

Dimensionamento e sustentabilidade do Agronegócio de Base Florestal no Brasil em 2020: uma análise pela Matriz Insumo-Produto

Sizing and sustainability of Forest-Based Agribusiness in Brazil in 2020: an analysis by the Input-Output Matrix

Umberto Antonio Sesso Filho^{1,2} , Ricardo Luis Lopes³ , Carlos Alberto Gonçalves Junior⁴ ,
Patrícia Pompermayer Sesso⁵ , Emerson Guzzi Zuan Esteves⁶ 

¹Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil. E-mail: umasesso@uel.br

²Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

³Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil. E-mail: rllopes@uem.br

⁴Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo, PR, Brasil.
E-mail: carlosalbertojr@hotmail.com

⁵Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente de Cambé, Cambé, PR, Brasil. E-mail: papomper2004@yahoo.com.br

⁶Programa de Pós-graduação em Economia Regional, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil. E-mail: emerson.esteves@uel.br

Como citar: Sesso Filho, U. A., Lopes, R. L., Gonçalves Junior, C. A., Sesso, P. P., & Esteves, E. G. Z. (2026). Dimensionamento e sustentabilidade do Agronegócio de Base Florestal no Brasil em 2020: uma análise pela Matriz Insumo-Produto. Revista de Economia e Sociologia Rural, 64, e304833. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2026.304833pt>

Resumo: O objetivo do estudo foi dimensionar o Agronegócio de Base Florestal no Brasil, que inclui celulose, papel, madeira e impressão, utilizando variáveis econômicas, sociais e ambientais. A metodologia foi baseada na Matriz Insumo-Produto Nacional do ano de 2020. Os resultados mostraram que o Agronegócio Florestal foi responsável por um valor bruto de produção de cerca de US\$ 67 bilhões, US\$ 28 bilhões em renda, US\$ 701 milhões em impostos, 2 milhões de postos de trabalho e US\$ 12 bilhões em rendimento do trabalho em 2020. Os valores correspondiam a 9,49% da produção, 8,74% da renda, 11,59% dos impostos sobre produção, 7,7% dos empregos e 8,25% do rendimento total do agronegócio. Os impactos ambientais mensurados foram o consumo de água azul, que foi de 154 milhões m³ (0,91% do total do agronegócio) e emissões de carbono de cerca de 12.388 Quilotoneladas (kt) de CO_{2eq} (1,76% do agronegócio). Os indicadores de sustentabilidade mostraram que o Agronegócio Florestal consumiu relativamente menos água e emitiu menos CO_{2eq} por milhão de dólares de renda, além de apresentar maior produtividade e rendimento médio dos trabalhadores.

Palavras-chave: insumo-produto, agronegócio, madeira, celulose.

Abstract: This study aimed at sizing the Forest-Based Agribusiness in Brazil, which includes pulp, paper, wood and printing, using economic, social and environmental variables. The methodology was based on the National Input-Output Matrix for the year 2020. The results showed that Forestry Agribusiness was responsible for a gross value of production of about US\$ 67 billion, US\$ 28 billion in income, US\$ 701 million in taxes, 2 million jobs and US\$ 12 billion in labor income in 2020. The values corresponded to 9.49% of production, 8.74% of income, 11.59% of taxes on production, 7.7% of jobs and 8.25% of total agribusiness income. The environmental impacts measured were the consumption of blue water, which was 154 million m³ (0.91% of the total agribusiness) and carbon emissions of about 12,388 kilotons (kt) of CO_{2eq} (1.76% of agribusiness). The sustainability indicators showed that Forestry Agribusiness consumed relatively less water and emitted less CO_{2eq} per million dollars of income, in addition to presenting higher productivity and average workers income.

Keywords: input-output, agribusiness, wood, cellulose.

1 Introdução

O conceito moderno de agronegócio o define como uma cadeia integrada que vai da produção agrícola ao processamento, distribuição e comercialização, gerando valor pela interação entre seus elos (Davis & Goldberg, 1957). No Brasil, essa abordagem é estratégica, pois o agronegócio



impulsiona exportações, empregos e inovação, incluindo cadeias como a de base florestal — celulose, papel, madeira e impressão — que contribuem significativamente para o PIB e a balança comercial ao transformar insumos florestais em produtos de alto valor agregado.

A matriz insumo-produto foi introduzida no dimensionamento do agronegócio por Furtuoso et al. (1998), com estudos posteriores mostrando crescimento da participação no PIB de 15% nos anos 1960 para 30% em 1995 (Montoya & Guilhoto, 1999) e 32% em 2000 (Furtuoso & Guilhoto, 2003). Guilhoto et al. (2006) destacaram a agricultura familiar com 25%–30% do PIB do setor. Estudos mais recentes incorporaram variáveis ambientais, tais como Montoya et al. (2017), e estimaram emissões de 1,5 kg de CO₂ por real gerado e 35% do consumo energético; Luz & Fochezatto (2022) apontaram que o agronegócio representava 21% do valor adicionado da economia em 2010. Pesquisas como Sesso Filho et al. (2019, 2024), Amarante & Sesso Filho (2020) e Sesso et al. (2022) ampliaram o escopo para incluir emissões e pegada hídrica, além de inovações metodológicas. Essa evolução mostra o uso da matriz insumo-produto como ferramenta para políticas que conciliem crescimento, inclusão e sustentabilidade.

O Agronegócio de Base Florestal (ABF) reúne setores produtivos com impactos econômicos, sociais e ambientais. Economicamente, gera empregos e desenvolvimento regional, especialmente em áreas com vocação florestal. Ambientalmente, avançou em práticas sustentáveis como reflorestamento, reciclagem e redução de consumo de água e emissões (Carvalho et al., 2005; Soares et al., 2010; Moreira & Oliveira, 2017). Estudos mostram ciclos econômicos, com crescimento do PIB florestal até 2000 e retração posterior (Soares et al., 2014). A cadeia de celulose e papel tem multiplicador de 1,7 e manejo sustentável que reduziu as emissões em 18%. Regionalmente, destaca-se a participação de 8% no PIB do Espírito Santo (Valverde et al., 2005) e a forte integração vertical no Pará (Santos, 2006).

O setor florestal brasileiro integra cadeias produtivas estratégicas que geram valor econômico, social e ambiental, sendo essencial para o desenvolvimento regional e para a competitividade internacional do agronegócio. No entanto, ainda há lacunas na mensuração integrada de seus impactos, especialmente quando comparado ao conjunto do agronegócio nacional. Nesse contexto, o problema de pesquisa que orienta este estudo é dimensionar o ABF e calcular indicadores de sustentabilidade para estimar a importância relativa ao agronegócio nacional. Portanto, considerando sua importância econômica, social e ambiental, o presente estudo tem como objetivo mensurar o agronegócio brasileiro e o ABF em 2020, considerando produção, renda, emprego, impostos, consumo de água azul e emissões de gases de efeito estufa, através da construção de indicadores de sustentabilidade. Ao ampliar o escopo metodológico, o presente estudo integra diferentes variáveis, oferecendo subsídios para políticas públicas e estratégias de gestão voltadas ao desenvolvimento sustentável.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Dimensionamento do agronegócio

A literatura sobre o dimensionamento do agronegócio brasileiro por matrizes insumoproduto mostra evolução metodológica e temática: partiu de estudos iniciais que estabeleceram bases para mensurar impactos econômicos, sociais e ambientais e avançou para incorporar indicadores ambientais e análises comparativas internacionais. Furtuoso et al. (1998) introduziram a metodologia aplicada ao Brasil, seguida por Montoya & Guilhoto (1999) que documentaram a reestruturação do setor entre 1959 e 1995, quando a participação do agronegócio no PIB passou de cerca de 15% para ~30%. Furtuoso e Guilhoto (2003) refinaram a mensuração para o período de 1994–2000, evidenciando efeitos diretos e indiretos e estimando participação entre 28% e 35% (32% em 2000), consolidando a base para estudos subsequentes.

Pesquisas posteriores ampliaram o foco: Guilhoto et al. (2006, 2011) destacaram a relevância da agricultura familiar, com participação variável entre estados (15%–40%). A partir da década de 2010, trabalhos integraram variáveis ambientais e energéticas: Montoya et al. (2016, 2017) relacionaram produção, consumo energético e emissões de CO₂, estimando cerca de 1,5 kg CO₂ por unidade monetária e atribuindo ao agronegócio ~35% do consumo energético nacional. Estudos internacionais e comparativos (Sesso Filho et al., 2019, 2021; Amarante & Sesso Filho, 2020) estenderam a metodologia a múltiplos países, encontrando multiplicadores médios de renda próximos a 1,8 e variações na participação do agronegócio no PIB entre 15% e 35%, conforme níveis de industrialização.

No campo da sustentabilidade, investigações recentes apontam desafios e métricas novas: Sesso Filho et al. (2024) indicaram que as emissões do agronegócio brasileiro são ~1,2 vezes superiores à média internacional; Luz & Fochezatto (2022) estimaram um coeficiente de transbordamento do PIB de 1,4; e Sesso Filho et al. (2024) incorporaram a pegada hídrica, mostrando que, em países com intensa agroindústria, a pegada pode alcançar até 45 m³ por unidade de PIB.

A matriz insumoproduto provou ser uma ferramenta essencial para captar interrelações setoriais e efeitos multiplicadores, evoluindo para integrar dimensões ambientais e comparações internacionais. Futuras pesquisas devem ampliar essa integração — incluindo inovação tecnológica e mudanças climáticas — para apoiar políticas públicas que conciliem crescimento econômico, inclusão social e sustentabilidade ambiental.

2.2 O Agronegócio de Base Florestal no Brasil

O setor florestal brasileiro está inserido em uma rede intersetorial complexa, com insumos da petroquímica e mineração compondo a base produtiva. Diversos estudos analisam seus componentes econômicos e fluxos, com destaque para abordagens quantitativas como matrizes insumo-produto, séries temporais e modelos econométricos. Esta revisão organiza trabalhos de Carvalho et al. (2005), Sousa et al. (2010), Valverde et al. (2005), Nunes Vieira et al. (2006), Santos (2006), Martins et al. (2003), Soares et al. (2010, 2014) e Moreira & Oliveira (2017), oferecendo uma síntese metodológica que fundamenta o estudo proposto para 2020.

Soares et al. (2014) identificaram ciclos no PIB florestal entre 1994 e 2008: expansão até 2000 (crescimento médio de 4,5% ao ano) e retração posterior (queda de 2,7% ao ano), influenciada por crédito, macroeconomia e consumo externo. Soares et al. (2010) analisaram a cadeia de celulose e papel, com crescimento médio de 3,8% e concentração de 55% das transações em grandes empresas. Moreira & Oliveira (2017) destacaram produtividade de 28 m³/ha/ano em plantações comerciais e redução de 18% nas emissões com manejo ambiental.

Carvalho et al. (2005) apontaram produção anual de 3,5 milhões de m³ de insumos, com 4,2% do valor agregado vindo da petroquímica e mineração. Soares et al. (2010) estimaram que 12,5% dos insumos florestais são interdependentes e que os fluxos diretos da cadeia geram R\$ 650 milhões em renda, com multiplicador de 1,7. Estudos regionais mostraram impactos relevantes: no Espírito Santo, o setor representava 8% da economia (Valverde et al., 2005); em Minas Gerais, gerou 1,3 milhão de empregos (Nunes Vieira et al., 2006); no Pará, Santos (2006) identificou forte integração vertical e crescimento da balança comercial e do emprego formal entre 1997 e 2005.

Martins et al. (2003) mapearam a inserção do setor no Paraná, mostrando que 9% dos insumos vêm de setores auxiliares, com integração 3,2 vezes maior que em cadeias menos dependentes. A análise dos estudos permite sistematizar dados e metodologias que descrevem a evolução e as relações intersetoriais do setor florestal. Carvalho et al. (2005), Sousa et al. (2010) e Soares et al. (2014) evidenciam ciclos econômicos, enquanto Nunes Vieira et al. (2006), Santos (2006) e Martins et al. (2003) detalham fluxos regionais. Soares et al. (2010) e Moreira & Oliveira (2017) quantificam parâmetros operacionais de segmentos específicos.

As metodologias aplicadas (insumo-produto, análise temporal, MCS) permitem comparar fluxos diretos e indiretos, ciclos econômicos e impactos regionais. A abordagem de cadeia produtiva e segmentação de processos, presente em Soares et al. (2010) e Moreira & Oliveira (2017), revela padrões de consolidação e integração industrial. Esta revisão compõe um panorama técnico-quantitativo do setor florestal, destacando a importância de integrar variáveis econômicas, sociais e ambientais para uma leitura sistêmica. Apesar dos avanços, ainda faltam estudos que articulem essas dimensões. O presente trabalho propõe dimensionar o ABF em 2020 com base na matriz insumo-produto nacional, visando subsidiar políticas públicas e estratégias de gestão para as cadeias florestais.

Estudos internacionais sobre o setor florestal utilizam diferentes metodologias. Além da análise insumo-produto, os métodos utilizam inventários nacionais, sistemas de informação, laboratórios de produtos e metodologias estatísticas que integram dados ambientais, econômicos e sociais; de modo a refletirem tanto as especificidades regionais quanto os objetivos de análise.

Na Alemanha, por exemplo, Bösch et al. (2015) e Kies et al. (2010) utilizaram modelos de insumo-produto e análises espaciais para compreender a estrutura e a dinâmica do *cluster* florestal. O enfoque foi em identificar interdependências econômicas e padrões de aglomeração regional, permitindo avaliar como o setor florestal se integra às cadeias produtivas nacionais e como mudanças estruturais afetam o emprego em atividades madeireiras. Essa abordagem destaca a relevância da análise quantitativa para captar fluxos econômicos e transformações regionais.

Na China, Chen et al. (2015) e Jia et al. (2023) aplicaram modelos de insumo-produto voltados especificamente para os recursos florestais e para a cadeia industrial florestal. O objetivo foi medir a contribuição do setor para a economia nacional e identificar gargalos ou potenciais de expansão. A metodologia chinesa se caracteriza por uma aplicação mais direta do modelo insumo-produto aos recursos naturais, buscando quantificar impactos ambientais e econômicos de forma integrada. Essa perspectiva evidencia a preocupação em alinhar crescimento econômico com sustentabilidade, ao mesmo tempo em que fornece subsídios para políticas industriais.

Já nos países nórdicos e bálticos, Brizga & Rätty (2024) e Tetere & Peerlings (2024) adotaram metodologias que combinam pegadas de consumo e comércio com indicadores econômicos, sociais e ambientais. O foco foi medir a pressão sobre os recursos naturais, bem como avaliar a bioeconomia florestal em termos de sustentabilidade e competitividade. De forma complementar, Mattila et al. (2011) aplicaram uma análise insumo-produto ambientalmente estendida, que incorporava variáveis ecológicas ao modelo econômico tradicional. Essas abordagens ampliam a visão para além da economia, integrando dimensões ambientais e sociais.

A tendência da evolução das pesquisas sobre o setor florestal aponta para metodologias mais integradas, que unam modelos econômicos de insumo-produto com indicadores ambientais e sociais identificando padrões complexos de uso dos recursos. Além disso, a crescente demanda por sustentabilidade e bioeconomia verde impulsionará estudos comparativos entre regiões favorecendo métricas harmonizadas e cenários prospectivos para orientar políticas florestais e o desenvolvimento econômico sustentável.

3 Metodologia

3.1 Dimensionamento do agronegócio

O dimensionamento do agronegócio brasileiro e do ABF foi baseado no trabalho de Furtuoso et al. (1998) aplicando-o aos dados do Brasil. A base de dados utilizada foi o Gloria (*Global Resource Input-Output Assessment*), a qual disponibiliza a matriz insumo-produto do Brasil com 120 setores e contas satélites econômicas, sociais e ambientais com dados sobre

valor adicionado, produção, emprego, consumo de água azul e emissões de gases de efeito estufa (GEE). Para mais informações sobre a base de dados utilizada neste trabalho, pode-se consultar Lenzen et al. (2017, 2022).

A base de dados utilizada possui 120 setores, sendo 23 setores agropecuários e 21 agroindustriais. As cadeias produtivas do agronegócio e do setor em análise foram divididas em quatro agregados: (I) Insumos, (II) Campo, (III) Indústria e (IV) Comércio e serviços. No cálculo do PIB do Agregado I são utilizadas as informações referentes aos valores dos insumos adquiridos pela produção no campo (setores agrícolas, florestal, pecuários e pesca e aquicultura) que estão disponíveis nas tabelas de insumo-produto. O Agregado II, campo, é formado pelos setores primários agropecuários. Os setores do Agregado III fazem parte da indústria e o Agregado IV se refere aos setores relacionados ao comércio e serviços.

As estimativas para o Agregado I para o Agronegócio utilizam o resultado da multiplicação dos valores dos insumos utilizados pelos setores agropecuários pelos respectivos coeficientes de valor adicionado (CVA_i), onde tem-se $i = 120$ setores. Para obter os Coeficientes do Valor Adicionado por setor (CVA_i) divide-se o Valor Adicionado a Preços de Mercado (VA_{PMi}) pela Produção do Setor (X_i), assim como definido na Equação 1. O Valor Adicionado a Preços de Mercado é obtido pela soma do Valor Adicionado a Preços Básicos aos impostos indiretos líquidos de subsídios sobre produtos, resultando em $VA_{PM} = VA_{PB} + ILL$. Sendo: VA_{PM} = Valor Adicionado a Preços de Mercado; VA_{PB} = Valor Adicionado a Preços Básicos; ILL = Impostos Indiretos Líquidos.

$$CVA_i = \frac{VA_{PMi}}{X_i} \quad (1)$$

Desta forma, o Produto Interno Bruto dos Insumos do Agronegócio é estimado pela Equação 2.

$$PIB_I = \sum_{k=1}^{23} \sum_{i=1}^{120} z_{i,k} \times CVA_i \quad (2)$$

Na Equação 2, tem-se que o PIB_I = Produto Interno Bruto do Agregado I (Insumos) do Agronegócio para todos os setores pertencentes à agropecuária (k , sendo $k = 1, 2, 3, \dots, 23$), z_{ik} é o valor do insumo do setor i para o setor agropecuário k , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 120$ e CVA_i é o coeficiente de valor adicionado do setor i .

Para o Agregado II (Campo) do Agronegócio, o cálculo considera os valores adicionados gerados pelos respectivos setores da agropecuária e subtraem-se os valores que foram utilizados como insumos. Na Equação 3, tem-se que PIB_{II} é o Produto Interno Bruto do Agregado II (Campo) do Agronegócio calculado para os setores pertencentes à agropecuária (k).

$$PIB_{II} = \sum_{k=1}^{23} VA_{PMk} - \sum_{k=1}^{23} \sum_{i=1}^{23} z_{i,k} \times CVA_i \quad (3)$$

Na Equação 3, tem-se que PIB_{II} é o Produto Interno Bruto do Agregado II (Campo) do Agronegócio, VA_{PMk} é o valor adicionado a preço de mercado para os k setores.

O Agregado III do Agronegócio é composto por indústrias cujas principais matérias-primas têm origem no campo. Para o cálculo do PIB do Agregado III, estima-se somatório dos valores adicionados pelos setores agroindustriais (22 setores) e subtrai-se os valores utilizados como insumos que foram contabilizados para o Agregado I, assim como definido na Equação 4. PIB_{III} é o Produto Interno Bruto do Agregado III para setores industriais do agronegócio (q).

$$PIB_{III} = \sum_{q=41}^{61} VA_{PMq} + 0,25VA_{PM92} - \sum_{k=1}^{23} \sum_{i=41}^{61} z_{i,k} \times CVA_i - \sum_{k=1}^{23} z_{i,92} \times CVA_i \quad (4)$$

Na Equação 4, $\sum_{q=41}^{61} VA_{PMq}$ é o somatório dos Valores Adicionados a Preços de Mercado dos setores agroindustriais, numerados de 41 a 61, $0,25VA_{PM92}$ é a contribuição do setor de Móveis e indústrias diversas para o Produto Interno Bruto do Agregado III do Agronegócio do Brasil, $\sum_{k=1}^{23} \sum_{i=41}^{61} z_{i,k} \times CVA_i$ é o somatório dos valores adicionados dos setores industriais utilizados como insumos no Agregado I e $\sum_{k=1}^{23} z_{i,92} \times CVA_i$ é o somatório dos valores utilizados como insumos do setor de Móveis e indústrias diversas para o Agregado I.

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (Universidade de São Paulo, 2025) apresenta a evolução dos cálculos para dimensionamento do agronegócio e o uso do valor 23,4% para o setor de Móveis e indústrias diversas, por não ser essencialmente agrícola. O peso de 25% para o setor de Móveis e indústrias diversas foi obtido da participação dos insumos de origem florestal em relação às demais matérias-primas para este setor.

No caso do Agregado IV, considera-se para fins de cálculo a soma do valor agregado dos setores relativos ao Transporte, Comércio e de Serviços. Do valor total obtido, destina-se ao agronegócio a parcela que corresponde à participação dos produtos agropecuários e agroindustriais na demanda final de produtos. A sistemática adotada no cálculo do valor da distribuição final do agronegócio industrial pode ser representada pelas Equações 5, 6 e 7.

$$DFD = DFG - IIL_{DF} - PI_{DF} \quad (5)$$

$$MC = VAT_{PM} - VAC_{PM} - VAS_{PM} \quad (6)$$

$$PIB_{IV} = MC \times \frac{\sum_{k=1}^{23} DF_k + \sum_{q=41}^m DF_q}{DFD} \quad (7)$$

Nas Equações 5, 6 e 7, os elementos são definidos como segue: DFG é a demanda final global, IIL_{DF} são os impostos indiretos líquidos pagos pela demanda final, PI_{DF} são os produtos importados pela demanda final, DFD é a demanda final doméstica, VAT_{PM} é o valor adicionado do setor transporte a preços de mercado, VAC_{PM} é o valor adicionado do setor comércio a preços de mercado, VAS_{PM} é o valor adicionado do setor serviços a preços de mercado, MC é a margem de comercialização, DF_k é a demanda final dos setores agropecuários k , sendo $k = 1, 2, 3, \dots, 23$, DF_q é a demanda final dos setores agroindustriais q , sendo $q = 41, 42, 43, \dots, 61, 92$ e PIB_{IV} é o Produto Interno Bruto do Agregado IV (Serviços) para agropecuária.

O PIB total do Agronegócio é dado pela soma dos seus agregados, assim como definido pela Equação 8.

$$PIB_{Agr} = PIB_I + PIB_{II} + PIB_{III} + PIB_{IV} \quad (8)$$

Montoya et al. (2017) demonstraram que a evolução do cálculo da estimativa do agronegócio resultou em metodologia sem dupla contagem, e sua aplicação para outros complexos econômicos resultou em fechamento contábil em 100% do Valor Adicionado Bruto, emprego, Produto Interno Bruto e demais variáveis para o Brasil

3.2 Dimensionamento do Agronegócio de Base Florestal

Para a estimativa do Agregado I para o Agronegócio florestal, consideram-se os valores dos insumos advindos do setor de Silvicultura e exploração madeireira (21º setor da matriz insumo-produto). O Produto Interno Bruto dos insumos ($PIB_{I\ 21}$), denominado Agregado I, é calculado pela Equação 9.

$$PIB_{I\ 21} = \sum_{i=1}^{120} z_{i,21} \times CVA_i \quad (9)$$

Para o setor de Silvicultura e exploração madeireira, o Produto Interno Bruto do campo (Agregado II) é dado por $PIB_{II\ 21}$ e estimado pela Equação 10.

$$PIB_{II\ 21} = VA_{PM\ 21} - z_{21,21} \times CVA_{21} \quad (10)$$

Na Equação 10, $VA_{PM\ 21}$ é o Valor Adicionado a Preços de Mercado do setor de Silvicultura e exploração madeireira; $z_{21,21}$ é o valor dos insumos utilizados pelo próprio setor; e CVA_{21} é o coeficiente de valor adicionado do setor.

Para o Agronegócio florestal, o Produto Interno Bruto do Agregado III ($PIB_{III\ 21}$) é dado pelo valor adicionado dos setores de (59) Produtos de Serraria, (60) Celulose e papel, (61) Impressão e 25% do setor (92) Móveis e indústrias diversas com subtração dos valores usados como insumos e respectivos valores adicionados do Agregado I. O cálculo é dado pela Equação 11.

$$PIB_{III\ 21} = \sum_{i=59}^{61} VA_{PMi} + 0,25VA_{PM\ 92} - \sum_{i=59}^{61} z_{i,21} \times CVA_i - z_{21,92} \times CVA_{92} \quad (11)$$

Na Equação 11, $\sum_{i=59}^{61} VA_{PMi}$ é o somatório dos Valores Adicionados a Preços de Mercado referentes à indústria de base florestal do Brasil; $0,25VA_{PM\ 92}$ é a contribuição do setor de Móveis e indústrias diversas para o Produto Interno Bruto do Agregado III do Agronegócio florestal; $\sum_{i=59}^{61} z_{i,21} \times CVA_i$ é o somatório dos valores adicionados dos setores industriais de base florestal utilizados como insumos no Agregado I do Agronegócio florestal; e $z_{21,92} \times CVA_{92}$ é o valor adicionado do setor de Móveis e indústrias diversas usado referente aos insumos para o Agregado I do Agronegócio florestal.

A Equação 12 estima o Produto Interno Bruto do Agregado IV para o Agronegócio florestal ($PIB_{IV\ 21}$), o qual é dado pela proporção em relação à participação do setor na produção total da Agropecuária.

$$PIB_{IV\ 21} = MC \times \frac{DF_{21} + DF_{59} + DF_{60} + DF_{61} + DF_{92}}{DFD} \quad (12)$$

O PIB total do ABF é dado pela Equação 12.

$$PIB\ 21 = PIB_{I\ 21} + PIB_{II\ 21} + PIB_{III\ 21} + PIB_{IV\ 21} \quad (13)$$

Os procedimentos de cálculo desenvolvidos para estimar o Produto Interno Bruto do Agronegócio e do ABF são utilizados para as demais variáveis emprego, produção, consumo de água azul e emissões de gases de efeito estufa sendo suficiente que substitua o PIB pelos demais fatores.

4 Resultados e Discussão

Esta seção analisa os resultados para o dimensionamento do agronegócio e do ABF do Brasil, em valores totais e relativos. A análise da Tabela 1, que apresenta o dimensionamento do Agronegócio do Brasil em 2020, em conjunto com as participações dos agregados do agronegócio ilustradas pela Figura 1, permite identificar a composição e a relevância dos quatro agregados (Insumos, Campo, Indústria e Serviços) para cada variável avaliada, evidenciando sua importância econômica, social e ambiental.

No que concerne ao valor bruto da produção (total de US\$ 707.132,95 milhões), os Insumos respondiam por aproximadamente 7,1%, o Campo por cerca de 20,1%, a Indústria por 37,5% e os Serviços por 35,3%. Verifica-se, portanto, que os setores de Indústria e Serviços concentravam a maior parte do valor agregado da produção, indicando que as atividades de transformação e a prestação de serviços constituíam elementos fundamentais na cadeia produtiva do agronegócio. Esse resultado ressalta a relevância econômica do setor na atividade de processamento e na geração de valor, contribuindo decisivamente para a competitividade do agronegócio.

Tabela 1. Dimensionamento do Agronegócio do Brasil, 2020.
Agregados: (I) Insumos, (II) Campo, (III) Indústria e (IV) Serviços

Variável	Agregados				Total
	I	II	III	IV	
Produção ¹	50.161,58	142.198,49	265.431,31	249.341,56	707.132,95
Renda ¹	16.862,23	86.237,39	60.959,49	155.934,78	319.993,88
Rendimento ¹	7.171,53	38.036,18	25.617,14	76.998,98	147.823,83
Impostos sobre produção ¹	537,78	1.992,58	1.989,89	1.526,93	6.047,18
Emprego ²	1.443.432	7.491.609	4.320.664	11.650.735	24.906.441
Consumo de água azul ³	2.771,23	12.608,37	1.613,42	3,27	16.996,30
Gases de Efeito Estufa (GEE) ⁴	25.805,97	632.127,53	31.486,17	15.465,62	704.885,30

¹ Valores monetários em milhões de US\$. ² Número de postos de trabalho. ³ Milhões de metros cúbicos (Mm³ de H₂O eq).

⁴ Quilotoneladas (kt) de CO₂ eq.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O agronegócio brasileiro foi dimensionado em US\$ 320 bilhões em Produto Interno Bruto (renda) em 2020, representando aproximadamente 21,6% do total do país, que era de US\$ 1,476 trilhão. Considerando a renda gerada pelo agronegócio, cerca de 5,3% o Campo 26,9%, a Indústria 19,1% e os Serviços, por volta de 48,7% do total. Da mesma forma, na variável Rendimento do trabalho (total de US\$ 147.823,83 milhões), os Insumos somavam aproximadamente 4,85%, o Campo 25,7%, a Indústria 17,3% e os Serviços 52,1%. Esses dados evidenciam que, embora o setor agropecuário (Campo) seja significativo na produção primária, os agregados de Serviços lideram a geração de renda e o rendimento do trabalho. Esse perfil econômico mostra que o setor de Serviços contribui de forma importante para a dinamização econômica do agronegócio.

Em relação à geração de Impostos sobre produção (total de US\$ 6.047,18 milhões), a participação dos agregados era distribuída de maneira relativamente equilibrada entre Campo e Indústria, que respondiam por cerca de 33% e 32,9% respectivamente. Os Serviços e os Insumos correspondiam a cerca de 25,3% e 8,9%. A distribuição apresenta a relevância conjunta dos agregados que compõem o campo e a cadeia industrial na formação da base tributária, ressaltando a importância desses segmentos para a arrecadação fiscal.

No âmbito social, a variável Emprego (total de 24.906.441 postos de trabalho) apresentava as participações de: Insumos, 5,8%; Campo, 30,1%; Indústria, 17,4%; e Serviços, 46,8%. Portanto, o agregado de Serviços se destacava como o principal gerador de empregos, seguido pelo Campo.

Os valores demonstram o impacto social relevante do agronegócio, correspondendo a próximo de 25% do total de pessoas ocupadas na economia em 2020, o que contribui para a inclusão social.

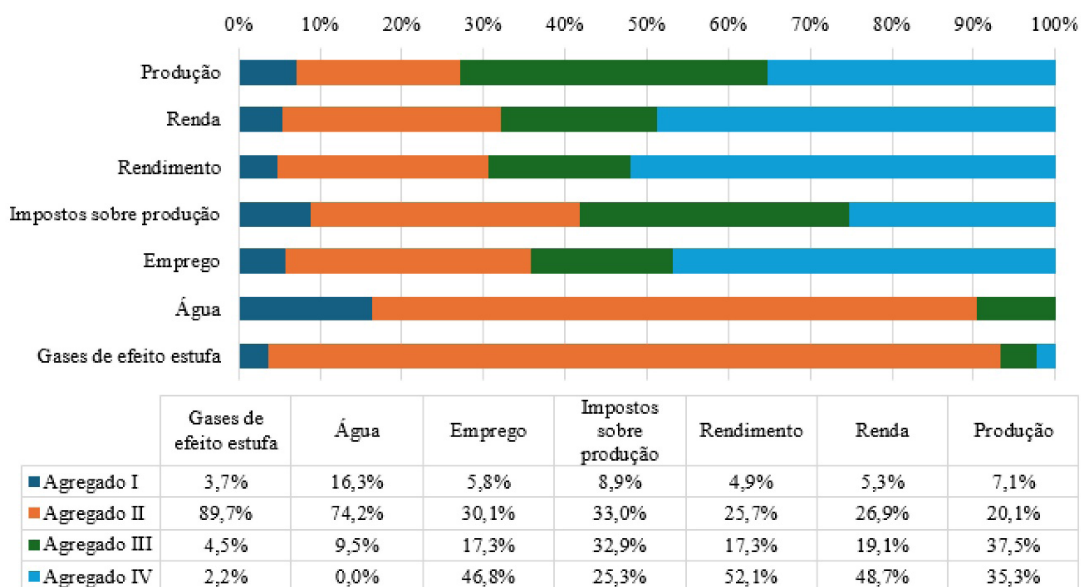


Figura 1. Participação dos agregados do Agronegócio na geração das variáveis, 2020.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Do ponto de vista ambiental, a análise do Consumo de água azul (total de 16.996,30 milhões de metros cúbicos) mostra que o Campo respondia por cerca de 74,1% do consumo, os Insumos por aproximadamente 16,3%, enquanto a Indústria e os Serviços têm participações marginais, de cerca de 9,5% e 0,02%, respectivamente. Essa distribuição ressalta a intensidade no uso de recursos hídricos no segmento de Campo, o que impõe desafios à gestão sustentável dos recursos naturais. Quanto às Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (total de 704.885,30 kt de CO_{2eq}), o Campo era o principal responsável com cerca de 89,7% das emissões, seguido pelos Insumos (3,7%), pela Indústria (4,5%) e pelos Serviços (2,2%). Esse cenário reflete o impacto ambiental concentrado nas atividades agropecuárias, especialmente aquelas relacionadas ao manejo de pastagens, cultivo e pecuária, destacando a necessidade de práticas de produção mais sustentáveis e de estratégias de redução de emissão de poluentes.

Os resultados mostram que, na dimensão econômica, os agregados de Indústria e Serviços concentram a maior parte do valor agregado no valor bruto da produção do agronegócio, com contribuições de 37,5% e 35,3%, respectivamente, e que os Serviços lideram na geração de renda (valor adicionado) (48,7%) e rendimento do trabalho (52,1%). Esses resultados indicam a importância das atividades de transformação e de agregação de valor para a competitividade do setor. Em comparação com estudos anteriores, Furtuoso & Guilhoto (2003) e Montoya & Guilhoto (1999) mostraram que a participação do agronegócio no PIB variou entre 28% e 35%, chegando a uma estimativa de aproximadamente 32% para o ano 2000, evidenciando o robusto impacto econômico do setor na economia brasileira.

O setor de Serviços foi responsável por 46,8% dos postos de trabalho, seguido pelas atividades de Campo, que respondem por 30,1% dos empregos. Os estudos de Guilhoto et al. (2006, 2011) destacaram que esse segmento contribui com cerca de 25% a 30% para o complexo do agronegócio, reforçando o papel central das atividades rurais na geração de renda e emprego no meio rural em propriedades familiares.

Na esfera ambiental, a análise do presente estudo aponta que as atividades de Campo foram responsáveis por aproximadamente 74,1% do consumo de água azul e 89,7% das emissões de gases de efeito estufa, demonstrando que os impactos ambientais se concentram nas operações primárias. Em paralelo, Montoya et al. (2016, 2017) e Sesso Filho et al. (2024) integraram indicadores ambientais, como a emissão de cerca de 1,5 kg de CO₂ por unidade monetária gerada e uma pegada hídrica de até 45 m³ por unidade de PIB em contextos agroindustriais intensos, ressaltando a necessidade de práticas sustentáveis que mitiguem esses impactos.

A análise comparativa dos estudos evidencia a necessidade de abordagens integradas que considerem múltiplos aspectos e inter-relações do setor, fundamentais para políticas públicas que conciliem crescimento econômico, inclusão social e sustentabilidade ambiental. O agronegócio brasileiro, além de ser um dos pilares da economia, exerce função social crítica ao gerar milhões de empregos e promover desenvolvimento regional, enfrentando desafios ambientais relevantes, como consumo de água e emissões de gases de efeito estufa. Sua preponderância econômica decorre da forte participação dos agregados Indústria e Serviços na criação de valor e renda, enquanto a base produtiva do Campo — essencial para a produção primária — impõe maiores desafios ambientais. Assim, o agronegócio é vital para o dinamismo econômico e socioeconômico do país, exigindo práticas sustentáveis que conciliem produtividade e preservação dos recursos naturais.

A Tabela 2 apresenta os resultados do dimensionamento do ABF no ano de 2020. Os valores mostram a contribuição dos quatro agregados — Insumos, Campo, Indústria e Serviços — permitindo uma análise quantitativa detalhada em termos econômicos, sociais e ambientais. A Figura 2, por sua vez, ilustra a participação de cada agregado na geração das variáveis em análise. Considerando as variáveis econômicas, como o valor bruto da produção, cujo total se estabelece em US\$ 67.080,70 milhões, o agregado Insumos representa aproximadamente 0,12% do valor total, enquanto o Campo contribui com cerca de 1,29%. A predominância é observada na Indústria, que responde por aproximadamente 72,2% da produção, e nos Serviços, que correspondem a aproximadamente 26,4%. Dessa forma, a atividade industrial mostra-se o principal gerador de valor agregado no âmbito produtivo.

No que diz respeito à Renda, totalizando US\$ 27.959,56 milhões, o agregado Insumos responde por cerca de 0,11% e o Campo por aproximadamente 2,49%, enquanto a Indústria e os Serviços contribuem com 57,8% e 39,6%, respectivamente. Essa distribuição ressalta a centralidade do setor industrial na geração de renda, com os serviços também desempenhando um papel relevante, demonstrando, assim, a complementaridade entre os agregados de transformação e prestação de serviços. A variável de Impostos sobre a Produção, com um total de US\$ 700,61 milhões, evidencia uma concentração de arrecadação na Indústria, a qual responde por cerca de 83,4%, em contraste com os Serviços (15,5%), enquanto os agregados Insumos e Campo contribuem de maneira praticamente insignificante, com 0,12% e 0,93%, respectivamente. Essa hierarquia ressalta o peso fiscal derivado do setor industrial e sua importância para a arrecadação tributária estatal.

Tabela 2. Dimensionamento do Agronegócio de Base Florestal do Brasil, 2020.
Agregados: (I) Insumos, (II) Campo, (III) Indústria e (IV) Serviços

Variável	Agregados				Total
	I	II	III	IV	
Produção ¹	81,98	861,76	48.434,65	17.702,31	67.080,70
Renda ¹	30,05	696,49	16.162,23	11.070,78	27.959,56
Rendimento ¹	14,70	73,65	6.636,55	5.466,64	12.191,54
Impostos sobre produção ¹	0,86	6,49	584,85	108,41	700,61
Emprego ²	2.164	16.040	1.075.796	827.158	1.921.158
Consumo de água azul ³	0,04	15,39	138,45	0,23	154,11
Gases de Efeito Estufa (GEE) ⁴	12,94	1.202,42	10.074,85	1.098,00	12.388,20

¹ Valores monetários em milhões de US\$. ² Número de postos de trabalho. ³ Milhões de metros cúbicos (Mm³ de H₂O eq).

⁴ Quilotoneladas (kt) de CO₂ eq.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

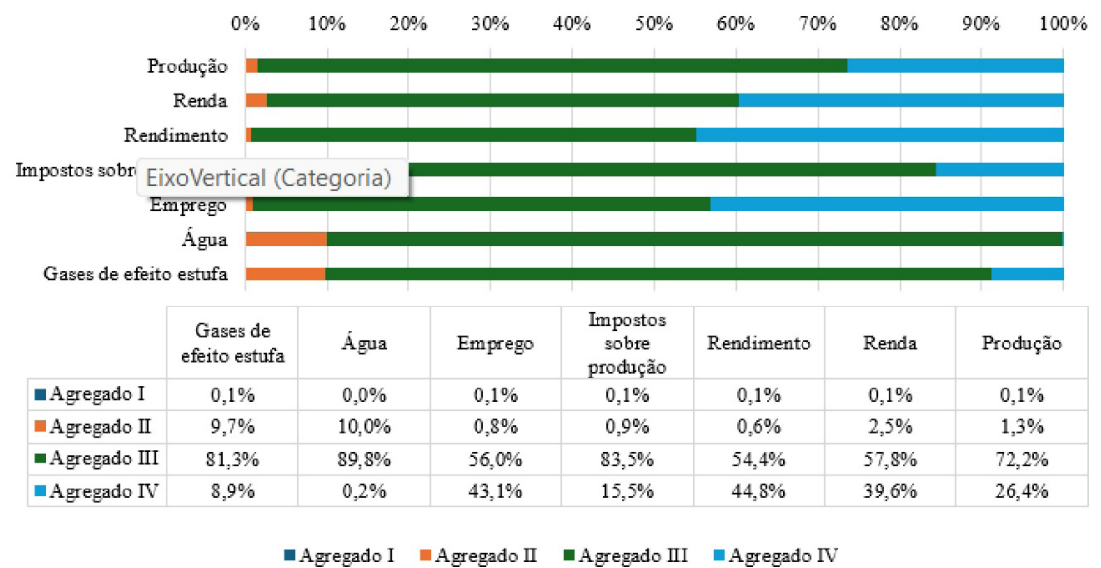


Figura 2. Participação dos agregados do Agronegócio de Base Florestal na geração das variáveis, 2020.
Fonte: elaborado pelos autores (2025).

As variáveis de impacto social, emprego e rendimento do trabalho, são importantes para mensurar a contribuição das cadeias produtivas para a sociedade. No âmbito do emprego, o complexo empregava 1.921.158 postos de trabalho, nos quais a participação relativa dos agregados era distribuída de forma que o setor de Insumos concentrava aproximadamente 0,11% e o Campo cerca de 0,83%. Por sua vez, a Indústria era responsável por aproximadamente 56,0% dos empregos, enquanto os Serviços somavam cerca de 43,06%. Essa distribuição evidencia a centralidade da atividade industrial na geração de empregos, complementada de maneira significativa pelo setor de serviços, ambos essenciais para a dinâmica do mercado de trabalho. Em relação ao Rendimento, que alcança um total de US\$ 12.191,54 milhões, observa-se que a participação dos agregados Insumos e Campo era marginal, representando aproximadamente 0,12% e 0,60%, respectivamente. A Indústria era responsável por 54,45% deste indicador, enquanto os Serviços correspondiam a cerca de 44,86%. Esses resultados indicam que, embora o setor industrial detenha uma ligeira vantagem na produtividade ou no valor agregado por unidade, os serviços apresentam um papel importante na cadeia produtiva Complexo Agroindustrial da Base Florestal.

Os impactos ambientais, consumo de água azul e emissões de gases de efeito estufa, são importantes para medir a sustentabilidade. A análise do Consumo de Água Azul, que totalizava 154,11 milhões de metros cúbicos, mostra que o agregado Indústria possuía uma fatia expressiva, consumindo aproximadamente 89,83%, seguido pelo Campo com cerca de 10%. Os agregados Insumos e Serviços apresentavam participações quase marginais, de 0,03% e 0,15%, respectivamente. Portanto, existe elevada dependência dos processos industriais em relação ao recurso hídrico, enfatizando a necessidade de práticas de gestão sustentável da água. Considerando as Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), expressas em 12.388,20 kt de CO₂ equivalente, observa-se que o agregado Insumos representava aproximadamente 0,10%, o Campo cerca de 9,70%, os Serviços em torno de 8,86% e, de forma destacada, a Indústria respondia por cerca de 81,3% do total das emissões. Tal concentração ressalta o papel preponderante do setor industrial nas emissões de poluentes, apontando para a urgência de adoção de tecnologias menos intensivas em carbono e de processos mitigadores de impacto ambiental.

Os resultados demonstram que, para todas as variáveis examinadas no dimensionamento do ABF no Brasil, o agregado indústria exerce papel predominante, configurando-se como o principal motor econômico, gerador de empregos e fonte de impactos ambientais no ABF.

Embora os setores de Serviços se mostrem igualmente relevantes nos indicadores de renda, rendimento e emprego, a intensidade do consumo de recursos e das emissões no agregado industrial destaca a necessidade de estratégias que conciliem eficiência produtiva com sustentabilidade ambiental. Essa compreensão integrada pode subsidiar a formulação de políticas que equilibrem crescimento econômico e responsabilidade socioambiental por meio da modernização tecnológica e do aprimoramento dos processos produtivos.

A análise dos dados da Figura 3 evidencia que o ABF tem uma participação relevante em diversas variáveis que compõem o agronegócio brasileiro. Do ponto de vista econômico, a variável “Impostos sobre produção” apresenta a maior participação, com 11,59% do total do agronegócio, indicando que o setor gera valor fiscal significativo para o país. Além disso, a “Produção” responde por 9,49%, enquanto “Renda” e “Rendimento” contribuem com 8,74% e 8,25%, respectivamente, o que ressalta a importância do complexo na geração de produtos de alto valor agregado, no incremento de receitas e na criação de riqueza. Esses números reforçam o papel do setor como um motor econômico que não apenas impulsiona o PIB, mas também atrai investimentos e fomenta a integração com outros segmentos, como embalagens, exportações e setores correlatos do agronegócio. Com base nesse peso fiscal, duas políticas para reduzir a carga tributária do setor são: (1) conceder uma isenção parcial e temporária de tributos sobre operações com produtos florestais in natura e insumos florestais por um período definido, condicionada à comprovação da origem legal da matériaprima e à manutenção de práticas de manejo sustentável; e (2) instituir um mecanismo de crédito fiscal reembolsável equivalente a uma percentagem dos investimentos comprovados em eficiência no uso da água, tratamento de efluentes e redução de emissões de dióxido de carbono, com liberação do benefício condicionada à verificação independente dos resultados e à reinversão de parte do benefício em programas locais de qualificação profissional.

Sob a perspectiva social e ambiental, os dados também apontam contribuições relevantes. Com 7,71% de participação do total do agronegócio na variável “Emprego”, o complexo demonstra sua capacidade de gerar oportunidades de trabalho – fundamentais para o desenvolvimento das regiões onde suas atividades se concentram. No tocante aos aspectos ambientais, embora a “Água” e os “Gases de efeito estufa” apresentem participações relativamente baixas (0,91% e 1,76%, respectivamente), esses valores indicam a existência de impactos que, mesmo modestos, devem ser monitorados e gerenciados por meio de práticas sustentáveis. Em conjunto, esses resultados evidenciam que as indústrias de base florestal do Brasil desempenham um papel integrado: economicamente robusto por meio da produção, tributação e geração de renda; socialmente eficaz por meio da criação de empregos; e ambientalmente relevante, demandando a adoção de tecnologias e práticas que minimizem o impacto sobre os recursos naturais.

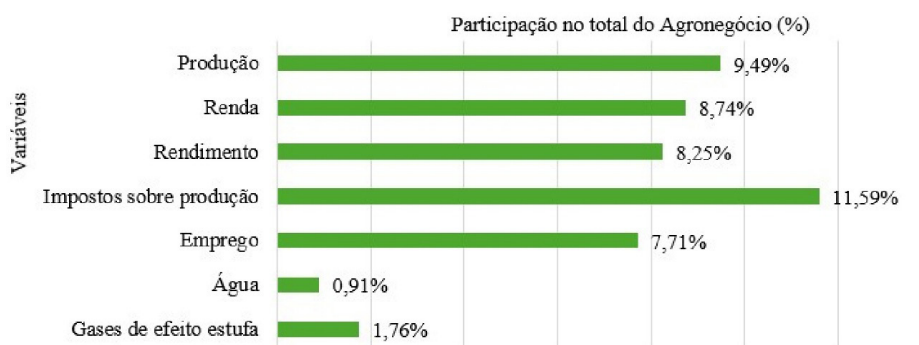


Figura 3. Participação do Agronegócio de Base Florestal nos totais da geração de variáveis do Agronegócio do Brasil, 2020.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O presente estudo apresenta resultados que reforçam a importância dos processos de transformação na criação de valor agregado. Em estudos anteriores, Soares et al. (2014) demonstraram que os ciclos de expansão do PIB do setor florestal foram impulsionados por investimentos e transações intersetoriais, indicando a relevância das atividades industriais e seu papel estrutural na economia, o que corrobora a centralidade do componente industrial evidenciada no presente estudo.

No aspecto social, o setor industrial gerava cerca de 56% dos empregos e 54,45% do rendimento do trabalho, com os Serviços respondendo por aproximadamente 43% dos empregos e 44,86% do rendimento do trabalho. Resultados semelhantes aos observados por Santos (2006) e Martins et al. (2003), que demonstraram que a conjugação dos setores de transformação e prestação de serviços é determinante para a geração de emprego e renda nos contextos regionais avaliados.

Do ponto de vista ambiental, o consumo de água azul e as emissões de gases de efeito estufa concentram-se no setor industrial (89,83% e 81,3%, respectivamente), demonstrando uma alta dependência dos processos industriais em recursos hídricos e energia fóssil. Esses dados complementam os achados de Moreira & Oliveira (2017), que relataram que investimentos em manejo ambiental podem reduzir significativamente as emissões, e reforçam as análises de Soares et al. (2010) e Carvalho et al. (2005), os quais enfatizam a necessidade de integração entre os fluxos produtivos para mitigar impactos ambientais, mantendo a competitividade e sustentabilidade do agronegócio.

A análise dos dados apresentados na Tabela 3, que possui indicadores de sustentabilidade, revela diferenças significativas entre o ABF e o Agronegócio do Brasil em termos econômicos, sociais e ambientais. Do ponto de vista econômico, os indicadores de “Renda por unidade de produção” mostram que, embora os valores totais sejam semelhantes (0,42 para o ABF contra 0,45 para o Agronegócio), há diferenças em alguns agregados. No Agregado II (Campo), por exemplo, o ABF apresenta um valor de 0,81 em comparação com 0,61 no Agronegócio, demonstrando uma maior eficiência na geração de valor agregado em atividades de campo no setor florestal. A “Produtividade do trabalho (renda por trabalhador)” é também superior no ABF, com média total de 14,55 mil US\$/anual, em comparação com 12,85 mil US\$/anual no Agronegócio, diferenças mais importantes observadas nos Agregados I (13,89 contra 11,68) e II (43,42 contra 11,51). Os indicadores de “Rendimento médio do trabalhador” e “Empregos por unidade de produção” reforçam essa comparação, na qual o ABF apresentou um rendimento médio total de 6,35 mil US\$/anual (superior ao 5,94 mil US\$/anual do Agronegócio) e, embora o número total de empregos seja menor (28,64 postos versus 35,22 postos por 1 milhão de US\$), a distribuição variável por agregados revela que, por exemplo, no setor industrial, o ABF (22,21 postos) supera o Agronegócio (16,28 postos).

Em termos ambientais, as diferenças entre os dois setores são ainda mais evidentes. O “Consumo de água azul por unidade de renda” total é consideravelmente menor no ABF (5.512,02 m³/US\$1 milhão) em comparação ao Agronegócio (53.114,45 m³/US\$ 1 milhão), com destaque para o Agregado I, onde o ABF consome 1.405,87 m³ contra 164.345,43 m³ observados no Agronegócio, e no Agregado II, com 22.089,46 m³ versus 146.205,42 m³, respectivamente. Quanto às “Emissões por unidade de renda”, o ABF apresenta 443,08 toneladas de CO₂eq/1 milhão US\$, enquanto o Agronegócio registra 2.202,81 toneladas, evidenciando uma emissão aproximadamente 5 vezes maior neste último. Essa tendência mantém-se quando os indicadores são avaliados “por trabalhador”, pois o consumo de água azul total é de 80,22 m³ por posto de trabalho no ABF (em comparação com 682,41 no Agronegócio), e as emissões totais são de 6,45 toneladas de CO₂eq por trabalhador no ABF, frente a 28,30 toneladas no Agronegócio.

Em síntese, estes dados indicam que o ABF possui, em média, um melhor desempenho ambiental, com menor consumo de água e maiores eficiências em termos de emissões por unidade de renda e por trabalhador, enquanto também se destaca por índices econômicos

robustos, apesar de utilizar uma estrutura de emprego relativamente menos intensiva do que o Agronegócio. Essa análise integrada demonstra a importância de considerar tanto os resultados econômicos e sociais quanto os impactos ambientais ao se avaliar os diferentes modelos produtivos do setor florestal em comparação ao agronegócio.

O ABF se destaca de forma integrada em três dimensões fundamentais – econômica, social e ambiental – quando comparado ao Agronegócio em geral. Observa-se que, embora o valor agregado total do ABF (0,42) seja muito próximo ao do Agronegócio (0,45), há diferenças marcantes em agregados específicos. No grupo “Campo” (Agregado II), o ABF alcança 0,81 em comparação a 0,61 do Agronegócio. Essa diferença sugere que, na etapa de produção de campo, o sistema florestal é capaz de gerar um valor significativamente maior por cada unidade investida, possivelmente devido à utilização de insumos diferenciados, práticas de manejo mais eficientes ou ao valor agregado dos produtos florestais.

Tabela 3. Indicadores de sustentabilidade do Agronegócio de Base Florestal e do Agronegócio no Brasil, 2020. Agregados: (I) Insumos, (II) Campo, (III) Indústria e (IV) Serviços

Indicador de sustentabilidade		Agregados				Total
		I	II	III	IV	
Complexos agroindustriais de base florestal	Renda por unidade de produção ¹	0,37	0,81	0,33	0,63	0,42
	Produtividade do trabalho (renda por trabalhador) ²	13,89	43,42	15,02	13,38	14,55
	Rendimento médio do trabalhador ³	6,80	4,59	6,17	6,61	6,35
	Empregos por unidade de produção ⁴	26,39	18,61	22,21	46,73	28,64
	Consumo de água azul por unidade de renda ⁵	1.405,87	22.089,46	8.566,50	20,99	5.512,02
Agronegócio	Emissões por unidade de renda ⁶	430,58	1726,39	623,36	99,18	443,08
	Consumo de água azul por trabalhador ⁷	19,53	959,19	128,70	0,28	80,22
	Emissões por trabalhador ⁸	5,98	74,97	9,37	1,33	6,45
	Renda por unidade de produção ¹	0,34	0,61	0,23	0,63	0,45
	Produtividade do trabalho (renda por trabalhador) ²	11,68	11,51	14,11	13,38	12,85
	Rendimento médio anual por trabalhador ³	4,97	5,08	5,93	6,61	5,94
	Empregos por unidade de produção ⁴	28,78	52,68	16,28	46,73	35,22
	Consumo de água azul por unidade de renda ⁵	164.345,43	146.205,42	2.6467,12	20,99	53.114,45
	Emissões por unidade de renda ⁶	1.530,40	7.330,09	516,51	99,18	2.202,81
	Consumo de água azul por trabalhador ⁷	1.919,89	1683,00	373,42	0,28	682,41
	Emissões por trabalhador ⁸	17,88	84,38	7,29	1,33	28,30

¹ US\$ de valor adicionado por 1US\$ de produção. ² Milhares US\$ anual. ³ Milhares US\$ anual. ⁴ Número de postos de trabalho por US\$ 1 milhão. ⁵ Metros cúbicos por US\$ 1 milhão. ⁶ Toneladas de CO_{2eq} por US\$ 1 milhão. ⁷ Metros cúbicos por posto de trabalho. ⁸ Toneladas de CO_{2eq} por posto de trabalho.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Com uma produtividade média de 14,55 mil US\$/anual por trabalhador, o ABF supera o Agronegócio, que apresenta 12,85 mil US\$/ano. Essa vantagem é particularmente notável nos Agregados I (Insumos) e II (Campo), onde os trabalhadores do ABF geram, respectivamente, 13,89 e 43,42 mil US\$/anual, números que demonstram uma eficiência expressiva, especialmente nas atividades de campo. Esses dados sugerem que os processos produtivos implementados na cadeia florestal podem resultar em melhor aproveitamento dos recursos humanos.

Apesar de o número de empregos por unidade de produção ser menor no ABF (28,64 postos) em comparação com o Agronegócio (35,22 postos), o rendimento médio dos trabalhadores no complexo florestal (6,35 mil US\$/anual) é superior ao registrado no setor agronegócio (5,94 mil US\$/anual). Além disso, no segmento industrial, o ABF gera 22,21 postos por um milhão US\$ em produção, superando os 16,28 do Agronegócio, o que indica maior capacidade de geração de empregos nas agroindústrias de base florestal.

Um dos contrastes mais marcantes reside no consumo de água azul. O ABF utiliza, em média, 5.512,02 m³ de água por 1 milhão US\$ de valor agregado, enquanto o Agronegócio chega a 53.114,45 m³. Essa diferença é ainda mais pronunciada nos agregados de Insumos e Campo, onde os níveis de consumo do agronegócio são dezenas ou até centenas de vezes maiores que os do ABF. A significativa economia de água demonstra uma prática de manejo mais racional e sustentável, o que é essencial em um cenário de crescente escassez hídrica e desafios climáticos. Considerando o indicador de emissões por unidade de renda, o ABF emite 443,08 toneladas de CO_{2eq} contra 2.202,81 toneladas no Agronegócio, praticamente uma diferença de 80% nas emissões. Essa tendência se mantém quando o parâmetro é ajustado por trabalhador (6,45 toneladas de CO_{2eq} no ABF versus 28,30 toneladas no Agronegócio), evidenciando uma abordagem menos intensiva em carbono e mais alinhada com a necessidade de redução dos impactos ambientais do setor produtivo.

Os resultados do estudo mostram que o ABF em 2020 apresentou desempenho econômico relevante, com geração de renda, empregos e impostos, além de indicadores ambientais mais favoráveis em comparação ao agronegócio nacional, como menor consumo de água azul e menor emissão de CO_{2eq} por unidade de renda. Essa evidência reforça a ideia de que o setor florestal possui uma estrutura produtiva mais eficiente e sustentável, alinhada com práticas de bioeconomia.

A análise dialoga diretamente com Luz & Fochezatto (2022), que destacaram o efeito de transbordamento do PIB do agronegócio brasileiro, mostrando como determinados segmentos irradiam impactos positivos para outros setores da economia. No caso da base florestal, os resultados sugerem que sua eficiência energética e ambiental potencializa esse transbordamento de forma diferenciada. Além disso, os achados se relacionam com Sesso Filho et al. (2024), que analisaram a pegada hídrica do agronegócio em diferentes países e evidenciaram variações significativas conforme o nível de industrialização. O desempenho relativamente melhor do setor florestal brasileiro em termos de uso da água reforça sua posição estratégica na busca por um agronegócio mais sustentável e competitivo internacionalmente.

Indicadores sociais como rendimento médio e produtividade do trabalho indicam que o modelo de base florestal pode oferecer melhores condições de trabalho, mesmo com menor intensidade de emprego. Esse equilíbrio entre eficiência econômica e menor impacto ambiental é essencial para o desenvolvimento sustentável, pois permite gerar valor sem comprometer recursos naturais ou a qualidade de vida das comunidades. Embora o agronegócio concentre mais empregos, o ABF, com seu modelo eficiente, pode fortalecer uma economia mais competitiva, resiliente e alinhada às exigências atuais de sustentabilidade. A integração entre aspectos econômicos, sociais e ambientais aponta para a modernização dos modelos produtivos, promovendo práticas que conciliem crescimento com preservação ambiental e inclusão social.

A sustentabilidade ambiental do ABF se baseia no fato de que plantações florestais de rápido crescimento, como as de *Eucalyptus* e *Pinus*, frequentemente apresentam menor consumo de água azul por unidade de produto devido a três mecanismos interligados: a dinâmica de crescimento e fechamento de copa que concentra a maior transpiração em fases específicas do ciclo, a maior eficiência de conversão de água em biomassa e o manejo intensivo que otimiza densidades e rotações.

Estudos de balanço hídrico e medições de evapotranspiração mostram que, embora a evapotranspiração anual absoluta possa ser comparável à de vegetação nativa em alguns contextos, quando o consumo é normalizado por tonelada de madeira produzida ou por receita gerada, as plantações intensivas tendem a apresentar menor uso de água azul (Caldato & Schumacher, 2013; García Chevesich et al., 2017). Além disso, solos profundos e manejo que favorece enraizamento profundo permitem que parte da água consumida seja de reservas não contabilizadas como água superficial disponível, reduzindo impactos imediatos sobre vazões superficiais em bacias com recarga adequada (White et al., 2022).

Quanto às emissões líquidas de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ na produção florestal, a principal razão para menores emissões relativas é o elevado sequestro de carbono na biomassa durante ciclos curtos de crescimento e o potencial de armazenamento em produtos de longa duração. Plantios de rápido crescimento acumulam grandes estoques de carbono por hectare em períodos relativamente curtos; quando a madeira é destinada a usos duráveis (madeira serrada, móveis) ou quando resíduos são convertidos em biochar, o carbono permanece estocado por décadas ou séculos, reduzindo a emissão líquida associada à produção (Behera et al., 2020). Estudos de fluxo de carbono e inventários de biomassa indicam que o balanço climático final depende criticamente do destino da madeira e do manejo pós-corte: queima sem captura ou decomposição rápida dos resíduos pode anular parte do benefício, enquanto usos de longa duração e práticas de manejo sustentável ampliam o sequestro líquido (García Chevesich et al., 2017; Silva et al., 2024).

A baixa emissão de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por unidade de renda observada no setor de celulose decorre da matriz energética utilizada pelas indústrias, fortemente baseada em licor negro e biomassa. Esses subprodutos do próprio processo industrial substituem fontes fósseis, garantindo elevada autossuficiência energética e reduzindo significativamente a intensidade de carbono. Essa característica confere ao setor uma vantagem comparativa em termos de sustentabilidade, ao alinhar eficiência produtiva com menor impacto ambiental (Brito & Carvalho, 2013; Silva et al., 2018).

Considerando as características da produção florestal elencadas, a combinação de eficiência hídrica por unidade produzida e de sequestro de carbono torna a produção florestal uma alternativa com menor intensidade do uso de água azul e menor intensidade de emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ em muitos cenários produtivos, mas com importantes condicionantes locais. Fatores como clima regional, profundidade e capacidade de retenção do solo, regime de precipitação, idade do povoamento, densidade de plantio e destino da madeira determinam se os benefícios observados em estudos de campo e revisões se materializam em escala de bacia (Caldato & Schumacher, 2013; White et al., 2022).

A análise dos indicadores de sustentabilidade mostra que o ABF alia geração de valor e alta produtividade à eficiência no uso de recursos naturais e à redução de emissões de gases de efeito estufa. Essa combinação torna o complexo estratégico para um agronegócio mais sustentável, especialmente frente à urgência da conservação ambiental e da gestão hídrica. Os resultados podem orientar políticas públicas voltadas à promoção de práticas sustentáveis, modernização tecnológica, capacitação e incentivos econômicos para iniciativas de baixo impacto. É importante considerar comparações com outros modelos e explorar como sistemas integrados, como lavoura-pecuária-floresta, podem ampliar os benefícios sociais, econômicos e ambientais.

5 Conclusões

Os resultados mostraram que o ABF alcançou a geração de US\$ 67 bilhões em produção, cerca de US\$ 28 bilhões em renda (valor adicionado), US\$ 701 milhões em impostos sobre a produção e próximo de 2 milhões postos de trabalho e US\$ 12 bilhões em rendimento do trabalho no ano base de 2020. Os valores correspondiam, no contexto do agronegócio brasileiro, a 9,49% da

produção, 8,74% da renda, 11,59% dos impostos sobre produção, 7,7% dos empregos e 8,25% do rendimento laboral total, evidenciando a significativa participação e relevância econômica do setor florestal dentro do agronegócio. Os impactos ambientais mensurados do consumo de água azul foram de 154 milhões m³, 0,91% do total do agronegócio e emissões de cerca de 12,4 gigatoneladas (Gt) de CO_{2eq} (1,76%).

Os indicadores de sustentabilidade mostraram que o Agronegócio florestal apresentou o consumo de 5.512,02 m³ de água azul e emissões de 443,08 toneladas de CO₂ equivalente por um milhão US\$ de renda, valores inferiores aos 53.114,45 m³ e 2.202,81 toneladas do agronegócio, respectivamente. O ABF apresentou também vantagens em sustentabilidade econômica e social. A produtividade do trabalho foi de 14,55 mil US\$/anual contra 12,85 mil US\$/anual do agronegócio, além de um rendimento médio do trabalhador de 6,35 mil US\$/ano, superando os 5,94 mil US\$/ano praticados no setor como um todo. Socialmente, embora o número de empregos gerados por unidade de produção tenha sido menor (28,64 postos por US\$ 1 milhão de produção em comparação com 35,22 no agronegócio), essa estrutura reflete uma alocação otimizada dos recursos humanos e maior geração de valor agregado por posto de trabalho, combinando eficiência econômica com menor impacto ambiental e melhores condições operacionais.

A partir deste estudo, sugere-se uma agenda de investigações futuras voltada à economia rural e à sustentabilidade das cadeias agroflorestais com o desenvolvimento de estudos econométricos e de Organização industrial para identificar os fatores estruturais, como concentração de mercado, políticas de crédito verde e gargalos logísticos, que determinam os indicadores de sustentabilidade observados.

Contribuições dos autores

UASF: Concepção e desenho do estudo, Coleta de dados, Análise e interpretação, Redação do manuscrito, Revisão crítica e aprovação final. RLL: Coleta de dados, Análise e interpretação, Redação do manuscrito, Revisão crítica e aprovação final. CAGJ: Coleta de dados, Análise e interpretação, Redação do manuscrito, Revisão crítica e aprovação final. PPS: Redação do manuscrito, Revisão crítica e aprovação final. EGZE: Redação do manuscrito, Revisão crítica e aprovação final.

Suporte financeiro:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Conflitos de interesses:

Nada a declarar.

Aprovação do conselho de ética:

Não se aplica.

Disponibilidade de dados:

Os dados da pesquisa não estão disponíveis.

Autor correspondente:

Umberto Antonio Sesso Filho. umasesso@uel.br

6 Referências

- Amarante, R. L., & Sesso Filho, U. A. (2020). Estimativa do produto interno bruto do agronegócio e sua relação com a renda per capita em 190 países. *Iniciação Científica Cesumar*, 22(1), 79-91. <https://doi.org/10.17765/1518-1243.2020v22n1p79-91>
- Behera, L., Ray, L., Nayak, M., Mehta, A. A., & Patel, S. M. (2020). Carbon sequestration potential of *Eucalyptus* spp.: a review. *E-Planet*, 18, 79-84. Recuperado em 4 de fevereiro de 2025, de <https://www.e-planet.co.in/images/Publication/vol-18-1/carbon.pdf>
- Bösch, M., Weimar, H., & Dieter, M. (2015). Input-output evaluation of Germany's national cluster of forest based industries. *European Journal of Forest Research*, 134(5), 899-910. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0898-7>
- Brito, J. O., & Carvalho, A. M. M. L. (2013). Uso da biomassa florestal para geração de energia no Brasil: perspectivas e desafios. *Revista Árvore*, 37(2), 269-280.
- Brizga, J., & Rätty, T. (2024). Production, consumption and trade based forest land and resource footprints in the Nordic and Baltic countries. *Forest Policy and Economics*, 161, 103166. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103166>
- Caldato, S. L., & Schumacher, M. V. (2013). O uso de água pelas plantações florestais – Uma revisão. *Ciência Florestal*, 23(3), 507-516. <https://doi.org/10.5902/1980509810562>
- Carvalho, R. M. M. A., Soares, T. S., & Valverde, S. R. (2005). Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. *Ciência Florestal*, 15(1), 105-118. <https://doi.org/10.5902/198050981828>
- Chen, W., Xu, D., & Liu, J. (2015). The forest resources input-output model: an application in China. *Ecological Indicators*, 51, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.007>
- Davis, J. H., & Goldberg, R. A. (1957). *A concept of agribusiness*. Boston: Harvard University.
- Furtuoso, M. C. O., & Guilhoto, J. J. M. (2003). Estimating and measuring the agribusiness GDP an application to the Brazilian economy, 1994 to 2000. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 41, 803-827. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032003000400005>
- Furtuoso, M. C. O., de Camargo Barros, G. S. A., & Guilhoto, J. J. M. (1998). O produto interno bruto do complexo agroindustrial brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 36(3), 9-32. Recuperado em 4 de fevereiro de 2025, de <https://app.periodikos.com.br/journal/resr/article/5da373be0e88252d5aba68e2>
- García-Chevesich, P. A., Neary, D. G., Scott, D. F., & Benyon, T. R. (Eds.). (2017). *Forest management and the impact on water resources: a review of 13 countries* (IHP - VIII / Technical Document, No. 37). United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. Recuperado em 24 de janeiro de 2025, de <https://research.fs.usda.gov/download/treesearch/54133.pdf>
- Guilhoto, J. J., Silveira, F. G., Ichihara, S. M., & Azzoni, C. R. (2006). A importância do agronegócio familiar no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 44(3), 355-382. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032006000300002>
- Guilhoto, J., Azzoni, C. R., Silveira, F. G., Ichihara, S. M., Diniz, B. P. C., & Moreira, G. R. C. (2011). *PIB da agricultura familiar: Brasil-Estados*. SSRN. Recuperado em 5 de abril de 2025, de <https://www.gov.br/mda/pt-br/acervo-nucleo-de-estudos-agrarios/nead-estudos-1/17-pib-da-agricultura-familiar-brasil-e-estados.pdf>
- Jia, W., Cao, F., & Jia, X. (2023). Input-output analysis of china's forest industry chain. *Forests*, 14(7), 1391. <https://doi.org/10.3390/f14071391>

- Kies, U., Klein, D., & Schulte, A. (2010). Germany's forest cluster: Exploratory spatial data analysis of regional agglomerations and structural change in wood based employment — Primary wood processing. *Forstarchiv (Hannover)*, 81, 236-245. <https://doi.org/10.2376/0300-4112-81-236>
- Lenzen, M., Geschke, A., Abd Rahman, M. D., Xiao, Y., Fry, J., Reyes, R., Dietzenbacher, E., Inomata, S., Kanemoto, K., Los, B., Moran, D., Schulte in den Bäumen, H., Tukker, A., Walmsley, T., Wiedmann, T., Wood, R., & Yamano, N. (2017). The Global MRIO Lab: charting the world economy. *Economic Systems Research*, 29(2), 158-186. <https://doi.org/10.1080/09535314.2017.1301887>
- Lenzen, M., Geschke, A., West, J., Fry, J., Malik, A., Giljum, S., & Milà i Canals, I. (2022). Implementing the material footprint to measure progress towards Sustainable Development Goals 8 and 12. *Nature Sustainability*, 5(2), 157-166. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00811-6>
- Luz, A. D., & Fochezatto, A. (2022). The spillover of the Agribusiness GDP in Brazil: an analysis of the sectoral importance via Input-Output Matrices. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(1), e253226. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.253226>
- Martins, G., Corso, N. M., Kureski, R., Hosokawa, R. T., & Rochadelli, R. (2003). Inserção do setor florestal na estrutura econômica do Paraná: análise insumo-produto. *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, (104), 5-21. Recuperado em 12 de abril de 2025, de <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/189/157>
- Mattila, T., Leskinen, P., Mäenpää, I., & Seppälä, J. (2011). An environmentally extended input output analysis to support sustainable use of forest resources. *The Open Forest Science Journal*, 4(1), 15-23. <https://doi.org/10.2174/1874398601104010015>
- Montoya, M. A., & Guilhoto, J. J. (1999). *Dimensão econômica e mudança estrutural no agronegócio brasileiro entre 1959 e 1995*. Passo Fundo: UPF. Recuperado em 24 de janeiro de 2025, de <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docolec/upf/0399.pdf>
- Montoya, M. A., Pasqual, C. A., Lopes, R. L., & Guilhoto, J. J. M. (2016). Consumo de energia, emissões de CO2 e a geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto. *Economia Aplicada*, 20(4), 383-413. <https://doi.org/10.11606/1413-8050/ea134600>
- Montoya, M. A., Pasqual, C. A., Lopes, R. L., & Guilhoto, J. J. M. (2017). Dimensão econômica e ambiental do agronegócio brasileiro na década de 2000: uma análise insumo-produto da renda, do consumo de energia e das emissões de CO2 por fonte de energia. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 11(4), 557-577. Recuperado em 4 de março de 2025, de <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/219>
- Moreira, J. M. M. A. P., & Oliveira, E. B. (2017). Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. In Y. M. M. Oliveira & E. B. Oliveira (Eds.), *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental* (pp. 11-20). Embrapa. Recuperado em 4 de março de 2025, de <https://www.sidalc.net/search/Record/digalicedoc1076139/Description>
- Nunes Vieira, L. A., Soares, T. S., Miranda Armond Carvalho, R. M., & Batista Rezende, J. (2006). Dimensionamento do setor florestal em Minas Gerais. *Cerne*, 12(4), 389-398. Recuperado em 2 de abril 2025, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74412410>
- Santos, R. B. N. (2006). *Análise intersetorial e espacial dos setores extrativo florestal e de madeira e mobiliário na economia paraense* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. Recuperado em 4 de março de 2025, de <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1760>

- Sesso, P. P., Mendes, F. H., Sesso Filho, U. A., & Zapparoli, I. D. (2022). Agronegócio de países selecionados: análise de sustentabilidade entre o PIB e emissões de CO₂. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(2), e258543. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.258543>
- Sesso Filho, U. A., Trindade Borges, L., Pompermayer Sesso, P., Alves Brene, P. R., & Domenes Zapparoli, I. (2019). Geração de emprego, renda e emissões atmosféricas do complexo agroindustrial: um estudo para quarenta países. *Revista de Economia e Agronegócio*, 17(1), 30-55. <https://doi.org/10.25070/rea.v17i1.7902>
- Sesso Filho, U. A., Borges, L. T., Pompermayer Sesso, P., Brene, P. R. A., & Esteves, E. G. Z. (2021). Mensuração do complexo agroindustrial no mundo: comparativo entre países. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(1), e235345. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235345>
- Sesso Filho, U. A., Lopes, R. L., Gonçalves, C. A., Esteves, E. G. Z., & Sesso, P. P. (2024). Produto Interno Bruto e pegada hídrica do agronegócio: comparativo entre países. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(4), e274229. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274229>
- Silva, J. C. G., Vale, A. T., & Gonçalves, F. G. (2018). Potencial energético e emissões de gases de efeito estufa na produção de celulose e papel. *Ciência Florestal*, 28(1), 345-356.
- Silva, C. G. D., Passos, R. R., Santos, D. A., Mendonça, E. D. S., & Machado, L. C. (2024). CO₂ emission in soil under eucalyptus cultivation with biochar application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 54, e80082. <https://doi.org/10.1590/1983-40632024v5480082>
- Soares, N. S., Oliveira, R. D., Carvalho, K. D., Silva, M. L., Jacovine, L. A. G., & Valverde, S. R. (2010). A cadeia produtiva da celulose e do papel no Brasil. *Floresta*, 40(1), 1-22. <https://doi.org/10.5380/rf.v40i1.17094>
- Soares, N. S., Silva, M. L., & da, (2014). Produto interno bruto do setor florestal brasileiro, 1994 a 2008. *Revista Árvore*, 38(4), 725-732. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400015>
- Sousa, E. P., Soares, N. S., Silva, M. L., & Valverde, S. R. (2010). Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto. *Revista Árvore*, 34(6), 1129-1138. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600019>
- Tetere, V., & Peerlings, J. (2024). Measuring the forest based bioeconomy in Estonia, Latvia, Lithuania, and Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 39(5), 226-231. <https://doi.org/10.1080/02827581.2024.2362216>
- Universidade de São Paulo – USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. (2025). *Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas*. São Paulo: ESALQ/USP. Recuperado em 2 de abril de 2025, de <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>
- Valverde, S. R., Oliveira, G. G., Soares, T. S., & Carvalho, R. M. A. M. (2005). Participação do setor florestal nos indicadores socioeconômicos do estado do Espírito Santo. *Revista Árvore*, 29(1), 105-113. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100012>
- White, D. A., Ren, S., Mendham, D. S., Balocchi-Contreras, F., Silberstein, R. P., Meason, D., Iroumé, A., & Ramirez de Arellano, P. (2022). Is the reputation of *Eucalyptus* plantations for using more water than *Pinus* plantations justified? *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(20), 5357-5371. <https://doi.org/10.5194/hess-26-5357-2022>

Recebido: Janeiro 22, 2026;

Aceito: Junho 04, 2026

Classificação JEL: Q01, C67, Q5.

Editor de seção: Silvio Cezar Arend