



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

PELLETS E BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS MADEIREIROS COMO ALTERNATIVA NO MERCADO GLOBAL DE BIOENERGIA

Jorge Luiz Batista

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Aldo Braghini Junior

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Resumo: Com a crescente demanda por biocombustíveis renováveis é fundamental conhecer as alternativas e modelos de base para o contexto global, as possibilidades e os problemas com o atual modelo predominante de energia. Com base na RBS realizada, o mercado está amplo e demanda por opções de energia renovável, como pellets e briquetes de madeira, por exemplo. Assim, é possível observar que a produção de pellets e briquetes de resíduos de madeira é uma alternativa que pode apresentar razoável viabilidade no contexto energético atual e futuro, alternativa para a indústria madeireira. E ser uma matriz energética global. Conforme apontam autores para a produção de biocombustíveis limpos e renováveis as alternativas energéticas de biomassa vegetal são várias, com destaque para a madeira e seus resíduos.

Palavras-chave: Energia, Pellets e Briquetes

PELLETS AND BRIQUETTES PRODUCED FROM WOOD WASTE AS AN ALTERNATIVE IN THE GLOBAL BIOENERGY MARKET

Abstract: With the growing demand for renewable biofuels, it is essential to know the alternatives and base models for the global context, the possibilities and problems with the current predominant energy model. Based on the RBS performed, the market is wide and there is a demand for renewable energy options, such as wood pellets, for example. Thus, it is possible to observe that the production of pellets from wood residues is an alternative that can be reasonably viable in the current and future energy context, an alternative for the wood industry and partial shift in the global energy matrix. As authors point out for the production of clean and renewable biofuels, there are several energy alternatives for vegetal and wood biomass, especially wood.

Keywords: Energy, Pellets and Briquettes

1. Introdução

A atividade humana contemporânea, na grande maioria dos casos, envolve o consumo de algum tipo de energia. Esse consumo leva a uma demanda por recursos energéticos, como exemplo os combustíveis fósseis, biocombustíveis, a energia do sol e a energia do vento. A busca por alternativas para a produção energética de forma sustentável, econômica e menos complexa é elemento que objetiva muitos estudos e pesquisas nessa linha de atuação.

Questões ambientais têm levado a busca por alternativas renováveis de energias e com menor potencial de poluição. A otimização dos recursos energéticos representa para as organizações o cuidado com o meio ambiente, tanto os recursos empregados na obtenção de energia industrial, como no aproveitamento de maiores possibilidades de recursos energéticos.

As fontes de energia hoje utilizadas em sua maioria já se apresentam desgastadas e em casos específicos até mesmo ultrapassadas, com significativos impactos ambientais como, inundações de grandes áreas para a construção de barragens, alta taxa de emissão de poluentes e elevado consumo de recursos naturais. Com a possibilidade de utilização de resíduos industriais, a transformação de um contaminante ambiental em recurso energético apresenta grande relevância para a gestão ambiental organizacional e governamental.

Quando uma empresa consegue desenvolver um processo de aproveitamento de seus resíduos de produção, deixa de custear as despesas de destinação dessa massa residual e passivos ambientais que a mesma possa possuir. Outra vantagem é quando uma empresa consegue reprocessar esse resíduo ou destinar este para outras empresas, em venda ou parceria de produção. Nessa linha de estratégia enquadra-se a indústria madeireira, geradora de elevada quantidade de resíduos em seu processo produtivo.

A corrida energética tem aumentado significativamente nesses últimos anos, o aumento da demanda por energia e a preocupação por energia mais limpa e com menor impacto ambiental tem levado a busca por fontes energéticas sustentáveis. Dentre as diversas fontes energéticas a biomassa destaca-se pelo fato de ser uma fonte renovável, isso apresenta a essa fonte energética um viés ambiental importante. Dessa forma as biocombustíveis a base de biomassa apresentam-se como uma alternativa sustentável.

A madeira é uma das fontes de biomassa mais abundantes na natureza, hoje a madeira já ocupa imensas áreas de cultura e reflorestamentos plantados para diversos fins, sejam estes a indústria madeireira, a indústria moveleira, indústria de celulose e papel e para fins específicos para produção energética. Também vale salientar que mesmo a indústria de manufatura madeireira gera resíduos que podem ser convertidos em biomassa para energia.

Como muitos desses resíduos madeireiros apresentam densidade relativamente baixa é importante salientar que processos para concentração dessa biomassa pode ser necessário, para isso a indústria utiliza-se de processos industriais para concentrar ou compactar esses resíduos em formas de pastilhas, briquetes e pellets. Esse processo de compactação favorece o transporte e armazenamento desses materiais e sua devida alocação e estocagem também favorece a alimentação em caldeiras e fornos industriais.

A produção de briquetes ou pellets e briquetes densificados pode vir a ocasionar um produto que possa atender a uma demanda da indústria madeireira, que é agregar valor a seu produto residual. No processo de desdobramento de madeira gera-se elevada quantidade de resíduos, como serragem, maravalha e finos. Como empresas dependem de ganho financeiro, o melhor aproveitamento de recursos energéticos pode vir a ocasionar um ganho extra. Que irá refletir diretamente nas finanças empresariais, tornando a

produção de biocombustíveis densificados bem vantajoso do ponto de vista financeiro para as empresas.

Segundo Bing et al. (2016), a matriz energética mundial ainda se encontra baseada nos combustíveis fósseis, sendo estes considerados um dos principais fatores responsáveis pelo aquecimento global, devido à grande quantidade de gases poluentes emitidos após a combustão dos mesmos. Pensar na energia de biomassa através de recursos residuais madeireiros se torna atraente a apresenta viabilidade visto a emergente demanda global.

Com a demanda por energia cada dia maior os biocombustíveis produzidos de resíduos madeireiros tornam-se uma das mais importantes fontes energéticas, renovável e com menor potencial poluidor. Pellets e briquetes são algumas das alternativas para auxiliar o desenvolvimento de alternativas energéticas.

2. Metodologia

Este trabalho é construído mediante uma revisão de literatura, com um criterioso trabalho de consulta e seleção dos artigos consultados. Esta revisão teve como objetivo avaliar de forma ampla o contexto energético global, as suas necessidades de renovação e os possíveis impactos que a atual matriz energética global está causando. Porém o enfoque principal da revisão foi a análise de biocombustíveis na substituição dos combustíveis fósseis, diretamente analisados nesse contexto a aplicação de briquetes e pellets.

Segundo Amaral (2007, p.1), a pesquisa bibliográfica é uma etapa fundamental em todo trabalho científico, através de revisão de literatura existente sobre o tema abordado, Amaral (2007, p.2) ainda esclarece que “revisão da literatura deve ser crítica, baseada em critérios metodológicos, a fim de separar os artigos que têm validade daqueles que não tem“. A pesquisa também é qualitativa com ênfase na qualidade dos resultados obtidos. Duarte (2002), define sobre as pesquisas qualitativas, e a ênfase nos resultados.

Para essa revisão literal foi priorizado artigos de periódicos das bases do Scielo, Science Direct e Google Scholar, priorizando os periódicos com JCR, exceto algumas exceções que tratam de documentos de órgãos reguladores e periódicos de bases nacionais com algumas informações específicas do contexto nacional.

O processo de revisão de literatura foi sistemático, com definição de critérios de seleção a partir das palavras-chave utilizadas. Como palavras-chave foram utilizadas no artigo, energia, pellets e briquetes, esses arremetem a busca principal nas bases de pesquisa utilizadas. Análise de como os autores consultados abordaram sobre energia e a matriz energética global, sua dependência de recursos naturais e as necessidades de novas alternativas, a inserção de pellets e briquetes e a importância desses biocombustíveis no atual contexto energético, e no contexto futuro foram fundamentais na formulação da revisão, juntamente com os critérios de seleção dos artigos.

Os artigos foram selecionados inicialmente através dos seguintes critérios:

- a) Abordagem técnica referente ao tema, respeitando primeiramente a consulta em artigos de periódicos com JCR, e em abordagens específicas a consulta em periódicos nacionais;
- b) Busca por temáticas relacionadas, destes previamente analisados e escolhidos, a análise deu-se inicialmente pela leitura do resumo de cada artigo, e da prévia leitura de cada resumo foi avaliada a leitura e aprofundamento do artigo ou não;
- C). Priorizou-se publicações com no máximo 10 anos, exceto algum artigo mais antigo que apresente informação significativa para o trabalho.

3. Apresentação e discussão dos resultados

3.1. Energia e o ambiente

Atualmente além da busca por energia suficiente para suprir a demanda mundial é comum a busca por alternativas energéticas com menor impacto ambiental, que conseqüentemente mitiguem a evolução dos efeitos ambientais que levam ao aumento do aquecimento global. O efeito do aquecimento global tende a interferir até mesmo no índice de precipitação atmosférica, ou seja, no regime regular de chuvas, mudanças climáticas e aumento gradativo da temperatura global.

Para Solaun e Cerdá (2017) as constantes mudanças climáticas e o aquecimento global tendem a interferir diretamente no nível de precipitação atmosférica e conseqüentemente no abastecimento das barragens das usinas hidrelétricas, visto que as chuvas são as fontes de renovação dessa matriz energética.

Dentre as alternativas energéticas mais utilizadas destaca-se o petróleo, porém este apresenta-se como um crítico elemento quanto ao aquecimento global, além do petróleo o gás natural também é uma energia amplamente utilizada. Segundo a ANP (2019), em 2018 o consumo de petróleo mundial foi de 99,8 milhões de barris/dia, e o consumo mundial de gás natural foi de 3,9 trilhões de m³/dia.

O petróleo é utilizado amplamente como energia em processos de combustão, porém a busca por alternativas ao petróleo é grande, fatores como o elevado volume de gases atmosféricos, custo de aquisição e não ser um recurso renovável fazem esta importante fonte energética necessitar de alternativas.

Dentre as alternativas apontadas para o petróleo destaca-se a biomassa agrícola e florestal, o Brasil é provido de certa abundância desses recursos, tanto na agricultura, como em reflorestamentos (florestas plantadas) para fins comerciais. Por se tratar de uma energia renovável tende de ser uma possibilidade para aumentar ainda mais o seu no futuro.

De Moraes et al. (2017), apontam para a elevada produção de biomassa agrícola no Brasil, porém ainda com pouco aproveitamento como meio energético. Pierri et al (2016) levantaram dados de lavouras de milho, soja, trigo, cevada, aveia branca e aveia preta, onde observou-se o poder calorífico desses compostos agrícolas e o potencial energético dos mesmos. De Moraes et al. (2017), apontam para a elevada produção de biomassa agrícola no Brasil, porém ainda sem aproveitamento como meio energético.

Assim como o petróleo outra fonte de energia amplamente utilizada é o carvão mineral, que também se assemelha ao petróleo por não ser renovável e ser um grande emissor de gases atmosféricos poluentes, onde também é amplamente apontado como um dos responsáveis pelo aquecimento global. O carvão mineral é muito utilizado em vários países para a geração de energia elétrica, através de combustão do carvão em caldeiras, para produção de vapor de água e acionamento de turbinas.

Wang et al. (2017) apontam para a substituição de carvão mineral por pellets de madeira na China, quanto utilizado os pellets de madeira a redução de emissões atmosféricas reduziram em 94% em relação ao carvão mineral.

O modelo energético mundial ainda está muito dependente de combustíveis fósseis, Martins et al. (2019) apontam diretamente para petróleo e ao carvão mineral, esses combustíveis possuem relação direta quanto ao aquecimento global, devido a elevada emissão de CO₂. A busca por alternativas ao uso do carvão mineral e do petróleo possui sempre duas particularidades, serem renováveis e com menor potencial de emissões atmosféricas.

Ulbig e Anderson (2015), avaliam alternativas energéticas que diversifiquem os modelos atuais voltados em sua maioria a combustíveis fósseis. Dentre essas alternativas destaca-se os biocombustíveis, com potencial renovável. Segundo Gielen et al. (2019), a transição energética para uma matriz mais renovável pode mitigar mudanças relacionadas ao

aspecto do aquecimento global. Em uma transição que pode ir ocorrendo desse momento até o ano de 2050, com o incremento de muitas outras formas e fontes de energia renovável.

O modelo de transição do atual sistema energético para uma abordagem mais sustentável é necessário, e embora que muito lenta está acontecendo. O modelo sustentável de energia prioriza modelos de energia mais limpa e com aporte renovável.

Harjanne et al. (2019), relacionam o uso de fontes energéticas em desacordo com um modelo mais sustentável e renovável às principais consequências de um aquecimento global. Ainda segundo Harjanne et al. (2019) a população mais vulneravelmente economicamente irá sofrer mais as consequências de uma desequilíbrio ambiental.

Segundo Gielen et al. (2019), é urgente a necessidade de uma transição energética global para frear o aquecimento global acima de 2°C. Aprimorar os investimentos em fontes energéticas com menor potencial de emissões atmosféricas é fundamental para frear o aquecimento global.

Ter a biomassa como alternativa pode desenvolver estratégias de energia mais limpa, com bom custo de aquisição e com potencial inesgotável devido sua capacidade de regeneração. Fontes de florestas plantadas e resíduos agrícolas e industriais são alternativas promissoras.

3.2. Energia de biomassa

Herbert e Krishan (2016) apontam a biomassa vegetal, principalmente a madeira, como alternativa ambiental, pelo baixo teor de emissão de carbono. Pari et al. (2015), destacam que biocombustíveis sólidos possuem papel fundamental na substituição de combustíveis fósseis, amenizando e reduzindo o impacto causado por estes tipos de combustíveis.

Conforme a análise de Agamuthu et al. (2019), Thrän et al. (2020), Jeguirim e Limousy (2017), apontam para a importância de desenvolver alternativas ao modelo energético atual, sair de um modelo energético voltado a matrizes pouco sustentáveis, buscando novos meios energéticos. Nesse sentido a energia de biomassa oriunda de residual agroflorestais apresenta-se como uma alternativa.

Nessa linha de atuação alguns autores definem a biomassa como uma alternativa importante a alternância do modelo energético atual, com destaque, Yazan et al. (2016), Agamuthu et al. (2019), Thrän et al. (2016), Saul et al. (2018), Chang et al. (2019).

Para Bilgili et al. (2016), o consumo de combustíveis de biomassa tende a mitigar e restringir à emissão de CO₂ para à atmosfera, e emerge de forma alternativa para países que necessitam reduzir o índice de emissões de CO₂. Salientam ainda que o uso de energia de biomassa pode representar uma alternativa sustentável ao modelo energético dos EUA por exemplo. Shahbaz et al. (2019) apontam o aumento das emissões de CO₂ devido ao consumo de combustíveis fósseis e aponta a biomassa como uma importante alternativa. Toklu (2017), define a energia de biomassa como a energia renovável mais consumida no mundo, atende pelas necessidades energéticas, incluindo geração de energia elétrica, aquecimento doméstico, abastecimento de veículos, fornecimento de calor para processos industriais e comerciais, proveniente de resíduos de madeira, animais e plantas.

Os autores, Thrän et al. (2020), Greinert et al. (2019) e Chang et. al (2019), embora em algum ponto diverjam, acabam em ser unânimes quanto as vantagens da proposta, para a ideia da redução dos impactos ambientais com a utilização de fontes alternativas de combustíveis. Que apresentem um aspecto sustentável, o uso da biomassa residual apresenta-se viável, quanto trata-se de alternativa bioenergética e sustentável, fica evidente que a produção de pellets madeireiros é uma alternativa viável, porém outras

alternativas bioenergéticas também são apresentadas a comunidade acadêmica, trata-se de uma alternativa sustentável.

Sulaiman et al. (2020) apontaram que quando adotado o uso da biomassa resultou na redução de emissão de CO₂ nos países membros da União Europeia. Ren et al. (2019), definem que a madeira possui também potencial de capturar carbono do meio ambiente quando está em forma de árvore.

Para Oliveira et al. (2017) do montante total de madeira em massa (toras) que entra em processos de manufatura em serrarias, os resíduos equivalem a 58,2%, sendo aproveitado como madeira comercial apenas 41,8% do volume de madeira que entrou no processo. Segundo Silva et al. (2020) em alguns processos de manufatura madeireira o desperdício de madeira pode ser de até 70%, isso é muito comum em serrarias, onde esse quantitativo pode ser residual em serragem, maravalha e costaneiras. “Estima-se que no Brasil sejam gerados 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira anualmente, destes 91% são gerados nas indústrias madeireiras” (RAMOS et al. 2018).

Outros derivados da madeira também podem ser utilizados, como os finos de carvão vegetal. Segundo Martins et al. (2016) os finos do carvão vegetal não possuem boa aceitação comercial, desta forma uma importante aplicação para este biocombustível é a utilização na produção de briquetes de madeira. A briquetagem desse material com madeira ou outro resíduo vegetal pode apresentar-se como solução para a aplicação desse carvão residual.

3.3. Pellets e briquetes

Garcia et al. (2013) apontam para os pellets de madeira com menor potencial poluidor e menor custo em relação ao petróleo. Além dessas características Garcia et al. (2013) também definem que os pellets madeireiros são produzidos a partir de serragem, maravalhas, aparas, cavacos, galhos de madeira.

Nones, et al. (2014) avaliam a viabilidade da produção de briquetes através de resíduos lenhosos e observaram que existe sim a viabilidade de produção em larga escala quando existe oferta de madeira.

Na busca por alternativas ao carvão mineral os compactados de biomassa madeireira briquetes e pellets podem ser uma importante alternativa. Schlesinger (2018), destaca que 40% da eletricidade do planeta é gerada em usinas movidas a carvão mineral, combustível extremamente poluidor. Dale et al. (2017), destacaram uma expansão da exportação de pellets de madeira para fins energéticos dos EUA para o continente europeu destinado a fins energéticos.

Dale et al (2017) afirmam que a produção de briquetes e pellets de madeira apresenta crescimento das exportações de pellets pelos Estados Unidos, cresceram do ano 2000 para o ano de 2015 em 4,6 milhões de toneladas, 98% dessas exportações são para a Europa para substituir o uso do carvão em usinas de geração de energia.

Nunes et al. (2016) apontam para o mercado em desenvolvimento de pellets madeireiro em Portugal, com indústria em fase inicial de implantação, já é observável o potencial de crescimento. Dale et al (2017) apontam para o aumento da demanda e consumo de pelotas que são compactados de biomassa como referência a combustíveis de madeira de madeira pela União Europeia, com os biocombustíveis madeireiros substituindo combustíveis fósseis na geração energética. Políticas da União Europeia de promoção da bioenergia para os objetivos energéticos e climáticos do bloco.

Jonsson e Rinaldi (2017) destacam o aumento do consumo de pellets de madeira pelos países membros da União Europeia com nonas metas de emissão de gases atmosféricos,

para a implementação de consumo de biocombustíveis, consumo que deve aumentar ainda mais nos próximos anos, podendo até mesmo dobrar o consumo entre 2015 e 2030, porém a União Europeia não possui toda essa capacidade produtiva. Rússia, Estados Unidos e Canadá emergem como os principais fornecedores.

De acordo com Pradhan et al. (2018) com a crescente demanda por pellets de madeira como bioenergia, aliado ao viés sustentável, levou a muitos produtores por produzir pellets partir de biomassa. Segundo Silva et al. (2020) os processos de briquetagem de resíduos madeireiros vêm sendo recomendada pelo ponto de vista ambiental e econômico, considerando a alta disponibilidade desses resíduos de serraria, além disso, com materiais compactados ganha-se em homogeneidade, das suas características e maior vantagem energética.

4. Discussão dos resultados

Com o levantamento de dados e a análise colhida com base no trabalho dos autores é possível observar que existe demanda e a necessidade de uma mudança na perspectiva relacionada a produção de biocombustíveis. Questões climáticas têm levado a entidades internacionais e países desenvolverem acordos voltados a redução da emissão de gases de efeito estufa, desmatamento e qualquer produção energética que possua elevado impacto ambiental estão em desacordo com essa nova política ambiental.

Os autores citados embora apresentem alguma divergência, acabam em ser unânimes quanto as vantagens da proposta do emprego de biocombustíveis, para a ideia da redução dos impactos ambientais com a utilização de fontes alternativas de combustíveis. E que apresentem um viés sustentável, fica evidente que a produção de pellets madeireiros é uma alternativa viável, porém outras alternativas bioenergéticas também são apresentadas a comunidade acadêmica, trata-se de uma alternativa sustentável.

Com base nas análises e no trabalho de revisão bibliográfica é possível analisar que a implantação de um modelo de produção de pellets e briquetes com residuais madeireiros vem atender a demanda e a necessidade por um produto renovável, com baixo teor de poluição e com características aceitáveis. Quando analisado a abordagem energia e ambiente os autores consultados apontam para o aumento do aquecimento global, destacam o elevado consumo de combustíveis fósseis. Destaca-se o Brasil pelo potencial de produzir biocombustíveis através de biomassa vegetal florestal e agrícola.

Analisando a energia de biomassa a madeira destaca-se como a principal fonte de energia de biomassa como destaca Herbert e Krishan (2016) que apontam para a menor emissão de CO₂, principalmente quando comparado com combustíveis fósseis. Isso demonstra que a utilização desse tipo de biomassa como combustível apresenta importante vantagem.

Nesse sentido a o emprego de briquetes e pellets como alternativa de bioenergia torna-se atraente do ponto de vista técnico relacionado a oferta e demanda. Também apresenta no aspecto ambiental, pois estes biocombustíveis podem substituir os combustíveis fósseis em várias aplicações, tendo a vantagem de emitir menos CO₂ e ser renovável.

5. Conclusão e sugestões para estudos futuros

Conforme a pesquisa e análise dos estudos (artigos) observa-se que pellets e briquetes são uma alternativa que apresentam relativa significância e viabilidade, recursos não renováveis como petróleo e carvão mineral já estão com suas reservas a caminho da exaustão e apresentam maior teor de emissões de gases atmosféricos, os gases de efeito estufa. Surge uma oportunidade de desenvolvimento de novos produtos e novos conceitos de pellets e briquetes.

Como sugestão para futuros estudos pode ser estudado o desenvolvimento de novos produtos e novos conceitos de bioenergia na forma de material compactado (briquetes e

pellets). Análise de novas composições e novos processos de produção desses importantes biocombustíveis.

Referências

ANP – **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO PETRÓLEO** (2019). Disponível em <<http://www.anp.gov.br/>> Acesso em: 4 de abril de 2021.

AGAMUTHU, P.; KHIDZIR, K.M.; FAUSIAH, S.H. Drivers of sustainable waste management in Asia. **Waste Management and Research**, 2019.

Amaral. JOÃO J. F. Como fazer uma pesquisa bibliográfica. **Revista Ciência Saúde**. Fortaleza, janeiro de 2007.

BILGILI, F. et al. Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 830-845, 2017.

Bing, X., Bloemhof, J. M., Ramos, T. R. P., Barbosa-Povoa, A. P., Wong, C. Y., & van der Vorst, J. G. Research challenges in municipal solid waste logistics management. **Waste management**, 2016.

BOUZID, A. M. et al. A survey on control of electric power distributed generation systems for microgrid applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 751-766, 2015.

CHANG, K. H; LOU, Kuo-Ren; KO, C. H. Potential of bioenergy production from biomass wastes of rice paddies and forest sectors in Taiwan. **Journal of Cleaner Production**, Taiwan, 2019.

DALE, V. H. et al. Como a produção de pellets à base de madeira está afetando as condições florestais no sudeste dos Estados Unidos ?. **Forest Ecology and Management** , v. 396, p. 143-149, 2017.

DE MORAES, S. L. et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 4, 2017.

DUARTE. Rosália. **Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo**. Rio de Janeiro, Cadernos de Pesquisa, n. 115, mp, 2002.

GARCIA, D. P; CARASCHI, José Cláudio; VENTORIM, Gustavo. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 24, n. 135, p. 14-16, 2013.

GARCIA, D. P; CARASCHI, J. C; VENTORIM, G. O setor de pellets de madeira no Brasil. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 8, n. 1, 2017.

GIELEN, D. et al. The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, 2019.

GREINERT, A; MRÓWCZYŃSKA, M; SZEFLNER, W. The use of biomass residues from the timber industry and municipal sources for energy production. **Sustainability**, 2019.

HAJJARI, M. et al. A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 445-464, 2017.

HARJANNE, A; KORHONEN, J. M. Abandoning the concept of renewable energy. **Energy policy**, v. 127, p. 330-340, 2019.

HERBERT, GM J; KRISHNAN, A. Unni. Quantifying environmental performance of biomass energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 292-308, 2016.

JEGUIRIM, M; LIMOUSY, L. Strategies for the production of bioenergy from agricultural residues and agri-food processing. 2018.

- JONSSON, R; RINALDI, F. O impacto nos mercados globais de produtos de madeira do aumento do consumo de pellets de madeira na União Europeia. **Energia** , v. 133, p. 864-878, 2017.
- MARTINS, F. et al. Análise do consumo de energia de combustíveis fósseis e impactos ambientais em países europeus. **Energies** , v. 12, n. 6, pág. 964, 2019.
- MARTINS, M. P. et al. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose1. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 173-180, 2016.
- NONES, D. L. et al. Cadeia produtiva de pellets e briquetes de biomassa residual para geração de energia em Santa Catarina. 2014.
- NUNES, LJR; MATIAS, J. C. O; CATALAO, J. P. S. Pellets de madeira como alternativa energética sustentável em Portugal. **Energia renovável** , v. 85, p. 1011-1016, 2016.
- OLIVEIRA, L. H. et al. Aproveitamento de resíduos madeireiros de Pinus sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 683-691, 2017.
- PARI, L. et al. Poplar wood chip storage: Effect of particle size and breathable covering on drying dynamics and biofuel quality. **Biomass and Bioenergy**, v. 81, p. 282-287, 2015.
- PIERRI, L. de et al. Sazonalidade e potencial energético da biomassa residual agrícola na região dos Campos Gerais do Paraná. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 129-137, 2016.
- RAMOS, W. F. et al. geração de resíduos madeireiros do setor de base florestal na região metropolitana de Belém, Pará. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1823-1830, 2018.
- REN, P. et al. Growth rate rather than growing season length determines wood biomass in dry environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 271, p. 46-53, 2019.
- SAUL, D. et al. Evaluation of three forest-based bioenergy development strategies in the northwestern interior of the United States. **Journal of Forestry**, 2018.
- SCHLESINGER, W. H. Are wood pellets a green fuel?. **Science**, v. 359, n. 6382, p. 1328-1329, 2018.
- SHAHBAZ, M.; BALSALOBRE-LORENTE, D.; SINHA, A. Foreign direct Investment–CO2 emissions nexus in Middle East and North African countries: Importance of biomass energy consumption. **Journal of cleaner production**, v. 217, p. 603-614, 2019.
- SILVA, A. P; ANDRADE, A. M; DIAS JÚNIOR, A. F. Investigando o uso de resíduos do processamento da madeira de eucalipto para a produção de combustíveis sólidos compactados. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, 2020.
- SOLAUN, K; CERDÁ, E. The impact of climate change on the generation of hydroelectric power—A case study in southern Spain. **Energies**, v. 10, n. 9, p. 1343, 2017.
- SULAIMAN, C; ABDUL-RAHIM, A. S.; OFOZOR, C. A. Does wood biomass energy use reduce CO2 emissions in European Union member countries? Evidence from 27 members. **Journal of Cleaner Production**, 2020.
- THRÄN, D. et al. Bioenergy in addition to the German “Energiewende” - Evaluation framework for integrated bioenergy strategies. **Biomass and Bioenergy**, 2020.
- THRÄN, D. et al. The MILESTONES modeling framework: An integrated analysis of national bioenergy strategies and their global environmental impacts. **Environmental Modeling and Software**, 2016.

TOKLU, E. Biomass energy potential and utilization in Turkey. **Renewable Energy**, v. 107, p. 235-244, 2017.

WANG, C. et al. A life-cycle comparison of the energy, environmental and economic impacts of coal versus wood pellets for generating heat in China. **Energy**, v. 120, p. 374-384, 2017.

ULBIG, A; ANDERSSON, G. Analyzing operational flexibility of electric power systems. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 72, p. 155-164, 2015.

YAZAN, D. M. et al. Design of sustainable second-generation biomass supply chains. **Biomass and Bioenergy**, v. 94, p. 173-186, 2016.