, n \quad e \quad \forall \quad v = 1, \dots, k$$

$$2) \quad \sum_{v=1}^k u_{iv} = 1 \quad \forall \quad i = 1, \dots, n$$

As associações são definidas por intermédio da minimização da função objetivo:

$$f = \sum_{v=1}^k \frac{\sum_{i,j=1}^n u_{iv}^2 u_{jv}^2 d(i,j)}{2 \sum_{j=1}^n u_{jv}^2}$$

A métrica de dissimilaridade  $d(i,j)$  é calculada a partir da matriz de informações – no nosso caso  $\mathbf{V}$  – e a minimização da função objetivo pela qual geram-se as estimativas dos *clusters*, é realizada por meio de processos numéricos iterativos. Aqui utilizamos a distância euclidiana simples.

Os *clusters* resultantes podem ter sua *fuzzyness* avaliada pelo chamado Coeficiente de DUNN ( $F_k$ )<sup>7</sup>:

<sup>6</sup> Foi utilizado o *software* S-PLUS 2000 para a estimação dos *fuzzy clusters*, utilizando a matriz  $\mathbf{V}$  de acessibilidade espacial como matriz de informações básicas para determinar os complexos industriais espaciais para a economia de Minas Gerais. Para a apresentação integral não apenas do algoritmo de estimação das funções de pertinência como também das propriedades e características estatísticas do método FANNY, ver KAUFMAN&ROUSSEEUW (1990).

<sup>7</sup> Para dados normalizados, quando as escalas dos atributos de cada indivíduo apresentam grande espectro de variabilidade – que não é o nosso caso – a versão normalizada de  $F_k$  é  $F_k^* = (F_k - 1/k)/(1 - 1/k) = kF_k - 1/k - 1$ , com  $0 < F_k^* < 1$ .

$$F_k = \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^k \frac{u_{iv}^2}{n} \quad \text{sendo } 1/k < F_k < 1.$$

## II – Identificação e análise de *Clusters*

### II.1 – Identificação dos *clusters* para 1980

Para o ano de 1980 estamos trabalhando com uma matriz **V** de dimensão 66 X 66. A seguir, no Quadro 1, apresentamos a descrição dos setores e seus números de identificação.

Segundo MIYAMOTO (1990), o número de *fuzzy clusters* (k) em classificação não hierárquica deve ser o maior possível, pois assim se permite identificar vinculações a todas as sub-classes. No nosso caso, isso permitirá qualificar as interdependências espaciais, visualizando a intensidade de integração de determinados setores a determinadas cadeias produtivas. Assim, de acordo com S-PLUS (2000), para estimar o número máximo de *fuzzy clusters* deve-se seguir a regra  $\max k = (i/2) - 1$ , sendo *i* o número de indivíduos do universo.

**Quadro 1 - Identificação dos setores da M I-P de 1980**

1	Agropecuária	34	Destilação de álcool
2	Extração de minerais metálicos	35	Refino de petróleo
3	Extração de minerais não metálicos	36	Petroquímica
4	Extração de petróleo e gás	37	Fabricação de resinas e fibras
5	Extração de carvão mineral	38	Fabricação de adubos e fertilizantes
6	Fabricação de cimento	39	Fab. de produtos químicos diversos
7	Fabricação de estruturas de cimento	40	Indústria farmacêutica
8	Fabricação de vidro	41	Indústria da perfumaria
9	Fabricação de minerais não metálicos	42	Fabricação de laminados plásticos
10	Siderurgia	43	Fabricação de artigos plásticos
11	Metalurgia dos não ferrosos	44	Fiação de tecidos de fibras naturais
12	Fabricação de fundidos e forjados de aço	45	Fiação de tecidos de fibras sintéticas
13	Fabricação outros metalúrgicos	46	Outras indústrias têxteis
14	Fab. máq. e equipamentos, inclusive peças	47	Fabricação de artigos do vestuário
15	Fab. de tratores máquinas de rodagem	48	Indústria de couro e peles
16	Manut. e rep. De máq. e equipamentos	49	Fabricação de calçados
17	Fabricação de equipamentos elétricos	50	Indústria do café
18	Fabricação de material elétrico	51	Beneficiamento de arroz
19	Fabricação de eletrodomésticos	52	Moagem de trigo
20	Fabricação de equipamentos eletrônicos	53	Preparação de conservas e sucos
21	Fabricação de TV, rádio e som	54	Beneficiamento de produtos vegetais
22	Fabricação de veículos automotivos	55	Indústria do fumo
23	Fab. de peças de veículos automotivos	56	Abate e preparação de carnes
24	Indústria Naval	57	Abate e preparação de aves
25	Fabricação de veículos ferroviários	58	Indústria de laticínios
26	Fabricação de outros veículos	59	Indústria do açúcar
27	Indústria da madeira	60	Fab. de óleos vegetais em bruto
28	Indústria do mobiliário	61	Refino de óleos vegetais
29	Fabricação de celulose	62	Fabricação de rações
30	Fabricação de papéis e artefatos de papel	63	Outras indústrias alimentares
31	Editorial e gráfica	64	Indústria de bebidas
32	Indústria da borracha	65	Fabricação de produtos diversos
33	Fabricação elementos químicos	66	Linha w

Obviamente, muitos desses *fuzzy clusters* não irão possuir significado econômico em si, sendo necessário interpretá-los conjuntamente com os demais sub-grupos. Para 1980 estimamos 32 agrupamentos<sup>8</sup> e um quadro sinóptico com os denominados *closest hard clusters*<sup>9</sup> pode ser visto no Quadro 2, a seguir.

<sup>8</sup> O Coeficiente de Dunn, que mede o grau de “nebulosidade” do conjunto de dados composto por  $V$  para 1980, é  $F = 0,4532$ .

<sup>9</sup> Estes são os agrupamentos formados pelos setores com maior valor de  $u_{ik}$  em cada categoria. Ver MYIAMOTO (1999).

**Quadro 2 - Closest Hard Clusters para 1980**

<b>Clusters</b>	<b>Setores</b>
<i>Cluster</i> Agropecuário I	38,50,59
<i>Cluster</i> Agropecuario II	1,51,56,57,58,54
<i>Cluster</i> Mineiro-Metalúrgico	2,10,12
<i>Cluster</i> Não-Metálicos	3,6,8,9
<i>Cluster</i> Papel e Celulose	29,30,33
<i>Cluster</i> Moveleiro	28,37,43
<i>Cluster</i> Vestuário/Calçados	44,47,49
<i>Cluster</i> Fármacos	40,41
<i>Cluster</i> Inexistente	4,5
Setores em <i>Cluster</i> mal-definido	15,17,21,35,55,53,64
Setores em <i>Cluster</i> mal definido	11,19,23,24,25,39
<i>Clusters</i> individuais	Demais setores

Fonte: elaboração própria.

O primeiro resultado que podemos destacar é a visualização de 9 agrupamentos industriais de características econômico-espaciais relevantes. A vinculação do setor ( $i$ ) a um *cluster* ( $k$ ) específico corresponde ao maior valor de  $u_{ik}$  por setor. Como já foi frisado anteriormente, a técnica *fuzzy* permite identificar não só a vinculação principal como também as vinculações secundárias de cada setor a agrupamentos correlatos. A partir daqui iremos apresentar o valor dos graus de pertencimento ( $u_{ik}$ ) superiores a 10% de cada setor ao *cluster* analisado.

Os dois primeiros agrupamentos englobam os setores vinculados à base agro-industrial, classificados em dois *fuzzy clusters* principais.

**Tabela 1 - Cluster Agro-industrial I, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Indústria do café	0,845
Indústria do açúcar	0,657
Adubos e fertilizantes	0,270
Agropecuária	0,210
Abate de Carne	0,100

Fonte: elaboração própria.

Como podemos notar na Tabela 1, o primeiro envolve a base agro-industrial de produtos que podem ser caracterizados como *tradeables*, a saber as indústrias de Café ( $u_{ik}=0.845$ ), do Açúcar ( $u_{ik}=0.657$ ) e a Fabricação de Adubos e Fertilizantes ( $u_{ik}=0.270$ ), o próprio setor Agropecuário ( $u_{ik}=0.210$ ) e em menor medida o setor referente ao Abate de Carne ( $u_{ik}=0.100$ ). A diferença dos valores de  $u_{ik}$  para os três últimos setores (Adubos e Fertilizantes; Agropecuário e Abate de Carne) é devida ao fato de que esses também podem ser incorporados, em grau de pertinência relevante, a outro *cluster* específico, qual seja, o segundo *fuzzy cluster* agropecuário.

**Tabela 2 - Cluster Agro-industrial II, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Beneficiamento de produtos vegetais	0,990
Indústria de laticínios	0,766
Indústria do arroz	0,740
Agropecuária	0,580
Abate de aves	0,396
Adubos e fertilizantes	0,236
Abate de carne	0,223

Fonte: elaboração própria.

Este é composto pelos setores Beneficiamento de Arroz ( $u_{ik}=0.740$ ), Abate de Carne ( $u_{ik}=0.223$ ), Abate de Aves ( $u_{ik}=0.396$ ); Indústria de Laticínios ( $u_{ik}=0.766$ ); Beneficiamento de Produtos Vegetais ( $u_{ik}=0.990$ ), além dos setores Agropecuário ( $u_{ik}=0.580$ ) e Adubos e Fertilizantes ( $u_{ik}=0.236$ ), caracterizando o restante dos setores vinculados ao complexo agro-industrial. Os demais setores desta cadeia podem ser descritos como mal localizados e não integrados no Estado, sendo setores isolados na estrutura econômica mineira. Um setor como Fabricação de Rações, obviamente vinculado à base agropecuária e à indústria de abate de animais, caracterizou-se por constituir-se em um *cluster* unitário, com um grau de pertencimento inequívoco a um *cluster* isolado ( $u_{ik}=0.976$ ).

Outro agrupamento relevante para a economia mineira é o caracterizado pelo *cluster* do complexo mineiro-metalúrgico apresentado na Tabela 3, a seguir.

**Tabela 3 - Cluster Mineiro-metalúrgico, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Fab. de fundidos e forjados de aço	0,995
Extração de minerais metálicos	0,956
Siderurgia	0,948
Fab. de outros produtos metalúrgicos	0,205

Fonte: elaboração própria.

Este é composto inequivocamente pelos setores Extração de Minerais Metálicos ( $u_{ik}=0.956$ ); Siderurgia ( $u_{ik}=0.948$ ) e Fundidos e Forjados de Aço ( $u_{ik}=0.995$ ), e em menor medida pelo setor de Fabricação de outros produtos metalúrgicos ( $u_{ik}=0.205$ ) constituindo-se na base do complexo mineiro-metalúrgico pelo qual a economia de Minas Gerais caracterizava-se - até o início da década dos oitenta - e inseria-se na divisão inter-regional da indústria no Brasil. A clara identificação deste *cluster* reforça não só sua importância, como também deixa explícitas as dificuldades de integração desse segmento, em Minas Gerais, com o restante do complexo metal-mecânico. Isto pode ser claramente identificado, por exemplo, se assumirmos que o grau de pertencimento ( $u_{ik}=0.205$ ) do setor Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos - obviamente uma etapa à frente na cadeia mineiro-metalúrgica - ao *cluster* em questão pode incluí-lo neste complexo, mesmo que possua um  $u_{ik}=0.365$  a um *cluster* isolado. Setores de maior elaboração de produto, com maior agregação de valor e posição diferenciada na cadeia metal mecânica, não demonstram

nenhuma integração na estrutura econômica industrial do Estado em 1980. Setores como Máquinas e Equipamentos, Autopeças, Manutenção e Reparação e mesmo a Indústria Automobilística constituem *clusters* isolados e unitários. A instalação da FIAT Automóveis em Betim, na metade da década dos setenta, vai fazer com que este perfil estrutural e de incipiente integração setorial se modifique marginalmente. Contudo, em 1980, ainda não podíamos verificar as mudanças na integração da estrutura industrial, particularmente a capitaneada pela cadeia automobilística e seus fornecedores. A análise para 1996, mesmo com os problemas de agregação, vai demonstrar este processo.

Outro agrupamento bem definido é o descrito na Tabela 4, a seguir.

**Tabela 4 - Cluster Minerais não Metálicos, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Fabricação de vidro	0,997
Fabricação de cimento	0,994
Fabricação de minerais não metálicos	0,151
Extração de minerais não metálicos	0,107

Fonte: elaboração própria.

É composto pelos setores Extração de Minerais não Metálicos ( $u_{ik}=0.107$ ); Fabricação de Cimento ( $u_{ik}=0.994$ ); Fabricação de Vidro ( $u_{ik}=0.997$ ) e Fabricação de Produtos de Minerais não Metálicos ( $u_{ik}=0.151$ ). A vinculação setorial é clara, sendo que os valores relativamente baixos para Extração e Fabricação de Produtos de Minerais não Metálicos são devido ao fato de que tal setor é básico para outros na estrutura produtiva, além de possuir fortes ligações com a indústria da construção civil, não presente em nossa análise. Importante frisar que o setor Fabricação de Estruturas de Cimento, etapa ulterior nesta cadeia produtiva, não se caracteriza em nenhum *cluster* específico (todos seus  $u_{ik}$  são menores que 5 %), sendo classificado como setor não integrado.

O *cluster*  $k=4$  possui uma peculiaridade, i.e., é formado por dois setores inexistentes em Minas Gerais: Extração de Petróleo e Extração de Carvão Mineral. Ambos são setores fundamentais e básicos para toda a cadeia de petroquímica e correlatos (Resinas, Plásticos, Borracha etc), e da Siderurgia e seus desdobramentos a jusante. A classificação dos dois setores em um mesmo grupo a partir da aplicação da metodologia e do algoritmo FANNY pode ser considerado uma garantia da acurácia do modelo. A ausência de um complexo petroquímico no Estado fica clara quando vemos a classificação dos setores vinculados a essa cadeia produtiva. O setor Petroquímico – mal localizado no Estado - apresentou-se inequivocamente como um *cluster* isolado ( $u_{ik}=0.996$ ), assim como Fabricação de Laminados Plásticos ( $u_{ik}=1.000$ ), Indústria da Borracha ( $u_{ik}=1.000$ ) e em menor medida Fiação de Tecidos Sintéticos ( $u_{ik}=0.490$ ). Por sua vez, os setores de Refino de Petróleo e Artigos Plásticos apresentaram classificação mal definida; ambos movimentos caracterizando a inexistência de integração desta cadeia na região.

Outros grupos - menos importantes tanto do ponto de vista de *linkages* a jusante e a montante no processo produtivo, como da participação percentual no valor agregado industrial no Estado, mas com um mínimo de encadeamentos espaciais - podem ser identificados.

**Tabela 5 - Cluster Papel e Celulose, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Fabricação de papéis e artefatos	0,998
Fabricação de celulose	0,450
Fab.de elementos químicos não carboquímicos	0,181

Fonte: elaboração própria.

Um primeiro, identificado na Tabela 5, é decorrente da instalação da CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A.) em Belo Oriente, no Vale do Aço, e é formado pelos setores Fabricação de Celulose ( $u_{ik}=0.450$ ), Papéis e Artefatos ( $u_{ik}=0.998$ ) e Fabricação de Elementos Químicos não Carboquímicos ( $u_{ik}=0.181$ )<sup>10</sup>.

**Tabela 6 - Cluster Moveleiro, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Indústria do mobiliário	0,992
Fabricação de resinas	0,239
Fabricação de artigos plásticos	0,203

Fonte: elaboração própria.

O segundo, na Tabela 6, é o formado pelos setores Indústria do Mobiliário ( $u_{ik}=0.992$ ), Resinas ( $u_{ik}=0.239$ ) e Artigos Plásticos ( $u_{ik}=0.203$ ). É importante notar que a Indústria da Madeira não pode ser caracterizada neste *cluster* (apresenta um  $u_{ik}=0.021$ ) e em nenhum outro – indicando a fraca vinculação interna existente entre a base de matérias primas com o restante da cadeia produtiva (também os setores de Fabricação de Vidro, com um  $u_{ik}=0.028$ , e Outros Metalúrgicos, com  $u_{ik}=0.017$ , não podem ser incluídos neste agrupamento).

**Tabela 7 - Cluster Vestuário e Calçados, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Fiação de tecidos de fibras naturais	0,859
Fabricação de artigos do vestuário	0,255
Fabricação de calçados	0,252

Fonte: elaboração própria.

**Tabela 8 - Cluster de Fármacos, 1980**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Indústria farmacêutica	0,227
Indústria de perfumaria	0,172

Fonte: elaboração própria.

<sup>10</sup> Este último setor justifica-se pelo processo de branqueamento por cloro existente à época na planta de Belo Oriente. Atualmente o branqueamento é realizado por aspersão de oxigênio, processo mais barato e menos agressivo ao meio ambiente. Ver PAULA (1997). Os demais valores de  $u_{ik}$  para o setor são insignificantes.

Outros dois pequenos agrupamentos estão nas Tabelas 7 e 8. O primeiro composto pelos setores Fabricação de Artigos de Vestuário ( $u_{ik}=0.255$ ); Fabricação de Calçados ( $u_{ik}=0.225$ ) e Fiação de Tecidos Naturais ( $u_{ik}=0.859$ ); e o segundo pelos setores Farmacêuticos ( $u_{ik}=0.227$ ) e Perfumaria ( $u_{ik}=0.171$ ). Ambos não são bem definidos, como mostram os valores de seus  $u_{ik}$ , mas ainda assim possuem graus de pertencimento muito superiores aos demais agrupamentos. É interessante notar que nos dois grupos fica nítida a pequena integração tanto com os setores tecnicamente a jusante como com os correlatos da cadeia produtiva. A não integração da Indústria do Vestuário com as Fibras Sintéticas e a de Calçados com a de Couros e Peles e Matérias Plásticas mostra quão incipientes estes setores mostravam-se no Estado, além de salientar os constrangimentos espaciais que a ausência de um complexo petroquímico pode causar na integração das cadeias produtivas. Por sua vez, as indústrias Farmacêutica e de Perfumaria não demonstram integração a montante, sendo pouco importantes no Estado.

Por fim devemos nos ater a dois outros grupos. O primeiro não é um *cluster* em si, ao contrário, é o conjunto de setores – importantes na estrutura industrial e relativamente bem localizados em Minas Gerais – que não podem ser considerados integrados na economia mineira. São *clusters* extremamente bem definidos - i.e., com graus de pertencimento  $u_{ik}$  próximos da unidade – e caracterizados por serem unitários, com apenas um setor em cada classificação. Com esta característica podemos relacionar os setores Fabricação de Máquinas e Equipamentos ( $u_{ik}=0.959$ ); Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos ( $u_{ik}=0.976$ ); Material Elétrico ( $u_{ik}=0.988$ ); Fabricação de Fabricação de Veículos Automotivos ( $u_{ik}=0.986$ ); todos vinculados à cadeia do complexo mecânico-elétrico, mas sem as inter-relações econômico-espaciais no Estado que poderiam caracterizá-los como complexos industriais espaciais em Minas Gerais. Note-se a relativa dissociação existente entre o setor de Fabricação de Automóveis e a Fabricação de Autopeças. Outros setores pertencentes a *clusters* isolados unitários, mas não tão bem localizados em Minas Gerais, são Fabricação de Outros Veículos ( $u_{ik}=0.985$ ); Material Eletrônico ( $u_{ik}=0.973$ ); Couros e Peles ( $u_{ik}=0.943$ ) e Destilação de Alcool ( $u_{ik}=0.976$ ).

Os últimos dois grupos são de definição menos clara e de explicação econômica complexa. São compostos por setores desconexos do ponto de vista das ligações técnicas e de pequena ou nenhuma importância na estrutura industrial da economia de Minas Gerais. Apesar de alguns setores serem fundamentais na estruturação de algumas cadeias produtivas (Fabricação de Equipamentos Elétricos; Refino de Petróleo; Metalurgia de Não Ferrosos; Químicos Diversos; Autopeças) e outros importantes bens de consumo final (Eletrodomésticos; Equipamentos de TV, Rádio e Som; Indústria de Bebidas), não podem ser considerados integrados em Minas Gerais. Os que possuem boa localização – Não Ferrosos e Químicos Diversos - podem ser considerados setores isolados, sem integração a jusante ou a montante na estrutura econômica da indústria mineira. Os de má localização, por sua vez, impingem restrições e constrangimentos à plena integração setorial intra-regional em Minas Gerais. Nenhum dos setores listados nestes dois *clusters* possui graus de pertinência que permitam estabelecer nexos claros a uma ou outra classificação, podendo ser nomeados como mal definidos para 1980.

Passaremos agora à identificação e análise dos *clusters* da economia mineira para 1996.

## II.2.– Identificação para 1996

Para 1996 trabalhamos com uma matriz  $V$  de dimensão 32 x 32, como base para a identificação dos *fuzzy clusters*<sup>11</sup>.

Antes de analisar os resultados é fundamental ressaltar que a reduzida dimensão da M I-P / 1996 restringe por demais a possibilidade de identificação de complexos industriais espaciais minimamente diversificados. O excessivo nível de agregação da matriz faz com que certas dinâmicas espaciais fiquem mascaradas. Por exemplo, a junção dos setores “Madeira e Mobiliário” – separados em 1980 - em apenas uma categoria em 1996 faz com que duas dinâmicas locais, absolutamente diversas no caso de Minas Gerais, se confundam. Mais problemático do ponto de vista de identificação de cadeias produtivas no espaço é considerar o setor “Têxteis” como único. Vale dizer, as lógicas econômico-espaciais de “Fabricação de Fibras Naturais” e de “Fabricação de Fibras Sintéticas” – desagregadas na matriz de 1980 – são completamente diferentes, com seus *linkages* a montante fazendo parte de duas cadeias produtivas com associação mínima, a saber, os complexos agro-industrial e petroquímico. Também a junção de “Couro e Peles” com “Calçados” em um único setor da matriz torna-se problemática, principalmente em Minas Gerais, onde a produção calçadista mais significativa – fabricação de tênis em Nova Serrana - é feita a partir de produtos sintéticos<sup>12</sup>. Isto sem falar no setor “Abugos, Tintas e Outros Químicos” que dispensa maiores comentários.

Este elevado grau de agregação faz com que certos complexos industriais espaciais minimamente diversificados, mesmo que com incipiente integração, não possam ser identificados<sup>13</sup>. Apesar disso, justifica-se a aplicação da metodologia proposta como um exercício de atualização dos resultados e, principalmente, de comparação intertemporal entre os complexos industriais-espaciais identificados.

Feitas essas observações podemos passar à análise dos *fuzzy clusters* para 1996. Os setores estão apresentados no Quadro 3, a seguir.

---

<sup>11</sup> Foi aplicada a mesma regra sugerida por S-PLUS (2000), i.e.,  $k = (i/2) - 1$ , encontrando 15 *fuzzy clusters*. Contudo, face à extrema agregação e ao número reduzido de setores da matriz original fornecida pelo IBGE, os dois últimos agrupamentos não apresentaram nenhum significado estatístico e econômico. A melhor estimativa encontrada para 1996 foi com 13 agrupamentos *fuzzy*.

<sup>12</sup> Ver SANTOS, CROCCO & SIMÕES (2001).

<sup>13</sup> O que realmente causa estranheza é a não uniformidade nos critérios de aglutinação dos setores para a apresentação na matriz de 1996. Algumas junções são realizadas pela homogeneidade a montante, como “Abugos e Tintas”; outras pela homogeneidade a jusante, como “Têxteis”; e outras - aparentemente - por critérios residuais, como “Outros Veículos e Peças”.

**Quadro 3 - Identificação dos setores da M I-P de 1996**

	<b>Setores</b>
1	Agropecuária
2	Extrativa Mineral
3	Extração de Petróleo e Gás
4	Minerais não-metálicos
5	Siderurgia
6	Metalurgia de não-ferrosos
7	Outros produtos metalúrgicos
8	Tratores e máquinas de terraplenagem
9	Material elétrico
10	Equipamentos eletrônicos
11	Automóveis, caminhões e ônibus
12	Outros veículos e peças
13	Madeira e mobiliário
14	Papel, celulose, papelão e artefatos
15	Indústria da borracha
16	Elementos. químicos não-petroquímicos e álcool
17	Petroquímicos
18	Aubos, tintas e outros químicos
19	Produtos farmacêuticos e de perfumaria
20	Artigos de plástico
21	Têxteis
22	Artigos do vestuário
23	Produtos de couro e calçados
24	Indústria do café
25	Beneficiamento de produtos vegetais
26	Abate de animais
27	Indústria de laticínios
28	Indústria do açúcar
29	Fabricação de óleos vegetais
30	Bebidas
31	Produtos diversos
32	Linha w

A seguir apresentamos o Quadro 4 com os denominados *Closest Hard Clusters*<sup>14</sup>, ou seja, os agrupamentos *crisp* mais próximos a que cada setor vem a pertencer em uma estimação *fuzzy*. Também serão apresentados, tal como para 1980, tabelas com os *clusters* identificados a partir de valores de  $u_{ik}$  superiores a 20% para cada agrupamento relevante<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> O valor do Coeficiente de Dunn para 1996 é  $F = 0,3515$ . Este valor, menor que o apresentado para 1980, era esperado, dada a menor desagregação da matriz.

<sup>15</sup> Como o número de setores – e obviamente de *clusters* – é aproximadamente a metade do número para 1980, justifica-se a elevação do limite inferior de 10% para 20%.

**Quadro 4 - Closest Hard Clusters para 1996**

<i>Cluster</i>	Setores
<i>Cluster</i> Agropecuário	1,24,25,26,27,28,29,30
<i>Cluster</i> Minerio-Metal-Mecânico	2,5,6,7,11
Sub- <i>Cluster</i> Peças	8, [6],[7]
<i>Cluster</i> mal definido	9,13,15,17,23
<i>Clusters</i> individuais	Demais setores

Fonte: elaboração própria.

Como podemos notar a maioria dos setores não demonstrou qualquer tipo de integração, podendo ser identificados como perfis puros. Isto é o resultado tanto da excessiva agregação setorial da matriz como da própria estrutura industrial mineira. Os dois únicos complexos espaciais nitidamente identificados para o Estado são relativos às duas cadeias produtivas historicamente importantes em Minas Gerais.

**Tabela 9 - Cluster Agro-industrial, 1996**

Setores	Graus de Pertencimento ( $u_{ik}$ )
Indústria de laticínios	0,780
Agropecuária	0,744
Abate de animais	0,641
Indústria do café	0,571
Beneficiamento de produtos vegetais	0,512
Indústria do açúcar	0,510
Fabricação de óleos vegetais	0,332
Fabricação de bebidas	0,331

Fonte: elaboração própria.

O complexo agro-industrial, identificado no primeiro *fuzzy cluster* e apresentado na Tabela 9, é composto pelos setores Agropecuário ( $u_{ik}=0.744$ ), Indústria do Café ( $u_{ik}=0.571$ ), Beneficiamento de Produtos Vegetais ( $u_{ik}=0.512$ ), Abate de Animais ( $u_{ik}=0.641$ ), Laticínios ( $u_{ik}=0.780$ ), Indústria do Açúcar ( $u_{ik}=0.510$ ), Óleos Vegetais ( $u_{ik}=0.332$ ) e Bebidas ( $u_{ik}=0.331$ ). Este é o *cluster* mais bem identificado para 1996, englobando todos os setores da cadeia produtiva agro-alimentar. É interessante notar que para Óleos Vegetais e Bebidas o grau de pertencimento é nitidamente menor do que para os setores mais diretamente ligados à base agropecuária. O setor Óleos Vegetais possui um  $u_{ik} = 0.153$  para com o *cluster* isolado  $k=5$ , definido inequivocamente pelo setor de Máquinas e Equipamentos ( $u_{ik}=0.982$ ).

Em relação a 1980, nota-se uma ampliação do espectro setorial do complexo, que passou a englobar todos os setores em um único agrupamento, sem diferenciar os produtos *tradeables* dos de mercado interno. Contudo, a agregação indevida do setor 18 (Adubos, Tintas e Outros Químicos) fez com que – contrariamente ao identificado em 1980 - a utilização de adubos e fertilizantes fosse mal caracterizada na definição do agrupamento, apresentando uma vinculação de apenas 10% ( $u_{ik}=0.100$ ) ao complexo agro-industrial.

O segundo *fuzzy cluster* identificado, apresentado na Tabela 10, engloba aquilo que podemos chamar de complexo minero-metal-mecânico do Estado.

**Tabela 10 - Cluster Minerio-metal-mecânico, 1996**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Extração de minerais	0,789
Siderurgia	0,650
Fab. De automóveis, caminhões e ônibus	0,499
Metalurgia de não ferrosos	0,485
Outros produtos metalúrgicos	0,392
Produtos diversos	0,364

Fonte: elaboração própria.

É composto pelos setores Extrativo Mineral ( $u_{ik}=0.789$ ), Siderúrgico ( $u_{ik}=0.650$ ), Metalurgia dos Não-Ferrosos ( $u_{ik}=0.485$ ), Outros Produtos Metalúrgicos ( $u_{ik}=0.392$ ), Automóveis, Caminhões e Ônibus ( $u_{ik}=0.499$ ), Produtos Diversos ( $u_{ik}=0.364$ ). Em relação a 1980 este complexo diversificou-se, apresentando um maior grau de integração entre seus componentes. Vale dizer, à base mínero-metalúrgica, bem identificada para 1980 – acoplaram-se dois setores importantíssimos para descrever a integração da estrutura produtiva experimentada pela economia mineira nos últimos 20 anos, i.e., a indústria automobilística e a de produtos metalúrgicos (fundição, caldeiras, estruturas metálicas, estamperia dentre outros). A ampliação dos investimentos e a introdução de novos processos de gestão de suprimentos na FIAT (LE MOS *et al.*, 2003), além da recente instalação da Mercedes Benz em Juiz de Fora, contribuíram sobremaneira para a diversificação da estrutura econômica de Minas Gerais após 1990. Apesar disto, podemos notar que o setor produtor de Peças e Outros Veículos - a despeito de sua própria (in)definição, pois inclui produção de aeronaves e veículos ferroviários, virtualmente inexistentes em Minas Gerais – não se inclui neste agrupamento de forma orgânica, apresentando um grau de pertencimento pequeno ( $u_{ik}=0.129$ ) para com este complexo.

**Tabela 11 - Sub-cluster de Peças, 1996**

<b>Setores</b>	<b>Graus de Pertencimento (<math>u_{ik}</math>)</b>
Fabricação de outros veículos e peças	0,825
Metalurgia de não ferrosos	0,152
Fab. De automóveis, caminhões e ônibus	0,138

Fonte: Elaboração própria.

Ao contrário, como vemos na Tabela 11, apresenta-se como um sub-cluster bem definido ( $u_{ik}=0.825$ ) com pequena integração apenas com o próprio setor automobilístico ( $u_{ik}=0.138$ ) e com Metalúrgica dos Não-Ferrosos ( $u_{ik}=0.152$ ). A propalada “mineirização” dos fornecedores de peças e componentes para a indústria automobilística ocorrido durante os anos 90 (BDMG, 2002; FIEMG, 2000), que em tese deveria contribuir para a inclusão deste setor neste cluster, fica comprometida pela incipiência do setor elétrico-eletrônico no Estado. Este se mostra pouquíssimo integrado com o restante da estrutura produtiva. O setor Elétrico – melhor localizado que o eletrônico, principalmente a parcela referente a materiais elétricos - possui um  $u_{ik}=0.101$  ao cluster 2. O setor de Equipamentos Eletrônicos – mal localizado como um todo em Minas Gerais – apresenta um  $u_{ik}=0.025$ , ou seja, apenas

2,5% de grau de pertencimento ao complexo metal-mecânico, caracterizando-se como um *cluster* isolado ( $u_{ik}=0.880$ ).

Parcela relevante dos chamados “prestamistas” da FIAT monta os componentes a partir de peças produzidas em outras unidades da federação (principalmente São Paulo) e, na maioria, provenientes do exterior. A já mencionada modernização da estrutura organizacional da montadora em relação aos seus fornecedores – sendo a adoção do *just in time* a principal – se permitiu um ensaio de integração, não foi acompanhada pelo necessário adensamento da cadeia produtiva no referente à produção de componentes, o que permitiria uma redução dos vazamentos regionais do complexo produtivo.

O setor Elétrico, por sua vez, merece uma atenção específica. O trabalho de DUARTE F° & CHIARI (2002:36), utilizando uma Matriz Inter-Regional de Insumo-Produto para Minas Gerais e Resto do Brasil (AZZONI *et al.*, 2002), mostra que este setor passou a direcionar grande parte de suas compras de insumos internamente ao próprio Estado. Este resultado, surpreendente até para os próprios autores, não encontrou respaldo em nossa estimação. Este setor teve sua maior vinculação a um agrupamento que podemos definir como mal identificado, composto pelos setores Elétrico ( $u_{ik}=0.344$ ), Madeira e Mobiliário ( $u_{ik}=0.365$ ), Indústria da Borracha ( $u_{ik}=0.205$ ), Couro e Calçados ( $u_{ik}=0.298$ ) e Petroquímica ( $u_{ik}=0.384$ ). Apesar dos três últimos setores fazerem parte de uma cadeia produtiva específica, os valores de  $u_{ik}$  não permitem identificar uma integração relevante. Mesmo porque a localização da Petroquímica ( $r=0.35$ ) e da Indústria da Borracha ( $r=0.09$ ) no Estado é muito ruim em relação ao país. Mais ainda, a presença dos setores Elétrico e de Madeira e Mobiliário no agrupamento descaracterizam a formação de uma cadeia produtiva economicamente significativa.

Os demais setores compõem *clusters* isolados, sendo os valores de  $u_{ik}$ , elevados. O *cluster* 13 apresenta o setor Têxtil como definidor ( $u_{ik}=0.0457$ ) e uma pequena integração com o setor Vestuário ( $u_{ik}=0.111$ ). Contudo o setor de Vestuário define inequivocamente o *cluster* isolado 12 ( $u_{ik}=0.821$ ), demonstrando a fraca integração entre estes dois setores na economia mineira.

Dos *clusters* isolados bem definidos devemos também destacar o agrupamento com o setor de Químicos Não Petroquímicos, apresentando um  $u_{ik}=0.997$ . Este setor, em Minas Gerais, durante os anos 90, experimentou um crescimento superior à média do Estado, passando a ser relevante nacionalmente, com uma participação no emprego brasileiro do setor de aproximadamente 7% em 1999 (RAIS, 2000). Contudo, segundo nossos resultados, este crescimento no Estado não veio acompanhado por uma maior integração com o restante da estrutura econômica do estado.

A junção dos setores de Papel e Celulose num mesmo setor da matriz fez com que aquele sub-complexo definido para 1980 passasse a constituir um setor isolado, com um  $u_{ik}=0.968$  em 1996.

Finalizando, também o *cluster* 4 pode ser considerado bem definido, com o setor de Minerais Não Metálicos apresentando um  $u_{ik}=0.900$ , com uma pequena integração com o setor de Extração de Minerais ( $u_{ik}=0.125$ ). Aqui a junção dos setores Extração de Minerais Metálicos com o setor Extração de Minerais Não-Metálicos na definição da Matriz de Insumo-Produto / 1996 obscurece vinculações setoriais importantes. Face ao peso da indústria extrativa de minério de ferro na economia de Minas Gerais, e sua integração bem definida ao complexo metal-mecânico, o setor de Minerais Não Metálicos (basicamente cimento, refratários e vidro) fica isolado em um sub-grupo único.

### III – Considerações Finais: complexos econômico espaciais

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma metodologia de identificação de *fuzzy clusters* e realizar um exercício de aplicação para a economia de Minas Gerais. A metodologia consiste na aplicação do algoritmo FANNY à matriz de acessibilidade espacial (V) proposta por SIMÕES (2003). Tal matriz conjuga – com o mesmo *status* analítico – a dimensão espacial e a dimensão das relações técnicas de produção. Os valores de cada elemento dessa matriz V representam a magnitude relativa dos constrangimentos espaciais intersetoriais causados pela boa ou má localização de setores industriais em determinada região, levada em consideração a intensidade de suas trocas. A análise individual de cada elemento desta matriz proporciona a identificação de gargalos à plena internalização na região em estudo dos efeitos multiplicadores provenientes de um suposto bloco de investimentos. Seria como que uma aproximação do padrão de vazamentos inter-regionais das relações de compra e venda intermediária e final.

A partir disso identificamos grupos de setores que possuam inter-relações técnicas e espaciais análogas e complementares, formando complexos industriais espaciais. Quer dizer, seriam cadeias produtivas – ou *filières* – que além de apresentar vinculações técnicas de compra e venda intermediária apresentariam, ao mesmo tempo, vinculações locacionais de forma a caracterizar complexos industriais no espaço. Para isto foi utilizado um método estatístico de classificação com lógica de conjuntos nebulosos: *fuzzy cluster*. A aplicação do algoritmo FANNY (*Fuzzy Analysis*), num exercício para a economia mineira, nos permitiu identificar agrupamentos intersetoriais e analisar o grau de integração interna dos mesmos, mostrando as porosidades das cadeias produtivas existentes e o isolamento de determinados setores. A utilização de lógica *fuzzy*, além do mais, permitiu-nos romper com as restrições dos métodos usuais, que classificam setores em apenas um agrupamento, ou seja, um setor pode fazer parte de mais de *cluster* ao mesmo tempo, situação desejável para enquadrar setores de insumos básicos, por exemplo.

Apesar dos interessantes resultados encontrados, o exercício de aplicação da metodologia proposta ficou relativamente comprometido pelo baixo grau de desagregação da Matriz de Insumo-Produto divulgada pelo IBGE, principalmente no tocante à exploração do potencial da metodologia para identificar a diversificação dos complexos e sub-complexos industriais no espaço, além da própria comparabilidade inter-temporal dos resultados. Se em 1980 a M I-P Brasil apresentava uma desagregação em torno de 100 setores, incluídos os sem significação econômica – excessivamente agregada se comparada aos mais de 600 setores relevantes da Matriz de Insumo-Produto divulgada pelo *US Bureau of Census* – os pouco mais de 40 setores da M I-P Brasil 1996 chegam a comprometer a própria possibilidade de utilização da mesma. Cabe, urgentemente, uma redefinição dos planos de construção e divulgação das matrizes de insumo-produto no Brasil, dado que este é um instrumento poderoso da definição de políticas tanto macroeconômicas como setoriais e mesmo regionais, como tentamos utilizar neste trabalho.

Para finalizar devemos frisar que a metodologia aqui proposta não é incompatível com os trabalhos que utilizam matrizes inter-regionais de insumo-produto. Essas últimas podem fornecer importantes indicações de política econômica como, por exemplo, a atualíssima avaliação de impactos inter-regionais da modificação do regime tributário brasileiro; impactos de substituição de importações etc. A vantagem do aqui proposto está em permitir analisar restrições e constrangimentos intersetoriais espacialmente, permitindo identificar: i) porosidades regionais em cadeias produtivas específicas; ii) setores elegíveis

como foco de políticas regionais de incentivo; e, não menos importante, iii) possibilidades de integração e adensamento regional de cadeias produtivas.

### **Referências Bibliográficas**

- ALBRECHT, D. E. Population trends in resource-dependent counties. Journal of the Community Development Society, 26: 155-168, 1995.
- AZZONI, C.R. *et al.* Matriz Inter-Regional de Insumo-Produto Minas Gerais / Resto do Brasil, 1996. Belo Horizonte: BDMG, 2002.
- BDMG. Economia Mineira: diagnóstico e perspectivas. Belo Horizonte: BDMG, 1989.
- BDMG. Minas Gerais do século XXI. Belo Horizonte: BDMG, 2002. 10v.
- BAROUCHE, J.M. & SAPORTA, G. Análise de dados, Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- BEYERS, W.B. Empirical identification of key sectors: some further evidence. E&P A, 8: 231-236, 1976.
- BEZDEK, J.C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, New York: Plenum Press, 1981.
- BRITTO, G. Abertura comercial e reestruturação industrial no Brasil: um estudo dos coeficientes de comércio. Campinas: UNICAMP/IE, (Dissertação de Mestrado) 2002.
- CHENERY, H. & WATANABE, T. International comparison of the structure of production. Econometrica, 26: 487-521, 1958.
- CLEMENTS, B. & ROSSI, J.W. Ligações interindustriais e setores-chave na economia brasileira. PPE, 22 (1) : 101-124, 1992.
- CROCOMO, F.C. & GUILHOTO, J.M.M. Interação dos setores econômicos entre as grandes regiões, em 1985: uma aplicação de insumo-produto. XVI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEC, Anais..., Vitória: ANPEC, 1998.
- CZAMANSKI, S.; ABLAS, L.A.Q. Identification of industrial *clusters* and complexes: a comparison of methods and findings. Urban Studies, 6(2), 1979.
- CZAMANSKY, S. Study of clustering of industries. Halifax: Institute of Public Affairs, Dalhousie University, 1974.
- DUARTE F<sup>a</sup>, F. C. & CHIARI, J. R. de P. Características estruturais da economia mineira: uma análise inter-regional de insumo-produto. Cadernos BDMG, 4:11-43, 2002.
- FESER E.J. & BERGMAN, E.M., National Industry *Cluster* Templates a framework for applied regional *cluster* analysis. Regional Studies, 34 (1): 1-19, 2000.
- FIEMG. Cresce Minas: um projeto brasileiro. Belo Horizonte: FIEMG, 2000.
- FLEGG, A. T., WEBBER, C. D. & ELLIOT, M. V. On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables. Regional Studies, 29 (6): 547-561, 1995.

- GERMAN, L. *et al.* Application of *cluster* analysis for developing a typology of regional economic growth.. SEEA Meeting, Mississippi, 1985.
- GHOSH, A. & CHAKRAVARTI, A. The problem of location of an industrial complex. In: CARTER A. P. & BRÓDY, A. (eds.). Contributions to input-output analysis. Amsterdam: North Holland, 1970.
- GROVE, D. M. & ROBERTS, C.A. Principal components and *cluster* analysis of 185 large towns in England and Wales. Urban Studies, 17(1): 17-77, 1980.
- GUILHOTO, J.M.M. Mudanças estruturais e setoriais na economia brasileira, 1960-1990. XIV ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMETRIA. Anais..., Campos do Jordão: SBE, 1992.
- GUILHOTO, J.M.M. Índices de ligações e setores-chave na economia brasileira: 1959/80. PPE, 24 (2): 287-314, 1994.
- GUILHOTO, J.M.M. Decomposition & Synergy: a study of the interactions and dependence among the 5 Brazilian macro regions. ERSA/RSAI, Conference, Dublin, 1999.
- HADDAD, E. A. A estrutura econômica de Minas Gerais: uma análise de insumo-produto. Nova Economia, Belo Horizonte, VIII Prêmio Minas de Economia, 1995.
- HADDAD, E.A. Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian experience. Ashgate: Aldershot, 1999.
- HARP, A.J. & FOSDECK, D. A typology of economic dependency via fuzzy cluster analysis, Idaho, IAESP, Working Papers nº 9711, 2000.
- HARRIS, T.R. *et al.* Application of fuzzy-set clustering for regional typologies. Growth and Change, 24(1): 155-163, 1993.
- IBGE. Censo industrial: Minas Gerais - censos econômicos, Série Regional, 2 (14). Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- IBGE. Matriz de Insumo-Produto Brasil – 1980, Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Série Relatórios Metodológicos, v.7)
- IBGE. Classificação de atividades econômicas e mudanças na classificação (s.l./s.d.) (mimeo).
- ISARD, W *et al.* Methods of regional and interregional analysis, Ashgate: Aldershot, 1998.
- KAGEYAMA, A. & LEONE, E.T. Uma tipologia de municípios paulistas com base em indicadores sociodemográficos. Campinas: UNICAMP/IE, 1999. (Textos para discussão; nº 66)
- KAUFMAN, L. & ROUSSEEUW, P.J. Finding groups in data: an introduction to cluster analysis. New York: Wiley, 1990.
- KLAASSEN, L. Method of selecting industries for depressed areas. Paris: OCDE, 1967.

- LATHAN, W.R. Needless complexity in the identification of industrial complexes. Journal of Regional Science, 16: 44-55, 1976.
- LEMOS, Mauro B. *et al.* Liberalisation and local innovative capabilities: the FIAT supplier network in Minas Gerais. In: CASSIOLATO, J.E. & LASTRES, H. M. M. (eds.) Systems of innovation and development: evidence from Brazil. Cheltenham: Edward Elgar, 2003.
- MANLY, B. F. J. Multivariate statistical methods: a primer. London: Chapman and Hall, 1986.
- MIYAMOTO, S. Fuzzy sets in information retrieval and cluster analysis, London: Kluwer, 1990.
- NEIT. Restrições setoriais ao crescimento econômico: uma avaliação da evolução do grau de utilização da capacidade. Campinas: UNICAMP/IE, 2003. (Nota Técnica; mimeo)
- Ó'HUALLACHÁIN, B. The identification of industrial complexes. ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS, Annals..., 74 (3) : 420-436, 1984.
- PAULA, J. A. de. (coord.) Biodiversidade, população e economia. Belo Horizonte: Cedeplar / EMVS / UFMG e PICDT/MCT, 1997.
- RAIS. Relação anual de informações sociais. RAIS TRAB / RAISESTB, 1996. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2000. CD-ROM
- RASMUSSEN, P. Studies in intersectoral relations. Amsterdam: North Holland, 1956.
- RICHARDSON, H. W. Insumo-produto e economia regional. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.
- ROEPKE, H.; ADAMS, D.; WISEMAN, R. A new approach to the identification of industrial complexes using input-output data. Journal of Regional Science, 14(1), 1974.
- S-PLUS. User's manual, 2000.
- SANTOS, F.B.; CROCCO, M.A. & SIMÕES, R.F. O arranjo produtivo calçadista de Nova Serrana, Minas Gerais. In: TIRONI, L.F. (coord.) Industrialização descentralizada: sistemas industriais locais. Brasília: IPEA, 2001.
- SIMÕES, R.F. Industrial Location and Intersectoral Linkages: a spatial accessibility methodology. Urban Studies, 2003 (submitted).
- SONIS, M. & HEWINGS, G.J.D. Fields of influence and extended input-output analysis: a theoretical account. In DEWHURST, J. *et al* (eds.) Regional input-output modeling: new developments and interpretations. Avebury, 1991.
- SONIS, M.; HEWINGS, J.D. & LEE, J.K. Interpreting spatial economic structure and spatial multipliers: three perspectives. Geographical Analysis, 26 (2): 124-151, 1994.
- WOODBERRY, M. *et al.* Mathematical typology: a grade of membership technique for obtaining disease definition. Computer and Biomedical Research, 11: 277-298, 1978.
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. Informational Control, 8:338-351, 1965.