

# APLICACIÓN DEL MÉTODO ELECTRE III EN LA CLASIFICACIÓN DE CLÚSTERES DE ARTESANÍAS

*Application of the method Electre III in the classification of handicrafts clusters*

Fecha de recibo del artículo: Julio de 2011 - Fecha de aceptación: Septiembre de 2011

Fabricio Molica de Mendonça

Universidade Federal de São João del Rei - Minas Gerais, Brasil. fabriciomolica@yahoo.com.br

Carlos Eduardo Durange de Carvalho Infante

Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE – Centro de Tecnologia - Rio de Janeiro, Brasil. eduinfante@pep.ufrj.br

Rogério de Aragão Bastos do Valle

Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE – Centro de Tecnologia - Rio de Janeiro, Brasil. valle@pep.ufrj.br

## RESUMEN

En el presente artículo se muestran los resultados del estudio que busca aplicar el método Electre III para clasificar cuatro aglomerados productivos de micro y pequeñas empresas, localizados en el Estado de Minas Gerais (Brasil), en relación con la capacidad de desarrollar estrategias de supervivencia, por medio de relaciones con proveedores, clientes y distribuidores, competidores y con instituciones públicas y privadas de apoyo. El efecto conjunto de esas variables es lo que define la capacidad que ellas poseen de desarrollar estrategias competitivas. Los resultados permitirán concluir que el agrupamiento de productores de artefactos de desechos de madera es lo que está más articulado en relación con el conjunto de factores de éxito de un aglomerado, seguido por los aglomerados de productos en telares y hierros, que se presentan indiferentes entre sí.

## Palabras clave

Evaluación de desempeño, análisis de robustez, Electre III, agrupamiento de MPE.

## ABSTRACT

This article shows the results from the study that tries to find out the application of the method Electre III to classify four production clusters of micro and small enterprise, located in Minas Gerais (Brazil), in relation to the ability to develop a survival strategy, through the relationship with the supplier and the customer or distributor, with competitors and public and private support. The combined effect of these variables defines the ability they have to develop competitive strategies. The results showed that the grouping of producers of wood demolition is what is most articulate in relation to a set of success factors of a cluster, followed by clusters of products and iron looms, which are apparently indifferent to each other.

## Keywords

Performance evaluation, robustness analysis, Electre III, MSE's enterprises.

## INTRODUCCIÓN

Gran parte de las actividades productivas en Brasil son realizadas por micro y pequeñas empresas. Por un lado, tales empresas poseen una ventaja de flexibilidad en virtud de sus capacidades de adaptarse a la dinámica del mercado y, por otro lado, enfrentan una desventaja de la vulnerabilidad trazada por la difícil concurrencia con empresas mayores. En los últimos años, tales empresas han sido consideradas fundamentales para el desarrollo local y regional del país; por eso, es importante la realización de estudios orientados a su desarrollo.

Sin embargo, se conoce que las micros y pequeñas empresas pueden sobrevivir cuando se agregan en aglomerados productivos, a fin de obtener externalidades positivas geográficas y funcionales, que comprenden desde un mayor poder de negociación con los proveedores y distribuidores hasta una mayor gerencia sobre la forma de producir. Por medio de la colaboración, se consiguen mejores resultados en virtud de óptimos costos, mejor calidad del producto, mayor influencia sobre los agentes económicos y mayor poder para enfrentar la competencia.

Los aglomerados de micros y pequeñas empresas pueden conseguir éxito, en la medida en que: a) estrechen las relaciones con el mercado de proveedores, de modo que obtengan ventajas competitivas en relación con precios, plazos y cantidades de insumos; b) estrechen relaciones con el mercado comprador, con el fin de obtener mayor información sobre la demanda, establecer sociedades con clientes, practicar una política de precio y plazo compatible con la realidad de la empresa; c) aumenten el nivel de cooperación entre las empresas competidoras, de modo que puedan resolver problemas en común y establecer intercambios saludables de información; y d) mantienen un sistema de proximidad con instituciones públicas y privadas de apoyo [6] [19]. El efecto conjunto de esas variables sobre el aglomerado es lo que garantiza un mayor o menor grado de articulación de esas micros y pequeñas empresas, en el sentido de desarrollar estrategias competitivas, garantizando la flexibilidad y productividad, además de reducir la vulnerabilidad.

Como un intento de analizar la eficiencia de esos aglomerados, se hacen necesarios estudios en el área de Modelos Multicriterio para la Toma de Decisiones (AMD). Dentro de los diversos modelos y metodologías desarrollados hasta ahora, se destacan los métodos de la familia ELECTRE y, en especial, el método ELECTRE III [27] [28] [29] que se destina a tratar los problemas de ordenamiento de alternativas, introduciendo ponderaciones en los criterios adoptados.

El presente trabajo tuvo como objetivo clasificar, por medio del método multicriterio Electre III, el desempeño de cuatro redes formadas por micro y pequeñas empresas de base artesanal, localizadas en la región de Campo das Vertentes, en el Estado de Minas Gerais, en función de la capacidad de desarrollar estrategias competitivas, teniendo como referencia el efecto conjunto de variables lingüísticas que traducen los cuatro factores ya mencionados: 1) grado de relación con el proveedor; 2) grado de relación con el cliente o distribuidor; 3) grado de relación con los competidores localizados en la misma área geográfica; y 4) grado de relación con instituciones públicas y privadas de apoyo.

La selección del método Electre III se justifica, pues fue originalmente desarrollado por Roy [29] para incorporar la naturaleza (imprecisa e incierta) fuzzy al ordenamiento de alternativas de mejoramiento para priorizar, utilizando los umbrales de indiferencia y preferencia. Así, dicho método se torna el más apropiado para integrar diferentes variables lingüísticas de modo que se seleccione la mejor entre todas las alternativas; es decir, una red a la cual las empresas estén más articuladas.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Métodos de sobre-clasificación – la familia Electre

La sigla ELECTRE significa Eliminación y Selección como expresión de la realidad (Elimination et Choix Traduisant la réalité). Consiste en una familia de métodos pertenecientes al área de Auxilio Multicriterio a la Toma de Decisiones (AMD) que fue desarrollada y aplicada por primera vez por Roy & Bouyssou [26] y por Roy [29] con la finalidad de resolver un problema de selección de una mejor acción (alternativas) de un conjunto de acciones, teniendo en consideración varios criterios que influenciaban la selección. Luego fue aplicado para resolver tres problemas que envuelven una decisión: la selección, la clasificación y su ordenamiento [28]. Hoy es considerado como un método más robusto de análisis que envuelve el multicriterio.

Una de las características principales que distingue a Electre de muchos otros múltiples métodos de solución es que este es fundamentalmente un método no-compensatorio. Esto significa, en particular, que buenos resultados en algunos criterios no pueden compensar uno o más resultados muy malos en otros criterios. Otra característica de ELECTRE es que permite la incomparabilidad, la que no debe ser confundida con indiferencia —ocurre entre algunas alternativas a y b, cuando no hay evidencia clara a favor de algún tipo de preferencia o indiferencia [26]—.

Con el pasar de los años, el ELECTRE, para atender las diferentes demandas para soluciones de problemas multicriterios que fueron surgiendo, evolucionó a las versiones I, II, III, IV IS y TRI (árbol Electre) [9] [10]. Todas esas versiones están ba-

sadas en los mismos conceptos fundamentales, mas ellas difieren tanto en términos operacionales como en el tipo de problema de decisión que se va a resolver. La versión I es usada para problemas de selección. Las versiones II, III y IV para problemas de clasificación y la versión TRI para soluciones de problemas de atribución [26]. Se especifica cada una de esas versiones:

- a) La versión Electre I fue proyectada para tratar los problemas de selección por medio de relaciones de reclasificación a partir de índices de concordancia y discordancia, mediante comparaciones entre pares. Por medio de esa versión, entre tantas alternativas, se puede escoger la mejor, mediante la actuación de las mismas en los criterios seleccionados. Ese método utiliza pesos para ordenar la importancia de los criterios. Por ejemplo, el trabajo realizado por Almeida & Costa [3] buscó, por medio de Electre I, seleccionar, dentro de un conjunto de equipos, aquellos que representan mejor condición de uso, tomando como criterios: riesgo de seguridad para el ser humano y las instalaciones; riesgos al medio ambiente y pérdidas de producción;
- b) La versión Electre II fue una apropiación de la versión I, usada para ordenar alternativas (clasificación), a partir de un conjunto de índices de concordancia y discordancia asociado a la atribución de pesos a los criterios. La meta en la utilización de ese método no es escoger la mejor sino clasificarlas. Como ejemplo, se puede citar la aplicación de esa versión por Costa, Motta & Gutiérrez [7] en la solución de problemas de clasificación de desempeño de docentes en relación con su producción académica;

- c) La versión III tiene como finalidad ordenar alternativas, como la versión II. Sin embargo, en esta versión Roy [29] incorpora la metodología fuzzy en la construcción del cálculo de ordenamiento de alternativas, permitiendo la generación de pseudo-criterios. El abordaje fuzzy de esa versión permite la incorporación de las imprecisiones e incertezas del proceso de toma de decisiones, fijando los umbrales de preferencia e indiferencia. El ordenamiento de alternativas de mejora para la priorización es conseguida por medio de la introducción de ponderaciones en los criterios. Por ejemplo, para solucionar un problema de ordenamiento de un conjunto de equipos en función de los criterios de riesgo de seguridad, riesgos al medio ambiente y pérdidas de producción, por medio de Electre III se puede incorporar el punto de vista del usuario, conforme fue usado por Freitas, Rubim & Manhães [11]. Otras aplicaciones exitosas de esta versión son encontradas en Abreu [1], Al-Kloub, Al-Shemmeri & Pearman [2], Hokkanen & Salminen [15], Roger & Bruen [24] y Roger, Bruen & Mays-tre [25], donde se estudió el manejo óptimo de residuos sólidos, estrategias ambientales y planeamiento energético.
- d) La versión IV, al igual que la versión III, tiene como objetivo ordenar alternativas de mejora; sin embargo, es utilizada en problemas en que no se puede introducir cualquier ponderación en los criterios y/o que el agente de decisión no quiera determinar pesos o criterios. De esa manera, se obtiene una solución por medio de una secuencia de relaciones de superación agrupadas. Esa versión fue creada para tratar, específicamente, el problema de planeamiento urbano presentado en Hugonnard & Roy [16]. En Brasil, por ejemplo, Mendonça [20] aplicó ese criterio para evaluar proyectos de SEBRAE. Otra aplicación interesante se encuentra en Shanian & Savadogo [30], donde se estudian placas bipolares de po-

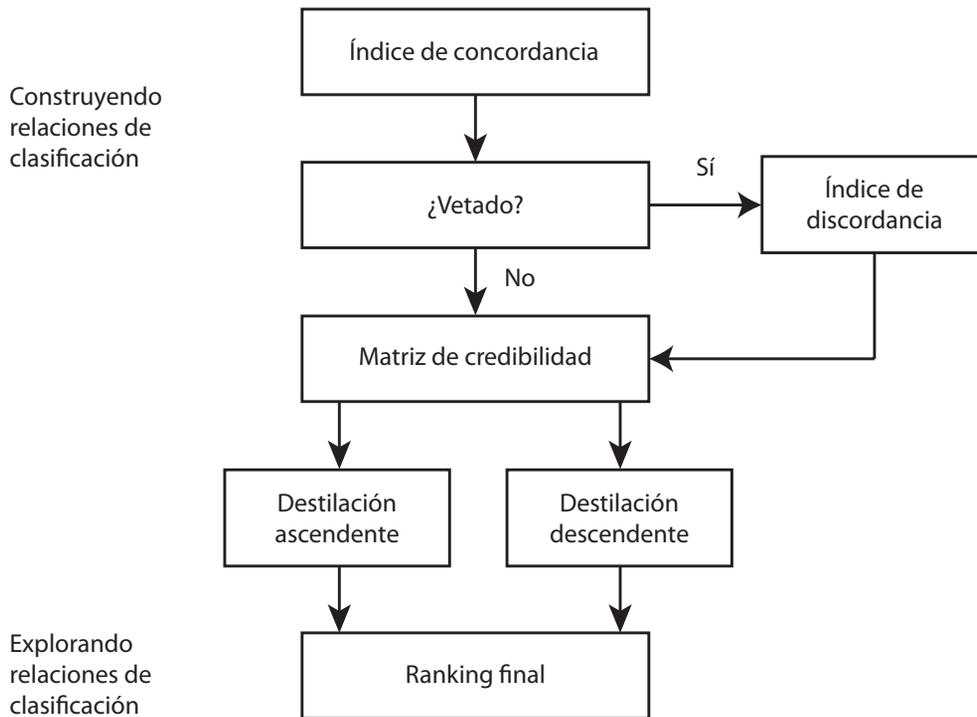
límero de célula electrolítica de membrana de combustible.

- e) La versión IS puede ser considerada también una evolución de la versión I, en tanto esa versión se diferencia por el hecho de permitir que sean aplicados pesos a los criterios y, además, posibilita formulaciones fuzzy.
- f) La versión TRI tiene como objetivo la clasificación de alternativas, aunque no las ordena, como puede ser visto en estudios realizados por Almeida-Dias, Figueira & Roy [4], Brito, Almeida & Mota [5], Figueira, Greco, Ehrgott et al. [9] y Figueira, Almeida-Dias, Matias, Roy, Carvalho & Plancha [10], donde se realizan estudios en el área de reproducción asistida, acciones referenciales y gas natural, respectivamente.

Entonces, se observa que en problemas orientados a la construcción de un ordenamiento de alternativas, por medio de análisis de relaciones de sobreclasificación fuzzy, en los que se permite la introducción de ponderación de criterios, conforme a lo presentado en el preliminar de este artículo, la versión más indicada es la Electre III. Dicha versión depende de la construcción y exploración de las relaciones de sobreclasificación de las alternativas en las dos fases, representadas en la Figura 1, que son: 1) construcción de relaciones de clasificación, en que las alternativas son emparejadas y comparadas par a par, y clasificadas dentro de los umbrales dados por el analista de decisión; y 2) exploración de las relaciones de clasificación, en que las dos preclasificaciones son construidas con dos procedimientos antagonistas (destilación ascendente y descendente). La combinación de las dos preclasificaciones conlleva al resultado final.

## LA CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES DE CLASIFICACIÓN DENTRO DE ELECTRE III

Los métodos de clasificación tradicionales parten de la relación de preferencia e indiferencia para comparar alternativas. Por ejemplo, al comparar dos alternativas A y B para decir que A supera a B, significa que A es, por lo menos,



**Figura 1. Flujo de ELECTRE III**  
Fuente: Giannoulis & Ishizaka (2010)

tan bueno como B; entre tanto, el desempeño de A es mejor, según los criterios de preferencia predefinidos. Así, se asume que existen criterios definidos  $g(j)$ , para  $j=1, 2, 3, \dots, r$ , y dos conjuntos de alternativas A y B, el modelo de preferencia tradicional asume las dos siguientes relaciones como dos alternativas:

$$\Leftrightarrow aPb \text{ (a es preferible a b) } g(a) > g(b)$$

$$\Leftrightarrow alb \text{ (a es indiferente a b) } g(a) = g(b)$$

En lo alto del raciocinio de los métodos tradicionales, los métodos ELECTRE introducirán el concepto de límites de indiferencia,  $q$ , que significa el umbral que una alternativa puede transitar hasta ser indiferente a la otra. En ese caso, A es preferible a B cuando A fuese tan buena como B y su desempeño sea mejor según los criterios de preferencia, considerando los límites de indiferencia. Así las relaciones de preferencia son redefinidas como se presenta a continuación:

$$\Leftrightarrow aPb \text{ (a es preferible a b) } g(a) > g(b) + q$$

$$\Leftrightarrow alb \text{ (a es indiferente a b) } |g(a) - g(b)| \leq q$$

Aunque la introducción de este límite admite la incorporación de cómo el tomador de decisión realmente se siente sobre las comparaciones reales, el problema permanece. Hay un punto en el que el tomador de decisión parte de cambios de indiferencia para las de preferencia estricta. Eso hace surgir una buena razón para introducir una zona nebulosa entre indiferencia y preferencia estricta, y, además, una zona intermedia en la que el tomador de decisión duda entre preferencia e indiferencia. Esta zona de duda es referida como una preferencia débil y también es una relación binaria, como P e I y es modelada por la introducción de un umbral de preferencia,  $p$ . Así, se tiene un modelo de umbral doble, con una relación binaria Q, que son adicionales a la medida de preferencia débil. Esto es:

$$\Leftrightarrow aPb \text{ (a tiene preferencia fuerte a b)}$$

$$g(a) - g(b) > p$$

$\Leftrightarrow aQb$  (a tiene preferencia débil a b)

$$q < g(a) - g(b) \leq p$$

$\Leftrightarrow alb$  (a es indiferente a b, y b es indiferente a a)  
 $|g(a) - g(b)| \leq q$

La selección de los umbrales de manera íntima afecta si una relación binaria particularmente se mantiene. Aunque una selección del umbral adecuado no sea fácil, en decisiones más realistas, hay buenas razones para la selección de valores diferentes de cero para P y Q.

Nótese que apenas fue considerado el caso más simple, donde los umbrales P y Q son constantes, en oposición a las funciones de valor de los criterios; esto es, el caso de umbrales variables. Aunque esta simplificación del uso de umbrales constantes ayude a la exposición del método ELECTRE, puede valer la pena usar umbrales variables, en el caso del criterio de poseer valores mayores que pueden elevar los umbrales de preferencia e indiferencia.

Al usar límites, el método ELECTRE busca construir una relación de sobre-clasificación aSb, donde S significa que, de acuerdo con el modelo global de preferencias, hay buenas razones para considerar que "la alternativa A es por lo menos tan buena como B" o "no es peor que b". Cada par de alternativas a y b es, entonces, probada para verificar si la afirmación aSb es válida o no. Esto da origen a una de las siguientes situaciones:

Situación 1: aSb y no (bSa): "a" es preferible a "b" y no ("b" es preferible a "a");

Situación 2: no (aSb) y bSa: no ("a" es preferible de "b") y "b" es preferible a "a";

Situación 3: aSb y bSa: corresponde a una situación de indiferencia;

Situación 4: no (aSb) y no (bSa): corresponde a una situación de incompatibilidad

La prueba para aceptar la afirmación aSb es implementada usando dos principios:

- i) Un principio de concordancia que exige que la mayoría de los criterios, después de considerar su importancia relativa, estén a favor de la afirmación aSb – el principio de la mayoría, y
- ii) El principio de no-discordancia, que exige que la minoría de los criterios, que no soportan la afirmación sean contra la afirmación – el respeto de principio de minorías

La implementación operacional de esos dos principios es hoy discutida, asumiendo que todos los criterios deben ser maximizados. Primero, considere la relación de sobreclasificación definida para cada uno de los r criterios; es decir, aSjb, significa que "a" es por lo menos tan bueno como b en relación al jth criterio",  $j=1, 2, \dots, r$ .

El criterio jth en concordancia con la afirmación aSb si, y solamente si aSjb. Esto es, si  $g_j(a) \leq g_j(b) - q_j$ . Así mismo, que  $g_j(a)$  sea inferior a  $g_j(b)$  en un aumento hasta  $q_j$ , no viola la afirmación aSb y, con eso, permanece en concordancia.

El criterio jth está en discordancia con la afirmación aSb si, y solamente si, bPja. Esto es, si  $g_j(b) \geq g_j(a) - p_j$ . Así, si b es estrictamente preferible a a en el criterio j, entonces es clara la no concordancia con la afirmación aSb.

Con esos conceptos es posible medir la fuerza de la afirmación aSb. El primer paso es desarrollar una medida de concordancia, tal como consta en el índice de concordancia  $C(a,b)$ , para cada par de alternativas  $(a,b) \in A$ .

$$C_j(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{si } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{si } g_j(a) + p_j \leq g_j(b), j = 1, 2, \dots, r \\ \frac{p(j) - g_j(a) - g_j(b)}{(p_j - q_j)}, & \text{los demás casos (1)} \end{cases}$$

Donde,

$$C(a,b) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^r k_j c_j(a,b) \text{ donde } k = \sum_{j=1}^r k_j$$

Los umbrales son pesos que representan la entrada subjetiva del tomador de decisión. Los pe-

Los utilizados en el modelo ELECTRE son bastante diferentes de las ponderaciones utilizadas en otros abordajes del modelo de decisión, como una decisión de abordaje analítica (SMART) de Edwards [8]. En la decisión de modelos analíticos, por ejemplo, los pesos son tasas de sustitución y avalan la preferencia relativa entre los criterios. Los pesos en ELECTRE son "coeficientes de importancia" y, como Vincke [33] apunta, ellos son como votos dados a cada uno de los criterios. Roger, Bruen & Maystre [25] manifiestan que los regímenes de opinión existentes prestan una útil discusión al concepto de ponderación en ELECTRE. También deben ser tomados cuidadosamente en la determinación de los valores límite, que debe incidir de manera específica para cada criterio, reflejando la preferencia de cada decisor. Los procedimientos para la selección de los umbrales adecuados son abordados por Roger & Bruen [24] y Roger, Bruen & Maystre [25].

Hasta el momento, no se ha tenido en cuenta el principio de discordancia. En el índice de concordancia tenemos una medida de extensión en la que estamos en armonía con una afirmación de que "a es por lo menos tan bueno como b". Para calcular la discordancia, un umbral más conocido es el umbral de veto. El umbral de veto  $v_j$  permite que la afirmación  $aS_b$  sea recusada para totalmente todos los criterios  $j$ ,  $g_j(b) > g_j(a) + v_j$ . El índice de discordancia para criterio  $j$ ,  $d_j(a,b)$  es calculado como se muestra a continuación:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{si } g_j(a) + v_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{si } g_j(a) + v_j \leq g_j(b), j = 1,2,\dots,r \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - v_j}{v_j - p_j}, & \text{en los demás casos (2)} \end{cases}$$

### La construcción de un modelo para medir el grado de sobreclasificación

Para cada par de alternativas (a,b) A hay una medida de concordancia y una de discordancia. El paso final en la fase de construcción del modelo es combinar estas dos medidas para producir

una medida del grado de sobreclasificación; es decir, un índice de credibilidad que avala la fuerza de la afirmación de que "a es por lo menos tan bueno como b". El grado de credibilidad para cada par de alternativas (a,b) A es definido como:

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b), & \text{si } d_j(a,b) \leq C(a,b) \\ C(A,B) * \prod_{j \in J(A,B)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)} \end{cases}$$

Donde,  $J(a,b)$  es el conjunto de criterios que satisfacen  $d_j(a,b) > C(a,b)$  (3)

Esta fórmula presume que si la fuerza de concordancia sobrepasa la de discordancia, el valor de concordancia no debe ser modificado. En caso contrario, es forzado a cuestionar la afirmación de que el  $aS_b$  y modificar  $C(a,b)$  de acuerdo con la ecuación anterior. Si la discordancia es de 1,0 para cualquier (a,b) A y cualquier criterio  $j$ , entonces no se tiene confianza de que  $aS_b$ , por tanto,  $S(a,b) = 0,0$ . Esto concluye la construcción del modelo de sobreclasificación.

### Variables lingüísticas usadas en el método ELECTRE III

Las variables lingüísticas son variables cuyos valores son palabras en lenguaje natural representadas en conjuntos difusos, usadas para manipular problemas imprecisos y complejos [34].

Por ejemplo, "peso" es una variable lingüística y sus valores son: "muy leve", "leve", "medio", "alto", "muy alto", etc. [18]. Un área de aplicación particularmente importante de las variables lingüísticas es el raciocinio que no es "cuasi muy preciso" y "no muy impreciso", llamado raciocinio aproximado [23].

Segundo [22], las variables lingüísticas se representan como los "ladrillos" de las proposiciones difusas, una vez que: a) poseen contenido variable como en un lenguaje de programación; b) asumen valores lingüísticos (alto, bajo, medio, caliente) representados por conjuntos difusos; y, c) poseen identificación nominal.

Se denota que el concepto de variable lingüís-

tica es muy útil para lidiar con situaciones que son muy complejas o mal definidas para ser racionalmente descritas en las expresiones cuantitativas convencionales. Por eso, tales variables deben ser tratadas por medio de métodos capaces de incorporar la naturaleza fuzzy de tales variables.

El método Electre III fue desarrollado por Roy & Bouyssou [26] para incorporar la naturaleza imprecisa e incierta en la ordenación de alternativas de mejor a peor, utilizando los umbrales de indiferencia y preferencia. Siendo, por tanto, el más indicado para integrar diferentes variables lingüísticas, dentro de diferentes alternativas y, además, clasificar y seleccionar la mejor entre todas las alternativas

## METODOLOGÍA

Para aplicar el método multicriterio Electre III en un problema de clasificar el desempeño de redes de micro y pequeñas empresas, fueron seleccionados cuatro agrupamientos de micro y pequeñas empresas, localizados en la región Campo das Verentes, en el Estado de Minas Gerais, a saber: a) un agrupamiento de productores de artículos en estaño (G1); b) un agrupamiento de productores de artículos elaborados en telares (G2); c) un agrupamiento de productores de artículos en hierro (G3); d) un agrupamiento de productores de artículos en madera reprocesada (G4). Cada agrupamiento fue considerado una alternativa, formando así un grupo de alternativas G1, G2, G3 y G4.

La clasificación de cada alternativa fue realizada en función de cuatro criterios, representados como a) grado de relación con el proveedor (V1); b) grado de relación con el cliente o distribuidor (V2); c) grado de relación con la competencia localizada en una misma área geográfica (V3); d) grado de relación con instituciones públicas y privadas de apoyo (V4).

Así se formó un conjunto de criterios (V1, V2, V3 y V4). La recolección de información se dio por medio de una entrevista, acompañada de cues-

tionarios, aplicados a diez propietarios pertenecientes a las empresas de cada grupo, de modo de conseguir la importancia de cada criterio (V1, V2, V3 y V4) en la visión de cada propietario. Por eso, fueron usadas las variables lingüísticas descritas en la Tabla 1.

**Tabla 1. Investigación cualitativa vs. investigación cuantitativa**

Variables lingüísticas	Peso
Muy pobre	0
Entre muy pobre y pobre	0
Pobre	0
Entre pobre y razonable	0
Entre razonable y bueno	0,3
Bueno	0,6
Entre bueno y muy bueno	0,6
Muy bueno	0,8

Fuente: Datos de investigación

## RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS

Los pesos lingüísticos dados, por medio de los cuestionarios aplicados, por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al relacionamiento con los proveedores, se observa en la Tabla 2.

Los pesos lingüísticos dados, por medio de los cuestionarios aplicados, por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al relacionamiento con los clientes o distribuidores, puede ser visualizado en la Tabla 3.

Los pesos lingüísticos dados, por medio de cuestionarios aplicados, por integrantes de cada agrupamiento en lo que se refiere al relacionamiento con los competidores localizados en la misma área geográfica, puede ser observado en la Tabla 4.

Los pesos lingüísticos dados, por medio de los cuestionarios aplicados, por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al grado de relacionamiento con instituciones públicas y privadas de apoyo (V4) se observa en la Tabla 5.

**Tabla 2. Pesos lingüísticos dados por los integrantes de cada agrupamiento en lo que se refiere al relacionamiento con el proveedor**

<b>Agrupamientos</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>	<b>Q7</b>	<b>Q8</b>	<b>Q9</b>	<b>Q10</b>
Sector de Estaño (G1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sector de Telas (G2)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0,3
Sector de Madera de astillas (G3)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,6
Sector del Hierro (G4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6
Media de los Agrupamientos	G1 0,15	G2 0,42	G3 0,57	G4 0,60						
<b>Máx. (V1)</b>	0,6									
<b>Mín. (V1)</b>	0,2									

Fuente: Datos de investigación

**Tabla 3. Pesos lingüísticos dados por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al relacionamiento con el cliente o su distribuidor**

<b>Agrupamientos</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>	<b>Q7</b>	<b>Q8</b>	<b>Q9</b>	<b>Q10</b>
Sector de Estaño (G1)	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0,3
Sector de Telas (G2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6
Sector de Madera de astillas (G3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6
Sector del Hierro (G4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Media de los Agrupamientos	G1 0,45	G2 0,60	G3 0,60	G4 0,30						
<b>Máx. (V1)</b>	0,6									
<b>Mín. (V1)</b>	0,3									

Fuente: Datos de información

**Tabla 4. Pesos lingüísticos dados por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al relacionamiento con el cliente o el distribuidor**

Agrupamientos	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Sector de Estaño (G1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sector de Telas (G2)	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0,3
Sector de Madera de astillas (G3)	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0,3
Sector del Hierro (G4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media de los Agrupamientos	G1 0	G2 0,5	G3 0,5	G4 0						
<b>Máx. (V1)</b>	0,5									
<b>Mín. (V1)</b>	0									

Fuente: Datos de investigación

**Tabla 5. Pesos lingüísticos dados por los integrantes de cada agrupamiento, en lo que se refiere al relacionamiento con el cliente o distribuidor**

Agrupamientos	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Sector de Estaño (G1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6
Sector de Telas (G2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Sector de Madera de astillas (G3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Sector del Hierro (G4)	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0,6
Media de los Agrupamientos	0,7	0,1	0,2	0,5						
<b>Máx. (V1)</b>	0,7									
<b>Mín. (V1)</b>	0,1									

Fuente: Datos de investigación

Los pesos de cada criterio, inicialmente, serán los valores máximos atribuidos en cada cuestionario realizado.

## APLICACIÓN DEL MÉTODO ELECTRE III

Para la construcción de la Matriz de Performances, cada variable lingüística (MB, A, M, B, MB) recibió un peso, dentro del intervalo [0,1] (Tabla 6).

Después de seleccionar los pesos de criterios y respectivos valores cuantitativos de las variables

lingüísticas, fue necesario verificar y atribuir los umbrales de preferencia, indiferencia y veto (Tabla 7).

Como todas las alternativas pueden satisfacer la afirmación aSb (la alternativa "a" es tan buena como la alternativa "b"), se optó por no atribuir valores al límite de veto. Así, los respectivos valores de umbrales fueron atribuidos por analistas de decisión, y ellos se refieren al intervalo garantizado de la alternativa a sobre la alternativa b, en el criterio j. Por ejemplo, un límite de indi-

ferencia (q) de 0,1 significa que para determinado criterio j se tiene un límite de aceptación del 10% de una alternativa sobre otra. En el estudio realizado, un umbral de indiferencia resultará en un mejor análisis pareado de las alternativas propuestas.

**Tabla 6. Investigación cualitativa vs investigación cuantitativa**

Variables Lingüísticas	Peso
Muy Alto	1
Alto	0,75
Medio	0,5
Bajo	0,25
Muy Bajo	0

Fuente: Adaptado de Mays apud Greenhalg (1997)

**Tabla 7. Límites de preferencia, indiferencia y veto**

Límites	Criterios			
	V1	V2	V3	V4
Límite de indiferencia (q)	0,1	0,1	0,1	0,1
Límite de preferencia (p)	0,2	0,2	0,2	0,2
Veto	-	-	-	-

Fuente: Datos de investigación

## DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN DEL ELECTRE III

A partir de los datos recolectados por medio de las entrevistas, con base en cuestionarios aplicados a diez empresarios de cada agrupamiento, los datos fueron compilados por medio del uso de una media aritmética de las opiniones, construyendo así la matriz de actuaciones (Tabla 8). En esa matriz son representadas las alternativas y los pesos atribuidos a las variables lingüísticas y sus respectivos umbrales, dentro de los criterios definidos.

A partir de la aplicación de la Ecuación 1, del método Electre III, fue posible la comparación

par a par de las alternativas, analizando seguido la afirmación aSb. Con eso, fue posible obtener la Matriz de Concordancia (Tabla 9). Por medio de esa tabla, se puede observar que la alternativa G2 es 100% mejor que la alternativa G1; la alternativa G1 no es referencial para ninguna otra. Y la alternativa G2 es apenas 25% mejor que la alternativa G4, lo que muestra la prevalencia de la última en relación con la primera.

**Tabla 8. Matriz de actuaciones de las alternativas versus criterios**

Alternativas	Criterios			
	V1	V2	V3	V4
G1	0,25	0,25	0,75	0,5
G2	0,5	0,25	1	0,75
G3	0,5	0,5	1	0,75
G4	0,50	0,75	1	1

Fuente: Datos de investigación

**Tabla 9. Matriz de concordancia entre las alternativas**

	Criterios			
	G1	G2	G3	G4
G1	1	0	0	0
G2	1	1	1	0,21
G3	1	1	1	0,21
G4	1	1	1	1

Fuente: Datos de Investigación

Como no se optó por utilizar un límite de veto, la matriz de credibilidad queda semejante a la matriz de concordancia. Al considerar la matriz de concordancia en la Tabla 4, el orden final puede ser representado por medio del Cuadro 1.

Al analizar esa tabla se puede observar que: a) la alternativa G1 no es preferible a las alternativas; b) la alternativa G2 es preferible a G1, indiferente a G3 y no es preferible a G4; c) la alternativa G3 es preferible a G1; indiferente a G3 y no es preferible a G4; d) la alternativa G4 es preferible a todas las alternativas.

Interpretando ese resultado se puede afirmar

que, por medio del resultado presentado por Electre III, el agrupamiento de productos de artefactos en madera de astilla (alternativa G4) es la que está más articulada, en relación con el conjunto de factores de éxito de un aglomerado, considerados los siguientes criterios seleccionados: a) grado de relacionamiento con los proveedores; b) grado de relacionamiento con el cliente o distribuidor; c) grado de relacionamiento con los competidores localizados en la misma área geográfica; y, d) grado de relacionamiento con instituciones públicas y privadas de apoyo.

Las aglomeraciones de artículos elaborados en telares (G2) y el agrupamiento de productores de artículos en hierro (G3), están menos articuladas que las de artefactos en madera de astilla. No en vano, esos dos aglomerados presentan indiferencia relativa entre ellos, pudiendo afirmar que en el conjunto de criterios representan el mismo resultado. Tales aglomerados necesitan mejorar el grado de relacionamiento con el proveedor y con el cliente o distribuidor, así como con las instituciones públicas y privadas de apoyo.

El aglomerado de productores de artefactos en estaño (G1) es el que está menos articulado, es decir, es aquel en que las empresas representan la menor capacidad de desarrollar estrategias conjuntas de sobrevivencia. La inserción de esas empresas en aglomerados poco contribuye para el aumento de la sobrevivencia, pues apenas se encuentran geográficamente cercanas, dejando de aprovechar las externalidades provenientes de la aglomeración. Por eso, en ese aglomerado son necesarios trabajos de fortalecimiento dentro de los criterios o factores estudiados.

La clasificación y el ranking final de las alternativas se observa en la Figura 2.

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, ESTABILIDAD Y ROBUSTEZ

Para la empresa tal vez no sea interesante apenas tener la mejor decisión en el momento, más

bien conocer las otras alternativas posibles de decisión. Una empresa podría contentarse con una buena decisión dentro de sus posibilidades o, con una segunda mejor opción [32].

Gomes, Gomes & Almeida [14] indican que después de la aplicación de un método multicriterio, es importante realizar un análisis de sensibilidad, con el objeto de verificar de qué forma las variaciones introducidas en los parámetros característicos del método influyen los resultados obtenidos. Ya Leyva [18] sitúa el análisis de sensibilidad como la última fase del proceso de toma de decisión, evidenciando aún más su importancia. Los autores afirman que un análisis de estabilidad tiene por objetivo verificar la velocidad con que una solución se degrada a un nivel predeterminado. Esto es, en un problema multicriterio, una solución encontrada presenta:

- ESTABILIDAD DÉBIL, si después de un análisis de sensibilidad la mejor solución permanece dentro del conjunto de soluciones no dominadas;
- ESTABILIDAD FUERTE, si después del análisis de sensibilidad el conjunto de soluciones no dominadas está sin alterar.

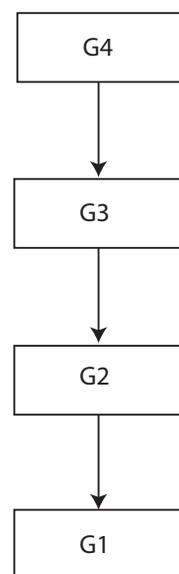


Figura 2. Gráfico final de las alternativas

Fuente: Datos de investigación

Ya el análisis de robustez tiene por objetivo verificar hasta qué punto, después del análisis de sensibilidad, una pre-orden encontrada en el conjunto de soluciones no dominadas queda sin alterarse [14].

## ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

Un análisis de robustez fue realizado variando los parámetros de los pesos, y verificando de esa manera si hubo variaciones significativas en la clasificación final (Tabla 10).

**Tabla 10. Resultado de la variación de los pesos de los criterios**

Criterio	Peso	Peso	Peso	Clasificación			
	Original	Medio	Mín.	1	2	3	4
V1	0,6	0,435	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,15	G4	G3	G2	G1
V2	0,6	0,4875	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,3	G4	G2 / G3	-	G1
V3	0,48	0,2325	-	G4	G3	G2	G1
		-	0	G4	G3	G2	G1
V4	0,66	0,36	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,06	G4	G3	G2	G1

Fuente: Datos de investigación

Obsérvese en la Tabla 10, que para todos los criterios, la clasificación de las alternativas no se altera, excepto en el criterio V2, donde hay una indiferencia entre las alternativas G2 y G3, concluyéndose, en este caso, que una variación de 50% en el peso atribuido modifica el resultado de la clasificación.

## CONCLUSIÓN

El trabajo tuvo por finalidad clasificar (ordenar) por medio del método multicriterio de análisis de desempeño Electre III, la capacidad de desarrollo de estrategias de supervivencia de cuatro agrupamientos (redes) de micro y pequeñas empresas productoras de artesanías, localizadas en la región de Campos das Vertentes, en el Estado de Minas Gerais, a saber: un agrupamiento de productores de artefactos en estaño, un agrupamiento de productores de artefactos en tela, un agrupamiento de productores de arte-

factos en hierro y un agrupamiento de productores de artefactos en pedazos de madera. Cada agrupamiento fue identificado como alternativas G1, G2, G3 y G4, respectivamente.

El estudio partió del principio de que un aglomerado consigue sobrevivir cuando logra buena articulación conjunta de las variables: a) grado de relacionamiento con el proveedor; b) grado de relacionamiento con el cliente o distribuidor; c) grado de relacionamiento con los competidores localizados en la misma área geográfica; y, d) grado de relacionamiento con instituciones públicas y privadas de apoyo. Cada variable fue considerada un criterio, identificados como criterios V1, V2, V3 y V4, respectivamente.

A partir de la aplicación, a cada criterio de las variables lingüísticas (Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo), obtenidos por medio de respuestas dadas por diez entrevistados, en cada aglomerado, se puede construir una matriz de actuaciones, dentro de los límites de preferencia, indife-

rencia y veto que, al introducir sus resultados en las fórmulas de Electre III, permitió la creación de la matriz de concordancia entre las alternativas y el ordenamiento final.

Los resultados obtenidos por medio de la matriz de concordancia permitieron concluir que el agrupamiento de productores de artefactos de pedazos de madera, es el que está más articulado en relación con el conjunto de factores de éxito de un aglomerado, dentro de los criterios pre-establecidos. Las aglomeraciones de artículos elaborados en telares y el agrupamiento de productores de artículos en hierro se presentan en segundo lugar. El aglomerado de artefactos en estaño representó el último lugar, mostrando menor capacidad, por parte de las empresas, en desarrollar estrategias conjuntas de supervivencia.

El análisis de robustez fue importante para la comprobación de la clasificación final de las alternativas.

## REFERENCIAS

- [1] Abreu, J. C. de. Estratégias e Oportunidades Locais: um estudo sobre rede dinâmica em aglomerados de empreendedores de base artesanal. Tese Doutorado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2002.
- [2] Al-Kloub, B.; Al-Shemmeri, T. & Pearman, A. The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan. *European Journal of Operational Research*, 99, 278-288. 1997.
- [3] Almeida, A. T.; Costa, A. P. C. S. Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão. Recife: Universitária da UFPE, Brasil. 2003.
- [4] Almeida-Dias, J.; Figueira, J. R.; Roy, B. Electre TRI-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. *European Journal of Operational Research*, 204, 565-580. 2010.
- [5] Brito, A. J.; Almeida, A. T.; Mota, C. M. M. A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory. *European Journal of Operational Research*, 200, 812-821. 2010.
- [6] Casaroto Filho, N. & Pires, L. H. Redes de pequenas e médias empresas e desenvolvimento local: estratégias para a conquista da competitividade global com base na experiência italiana. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2001.
- [7] Costa, H. G.; Motta, S. S.; Gutierrez, R. H. Avaliação da produção docente: abordagem multicritério pelo método ELECTRE II. *Anais do XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil*. 2006.
- [8] Edwards, W. How to use multiattribute utility measurement for social decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 7, 326-340. 1997.
- [9] Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. et al. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Boston: Springer, 2005.
- [10] Figueira, J. R.; Almeida-Dias, J.; Matias, S.; Roy, B.; Carvalho, M. J.; Plancha, C. E. Electre Tri-C, a multiple criteria decision aiding sorting model applied to assisted reproduction. *International Journal of Medical Informatics*, 80, 265-273. 2005.
- [11] Freitas, A. L. P., Rubim, A. V., Manhães, N. R. C. Emprego do método ELECTRE III na seleção de equipamentos. *Anais do XXIV ENEGEP, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*. 2004.
- [12] Georgopoulou, E.; Lalas, D. & Papagiannakis, L. A Multicriteria Decision Aids Approach for Energy Planning Problems: The case of Renewable Energy option. *European Journal of Operational Research*, 103, 38-54. 1997.
- [13] Giannoulis, C.; Ishizaka, A. A Web-based decision support system with ELECTRE III for a personalised ranking of British universities. *Decision Support Systems*, 48, 488-197. 2010.
- [14] Gomes, I. F. A. M., Gomes, C. F. S., Almeida, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. Ed. Atlas, São Paulo – SP, 264 p., 2002.
- [15] Hokkanen, J. & Salminen, P. Choosing a solid waste management system using multi criteria

- decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 98, 19-36. 1997.
- [16] Hugonnard, J. & Roy, B. Ranking of suburban line extension projects for the Paris metro system by multicriteria method. *Transportation Research*, 16, 301-331. 1984.
- [17] Júnior, O. H. A Lógica difusa: aspectos práticos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência. 1999.
- [18] Leyva, L. J. C. A genetic algorithm application for the individual and group multicriteria decision making: PhD Thesis resume. *Computación y Sistemas*, 4, 183-188. 2000.
- [19] Liang, G.; Wang, M.. A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method for Facility Site Selection. *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 11, pp. 2313-2330. 1991.
- [20] Mendonça, F. M. Formação, desenvolvimento e estruturação de Arranjos Produtivos Locais em Minas Gerais. São Paulo: Blucher. 2010.
- [21] Moreira, R. A. Análise multicritério dos projetos do SEBRAE/RJ através do Eletre IV. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: IBMEC. 2007.
- [22] Motta, F. G. Fatores condicionantes na adoção de métodos de custeio em pequenas empresas do setor metal-mecânico de São Carlos – SP. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 2000.
- [23] Pereira, C. G. Análise de crédito bancário: um sistema especialista com técnicas difusas para os limites da agência. Dissertação de Mestrado, Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. 1995.
- [24] Roger, M. & Bruen, M. Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environment criteria with ELECTRE. *European Journal of Operational Research*, 107, 542-551. 1998.
- [25] Roger, M.; Bruen, M. & Maystre, L. *Electre and decision support*. Kluwer. Academic Publishers. 2000.
- [26] Roy, B. & Bouyssou, D. *Aide multicritère à la décision: Méthodes et cas*. Paris, Economica, mai. 1993.
- [27] Roy, B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. In: *Reading in Multiple Criteria Decision Aid* [edited by C.A. Bana e Costa], Springer Verlag, Berlin, 155-183. 1990.
- [28] Roy, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer. 1996.
- [29] Roy, B. ELECTRE III: Un algorithme de methode de classements fonde sur une representation floue des préférences en presence de critères multiples. *Cahiers de CERO*, v. 20, n. 1, pp. 3-24. 1978.
- [30] Shanian, A., Savadogo, O. ELECTRE I : Decision Support Model for Material Selection of Bipolar Plates for Polymer Electrolyte Fuel Cells Applications. *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, 9(3), pp. 191-199. 2006.
- [31] Shaw, I. S. & Simões, M. G. *Controle e modelagem fuzzy*. São Paulo: Fapesp. 2001.
- [32] Shimizu, T. *Decisão nas organizações*. Ed. Atlas 2a. Ed. São Paulo – SP, 419 p, 2006.
- [33] Vincke, P. H. *Multicriteria Decision Aid*. Wiley, Chichester. 1992.
- [34] Zadeh, L. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences*, 1975.

