

Global concentration of MDF (Medium Density Fiberboard) exports

Concentración mundial de exportaciones de MDF (Medium Density Fiberboard)

Luiz Moreira Coelho Junior^{1*}; Thaisa de Sousa Selvatti²; Filipe Vanderlei Alencar¹; Márcio Lopes da Silva³; José Luiz Pereira de Rezende²

¹Universidad Federal de Paraíba, Departamento de Ingeniería de Energías Renovables. Cx. Postal 5115, CEP 58.051-900, João Pessoa - Paraíba, Brasil.

²Universidad Federal de Lavras, Ingeniería Forestal. Cx. Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - Minas Gerais, Brasil.

³Universidad Federal de Viçosa, Ingeniería Forestal. CEP 36570-900, Viçosa - Minas Gerais, Brasil.

*Corresponding author: luiz@cear.ufpb.br; tel.: +5583981386379

Abstract

Introduction: Engineered for noble purposes, Medium Density Fiberboard (MDF) is a reconstituted wood panel used to reproduce wood designs and details.

Objective: To analyze the global concentration of MDF exports in the period 1995 to 2016.

Materials and methods: The information was obtained from the statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (©FAO Statistics Division). Export concentration was measured using the following indicators: concentration ratio (CR[k]), Herfindahl–Hirschman index (HHI), Theil's entropy index (E), comprehensive concentration index (CCI), Hall and Tideman index (HTI) and Gini coefficient (G).

Results and discussion: MDF exports grew 9.44 % annually, with China and Germany being the main exporters. The CR(k) indicated moderately low concentration, but with an oligopolistic market structure with high competition. competitiveness. Analysis of the indicators HHI, E, CCI and HTI indicate that there is low concentration and G infers strong inequality that tends to absolute.

Conclusion: Global MDF exports showed an oligopolistic market structure with high competition.

Keywords: wood panel; concentration index; inequality index; oligopolistic market.

Resumen

Introducción: Proyectado para fines nobles, *Medium Density Fiberboard* (MDF) es un panel de madera reconstituida que se usa para reproducir diseños y detalles de madera.

Objetivo: Analizar la concentración mundial de las exportaciones de MDF en el periodo de 1995 a 2016.

Materiales y métodos: La información se obtuvo en la división estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (©FAO Statistics Division). La concentración de las exportaciones se midió con los indicadores siguientes: razón de concentración (CR[k]), índice de Herfindahl–Hirschman (HHI), índice de entropía de Theil (E), índice de concentración integral (CCI), índice de Hall y Tideman (HTI) y coeficiente de Gini (G).

Resultados y discusión: Las exportaciones de MDF crecieron anualmente 9.44 %, siendo China y Alemania los principales exportadores. La CR(k) indicó concentración moderadamente baja, pero con estructura de mercado oligopolista con competencia elevada. Los análisis de los indicadores HHI, E, CCI y HTI indican que hay baja concentración y G infiere desigualdad fuerte que tiende a la absoluta.

Conclusión: Las exportaciones mundiales de MDF presentaron una estructura de mercado oligopolista con competencia elevada.

Palabras clave: panel de madera; índice de concentración; índice de desigualdad; mercado oligopolista.

Introduction

Medium Density Fiberboard (MDF) is an engineered panel composed of wood fibers bonded together with resin under heat and pressure. This wood panel, obtained from forest plantations, is used in the building industry (doors, wall cladding and flooring) and in furniture production in general (Indústria Brasileira de Árvores, 2017).

In 2016, global exports of forest products amounted to 227 billion USD, with wood panels accounting for 15 % of the total (34.4 billion USD); the three main products (76.7 %) were: plywood with 43.4 % (14.93 billion USD), MDF with 18.8 % (6.47 billion USD) and veneer with 14.51 % (4.99 billion USD) (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017).

Countries with the largest land areas usually have comparative advantages in natural resources, tending to have more primary products. Some countries and regions are much better prepared competitively to take advantage of market opportunities and manage forest resources sustainably (Coelho Junior, Rezende, & Oliveira, 2013). Changes in the market, in the short term, influence individual decisions concerning strategies in the forest sector, and in the long term, enable greater influence on investments in forest plantations and in the industry. Thus, future demand is linked to the adoption of environmental and sustainable energy policies associated with demographic changes, economic growth and regional problems (FAO, 2018).

The growth of an economy is associated with diversification strategies combined with the need to achieve economies of scale and scope. In a broad sense, industrial concentration is understood as a process of increased control exercised by large companies over economic activity and is an important component in competition among countries. There is an inverse relationship between concentration and competition; as concentration rises, the degree of competition decreases, which increases market power (Coelho Junior, 2016).

Industrial concentration indices examine market structure and estimate competitiveness. By means of these indicators it is possible to measure a market's degree of performance, reflecting the participation of the economic activities involved and analyzing the structure of the industry and its competitiveness (Coelho Junior, 2016; Haguenaer, 2012). Starting in the 21st century, the industrial concentration tests applied to the forestry sector at the international level have been: Noce, Carvalho, and Soares (2005) with sawn wood; Noce, Carvalho, do Canto, da Silva, and Mendes (2007) with plywood; Noce et al. (2008) with

Introducción

Medium Density Fiberboard (MDF) es un panel de madera reconstituida mediante la acción conjunta de calor, presión y adhesivo sintético. Este panel de madera, proveniente de plantaciones forestales, se usa en la construcción civil (puertas, revestimiento de paredes y pisos) y en la producción de muebles en general (Indústria Brasileira de Árvores, 2017).

En 2016, las exportaciones mundiales de productos forestales fueron de 227 billones de USD. Los paneles de madera representaron 15 % (34.4 billones de USD); los tres principales productos (76.7 %) fueron: madera compensada con 43.4 % (14.93 billones de USD), MDF con 18.8 % (6.47 billones de USD) y chapas de láminas de madera con 14.51 % (4.99 billones de USD) (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017).

Los países con mayor extensión territorial, normalmente, presentan ventajas comparativas en recursos naturales, tendiendo a ofertar más productos primarios. Algunos países y regiones están mucho mejor preparados competitivamente para aprovechar las oportunidades de mercado y gestionar los recursos forestales de forma sustentable (Coelho Junior, Rezende, & Oliveira, 2013). Los cambios en el mercado, a corto plazo, influyen en la decisión individual de las estrategias en el sector forestal, y a largo plazo, posibilitan mayor influencia sobre las inversiones en plantaciones forestales y en la industria. Así, la demanda futura está vinculada a la adopción de políticas ambientales y de energías sustentables asociadas a los cambios demográficos, al crecimiento económico y a las problemáticas regionales (FAO, 2018).

El crecimiento de una economía está asociado con las estrategias de diversificación conjugada a la propia necesidad de conseguir economías de escala y alcance. En sentido lato, la concentración industrial se entiende como un proceso de aumento de control ejercido por las grandes empresas sobre la actividad económica y es un componente importante en la competición entre los países. Existe una relación inversa entre concentración y competencia; a medida que la concentración se eleva, el grado de competición disminuye, lo que amplía el poder de mercado (Coelho Junior, 2016).

Los índices de concentración industrial examinan la estructura de mercado y evidencian una aproximación de competitividad. Por medio de estos indicadores se consigue medir el grado de desempeño que el mercado posee, reflejando la participación de las actividades económicas involucradas y analizando la estructura de la industria y su competitividad (Coelho Junior, 2016; Haguenaer, 2012). A partir del siglo XXI, los ensayos de concentración industrial para el sector forestal en el

particleboard; Coelho Junior et al. (2013) with forest products; Coelho Junior, Rezende, Avila, Oliveira, and Borges (2010), Soares et al. (2014), Soares et al. (2018) and Coelho Junior (2018a) with wood pulp; Schettini et al. (2016) with pellets, Coelho Junior (2016) with pinion; Coelho Junior, Burgos, and Santos Junior (2018b) and Coelho Junior, Burgos, Santos Junior, and Pinto (2019) with firewood; and Selvatti, Borges, Soares, Souza, and Coelho Junior (2018) with MDF supply.

Concentration measures help in making decisions and in guiding public policy. In this context, in search of a better understanding of the international MDF scenario, the aim of this paper was to analyze the global concentration of MDF exports in the period 1995 to 2016.

Materials and methods

Object of study

The concentration of the value of global MDF exports was measured using information available from the statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (©FAO Statistics Division) for the period 1995-2016 (FAO, 2017). This period was used because there is no record of previous years in the FAO database. The 10 main exporting countries were selected based on data from 2016 (production value in millions of US dollars [106 USD]), as well as the top 10 in the ranking and the number of nations participating in exports for the years 1995, 1998, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013 and 2016.

For each country, the geometric growth rate (GGR) was calculated in order to evaluate the alterations (gains and losses) in MDF exports (Cuenca & Dompieri, 2017):

$$GGR [\% \text{ anual}] = \left[\frac{\Delta t \sqrt{\frac{V_f}{V_0}} - 1}{\Delta t} \right] * 100$$

where,

V_f = MDF export value for the final year

V_0 = MDF export value for the initial year

Δ_t = number of years of the period under study.

Concentration and inequality indices

Concentration indices enable analyzing the market structure, as well as the competitiveness and competition among stakeholders. Indices are classified as partial or summary; partial indices consider the participation in a given market and summary indices use all participants in a sector (Coelho Junior et al., 2013; Resende & Boff, 2002). The indicators used are described below.

escenario internacional fueron: Noce, Carvalho, y Soares (2005) con madera aserrada; Noce, Carvalho, do Canto, da Silva, y Mendes (2007) con madera compensada; Noce et al. (2008) con aglomerado; Coelho Junior et al. (2013) con los productos forestales; Coelho Junior, Rezende, Avila, Oliveira, y Borges (2010), Soares et al. (2014), Soares et al. (2018) y Coelho Junior (2018a) con celulosa; Schettini et al. (2016) con *pellets*, Coelho Junior (2016) con piñón; Coelho Junior, Burgos, y Santos Junior (2018b) y Coelho Junior, Burgos, Santos Junior, y Pinto (2019) con leña; y Selvatti, Borges, Soares, Souza, y Coelho Junior (2018) con oferta de MDF.

Las medidas de concentración auxilian en la toma de decisiones y en la orientación de políticas públicas. En tal contexto, en busca de una mejor comprensión del escenario internacional de MDF, el objetivo de este artículo fue analizar la concentración mundial de las exportaciones de MDF en el periodo 1995 a 2016.

Materiales y métodos

Objeto de estudio

La concentración del valor de las exportaciones mundiales de MDF se midió con la información disponible en la división estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (©FAO Statistics Division) del periodo 1995 a 2016 (FAO, 2017). Este periodo se utilizó porque no hay registro de años anteriores en la base de la FAO. Los 10 principales países exportadores se seleccionaron con base en los datos del 2016 (valor de la producción en millones de dólares americanos [10⁶ USD]), los 10 sobresalientes del *ranking* y el número de naciones participantes en las exportaciones para los años 1995, 1998, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013 y 2016.

Para cada país se calculó la tasa geométrica de crecimiento (TGC) que tiene como finalidad evaluar las alteraciones (ganancias y pérdidas) de las exportaciones de MDF (Cuenca & Dompieri, 2017):

$$TGC [\% \text{ anual}] = \left[\frac{\Delta t \sqrt{\frac{V_f}{V_0}} - 1}{\Delta t} \right] * 100$$

donde,

V_f = valor de la exportación de MDF referente al año final

V_0 = valor de la exportación de MDF referente al año inicial

Δ_t = número de años del periodo en estudio.

Índices de concentración y desigualdad

Los índices de concentración permiten analizar la estructura de mercado, así como la competitividad y la competencia entre las partes interesadas (*stakeholders*). Los índices se clasifican en parciales o

The concentration ratio (CR[k]) considers the participation of the main MDF-exporting countries ($k = 1, 2, \dots, n$):

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i$$

where,

S_i = market share (%) of country i in the export.

The concentration ratio of the four (CR[4]), eight (CR[8]) and 20 (CR[20]) main MDF-exporting countries was calculated based on the classification of Bain (1959) shown in Table 1.

The Herfindahl-Hirschman Index (HHI) was proposed by Hirschman (1945) and Herfindahl (1950) independently:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

where,

n = number of nations participating in MDF exports

S_i^2 = squared market share of country i .

By squaring the market share of country i , the relative weights of each country are evidenced and thus a greater weight is attributed to those with high participation. The limits range from $1/n$ (lower limit) to 1 (upper limit), where $1/n$ is the situation of all countries with the same share and 1 where a monopoly or maximum concentration situation occurs.

Resende (1994) proposed the adjusted HHI (HHI*), allowing comparative analyses when the number of exporting countries varies over a period. The variation ranges from 0 (perfect competition) to 1 (maximum concentration).

sumarios; los parciales toman en cuenta la participación en un mercado determinado y los sumarios utilizan todos los participantes de un sector (Coelho Junior et al., 2013; Resende & Boff, 2002). Los indicadores utilizados se describen a continuación.

La razón de concentración (CR[k]) considera la participación de los principales países exportadores ($k = 1, 2, \dots, n$) de MDF:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i$$

donde,

S_i = cuota de mercado (*market share*, %) del país i en la exportación.

La razón de concentración de los cuatro (CR[4]), ocho (CR[8]) y 20 (CR[20]) principales países exportadores de MDF se calculó con base en la clasificación de Bain (1959), mostrada en el Cuadro 1.

El índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) fue propuesto por Hirschman (1945) y Herfindahl (1950) de forma independiente:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

donde,

n = número de naciones participantes en las exportaciones de MDF

S_i^2 = cuota de mercado (*market share*) al cuadrado del país i .

Al elevarse al cuadrado la participación del país i del mercado, los pesos relativos de cada uno se evidencian y así se atribuye un mayor peso a los que tienen una mayor parcela. Los límites van de $1/n$ (límite inferior)

Table 1. Classification of the concentration ratio of the four (CR[4]) and eight (CR[8]) main MDF (Medium Density Fiberboard) exporting countries.

Cuadro 1. Clasificación de la razón de concentración de los cuatro (CR[4]) y ocho (CR[8]) principales países exportadores de MDF (Medium Density Fiberboard).

Classification / Clasificación	CR(4)	CR(8)
Very high / Muy alta	CR(4) \geq 75 %	CR(8) \geq 90 %
High / Alta	75 % > CR(4) \geq 65 %	90 % > CR(8) \geq 85 %
Moderately high / Moderadamente alta	65 % > CR(4) \geq 50 %	85 % > CR(8) \geq 70 %
Moderately low / Moderadamente baja	50 % > CR(4) \geq 35 %	70 % > CR(8) \geq 45 %
Low / Baja	CR(4) < 35 %	CR(8) < 45 %

Source: Bain (1959)

Fuente: Bain (1959)

$$HHI^* = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); n > 1$$

The classification is as follows (Coelho Junior, 2016): HHI* values < 0.1 indicate an unconcentrated market; $0.1 \leq HHI^* \leq 0.18$, moderate concentration; and $HHI^* > 0.18$, high concentration.

Theil's entropy index (E) is interpreted inversely to HHI (Resende & Boff, 2002):

$$E = -\sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$$

where,

n = number of nations participating in the export

S_i = market share of country i in the export

ln = Napierian logarithm.

A lower E value indicates that the concentration is higher; that is, $E = 0$ indicates monopoly. The upper limit is $\ln(n)$ when all countries have equal shares in the market.

The index adjustment proposed by Resende (1994) for intertemporal analysis, ranging from 0 (maximum concentration) to 1 (minimum concentration), was also used:

$$E = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$$

The Comprehensive Concentration Index (CCI) was proposed by Horvarth (1970). This indicator has the ability to measure relative dispersion and absolute magnitude, as a way of countering some deficiencies in the above-mentioned indices. CCI represents the sum of the market share of the leading country in world MDF exports with the sum of the squares of the shares of the other countries, weighted by a multiplier. This indicator ranges from 1 (monopoly) to $S_1 + \Delta$ for perfect competition.

$$CCI = S_1 + \sum_{i=2}^n S_i^2 (2 - S_i)$$

where,

S_1 = highest market share among countries organized in declining order

S_i = market share of country i in the export.

Proposed by Hall and Tideman (1967), the Hall and Tideman Index (HTI) calculates each country's share, receiving a weight equal to that of its ranking in the construction of the indicator, with respect to the total number. Its main contribution was to incorporate the number of countries (Bikker & Haaf, 2002).

a 1 (límite superior), donde $1/n$ es la situación de todos los países con la misma participación y 1 donde ocurre una situación de monopolio o máxima concentración. Resende (1994) propuso el HHI ajustado (HHI*), permitiendo análisis comparativos cuando el número de países exportadores varía en un periodo. El intervalo de variación es 0 (competencia perfecta) y 1 (máxima concentración).

$$HHI^* = \frac{1}{n-1} (nHHI - 1); n > 1$$

La clasificación es de la siguiente manera (Coelho Junior, 2016): valores de $HHI^* < 0.1$ indica un mercado no concentrado; $0.1 \leq HHI^* \leq 0.18$, concentración moderada; y $HHI^* > 0.18$, concentración alta.

El índice de entropía de Theil (E) se interpreta de forma inversa al HHI (Resende & Boff, 2002):

$$E = -\sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$$

donde,

n = número de naciones participantes en la exportación

S_i = cuota de mercado (*market share*) del país i en la exportación

ln = logaritmo neperiano.

Un valor menor de E indicará que la concentración es mayor; es decir, $E = 0$ indica monopolio. El límite superior es $\ln(n)$ cuando todos los países poseen parcelas iguales en el mercado.

También se utilizó el ajuste del índice propuesto por Resende (1994), que varía entre 0 (concentración máxima) y 1 (mínima concentración) para análisis intertemporales:

$$E = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i)$$

El índice de concentración integral (CCI) fue propuesto por Horvarth (1970). Este indicador posee la capacidad de medir la dispersión relativa y la magnitud absoluta, como una forma de resolver algunas deficiencias de los índices mencionados. El CCI representa la suma de la cuota de mercado (*market share*) del país líder en las exportaciones mundiales de MDF con la suma de los cuadrados de las participaciones de los demás países, ponderada por un multiplicador. Este indicador varía entre 1 (monopolio) y $S_1 + \Delta$ para una competencia perfecta.

$$CCI = S_1 + \sum_{i=2}^n S_i^2 (2 - S_i)$$

donde,

S_1 = mayor cuota de mercado (*market share*) entre los países organizados en orden decreciente

$$HTI = \frac{1}{2 \cdot \sum_{i=1}^n i \cdot S_i - 1}$$

where,

i = ranking held by the country in descending order

S_i = market share of country i in the export.

The HTI varies between 1 and $1/n$. As there is similarity with the HHI, the HTI was adjusted in a similar way to the HHI*; the indicator varied between 0 and 1.

$$HTI^* = \frac{1}{n-1} (nHTI - 1); n > 1$$

The Gini (G) coefficient, proposed by Gini (1912), was originally used to measure income inequality, but can be used to measure the degree of inequality in MDF exports.

$$G = 1 - \frac{[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)]}{n}$$

where,

n = number of exporting countries

S_{ij} = cumulative share of exports in ascending order

S_i = market share (%) of country i in the export.

The index has an interval between 0 and 1, the first being a situation of zero inequality in the market and the second where absolute inequality occurs. The classification is as follows: 0.101 to 0.250 zero to low inequality; 0.251 to 0.500 low to medium inequality; 0.501 to 0.700 medium to strong inequality; 0.701 to 0.900 strong to very strong inequality; and 0.901 to 1.000 very strong to absolute inequality.

Results and discussion

Table 2 shows the evolution of the value of the exports of Brazil and the 10 main countries in the MDF market in 2016, in addition to the top 10 ranking and the geometric growth rate from 1995 to 2016. In this period, the value of global MDF exports increased 9.4 % annually, going from 1010 MUSD to 6715 MUSD.

In 2016, China accounted for 20 % of global MDF exports, with the country's MDF export value total growing by 29.2 % per year, going from 5.9 MUSD in 1995 to 1 296 MUSD. Germany ranked second with 11.6 % of exports and had 10.9 % annual growth. Brazil ranked 19th in the 2016 world ranking with 1.4 % of MDF exports and presented significant annual growth of 21.8 %, rising from 1.5 MUSD (1995) to 95.3 MUSD (2016). Indústria Brasileira de Árvores (2017) explained that, in 2016, Brazil ranked eighth as a producer of wood panels in the world (7.3 million m³), but 86 % of production went to the domestic market and the remaining 14 % for export.

S_i = cuota de mercado (*market share*) del país i en la exportación.

Propuesto por Hall y Tideman (1967), el índice de Hall y Tideman (HTI) calcula la participación de cada país recibiendo un peso igual al de su *ranking* en la construcción del indicador, con respecto al número total. Su principal contribución fue incorporar el número de países (Bikker & Haaf, 2002).

$$HTI = \frac{1}{2 \cdot \sum_{i=1}^n i \cdot S_i - 1}$$

donde,

i = posición ocupada por el país en orden decreciente

S_i = *market share* del país i en la exportación.

El HTI varía entre 1 y $1/n$. Como hay semejanza con el HHI, el HTI se ajustó de manera análoga al HHI*; el indicador varió entre 0 y 1.

$$HTI^* = \frac{1}{n-1} (nHTI - 1); n > 1$$

El coeficiente de Gini (G), propuesto por Gini (1912), fue utilizado originalmente para medir la desigualdad de renta, pero puede ser usado para medir el grado de desigualdad de las exportaciones de MDF.

$$G = 1 - \frac{[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i)]}{n}$$

donde,

n = número de países exportadores

S_{ij} = participación acumulativa de las exportaciones en orden creciente

S_i = cuota de mercado (*market share*, %) del país i en la exportación.

El índice presenta un intervalo entre 0 y 1, siendo el primero una situación de desigualdad nula en el mercado y el segundo donde ocurre la desigualdad absoluta. La clasificación es de la siguiente forma: 0.101 a 0.250 desigualdad nula a baja; 0.251 a 0.500 desigualdad baja a media; 0.501 a 0.700 desigualdad media a fuerte; 0.701 a 0.900 desigualdad fuerte a muy fuerte; y 0.901 a 1.000 desigualdad muy fuerte a absoluta.

Resultados y discusión

El Cuadro 2 muestra la evolución del valor de las exportaciones de Brasil y de los 10 principales países en el mercado de MDF en 2016, además de los 10 sobresalientes del *ranking* y la tasa geométrica de crecimiento de 1995 a 2016. En dicho periodo, el valor de las exportaciones mundiales de MDF aumentaron anualmente 9.4 %, partiendo de 1010 MUSD a 6715 MUSD.

Table 2. Evolution of the value of MDF (Medium Density Fiberboard) exports, ranking of the top 10 exporters and the geometric growth rate (GGR) from 1995 to 2016. Cuadro 2. Evolución del valor de las exportaciones de MDF (Medium Density Fiberboard), ranking de los 10 primeros exportadores y tasa de crecimiento geométrico (TCG) de 1995 a 2016.

Ranking/Posición	Countries/Países	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2013	2016	GGR (%)
Value of exports (MUSD)/Valor de las exportaciones (MUSD)										
1	China	5.95	66.92	70.53	78.05	842.76	920.16	1 364.75	1 296.73	29.2
2	Germany/Alemania	88.60	161.82	801.06	1 550.44	825.76	835.18	762.02	777.40	10.9
3	Belgium*/Bélgica*	3.54	93.09	32.34	45.12	566.84	438.63	417.38	457.24	26.0
4	Thailand**/Tailandia**	0.00	16.92	42.56	68.97	159.31	224.55	323.02	393.36	33.7
5	Austria	10.00	21.26	27.17	72.06	415.52	381.21	398.63	344.81	18.4
6	Spain/España	63.45	51.88	72.67	151.21	437.33	207.71	247.07	268.34	7.1
7	New Zealand/Nueva Zelanda	132.48	71.09	117.98	148.80	159.65	157.09	189.06	255.78	3.2
8	Turkey/Turquía	0.62	1.89	6.18	25.30	160.65	220.15	223.29	233.84	32.7
9	Poland/Polonia	42.0	51.10	43.39	163.29	203.13	186.22	236.29	232.16	8.5
10	Canada/Canadá	35.71	126.34	185.73	251.27	130.24	127.81	179.83	220.04	9.0
19	Brazil/Brasil	1.51	3.60	0.80	25.00	14.98	14.82	57.05	95.29	21.8
Rest of the countries/Resto de países		626.55	704.92	833.85	1 468.79	2 087.76	1 883.34	2 148.73	2 140.66	1.9
World total/Total mundial		1 010.41	1 370.83	2 234.26	4 048.30	6 003.93	5 596.87	6 547.12	6 715.65	9.4
Main exporters/Principales exportadores										
1	NZL	GER	GER	GER	CHN	CHN	CHN	CHN	CHN	
2	GER	MAL/MAS	MAL/MAS	CAN	GER	GER	GER	GER	GER	
3	MAL/MAS	CAN	CAN	MAL/MAS	BEL	BEL	BEL	BEL	BEL	
4	ITA	ITA	NZL	FRA	SPA/ESP	AUT	AUT	AUT	THA	
5	IRL	BEL	FRA	POL	AUT	AUT	THA	THA	AUT	
6	FRA	IRL	ITA	SWI/SUI	MAL	TUR	SPA/ESP	SPA/ESP	SPA/ESP	
7	POR	POR	SWI	SPA/ESP	POL	SPA/ESP	SPA/ESP	POL	NZL	
8	SPA/ESP	NZL	SPA/ESP	NZL	POR	POR	MAL	TUR	TUR	
9	USA	CHN	CHN	POR	SWI/SUI	SWI/SUI	POL	MAL/MAS	POL	
10	AUS	FRA	AUS	AUS	TUR	TUR	SWI	NZL	CAN	

*For the period 1995-1999, Belgium-Luxembourg exports were considered. **For Thailand, the GGR was applied for the interval 1996 to 2016. MUSD = millions of US dollars. NZL = New Zealand; GER = Germany; MAL = Malaysia; ITA = Italy; IRL = Ireland; FRA = France; POR = Portugal; SPA = Spain; USA = United States; AUS = Australia; CAN = Canada; BEL = Belgium/Luxemburg; CHN = China; SWI = Switzerland; POL = Poland; AUT = Austria; THA = Thailand and TUR = Turkey. Source: FAO (2017).

*Para el periodo 1995-1999 se consideraron las exportaciones de Bélgica-Luxemburgo. **Para Tailandia, la TGC se aplicó para el intervalo 1996 a 2016. MUSD = millones de dólares estadounidenses. NZL = Nueva Zelanda; GER = Alemania; MAS = Malasia; ITA = Italia; IRL = Irlanda; FRA = Francia; POR = Portugal; ESP = España; USA = Estados Unidos; AUS = Australia; CAN = Canadá; BEL = Bélgica/Luxemburgo; CHN = China; SUI = Suiza; POL = Polonia; AUT = Austria; THA = Tailandia y TUR = Turquía. Fuente: FAO (2017).

According to Table 2, New Zealand, Germany and China stood out as the most significant countries in the study period. China moved up from 18th place in 1995 to 1st place in 2007, consolidating itself in this position starting in 2010. Germany maintained export values that guaranteed its permanence among the top three positions. In 1995, Brazil was ranked 24th and then rose to 20th place in 2016. In the period studied, the countries whose MDF exports grew the most were Belgium, which rose from 21st to 3rd, Thailand from 34th to fourth and Turkey from 27th to sixth.

Figure 1 presents the concentration and inequality indices used to measure the degree of global concentration of MDF exports from 1995 to 2016. Figure 1a shows that the concentration ratio, based on the four leading exporters (CR [4]), indicated oligopoly. According to Scherer and Ross (1990), when the four largest exporting countries have more than 40 % of the market, the structure is oligopolistic. It was also observed that close to 100 % of the market remained with the 20 largest exporters (CR[20]).

According to the Bain (1959) classification, CR(4) averaged 46.5 %, which characterized a moderately low concentration. In the analysis period there were some oscillations in the concentration pattern of exports. From 1995 to 1999, the concentration was moderately low and between 2000 and 2005 it was moderately high, peaking in 2001 with 59.7 %. After 2005, the sector's concentration fell due to the entry of new MDF-exporting countries, stabilizing at a moderately low concentration.

The eight largest exporters (CR[8]) averaged 68.38 %, showing moderately low concentration. CR(8) decreased from 1995 to 2016, falling from 72.87 % (1995) to 63.4 % (2016). For the years 1995, 1996 and 2000 to 2005, CR(8) became moderately high and remained moderately low. The 20 largest exporters (CR[20]) averaged 92.7 %, with the highest value (99.1 %) recorded in 1995 and the lowest (88.3 %) in 2016.

Figure 1b shows that the HHI indicated little concentration for the sector with small increases in the first five years of the analysis (1995 to 1999). The period of greatest concentration occurred between 2000 and 2004, which was verified by the distance from its lower limit. Beginning in 2005, the HHI demonstrated a competitive market among MDF-exporting countries. HHI* behavior was more evident in these events. Between 2002 and 2004, the sector was classified as moderately concentrated; the highest concentration was in 2003 (0.162) and the lowest in 2006 (0.0394). According to Resende (1994), HHI* classified the MDF export sector as deconcentrated (0.083).

Figure 1c presents Theil's entropy (E), which indicated low concentration among MDF-exporting countries, in

En 2016, China participó con 20 % de las exportaciones mundiales de MDF; el país creció 29.2 % al año, partiendo de los 5.9 MUSD en 1995 a 1 296 MUSD. Alemania ocupó el segundo puesto con 11.6 % de las exportaciones y tuvo un crecimiento anual de 10.9 %. Brasil ocupó la posición 19 del *ranking* mundial de 2016 con 1.4 % de las exportaciones de MDF y presentó un crecimiento anual significativo del 21.8 %, partiendo de 1.5 MUSD (1995) a 95.3 MUSD (2016). La Indústria Brasileira de Árvores (2017) explicó que, en 2016, Brasil ocupó el octavo lugar como productor de paneles de madera del mundo (7.3 millones de m³), pero el 86 % de la producción fue destinada al mercado interno y el 14 % restante a la exportación.

De acuerdo con el Cuadro 2, Nueva Zelanda, Alemania y China destacaron como los países más significativos en el periodo en estudio. China avanzó de la posición 18 en 1995 al primer lugar en 2007 y se consolidó en este puesto a partir de 2010. Alemania mantuvo valores de exportación que garantizaron su permanencia entre las tres principales posiciones. En 1995, Brasil estaba en la posición 24 para ascender a la posición 20 en 2016. En el periodo estudiado, los países que más crecieron fueron Bélgica que subió de la posición 21 a la 3, Tailandia de la 34 a la 4 y Turquía de la 27 a la 6.

La Figura 1 presenta los índices de concentración y desigualdad propuestos para medir el grado de concentración mundial de las exportaciones de MDF de 1995 a 2016. En la Figura 1a se observa que la razón de concentración, con base en los cuatro exportadores más importantes (CR[4]), indicó oligopolio. De acuerdo con Scherer y Ross (1990), cuando los cuatro mayores países exportadores poseen más de 40 % del mercado, la estructura es oligopolista. También se observó que cerca de 100 % del mercado permaneció con los 20 mayores exportadores (CR[20]).

De acuerdo con la clasificación de Bain (1959), la CR(4) presentó una media de 46.5 %, lo que caracterizó una concentración moderadamente baja. En el periodo de análisis hubo algunas oscilaciones en el patrón de concentración de las exportaciones. De 1995 a 1999, la concentración fue moderadamente baja y entre 2000 y 2005 fue moderadamente alta, con pico en 2001 llegando a 59.7 %. Después de 2005, la concentración del sector cayó en virtud de la entrada de nuevos países exportadores de MDF, estabilizándose en una concentración moderadamente baja.

Los ocho mayores exportadores (CR[8]) presentaron una media de 68.38 % demostrando concentración moderadamente baja. La CR(8) disminuyó de 1995 a 2016, partiendo de 72.87 % (1995) a 63.4 % (2016). Para los años 1995, 1996 y 2000 a 2005, la CR(8) llegó a ser moderadamente alta y se mantuvo moderadamente baja. Los 20 mayores exportadores (CR[20]) presentaron

line with the HHI. From 1995 to 1999, the concentration remained stable with small oscillations. From 2000 to 2005, the concentration increased, which was verified by the greater distance from its upper limit. From 2006, the concentration decreased, and the scenario remained stable until 2016. The adjusted entropy (E^*) had an average value of 0.666; the year of lowest concentration was 1995 (0.799) and the highest was 2004 (0.588).

Figure 1d shows the inequality of MDF exports through G, with an average value of 0.883 and a strong to very strong classification. During the period analyzed, inequality had two classifications, being from strong

una media de 92.7 %; en 1995 se registró el mayor valor (99.1 %) y el menor en 2016 (88.3 %).

En la Figura 1b, el HHI indicó poca concentración para el sector con pequeños aumentos en los primeros cinco años del análisis (1995 a 1999). El periodo de mayor concentración ocurrió entre 2000 y 2004, el cual se verificó por el distanciamiento de su límite inferior. A partir de 2005, el HHI demostró un mercado competitivo entre los países exportadores de MDF. El comportamiento del HHI* fue más evidente en estos acontecimientos. Entre 2002 y 2004, el sector fue clasificado como moderadamente concentrado; la mayor concentración fue en 2003 (0.162) y la menor

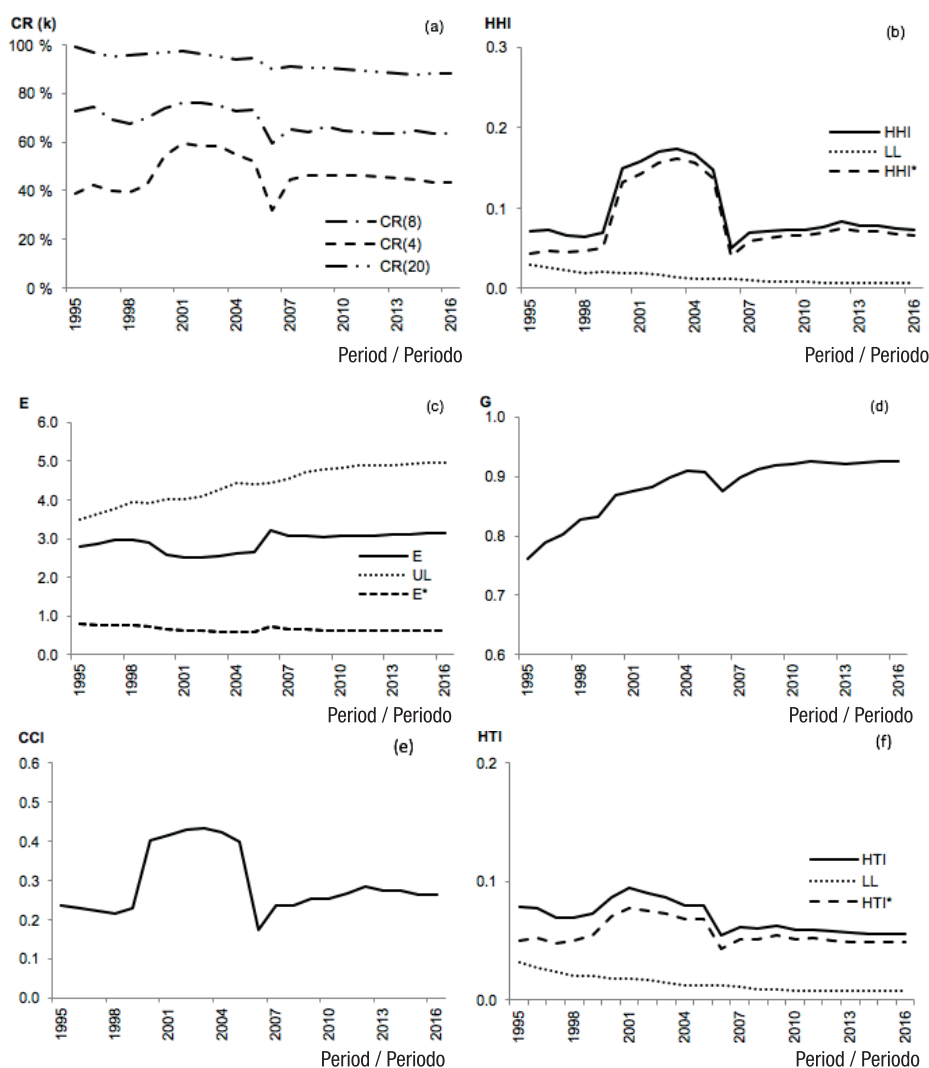


Figure 1. Evolution of concentration measures for global MDF (Medium Density Fiberboard) exports from 1995 to 2016. (a) Concentration ratio (CR); (b) Herfindahl-Hirschman index (HHI); (c) Theil's entropy (E); (d) Gini coefficient (G); (e) comprehensive concentration index (CCI); (f) Hall-Tideman index (HTI). UL = Upper limit; LL = Lower limit. *Adjusted indicator.

Figura 1. Evolución de las medidas de concentración para las exportaciones mundiales de MDF (Medium Density Fiberboard) de 1995 a 2016. (a) Razón de concentración (CR); (b) índice de Herfindahl - Hirschman (HHI); (c) entropía de Theil (E); (d) coeficiente de Gini (G); (e) índice de concentración integral comprensible (ICC); (f) índice de Hall-Tideman (HTI). LS = Límite superior; LI = Límite inferior. *Indicador ajustado.

to very strong in the years 1995 to 2003, 2006 and 2007, and very strong to absolute in 2004, 2005 and 2008 to 2016. The index showed increasing trends, from 0.762 (1995) to 0.926 (2016), reflecting the increase in the number of MDF-exporting countries which rose from 33 in 1995 to 141 in 2016.

As seen in Figure 1e, the comprehensive concentration index (CCI) had a low concentration from 1995 to 1999. From 2000 to 2005, the CCI went from 0.401 to 0.399 and averaged 0.417, this being the period of highest concentration of MDF exports. In 2006, the CCI had a sharp fall, due to the reduction in MDF exports on the world stage. Small increases occurred in the final years of the study and the index remained stable but showed a low concentration.

The Hall and Tideman index (HTI) is shown in Figure 1f. This index remained close to the value 0 throughout the analysis period, indicating a minimum concentration among MDF-exporting countries. Starting in 1999, concentration in the sector showed a small upward trend, reaching an HTI value of 0.099 and a lower limit of 0.012 in 2005. In 2006, the lowest concentration of the entire period analyzed was observed; from 2007 to 2016, the concentration stabilized, undergoing only small swings. The HTI* averaged 0.056, which shows a complete distribution among MDF-exporting countries. In 1995, the HTI* was 0.050 and decreased to 0.049 at the end of the period studied. The indicator obtained a slight decrease in concentration between 2000 and 2005, dropping from 0.0701 to 0.0687, respectively.

Conclusions

Between 1995 and 2016, global MDF (Medium Density Fiberboard) exports grew 9.44 % annually; China maintains hegemony, followed by Germany, both of which remained among the top three in the MDF export ranking. Brazil was ranked 19th. The concentration ratio of MDF-exporting countries indicated that the four and eight most important exporting countries presented a moderately low concentration, but with an oligopolistic market structure with high competition. Nearly 100 % of exports are under the dominance of 20 countries. The analyses of the Herfindahl-Hirschman, Hall and Tideman, Theil's entropy and comprehensive concentration indices lead us to infer that there is a low concentration in world MDF exports. Despite the increase in the number of exporting countries, there was no significant reduction in the inequality of global MDF exports; according to the Gini coefficient, the inequality was strong to absolute. This information could be useful in decision-making and public policy guidance.

en 2006 (0.0394). De acuerdo con Resende (1994), el HHI* clasificó el sector de exportaciones de MDF como desconcentrado (0.083).

La Figura 1c presenta la entropía de Theil (E) que indicó baja concentración entre los países exportadores de MDF, concordando con el HHI. De 1995 a 1999, la concentración permaneció estable con pequeñas oscilaciones. De 2000 a 2005, la concentración aumentó, la cual se verificó por el mayor distanciamiento con su límite superior. A partir de 2006, la concentración se redujo y el escenario permaneció estable hasta 2016. La entropía ajustada (E*) tuvo un valor medio de 0.666; el año de menor concentración fue 1995 (0.799) y el mayor fue 2004 (0.588).

La Figura 1d muestra la desigualdad de las exportaciones de MDF a través de G, con valor medio de 0.883 y clasificación de fuerte a muy fuerte. Durante el periodo analizado, la desigualdad tuvo dos clasificaciones siendo de fuerte a muy fuerte en los años 1995 a 2003, 2006 y 2007, y muy fuerte a absoluta en 2004, 2005 y 2008 a 2016. El índice presentó tendencias crecientes partiendo de 0.762 (1995) a 0.926 (2016), reflejo del aumento de número de países en la exportación de MDF que en 1995 era 33 y en 2016 llegó a 141.

En la Figura 1e, el índice de concentración integral comprensible (CCI) presentó una concentración baja de 1995 a 1999. De 2000 a 2005, el CCI partió de 0.401 a 0.399 y tuvo una media de 0.417, siendo este el periodo de concentración mayor de las exportaciones de MDF. En 2006, el CCI tuvo una caída brusca, debido a la reducción de las exportaciones de MDF en el escenario mundial. En los años finales del estudio ocurrieron pequeños aumentos y el índice se mantuvo estable, pero demostrando una baja concentración.

El índice de Hall y Tideman (HTI) se muestra en la Figura 1f. Este índice se mantuvo próximo del valor 0 durante todo el periodo de análisis, indicando una concentración mínima entre los países exportadores de MDF. A partir de 1999, la concentración en el sector presentó una pequeña tendencia de aumento, llegando a un valor de HTI de 0.099 con límite inferior de 0.012 en 2005. En 2006 se tuvo la menor concentración de todo el periodo analizado; de 2007 a 2016, la concentración se estabilizó sufriendo pequeñas oscilaciones. El HTI* presentó una media de 0.056 que muestra una distribución completa entre los países exportadores de MDF. En 1995, el HTI* era de 0.050 y decreció a 0.049 al final del periodo estudiado. El indicador obtuvo una ligera disminución de la concentración entre 2000 y 2005, cayendo de 0.0701 a 0.0687, respectivamente.

Acknowledgments

The authors are grateful to Brazil's National Council for Scientific and Technological Development (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq*) for awarding research grants aimed at increasing productivity, and the Office for the Improvement of Higher Education Personnel (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES*) for awarding a master's degree grant.

End of English version

References / Referencias

- Bain, J. (1959). *Industrial organization*. New York, USA: Wiley.
- Bikker, J. A., & Haaf, K. (2002). Measures of competition and concentration in the banking industry: a review of the literature. *Economic & Financial Modelling*, 9(2), 53–98. Retrieved from https://www.dnb.nl/binaries/Measures%20of%20Competition_tcm46-145799.pdf
- Coelho Junior, L. M. (2016). Concentração regional do valor bruto de produção do pinhão no Paraná. *Ciência Florestal*, 26(3), 853–861. doi: 10.5902/1980509824213
- Coelho Junior, L. M., Rezende, J. L. P., Avila, E. S., Oliveira, A. D., & Borges, L. A. C. (2010). Analysis of the Brazilian cellulose industry concentration (1998–2007). *Cerne*, 16(2), 209–216. doi: 10.1590/S0104-77602010000200013
- Coelho Junior, L. M., Rezende, J. L. P., & Oliveira, A. D. (2013). Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. *Ciência Florestal*, 23(4), 691–701. doi: 10.5902/1980509812353
- Coelho Junior, L. M., Selvatti, T. S., Alencar, F. V., Santos Júnior, E. P., Borges, L. A. C., & Rezende, J. L. P. (2018a). Global concentration of pulp exports. *Floresta*, 48(4), 443–452. doi: 10.5380/rf.v48i4.48334
- Coelho Junior, L. M., Burgos, M. C., & Santos Junior, E. P. (2018b). Concentração regional da produção de lenha da Paraíba. *Ciência Florestal*, 28(4), 1729–1740. doi: 10.5902/1980509835332
- Coelho Junior, L. M., Burgos, M. C., Santos Junior, E. P., & Pinto, P. A. L. A. (2019). Regional concentration of the gross value of production of firewood in Paraíba. *Floram*, v. 26, p. e20170887. doi: 10.1590/2179-8087.088717
- Cuenca, M. A. G., & Dompieri, M. H. G. (2017). Dinâmica espacial da canavieira e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. *Revista Econômica do Nordeste*, 47(4), 91–106. Retrieved from <https://ren.emnuvens.com.br/ren/article/view/620/497>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Statistics division. Forestry Production and Trade. Retrieved September 19, 2017 from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

Conclusiones

En el periodo 1995 a 2016, las exportaciones mundiales de MDF (Medium Density Fiberboard) crecieron 9.44 % anual; China mantuvo la hegemonía, seguida por Alemania, quienes permanecieron entre los tres primeros del *ranking*. Brasil quedó en la posición 19. La razón de concentración de los países exportadores de MDF indicó que los cuatro y ocho países exportadores más importantes presentaron una concentración moderadamente baja, pero con estructura de mercado oligopolista con competencia elevada. Cerca de 100 % de las exportaciones están bajo el dominio de 20 países. Los análisis de los indicadores Herfindahl-Hirschman, Hall y Tideman, entropía de Theil y concentración integral comprensible llevan a inferir que hay una baja concentración en las exportaciones mundiales de MDF. A pesar del aumento del número de países exportadores, no hubo reducción significativa en la desigualdad de las exportaciones mundiales de MDF; según el coeficiente de Gini, la desigualdad fue fuerte a absoluta. Esta información podría ser de utilidad en la toma de decisiones y en la orientación de políticas públicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la concesión de becas de investigación para la productividad, por parte del Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq*), y una beca de maestría por parte de la Coordinación para el Mejoramiento del Personal de Educación Superior (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES*).

Fin de la versión en español

- Gini, C. (1912). Variabilità e mutabilità. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/234236776_Variabilita_e_Mutabilita
- Hall, M., & Tideman, N. (1967). Measures of concentration. *Journal of the American Statistical Association*, 62(317), 162–168. doi: 10.2307/2282919
- Haguenauer, L. (2012). Competitividade: conceitos e medidas. Uma resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro. *Revista Economia Contemporânea*, 16(1), 146–176. doi: 10.1590/S1415-98482012000100008
- Herfindahl, O. C. (1950). Concentration in the steel industry. Thesis Ph.D., Columbia University, USA.
- Hirschman, A. O. (1945). *National power and the structure of foreign trade*. USA: University of California Press.
- Horvarth, J. (1970). Suggestion for a comprehensive measure of concentration. *Southern Economic Journal*, 36(4), 446–452. doi: 10.2307/1056855

- Indústria Brasileira de Árvores (2017). Relatório anual: 2017. Retrieved from https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf
- Noce, R., Carvalho, R. M. M. A., do Canto, J. L., da Silva, M. L., & Mendes, M. M. (2007). Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. *Cerne, Lavras*, 13(1), 107–110. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242164676_MEDIDA_DA_DESIGUALDADE_DO_MERCADO_INTERNACIONAL_DE_COMPENSADO
- Noce, R., Silva, M. L. D., Carvalho, R. M. M. A., & Soares, T. S. (2005). Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. *Revista Árvore*, 29(3), 431–437. doi: 10.1590/S0100-67622005000300010
- Noce, R., Silva, M. L., Souza, A. L., de Silva, O. M., Mendes, L. M., Carvalho, R. M. M. A., & Valverde, S. B. (2008). Competitividade do Brasil no mercado internacional de aglomerado. *Revista Árvore*, 32(1), 113–118. doi: 10.1590/S0100-67622008000100013
- Resende, M. (1994). Medidas de concentração industrial: uma resenha. *Revista Análise Econômica*, 12(21), 24–33. doi: 10.22456/2176-5456.10488
- Resende, M., & Boff, H. (2002). Concentração industrial. In D. J. Kupfer, & L. Hasenclever (Eds.), *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil* (pp. 73–90). Brasil: Editora Campus.
- Scherer, F. M., & Ross, D. (1990). *Industrial market structure and economic performance* (3rd. ed.). Boston, USA: Houghton Mifflin.
- Selvatti, T. S., Borges, L. A. C., Soares, H. C. C., Souza, A. N., & Coelho Junior, L. M. (2018). Global production concentration of medium density fiberboard (MDF) (1995-2016). *Revista Árvore*, 42(5), e420506. doi: 10.1590/1806-90882018000500006
- Soares, P. R. C., Cardoso, M. V., Almeida, A. N., Silva, J. C. G. L., Timofeiczik Junior, R., & Angelo, H. (2014). Concentração e desigualdade nas importações norte-americanas de celulose. *Scientia Forestalis*, 42(102), 173–179. Retrieved from <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr102/cap01.pdf>
- Soares, P. R. C., Oliveira, G. S., Silva, J. P., Ferrari, L. H., Santos, E., Kanieski, M. R., & Sampietro, J. A. (2018). Competitiveness of wood pulp in the international market. *Australian Journal of Crop Science*, 12(9), 1499–1503. doi: 10.21475/ajcs.18.12.09.PNE1243