

# Teoria das áreas monetárias ótimas: uma análise de *cluster* e redes neurais artificiais para o Mercosul

Luiz Carlos Ribeiro Neduziak\*

---

**Resumo:** O esforço de integração do MERCOSUL (Mercado Comum do Sul) completou, neste ano, 28 anos, marcados por avanços, recuos e sobressaltos. O comércio se intensificou e novos países tornaram-se membros, alguns plenos e outros associados. Não obstante os avanços, o bloco ainda se encontra na fase de uma união aduaneira incompleta, aparentemente “engessada”. O sonho da constituição de uma moeda única parece esvair-se no tempo e espaço. Nesse sentido, o presente trabalho visa verificar, empiricamente, a “consistência” do bloco econômico por meio do emprego de duas técnicas, uma de Estatística - análise de *cluster*, e outra de Inteligência Artificial (IA) - mapa de *Kohonen*. Foi selecionado um conjunto de variáveis socioeconômicas inspiradas na Teoria das Áreas Monetárias Ótimas (TAMO) com o objetivo de responder a seguinte pergunta: os países-membros do bloco (Argentina, Bolívia\*\*, Brasil, Paraguai, Uruguai e Venezuela) satisfazem, em termos de similaridade socioeconômica, aos critérios da TAMO? Os resultados apontam que não.

**Palavras-chave:** Integração Econômica; Comércio Internacional; Política Comercial; Redes Neurais Artificiais e Temas Relacionados

**Abstract:** The MERCOSUR has turned 28 years old this year covered with advances and withdrawals. The trade has increased; new countries have become members, some as full members and others have joined in as associate members. Despite the progress, the agreement has still been a customs union, apparently fossilized. The objective of coming up with a common currency has faded out. In this sense, this paper aims to verify empirically the consistency of the agreement by applying Artificial Neural Network (ANN) and Cluster Analysis. A range of social economic variables, inspired by the Optimum Currency Area Theory, has been chosen in order to respond the following question: Do the members (Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay, Uruguay and Venezuela) satisfy, in terms of economic similarities, the Optimum Currency Area (OCA) criteria? The answer to which has proven to be negative.

**Keywords:** Economic Integration; International Trade; Trade Policy; Neural Networks and Related Topics

**JEL Code:** F15; P45; F13; C45

---

\* Doutor em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor Assistente pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) e Professor Titular pela Faculdade de Estudos Sociais do Paraná (FESPPR). E-mail: luiz.neduziak@pucpr.br.

\*\* Apesar de a Bolívia ainda manter o status de membro-associado, optou-se por incluir o país na análise, tendo em vista que as negociações caminham para a incorporação do país ao bloco.

## 1. Introdução

A teoria econômica internacional postula que o grau de integração econômica pode variar de formas institucionais simples (da concessão de preferências tarifárias e compromissos de livre comércio à formação de uma união aduaneira) a formas mais complexas de integração regional (a criação de mercados comuns ou uniões econômicas, transcendendo a esfera meramente comercial e acentuando a mobilidade de fatores de produção e coordenação de políticas macroeconômicas e setoriais) (UNCTAD, 2007).

O ano de 2015 marcou o vigésimo quarto ano de existência do MERCOSUL, uma união aduaneira incompleta formada por Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Uruguai e Venezuela. São duas décadas e meia de esforços, avanços e retrocessos. Segundo a Unctad (2007), o comércio intrarregional entre os quatro primeiros membros do bloco (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai) cresceu rapidamente nos anos iniciais do esforço de integração (1990-1998). Isso se deu não somente como resultado do processo de integração em si, como também da demanda reprimida por importações na região.

O mesmo relatório aponta um crescimento no valor das exportações regionais de 8,9% em 1990 para 25,0% em 1999, apesar da contração verificada no ano de 2002 em 11%. Com a recuperação econômica verificada em anos posteriores, as exportações intrarregionais se expandiram mais rapidamente que as exportações médias. As importações intrarregionais, por seu turno, mostraram-se mais estáveis, na casa dos 20%, uma vez que houve uma equiparação no comércio de importação intra e extrarregional.

Muito embora o incremento no comércio intrarregional tenha sido substancial, sobretudo, no engatinhar do processo de integração, pouco se tem avançado a integração econômica regional, recentemente. Predomina ainda a forma institucional de uma união aduaneira incompleta, aparentemente “indisposta” a mudanças. O sonho da construção de uma moeda única parece esvair-se no horizonte próximo.

De acordo com a Teoria das Áreas Monetárias Ótimas (TAMO), alguns critérios devem ser satisfeitos, se se tem em mira o aprofundamento do processo de integração em direção à constituição de uma Área Monetária Ótima (AMO). Nesse sentido, o presente trabalho visa verificar se os países-membros do MERCOSUL satisfazem a esses critérios por meio do uso de dois ferramentais,

um de natureza Estatística (Análise de *Cluster*) e outro de IA (mapa de *Kohonen*). Como a ideia subjacente à análise de agrupamentos é classificar os objetos, neste caso países, em grupos mutuamente exclusivos, espera-se que todos os países-membros do bloco venham a pertencer a um mesmo grupo, independente da metodologia empregada. O emprego desses métodos é indicado quando o número de objetos é pequeno.

O presente trabalho está dividido da seguinte maneira. Além desta seção introdutória, a seção 2 discute os principais resultados da TAMO. A seção 3 apresenta as características das duas técnicas de análise empregadas. A seção 4 apresenta os resultados e, por fim, a conclusão.

## **2. A discussão acerca da teoria das áreas monetárias ótimas**

A união monetária, etapa última do processo de integração econômica, tem fomentado debates em torno dos critérios e mecanismos a partir dos quais tais arranjos podem ser empreendidos. Embora os primeiros *insights* possam ser atribuídos a Friedman (1953) e Meade (1957) ou mesmo a Abba Lerner (Lerner, 1944, 1947), o conceito de Áreas Monetárias Ótimas (AMOs) é, oficialmente, devido ao economista Robert Mundell (Mundell, 1961) que foi o primeiro a propor *de facto* a constituição de uma AMO, uma região geográfica dentro da qual as taxas de câmbio flexíveis e unificadas são capazes de promover a eficiência econômica.

A ideia subjacente à TAMO reside no estabelecimento de critérios ótimos para que determinados países possam abdicar de suas moedas em benefício da constituição de apenas uma unidade comum<sup>1</sup>; ou seja, cada país deve responder a seguinte pergunta: “vale ou não a pena abdicar à soberania da moeda nacional e adotar uma moeda única?”.

Os ensaios anteriores a Mundell (1961), em geral, enfatizavam o argumento da flexibilidade de preços e salários nominais. Quando as variáveis nominais são mais flexíveis entre os países que desejam uma moeda comum, o impacto da transição sobre a taxa de desemprego é menor e, por conseguinte,

---

<sup>1</sup> Alguns benefícios de uma AMO podem ser destacados: (i) reduzem a variabilidade do produto e a necessidade do uso da política monetária doméstica, já que a abertura age como um estabilizador automático (FRANKEL e ROSE, 1997); (ii) reduzem os custos de contabilidade e bolhas especulativas cambiais e melhoram a previsão dos preços relativos para as empresas que fazem negócios na região (OBSTFELD e ROGOFF, 1996); (iii) eliminam os custos de fronteira (custos de transação e tarifas de importação e exportação) e criam comprometimento comercial (ALESINA e BARRO, 2002); (iv) criam forças econômicas regionais (ROSE e ENGEL, 2002).

elimina-se a necessidade do uso do instrumento cambial como variável de ajuste; ou seja, se os preços internos forem tão flexíveis quanto a taxa de câmbio nominal, não fará diferença se o ajuste se der via câmbio ou preços relativos. Entretanto, raramente isso se verifica na prática, uma vez que os preços internos são, em geral, mais rígidos que a taxa de câmbio - a exemplo do salário nominal (FRIEDMAN, 1953).

Uma maneira de dar cabo a esse dilema seria por meio da integração do mercado de fatores (capital e trabalho) (MUNDELL, 1961). Os países cujos mercados de fatores sejam mais integrados apresentam maiores condições de resposta a distúrbios. A efetividade desse arranjo apenas seria viável se as moedas nacionais fossem substituídas por outra regional. Assumindo perfeita mobilidade de capital, o único impedimento à formação de uma AMO seriam as barreiras (culturais, linguísticas e institucionais) existentes no mercado de trabalho.

Uma outra característica importante está relacionada à integração dos mercados financeiros. Segundo Ingram (1962), a integração dos mercados financeiros regionais pode se tornar um instrumento poderoso em relação a ajustes de desequilíbrios externos. Desse modo, a taxa de câmbio nominal deixaria de ser o instrumento de ajuste externo, além da melhora de eficiência dos mercados financeiros ao ampliar a oferta de fundos e equacionar as taxas de juros dos países.

O grau de abertura da economia é também considerado um importante elemento de convergência. McKinnon (1963) utiliza o termo ótimo para designar um espaço geográfico dentro do qual os países apresentam economias baseadas no comércio internacional. Quanto maior a intensidade do comércio entre os países, maior a possibilidade de aprofundamento da integração econômica, uma vez que os preços dos bens e serviços tenderão a se alinhar de acordo com a lei do preço único. Nesse particular, a taxa de câmbio apenas refletiria as diferenças de preços relativos sem impactar o nível de competitividade dos países.

Partindo de uma crítica à proposição de Mundell acerca da mobilidade do fator trabalho, Kennen (1969) vai além ao condicionar o critério cambial ao grau de diversificação das economias. Economias mais diversificadas, em termos de produção e consumo, seriam menos vulneráveis a alterações abruptas nos termos de troca em função, por exemplo, da queda da demanda por exportações, reduzindo a volatilidade sobre a taxa de desemprego. Assim, os efeitos de

flutuações no nível de demanda por exportações<sup>2</sup> seriam mitigados pelo grau de diversificação da economia.

Nesse sentido, Fleming (1971) argumenta que elevadas taxas de inflação tem o poder de corroer os termos de intercâmbio causando distorções na taxa de câmbio. Desse modo, taxas de inflação baixas e estáveis seriam menos nocivas aos termos de intercâmbio, garantindo o equilíbrio externo do BP e liberando a taxa de câmbio do desempenho externo.

É nesse contexto que Frankel e Rose (1997) investigam o relacionamento entre o comércio internacional e a similaridade do ciclo de negócios. Um comércio internacional mais intenso pode resultar em ciclos de negócios mais correlacionados. Nesse sentido, ciclos de negócios mais similares implicam, em última instância, a constituição de um Banco Central único, cujos instrumentos serão sentidos da mesma maneira por todos os países (ARTIS e ZHANG, 1995; CAPORALE, PITTIS e PRODROMIDIS, 1999). Entretanto, para que esse critério se satisfaça, os países devem apresentar estruturas econômicas similares em termos de desenvolvimento e crescimento econômico.

De Larosière (2012) argumenta que discrepâncias econômicas e políticas podem obstar o processo de integração regional ou mesmo a formação de uma AMO. O problema reside nas dicotomias - economias pobres X economias ricas, economias fechadas X economias abertas. Essas discrepâncias podem acentuar o efeito de um choque regional principalmente sobre as economias mais frágeis da região. Portanto condições econômicas distintas (tais como diferenças no PIB per capita, produtividade, grau de desenvolvimento e diversificação etc.) criam condições para que a região se torne uma área não ótima sujeita aos reveses dos mercados – financeiro e de trabalho (MUNDELL, 1961).

Os critérios até então mencionados inserem-se no campo estrito da natureza econômica sem levar em conta, entretanto, os instrumentos de política que perpassam processos econômicos de integração. Apesar de haver um consenso de que os instrumentos de política fiscal são importantes mecanismos de transferência de renda, por exemplo, para regiões mais afetadas pela

---

<sup>2</sup> Em uma economia diversificada, possíveis flutuações na demanda por exportações diminuem a possibilidade de transmissão de choques e dirimem seus impactos sobre as economias domésticas. A mobilidade interna de fatores, tal como em Mundel (1961), não deixa de ser uma afirmação válida, pois uma vez sendo a economia doméstica diversificada, o número de oportunidades de emprego se eleva.

mobilidade de trabalho, pouco se tem abordado o tema (ANDRADE e DUARTE, 2015).

Segundo Sala-i-Martin e Sachs (1992) e Crespo-Cuaresma *et al.* (2011), os mecanismos de transferência fiscal são importantes não apenas em termos sociais como também para absorver choques regionais e reduzir a necessidade de realinhamento da taxa de câmbio nominal ou de ajustes recessivos traumáticos. Além disso, a confluência da política fiscal com a integração do comércio é um importante determinante da sincronia do ciclo econômico de negócios, ou seja, quanto maior o nível de integração do comércio, maior será a eficácia dos instrumentos fiscais (INKLAAR *et al.*, 2008).

Dadas as características idiossincráticas da política fiscal, os déficits podem tornar-se importantes fontes de assimetria e flutuações macroeconômicas entre os países. Além das metas fiscais, as autoridades econômicas devem perseguir o uso conjunto dessas metas com instrumentos monetários, uma vez que a política fiscal pode ter um efeito poderoso sobre a condução da política monetária. O critério final deve estar relacionado, portanto, à característica política do processo de integração relacionada ao cometimento da política fiscal.

De acordo com Crespo-Cuaresma *et al.* (2011), dentre esses critérios ora mencionados, destacam-se a integração comercial e a política fiscal como os mais importantes e robustos no que toca à explicação conjunta do ciclo de negócios. Obviamente que os cinco critérios não devem esgotar o rol de características desejadas à região, devendo outros ser levados em consideração. Tavlas (1993) afirma que diferentes AMOs podem ser definidas de acordo com diferentes tipos de critérios que se adotem; é o que chama de problema da inconclusividade da TAMO.

A partir de desenvolvimentos recentes no campo da macroeconomia, De Grauwe (1992) considera o surgimento de um novo paradigma “a nova teoria das áreas monetárias ótimas”. O que distingue o velho paradigma do novo é que a visão contemporânea tende a acentuar mais os benefícios que os custos da integração econômica em contraposição ao “velho paradigma”.

O relatório *One Market, One Money* (1991) da União Europeia (UE) aponta que não existe uma teoria ou um conjunto de preceitos que devam ser a última palavra em termos de normas a serem seguidas pelos países que desejam aprofundar o processo de integração e constituir uma AMO. Ao contrário, propõe-se que sejam analisados os benefícios e os custos associados a uma

AMO. De acordo com o mesmo relatório, os benefícios podem ser: (i) o ganho de eficiência e crescimento, por meio da eliminação da incerteza cambial e dos custos de transação, (ii) a estabilidade de preços, (iii) uma melhor conduta das finanças públicas, por meio da disciplina e coordenação fiscal; (iv) uma maior simetria a choques externos e, por fim, uma maior inserção internacional.

Mongelli (2002) aponta algumas características básicas da nova teoria. Em primeiro lugar, não se observa o *trade-off* clássico entre inflação e desemprego com expectativas adaptativas. Alguns proponentes sugerem que não existem custos associados à perda da soberania da política monetária e cambial, uma vez que a moeda é neutra. Em segundo lugar, assume-se maior credibilidade da política monetária no que toca ao controle inflacionário. Nesse sentido, é esperado um comportamento similar das taxas de inflação dos membros pertencentes a uma AMO. Em terceiro lugar, o mercado de trabalho, que pode apresentar um comportamento distinto diante de choques externos variando de acordo com o grau de centralização ou rigidez dos salários.

### 3. Metodologia econométrica

Para a realização do estudo econométrico, serão empregadas duas técnicas, uma de Estatística e outra de IA<sup>3</sup>. Com isso, o objetivo será o de verificar a maneira pela qual os cinco países-membros do MERCOSUL se agrupam, de acordo com características socioeconômicas. Primeiramente, será utilizada a análise de *cluster* ou agrupamentos e, por fim, o mapa de *Kohonen*.

A análise de *cluster* é uma técnica distinta dos métodos de classificação convencionais, uma vez que não se fazem pressuposições a priori acerca do número de grupos ou estrutura de agrupamento, ou seja, “os dados falam por si”. Desse modo, a partir de características selecionadas, deve-se esperar que os dados (objetos, entidades, países) se agrupem formando grupos com elevada homogeneidade interna e elevada heterogeneidade externa (DE CARVALHO, 2005).

Na literatura de técnicas multivariadas, existem dois métodos consolidados de implementação da análise de *cluster*, o método de agrupamento hierárquico e o não-hierárquico. O método de agrupamento hierárquico consiste,

---

<sup>3</sup> Segundo Haykin (2003), o que difere e discrimina as RNAs das demais técnicas estatísticas e de IA é a possibilidade de se aproximar funções de maneira universal. Desse modo, relacionamentos não lineares entre as variáveis podem ser facilmente capturados por meio do emprego das RNAs.

primeiramente, em formar tantos grupos quanto o número de observações da matriz de dados, tendo em vista o grau de similaridade que guardam entre si. Eventualmente, relaxa-se o critério de similaridade de modo que os subgrupos se fundam em um só. A diferença mais importante entre as duas metodologias reside no fato de que, na segunda, arbitra-se o número de grupos que se deseja, enquanto que, na primeira, busca-se encontrar uma estrutura natural de agrupamento.<sup>4</sup>

Segundo Johnson e Wichern (2007), as observações podem ser agrupadas levando-se em consideração algum critério de distância ou dissimilaridade<sup>5</sup>, tais como<sup>6</sup>:

1) a distância Euclidiana, a mais comum, que mede a distância geométrica entre duas observações de tamanho  $p$ ,  $\mathbf{x}' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$  e  $\mathbf{y}' = [y_1, y_2, \dots, y_p]$ , em um espaço multidimensional,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2}$ .

2) o quadrado da distância Euclidiana, cuja expressão é a raiz quadrada da anterior,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2$ .

3) a distância city-block ou *Manhattan*,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^p |x_i - y_i|$ .

4) a distância de *Mahalanobis* ou distância estatística,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{y})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{y})}$ .

5) a métrica de *Minkowski*,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^p |x_i - y_i|^n}$ . Para  $n = 1$ ,  $d(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  mede a distância city-block entre dois pontos no espaço  $p$ -dimensional. Para  $n = 2$ , torna-se a distância Euclidiana.

Os resultados da formação do agrupamento podem ser visualizados por meio de dendrogramas, que apresentam as diversas etapas de fusão das

<sup>4</sup> O método não hierárquico foge ao escopo deste trabalho, não sendo abordado. Optou-se por não trabalhar com esse tipo de algoritmo uma vez que o resultado final é muito sensível à ordem das observações. Por exemplo, caso seja alterada a maneira como se apresentam os dados ao algoritmo, o resultado final também será alterado (HAIR JR. *et al.*, 2005).

<sup>5</sup> Trata-se de uma medida de distância ou dissimilaridade uma vez que quanto menor a distância maior a similaridade entre as observações.

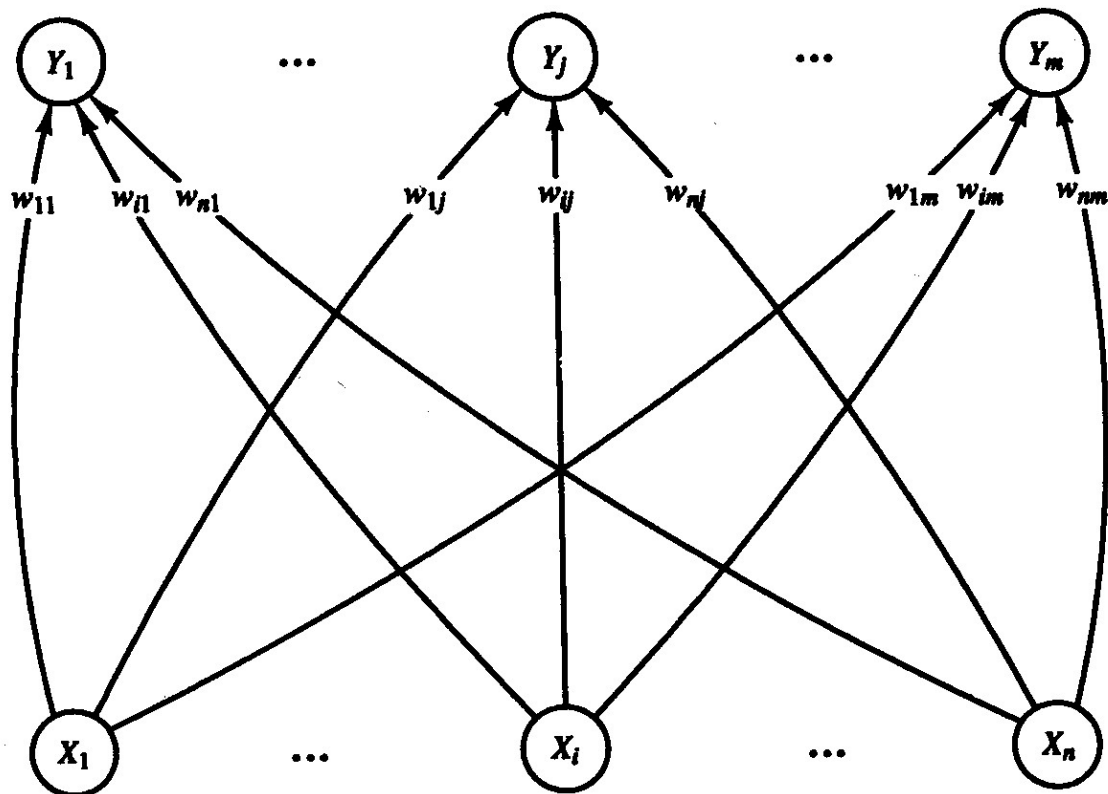
<sup>6</sup> Trata-se dos critérios de dissimilaridade mais utilizados. Pode-se mencionar ainda a métrica Canberra e o coeficiente de *Czekanowski*. É importante ter em mente que o critério de distância adotado é subjetivo. Muitas vezes, a distância pode ser calculada levando em conta a natureza do trabalho pesquisado ou a característica das variáveis de estudo (JOHNSON e WICHERN, 2007).

observações em diferentes grupos. A formação do *cluster* é possível tendo em vista o tipo de ligação que se define entre os diferentes grupos. Johnson e Wichern (2007) sugerem cinco tipos de ligações, as mais comuns, quais sejam: (i) ligações simples (ou vizinho mais próximo), ocorre quando os grupos são fundidos de acordo com a menor distância que guardam entre si, sendo  $d_{(UV)W} = \min\{d_{UV}, d_{VW}\}$ ; (ii) ligações completas (ou vizinho mais distante), resulta da fusão dos grupos de acordo com a maior distância, sendo  $d_{(UV)W} = \max\{d_{UV}, d_{VW}\}$ ; (iii) método das médias, quando os grupos são fundidos de acordo com a sua distância média, sendo  $d_{(UV)W} = \frac{\sum_k d_{Uk} + \sum_k d_{Vk}}{N_{(UV)} + N_W}$ ; (iv) método do centroide (HAIR JR. *et al.*, 2005) e (v) método de *Ward*, sendo  $ESS = \sum_{j=1}^N (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})'(\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})$ .

Uma maneira de se avaliar a qualidade da informação gerada pelo *cluster* é por meio da função de correlação cofenética. Se o agrupamento for válido, a correlação entre a ligação dos objetos no agrupamento e a distância entre eles deverá ser elevada e essa associação é medida pela função cofenética. A função cofenética compara esses dois valores e calcula sua correlação. A melhor solução de *cluster* terá correlação aproximadamente igual a um (JOHNSON e WICHERN, 2007).

Seguindo a mesma linha de análise de *cluster*, os mapas auto-organizáveis são ferramentas que possuem a habilidade de organizar dados complexos em grupos ou padrões não definidos a priori. De acordo com Carvalho (2005), os mapas auto organizáveis são estruturas em que cada neurônio coopera, através de sinapses excitatórias, com neurônios da vizinhança imediata, ou compete, através de sinapses inibitórias, com neurônios distantes dessa vizinhança. A arquitetura da rede de *Kohonen* pode ser descrita de acordo com o diagrama 2.

Diagrama 2 – Mapa auto-organizável de *Kohonen*



Fonte: Fausett (1993).

As unidades  $X_1$ ,  $X_i$  e  $X_n$  constituem o vetor de entrada com as informações referentes aos objetos de estudo. A direção da sinapse (informação) é do tipo *feedforward*, ou seja, sempre de baixo para cima, no mesmo sentido. O vetor  $W_{ij}$  refere-se ao vetor de pesos ponderados que dá a importância daquele sinal à rede. As unidades  $Y_1$ ,  $Y_j$  e  $Y_m$  constituem o vetor de saída cuja topografia irá depender do número de *clusters* arbitrados, que define quais neurônios irão aprender na vizinhança do neurônio vencedor formando a imagem ou mapa neural final (*cluster*).

Os processos dinâmicos de competição e cooperação são fundamentais para a formação dos mapas. Desse modo, um mapa neural será constituído por dois conjuntos (ou camadas) de neurônios denominados imagem (bidimensional) e domínio (multidimensional), de modo que a imagem será uma projeção das similaridades que se processam no âmbito do domínio. A ideia por trás do mapa de *Kohonen* consiste em estabelecer uma vizinhança  $R$ , na imagem, sobre a qual as observações do domínio irão se agrupar, tendo em vista as similaridades existentes entre as observações. Define-se também a taxa de aprendizagem ( $\alpha$ ),

que estabelece a velocidade com que a rede aprende bem como o cômputo da distância Euclidiana (D) entre as observações. Cada classe irá apresentar propriedades distintas.

O algoritmo de *Kohonen* pode ser descrito de acordo com os seguintes passos (FAUSETT, 1993):

Passo 0: inicializa os pesos  $w_{ij}$ , ajusta o parâmetro de vizinhança topológica (R) e a taxa de aprendizagem ( $\alpha$ ).

Passo 1: até satisfazer a condição de parada, passos 2-8

Passo 2: para cada vetor  $\mathbf{x}$  de entrada, passos 3-5

Passo 3: para cada  $j$ , computar:

$$D(j) = \sum_i (w_{ij} - x_i)^2.$$

Passo 4: identifica o menor  $D(j)$ .

Passo 5: para todas as unidades  $j$  na vizinhança  $J$  e para todo  $i$ :

$$w_{ij}(\text{novo}) = w_{ij}(\text{antigo}) + \alpha[x_i - w_{ij}(\text{velho})].$$

Passo 6: atualiza a taxa de aprendizagem.

Passo 7: reduz o raio de vizinhança topológica.

Passo 8: testa a condição de parada.

O código-fonte encontra-se no anexo e foi implementado por meio da linguagem MATLAB.

### 3.1 Os resultados econométricos

Para a análise econométrica, foram utilizadas variáveis relevantes à análise do processo de integração econômica, todas extraídas do sítio da CEPALSTAT<sup>7</sup>, para os países Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Uruguai e Venezuela.

$X_1$  = taxa de crescimento populacional urbana (2010\_2015)

$X_2$  = taxa de crescimento populacional rural (2010\_2015)

---

<sup>7</sup> Disponível em:

[http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e).

$X_3$  = relação de dependência demográfica, homens (2015)  
 $X_4$  = relação de dependência demográfica, mulheres (2015)  
 $X_5$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninos (2010\_2015)  
 $X_6$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninas (2010\_2015)  
 $X_7$  = linha de indigência e pobreza, em dólares (2011)  
 $X_8$  = grau de abertura da economia (2014)  
 $X_9$  = brecha externa (2014)  
 $X_{10}$  = formação bruta de capital fixo (2014)  
 $X_{11}$  = índice de preços do consumidor (2014)  
 $X_{12}$  = produção agrícola (2012)  
 $X_{13}$  = saldo em conta corrente (2014)  
 $X_{14}$  = saldo do balanço de pagamentos (2014)  
 $X_{15}$  = índice de relação do poder de compra das exportações (2014)  
 $X_{16}$  = dívida externa total/PIB, em percentual (2013)  
 $X_{17}$  = saldo da dívida pública total, interna e externa/PIB (2014)

Os resultados da análise de *cluster* podem ser depreendidos abaixo. A tabela 1 demonstra todas as possíveis combinações entre distâncias “i” e ligações “j” bem como os resultados da correlação cofenética. Nesse sentido, espera-se que quanto maior o valor da correlação entre a distância e o tipo de ligação, melhor a qualidade da formação do agrupamento.

**Tabela 1 – Correlação cofenética entre a distância “i” e a ligação “j”\***

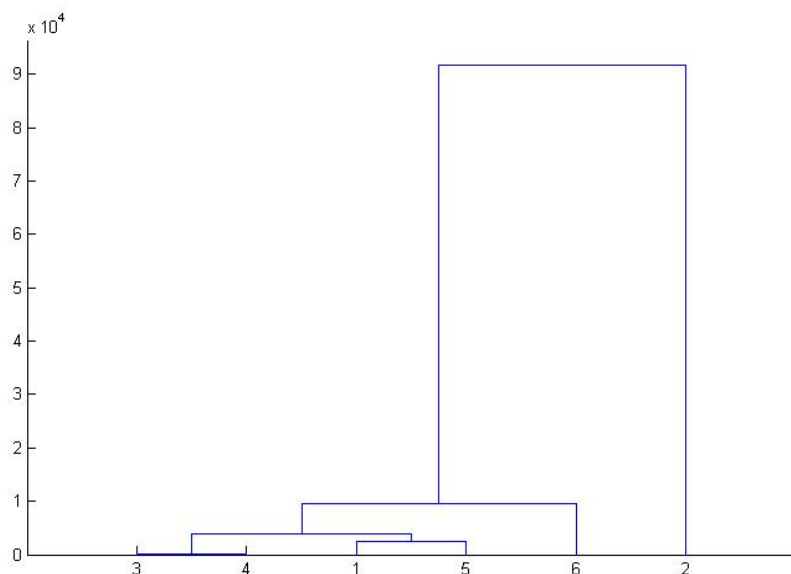
|                 |               |                                                        |
|-----------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| a <sub>11</sub> | 0.9977        | distância Euclidiana e ligação simples                 |
| a <sub>12</sub> | 0.9976        | distância Euclidiana e ligação completa                |
| a <sub>13</sub> | <b>0.9978</b> | distância Euclidiana e método das médias               |
| a <sub>14</sub> | <b>0.9978</b> | distância Euclidiana e método do centroide             |
| a <sub>15</sub> | 0.9977        | distância Euclidiana e método de Ward                  |
| b <sub>11</sub> | 0.8016        | quadrado da distância Euclidiana e ligação simples     |
| b <sub>12</sub> | 0.8299        | quadrado da distância Euclidiana e ligação completa    |
| b <sub>13</sub> | 0.8497        | quadrado da distância Euclidiana e método das médias   |
| b <sub>14</sub> | 0.8397        | quadrado da distância Euclidiana e método do centroide |
| b <sub>15</sub> | 0.8050        | quadrado da distância Euclidiana e método de Ward      |
| c <sub>11</sub> | 0.9974        | distância city-block e ligação simples                 |
| c <sub>12</sub> | 0.9974        | distância city-block e ligação completa                |
| c <sub>13</sub> | 0.9975        | distância city-block e método das médias               |
| c <sub>14</sub> | 0.9975        | distância city-block e método do centroide             |
| c <sub>15</sub> | 0.9975        | distância city-block e método de Ward                  |
| d <sub>11</sub> | 0.9977        | distância de Minkovski e ligação simples               |
| d <sub>12</sub> | 0.9976        | distância de Minkovski e ligação composta              |
| d <sub>13</sub> | <b>0.9978</b> | distância de Minkovski e método das médias             |
| d <sub>14</sub> | <b>0.9978</b> | distância de Minkovski e método do centroide           |
| d <sub>15</sub> | 0.9977        | distância de Minkovski e método de Ward                |

\*não foi calculada a distância de Mahalanobis. Sem o conhecimento prévio dos distintos grupos, não é possível estimar o parâmetro  $S^{-1}$ .

Fonte: elaboração própria (2015).

De acordo com a tabela 1, é possível depreender que, em geral, todas as correlações cofenéticas apresentaram valores elevados para todos os tipos de combinação. Entretanto, merecem destaque quatro tipos de arranjos os quais apresentaram as maiores correlações bem como valores idênticos (0.9978). Desse modo, será possível construir quatro dendrogramas do tipo: (i) distância Euclidiana e método das médias; (ii) distância Euclidiana e método do centroide; (iii) distância de Minkovski e método das médias e, por fim, distância de Minkovski e método do centroide. O mais interessante notar é que independentemente do arranjo ótimo, os dendrogramas são idênticos, ou seja, apresentam o mesmo padrão de agrupamento. Isso significa que de fato existe uma formação natural de agrupamentos, tal como sugere o quadro 1.

### Quadro 1 – Dendrograma para os tipos (i), (ii), (iii) e (iv)



Fonte: MATLAB (2014).

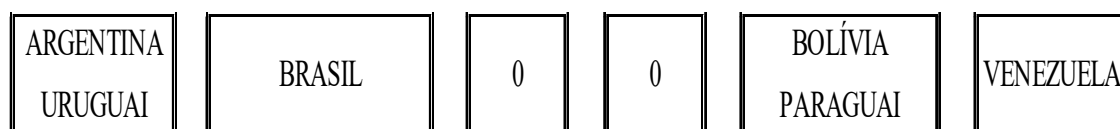
Portanto podem-se delimitar 4 grupos. O primeiro composto por Bolívia (3) e Paraguai (4), o segundo por Argentina (1) e Uruguai (5), o terceiro pela Venezuela (6) e o quarto pelo Brasil (2). Esse resultado leva a crer que, dadas as características analisadas, os países-membros do MERCOSUL apresentam elevada heterogeneidade entre si, salvo à homogeneidade interna no grupo. Nesse sentido, de acordo com a análise de *cluster*, verifica-se homogeneidade interna somente entre (Bolívia e Paraguai), (Argentina e Uruguai), (Venezuela) e (Brasil).

Por sua vez, a análise de RNAs foi empreendida da seguinte maneira. O experimento consistiu em delimitar um raio ( $R$ ) igual a  $1^8$ . Foi definida uma taxa de aprendizagem ( $\alpha$ ) de 0.5 bem como uma taxa de decrescimento de  $\alpha$  de 0.01. Kohonen (1982) sugere que a inicialização dos pesos seja feita de maneira aleatória e com valores pequenos de acordo com o intervalo  $[-0.5, 0.5]$ . Além disso, arbitrou-se um número máximo de 6 *clusters*, caso, no limite, não exista qualquer formação de agrupamento e os dados foram normalizados.

<sup>8</sup> A escolha de  $R = 1$  justifica-se pelo fato de que os dados foram normalizados com dois desvios-padrão para o conjunto de  $[0,1]$ . Algumas regras de bolso sugerem que, para dados normalizados para o conjunto  $[0,1]$ , deve-se utilizar um  $R = 1$ . Por outro lado, para dados padronizados, com média zero e variância um, o ideal seria trabalhar com um  $R = 4$ . O valor da vizinhança vai depender também do tamanho do mapa. Para uma amostra multivariada aproximadamente igual a  $(10 \times 10)$ , recomenda-se um valor de  $R = 4$ .

Os resultados do mapa de *Kohonen* sugerem um agrupamento semelhante ao encontrado na análise de *cluster*. A topologia linear abaixo (diagrama 1) descreve a maneira pela qual os países se agruparam na imagem neural. Os valores nulos significam que nenhum país ocupou aquela posição na topologia.

**Diagrama 1 – Topologia linear do agrupamento final**



Fonte: elaboração própria (2015).

Mais uma vez, Argentina e Uruguai ocuparam o mesmo grupo da mesma forma que Bolívia e Paraguai, enquanto que o Brasil e a Venezuela não pertenceram a quaisquer grupos. Isso leva a crer que: Em primeiro lugar, os países “gaúchos” do MERCOSUL, como era de se esperar, dadas as suas características culturais e econômicas, são mais propensos à integração que os demais países. As variáveis que mais se destacam, em termos de similaridade, são:  $X_3$  = relação de dependência demográfica, homens (2015);  $X_4$  = relação de dependência demográfica, mulheres (2015);  $X_5$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninos (2010\_2015);  $X_6$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninas (2010\_2015);  $X_{11}$  = índice de preços do consumidor (2014);  $X_{12}$  = produção agrícola (2012);  $X_{14}$  = saldo do balanço de pagamentos (2014);  $X_{15}$  = índice de relação do poder de compra das exportações (2014) e  $X_{17}$  = saldo da dívida pública total, interna e externa/PIB (2014).

Argentina e Uruguai são os países com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do bloco, 0.808 e 0.790 (2013), respectivamente. Daí a elevada similaridade com relação às variáveis  $X_3$  = relação de dependência demográfica, homens (2015);  $X_4$  = relação de dependência demográfica, mulheres (2015);  $X_5$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninos (2010\_2015) e  $X_6$  = taxa de mortalidade de menores de 5 anos, meninas (2010\_2015), que representam, *grosso modo*, o nível de bem-estar da população. Além disso, é importante notar que ambos os países apresentam uma estrutura macroeconômica parecida de acordo com as variáveis  $X_{11}$  = índice de preços do consumidor (2014);  $X_{12}$  = produção agrícola (2012);  $X_{14}$  = saldo do balanço de pagamentos (2014);  $X_{15}$  = índice de relação do poder de compra das exportações (2014) e  $X_{17}$  = saldo da

dívida pública total, interna e externa/PIB (2014), apresentando valores moderados se comparados aos demais países.

Em segundo lugar, o Brasil se diferencia dos demais países principalmente pela grandeza das variáveis  $X_{13}$  = saldo em conta corrente (2014) (maior déficit);  $X_{14}$  = saldo do balanço de pagamentos (2014) (maior valor);  $X_{15}$  = índice de relação do poder de compra das exportações (2014) (menor valor);  $X_{16}$  = dívida externa total/PIB, em percentual (2013) (menor valor);  $X_{17}$  (maior valor), que são variáveis fortemente discriminatórias. Percebe-se que se trata, *grosso modo*, de variáveis relacionadas à economia internacional, um ponto chave para se entender o isolamento do Brasil.

Nesse sentido, é possível afirmar que o fato de o Brasil ser uma economia relativamente fechada, dado o tamanho de sua economia, infligiria impactos significativos sobre o processo de integração uma vez que, comparado aos demais, apresentou: (i) o maior déficit em transações correntes; (ii) o maior superávit no BP, indicando que o fluxo líquido de capitais é maior em direção à economia brasileira; (iii) o menor poder de compra das exportações; (iv) a menor dívida externa e, por fim, (v) a maior dívida interna (dadas as suas características continentais).

Em terceiro lugar, Bolívia e Paraguai destacam-se, sobretudo, pelas suas características econômicas internas relacionadas às variáveis  $X_1$  = taxa de crescimento populacional urbana (2010\_2015),  $X_3$  = relação de dependência demográfica, homens (2015);  $X_4$  = relação de dependência demográfica, mulheres (2015);  $X_{10}$  = FBKF (2014), e uma externa,  $X_9$  = brecha externa (2014). Pode-se depreender que: (i) ambos os países apresentaram a maior taxa de crescimento populacional urbano no conjunto dos países do MERCOSUL; (ii) a maior relação de dependência de homens e mulheres; (iii) a maior FBKF e, por fim, (iv) a maior brecha externa (aqui há uma exceção apenas para o Paraguai que apresenta o maior valor e que se iguala à Venezuela).

Por fim, a Venezuela apresenta um padrão de características oposto ao do Brasil e dos demais grupos em relação às variáveis  $X_2$  = taxa de crescimento populacional rural (2010\_2015) (próximo a zero);  $X_7$  = linha de indigência e pobreza, em dólares (2011) (maior valor);  $X_8$  = grau de abertura da economia (2014) (menor valor);  $X_9$  = brecha externa (2014) (maior valor e idêntico ao Paraguai);  $X_{10}$  = FBKF (menor valor);  $X_{11}$  = índice de preços do consumidor (2014) (maior valor);  $X_{13}$  = saldo em conta corrente (2014) (maior valor);  $X_{14}$  =

saldo do balanço de pagamentos (2014) (menor valor) e  $X_{15}$  = índice de relação do poder de compra das exportações (2014) (maior valor).

O padrão de algumas variáveis venezuelanas é bem distinto do observado para o Brasil, uma vez que se observou um “agrupamento” isolado para os dois países, independente da técnica empregada. É interessante notar que, enquanto a Venezuela apresenta um saldo do balanço de pagamentos deficitário e um saldo em transações correntes superavitário, o Brasil apresenta um quadro diametralmente oposto. Da mesma forma, a inflação naquele país é bem maior que a brasileira e o Investimento menor.

#### **4. Conclusão**

Até o momento, são 24 anos de esforço de integração no MERCOSUL. Foram alguns avanços, que vão desde a intensificação de um comércio, ainda tímido, à construção de algumas regras. Entretanto, o bloco sequer completou a fase de união aduaneira. As características socioeconômicas bastante distintas dessas economias parecem obstar o processo de integração regional, sem sequer levar em conta as variáveis de natureza política como a corrupção, o *modus operandi* da política e a cultura e como essas características podem afetar a integração econômica.

Todos esses resultados levam a crer que o objetivo de integração econômica do MERCOSUL, apesar dos esforços empreendidos até então, deve ser revisto, em termos de política internacional. Talvez para o Brasil, e, incluso, para os demais países do bloco, seja mais interessante buscar acordos bilaterais de comércio, uma vez que arranjos desse tipo tendem a ser menos complexos e burocráticos se comparados ao próprio bloco que se baseia em decisões consensuais.

Como destacado pelos principais proponentes da TAMO, é importante que os países pretendentes à união monetária, etapa finda do processo de integração, apresentem um desempenho macroeconômico minimamente similar, em termos de variáveis tais como: (i) a estrutura do mercado de trabalho, (ii) o grau de abertura da economia ao comércio internacional, (iii) o saldo monetário das transações de bens e serviços com o resto do mundo, (iv) o nível de desenvolvimento industrial, entre outras. O que aponta a TAMO é que países interessados em aprofundar o processo de integração regional devem apresentar

menos diferenças que similaridades e os resultados do emprego das técnicas estatísticas e de IA parecem corroborar o contrário.

A análise de *cluster* e o mapa de *Kohonen* são técnicas empregadas quando se deseja descobrir conhecimento de maneira não supervisionada, isto é, deixando os dados falarem por si. Em particular, as RNAs baseadas em competição, tal como o mapa de *Kohonen*, apresentam a vantagem de ser aproximadores universais de funções, isto é, de capturar relacionamentos não lineares entre as variáveis econômicas, as quais são por natureza não lineares. As RNAs são uma técnica distinta das técnicas multivariadas pois, apesar de os grupos guardarem semelhanças entre si, devem diferir em algum atributo discriminatório. Além disso, as redes neurais possuem capacidade inata de adaptar seus pesos de acordo com a volatilidade do meio ambiente. Isso é particularmente importante quando o vetor de informações é *não estacionário*.

Nesse sentido, o resultado empírico demonstrou que os países do MERCOSUL constituem um agrupamento misto formado por (Argentina e Uruguai), (Bolívia e Paraguai), (Brasil) e (Venezuela), dadas as características socioeconômicas analisadas. Desse modo, cabe indagar se o que tem levado à inclusão de novos membros ao bloco não está mais relacionado a decisões na esfera política que na econômica.

Obviamente, o presente estudo não pretendeu ser a última palavra no tema. De acordo com o que vem sendo apontado por alguns autores, a exemplo do relatório *One Market, One Money*, o que se observa é um desvio qualitativo em relação à TAMO, uma vez que esta teoria postula quais as características ideais para a formação de um espaço ótimo de integração enquanto que, em prática, dever-se-ia responder a seguinte pergunta: quais as competências monetárias, econômicas e sociais esperadas de uma determinada área geográfica? Desse modo, o processo de constituição de uma AMO deve ser entendido como sendo um fenômeno complexo e multifacetado e que perpassa critérios estritos de natureza econômica.

Assim sendo, a “nova” teoria das AMOs veio demonstrar que existem menos custos, em termos de perda de soberania das políticas macroeconômicas, do que se imaginava e que integrar pode implicar as vezes maiores benefícios que custos.

## Referências

ALESINA, A.; BARRO, J. R.; TENREYRO, S. Optimal currency areas. NBER Working Paper, Cambridge, n. 9072, 2002. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w9072.pdf>> Acesso em: 28/5/2011.

DE CARVALHO, V. A. L. Datamining: a Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração. Ciência Moderna: 2005.

DE LAROSIÈRE, J. The long-term outlook for the European project and the single currency. Occasional Paper, n. 84. Washington, D. C.: The Group of Thirty, 2012.

FAUSETT, L. Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications. Pearson, 1993.

FLEMING, J. M. On exchange rate unification. The Economic Journal, v. 81, p. 467-488, 1971.

FRANKEL, J., ROSE, A. The Endogeneity of the Optimum Currency Area Criterium. NBER Working Paper, n. 5700. Cambridge, 1996. Disponível em: <[http://www.nber.org/papers/w5700.pdf?new\\_window=1](http://www.nber.org/papers/w5700.pdf?new_window=1)>. Acesso em: 5/5/2011.

FRIEDMAN, M. The case for flexible exchange rates. In: Essays in Positive Economics. Chicago: University of Chicago Press, 1953.

HAIR JR. J. F. *et al.* Análise Multivariada de Dados. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INGRAM, J. C. The case for the european monetary integration. Essays in International Finance, n. 98, 1978.

INKLAAR, R.; JONG-A-PIN, R.; HAAN, DE JAKOB. Trade and Business Cycle Synchronization in OECD countries a re-examination. European Economic Review, n.52, p. 646-666, 2008.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied Multivariate Statistical Analysis. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988.

HAYKIN, S. Redes Neurais: princípios e práticas. Porto Alegre: Bookman, 2003.

KENEN, P. B. Theory of optimum currency areas: an eclectic view. In: MUNDELL, A. R., SWOBODA, K. A. (eds.). Monetary problems of the international economy. Chicago: University of Chicago Press, 1969.

MCKINNON, R. Optimum currency areas. American Economic Review, n. 53, p. 717- 724, 1963.

MONGELLI, F. P. “New” views on the Optimum Currency Area Theory: What is EMU telling us? ECB Working Paper n. 138, 2002.

MUNDELL, R. A. A theory of optimal currency. American Economic Review, n. 51, p. 657- 665, set. 1961.

OBSTFELD, M.; ROGOFF, K. Foundations of international macroeconomics. Cambridge University Press, 1996.

ROSE, A., ENGEL, C. Currency Unions and International Integration. NBER Working Paper, n. 7872. Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research, 2002.

TAVLAS, G. S. The ‘new’ theory of optimum currency areas. The World Economy, n.16, p. 663-685, 1993.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). Trade and Development Report - 2007. Geneve: United Nations Conference on Trade and Development, 2007.

UNIÃO EUROPEIA (UE). One Market, One Money: an evaluation of the potential benefits and costs of forming an economic and monetary union. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/economy\\_finance/publications/publication7454\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/publication7454_en.pdf)>. Acesso em: 01 de jul. 2015.

## **Anexos**

```
%
clear
clc
%Dados
    %Taxa de aprendizagem
    % alfa(0)
    alfa=0.5;
    %taxa de redução do alfa
```

```

%Formula de redução:  $\alpha(t+1) = \text{redu} * \alpha(t)$ 
redu=0.01;
%Numero maximo de agrupamentos
clust=6;
%vizinhança
R=1;
%Numero maximo de iterações
iter=1000;
%Numero de iterações para reduzir a vizinhança
viz=300;
%Normalizar dados?
% 1 SIM
% 0 NÃO
normaliza=1;
% s: matriz de dados de entrada
%Lendo os dados de entrada.
arquivo=importdata('dados1.txt');
s=arquivo;

%Variaveis
%Inteiras:
    % i, j, k, l : são usados como índice;
    % m, n : dimensão dos dados de entrada;
    % parada: acumula o numero das iterações;
    % iter: numero maximo de iterações;
    % normaliza: criterio para normalização ou não dos dados;
    % maior: vizinho "i+1";
    % menor: vizinho "i-1";
    % clust: numero maximo de agrupamentos;
    % ind: indice do valor minimo do vetor de distancias;
    % viz: numero de iterações para atualizar a vizinhança;
    % agrupamentos: acumula elementos pertencente a ao grupo.
%Reais:
    % alfa: taxa de aprendizagem;
    % w: pesos;
    % x: dados de entrada;
    % desvio: desvio padrão dos dados;
    % media: media dos dados;
    % aux: auxiliar;
    % soma: auxiliar;
    % d: vetor de distancias;
    % vmin: valor minimo do vetor de distancias;

%Tamanho dos dados guardados em s
[m,n] = size(s);
%Separa os dados de entrada

```

```

for i=1:m
    for j=1:n
        x(i,j)=s(i,j);
    end
end
%É criado os vetores e matrizes com valor 0. No decorrer do programa os
%valores são atualizados.
w=zeros(n,clust);
d=zeros(1,clust);
agrupamentos=zeros(1,clust);
media=zeros(1,n);
desvio=zeros(1,n);
aux=1;
%Cria valores aleatorios entre -0.5 e 0.5.
rng shuffle;
w=-0.5+(0.5-(-0.5))*rand([n,clust]);
fprintf('%s','Matriz de pesos inicial:');
fprintf('\n');
fprintf([repmat('%d\t', 1, size(w, 2)) '\n'], w)
%Normalização dos dados
if normaliza==1
    media=mean(x);
    desvio=std(x);
    %Normalizando
    for j=1:n
        for i=1:m
            x(i,j)=(x(i,j)-media(j))/(2*desvio(j));
        end
    end
end
parada=1;
%Passo 1: Inicio do treinamento;
while parada<=iter
    %Passo 2: Para toda entrada do vetor x;
    for i=1:m
        %Passo 3: Para todo J, calcule:
        for j=1:clust
            soma=0;
            for k=1:n
                soma=soma+(w(k,j)-x(i,k))^2;
            end
            d(1,j)=soma;
        end
        %Passo 4: Valor de J tal que d(J) seja minino.
        [vmin, ind]=min(d);
        %Passo 5: Para toda a unidade j com a respectiva vizinhança de J

```

```

%e para todo i.

%Atualiza w do vencedor
for k=1:n
    w(k,ind)=w(k,ind)+alfa*(x(i,k)-w(k,ind));
end
%Atualiza a vizinhança
menor= ind;
maior= ind;
for l=1:R
    menor=menor-1;
    maior=maior+1;
    if maior<=clust
        for k=1:n
            w(k,maior)=w(k,maior)+alfa*(x(i,k)-w(k,maior));
        end
    end
    if menor>=1
        for k=1:n
            w(k,menor)=w(k,menor)+alfa*(x(i,k)-w(k,menor));
        end
    end
end
end
%Passo 6: Redução da taxa de aprendizagem
if alfa>0
    alfa=alfa*redu;
end
%Passo 7: Reduzir raio da vizinhança;
if parada==aux*viz & R>0
    aux=aux+1;
    R=R-1;
end
%Passo 8: testar condição de parada.
parada=parada+1;
end
% Agrupando:
for i=1:m
    %Calculando a distancia de x aos clusters
    for j=1:clust
        soma=0;
        for k=1:n
            soma=soma+(w(k,j)-x(i,k))^2;
        end
        d(1,j)=soma;
    end
end

```

```

    % A menor distancia e o indice da menor distancia
    [vmin, ind]=min(d);
    fprintf('\n');
    fprintf('%s','Entrada:');
    fprintf('%7.4f ',i);

    agrupamentos(1,ind)=agrupamentos(1,ind)+1;
    fprintf('%s',' Foi agrupada no grupo:');
    fprintf('%7.4f ',ind);
    fprintf('\n');
end
fprintf('\n');
fprintf('%s','Elementos por grupo:');
fprintf('\n');
fprintf('%7.4f ',agrupamentos);
fprintf('\n');
fprintf('%s','Matriz de pesos após o treinamento:');
fprintf('\n');
fprintf([repmat('%d\t', 1, size(w, 2)) '\n'], w)

```