

## USO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA BIOENERGIA

## USE OF AGRICULTURAL WASTE FOR BIOENERGY

**Crislaine Costa Calazans<sup>1</sup>; Juliana Lopes Souza<sup>2</sup>; Valdinete Vieira Nunes<sup>3</sup>; Fernanda Evangelista de Almeida<sup>4</sup>; Renata Silva Mann<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade- PPGAGRI

Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil - [cris.calazans@yahoo.com.br](mailto:cris.calazans@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade- PPGAGRI

Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil - [juliana\\_lopes\\_souza@live.com](mailto:juliana_lopes_souza@live.com)

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade- PPGAGRI

Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil - [val.ufs@gmail.com](mailto:val.ufs@gmail.com)

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia Agronômica - DEA

Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil- [fernanda.evangelista14@gmail.com](mailto:fernanda.evangelista14@gmail.com)

<sup>5</sup>Departamento de Engenharia Agronômica - DEA

Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil - [renatamann@gmail.com](mailto:renatamann@gmail.com)

### Resumo

*Os resíduos agrícolas destacam-se como matérias-primas potenciais para a produção de combustíveis renováveis. Tendo como fundamento esse cenário, com o objetivo de mapear as patentes depositadas, relacionadas ao uso de resíduos agrícolas em substituição a combustíveis fósseis se realizou este trabalho. A partir da prospecção tecnológica do conteúdo de depósitos de patentes nas bases do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI, Banco de Patentes Latino Americanas - LATIPAT, Organização Mundial de Propriedade Intelectual (World Intellectual Property Organization - WIPO), Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office -EPO) foram obtidos os dados. A pesquisa foi realizada a partir da busca por palavras-chaves no campo de aplicação title or abstract (EPO e LATIPAT), Front Page (WIPO) e resumo (INPI). Os documentos encontrados foram computados individualmente, em relação ao ano de depósito, país de origem, depositante e Classificação Internacional de Patentes (CIP). Em uma pesquisa preliminar foram encontrados 1.514 documentos para a base dados WIPO, 1.176 depositados na EPO, 20 patentes na LATIPAT e 11 registros no INPI. Após segunda análise foram identificadas 24 patentes que atendiam ao caráter de inclusão da busca, ou seja, inovações voltadas ao uso de resíduos agrícolas em substituição a combustível fóssil. A China, com 11 patentes registradas, é a grande impulsionadora de inovações tecnológicas envolvendo o uso resíduos agrícolas como bioenergia; seguida das patentes depositadas no Escritório Europeu de Patentes (3), da Coréia (2) e Estados Unidos (2).*

**Palavras-chave:** anterioridade, biomassa, patentes.

### Abstract

*Agricultural residues stand out as potential raw materials for the production of renewable fuels. Based on this scenario, in order to map the patents filed, related to the use of agricultural waste in substitution to fossil fuels, this work was carried out. From the technological prospecting of patent*

*deposits at the bases of the National Institute of Industrial Property - INPI, Latin American Patent Bank - LATIPAT, World Intellectual Property Organization (WIPO), European Patent Office (European Patent Office) -EPO) data were obtained. The search was carried out from the search for keywords in the field of application title or abstract (EPO and LATIPAT), Front Page (WIPO) and abstract (INPI). The documents found were computed individually, in relation to the deposit year, country of origin, depositor and International Patent Classification (CIP). In a preliminary search, 1,514 documents were found for the WIPO database, 1,176 filed with EPO, 20 patents with LATIPAT and 11 records at the INPI. After a second analysis, 24 patents were identified that met the search inclusion character, that is, innovations aimed at the use of agricultural waste in substitution for fossil fuel. China, with 11 registered patents, is the major driver of technological innovations involving the use of agricultural waste as bioenergy; followed by patents filed with the European Patent Office (3), Korea (2) and the United States (2).*

**Key-words:** anteriority, biomass, patents.

## 1. Introdução

A demanda por combustíveis fósseis, necessária para suprir as necessidades da população, é crescente. Para enfrentar esse desafio, a comunidade internacional concorda que um grande esforço deve ser feito na busca de recursos energéticos alternativos capazes de reduzir ao máximo a quantidade de combustíveis fósseis do portfólio de energia e desenvolver um suprimento sustentável à cadeia (BASSO et al., 2016).

Os problemas globais de sustentabilidade estão intimamente interconectados, como poluição, mudanças climáticas, perda de biodiversidade, pobreza, energia e segurança alimentar (ZUIN; RAMIN, 2018). Desde que os primeiros grandes regulamentos ambientais foram promulgados na década de 1970, houve muito debate sobre seus possíveis impactos sobre a competitividade das empresas afetadas (DECHEZLEPRÊTRE; SATO, 2017). A partir desse momento, o setor industrial é estimulado a buscar materiais alternativos que gerem menor impacto, proporcionando destaque aos biocombustíveis.

“Bioenergia é um termo genérico que inclui combustíveis sólidos, líquidos e gasosos de origem biológica” (LI; KHANAL, 2016, p. 13). Consistindo no uso de matéria-prima renovável para a produção de energia, ganha destaque como solução promissora impulsionando o surgimento de novas tecnologias que visam à substituição dos combustíveis derivados do petróleo, também chamados combustíveis verdes. Assim, ao fornecer conversões eficientes de fontes renováveis de combustível em energia, o uso de recursos não renováveis é poupado (OMER, 2008; WALL et al., 2008; NAQVI et al., 2018).

A população global está crescendo a uma taxa de 0,87% ao ano, o que representa uma demanda crescente por alimentos, com impressionantes 1,87 bilhões de hectares usados para esse

fim (KAPPLER et al., 2020). Consequentemente, é crescente também a produção de resíduos provenientes de alimentos e agricultura. Isto posto, a biomassa surge altamente significativa em uma economia em termos de produtos materiais e fornecimento de energia, constituindo um desafio crucial na minimização desses resíduos que devem ser devolvidos à economia (SHERWOOD, 2020).

No Brasil a área plantada destinada a produção agrícola ocupou cerca de 79 milhões de hectares, correspondente ao produto das lavouras com base no ano da safra 2019 (IBGE, 2020). Sendo a biomassa, do ponto de vista energético, toda matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia (PACHECO, 2006; GUARIEIRO et al., 2011). O Brasil figura como detentor de enorme fonte de geração de bioenergia.

Além da alta disponibilidade de matéria-prima, a eficiência dos resíduos agrícolas em quesitos necessários para o uso como biomassa visando à geração de energia são, teor de água, valor calorífico, temperatura de combustão, teor de carbono, densidade e porosidade (PINCHUK et al., 2019; RADHAKRISHNAN et al., 2019; LIPPE et al., 2020).

Os processos que abrangem o uso de biomassa para energia renovável envolvem a síntese ou decomposição de compostos orgânicos, resultando em diferentes tipos de biomassa. Esses compostos variam em conformidade e contêm numerosos grupos funcionais podendo influenciar na estrutura e na química finais da biomassa (CHENG, 2017).

Dessa forma, para escapar da forte dependência, atual da sociedade, de combustíveis fósseis, os resíduos da agroindústria representam oportunidades para o desenvolvimento no mercado de bioenergia.

Entretanto, apesar de surgir como uma possível alternativa, vários fatores devem ser levados em consideração para tornar-se viável do ponto de vista econômico. As tecnologias voltadas para o uso de resíduos agrícolas para bioenergia, até o momento são limitadas, impedindo a indicação desse suprimento em larga escala.

Embora seja a fonte de energia renovável mais usada no mundo atualmente, a utilização de biomassa para produção de energia apresentou um leve aumento nos últimos tempos nos tempos modernos (TOKLU, 2017).

Portanto, o conhecimento acerca das tecnologias formuladas para o aproveitamento de resíduos agrícolas, destacando-se no campo das alternativas energéticas sustentáveis com potencial para substituição pelo uso de derivados do petróleo, torna-se uma ferramenta indispensável.

## 2. Metodologia

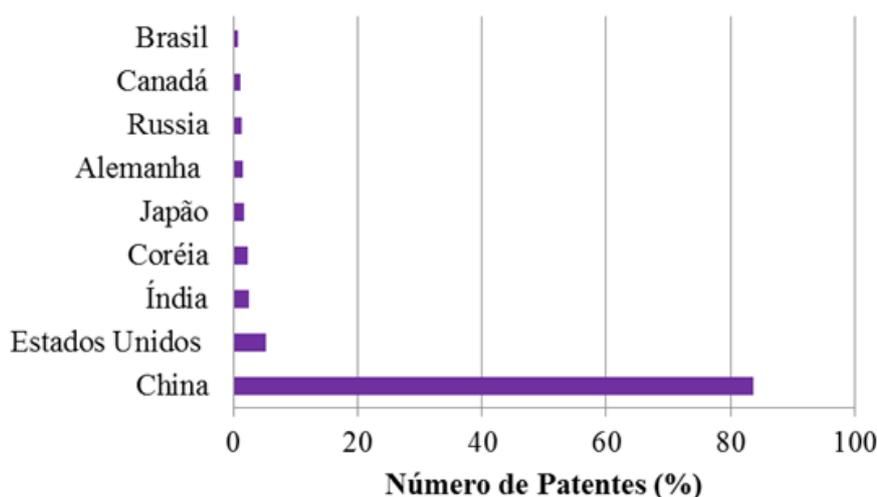
Com o objetivo de mapear as patentes depositadas relacionadas ao uso de resíduos agrícolas em substituição ao uso de combustíveis fósseis foi realizada prospecção tecnológica do conteúdo de patentes mediante consultas nas bases do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI, Banco de Patentes Latino Americanas - LATIPAT, Organização Mundial de Propriedade Intelectual (World Intellectual Property Organization - WIPO), Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office - EPO). A pesquisa foi realizada a partir da busca por palavras-chaves, no campo de aplicação title or abstract (EPO e LATIPAT), Front Page (WIPO) e resumo (INPI).

Os documentos encontrados foram computados individualmente, em relação ao ano de depósito, país de origem, depositante e Classificação Internacional de Patentes (CIP).

## 3. Mapeamento tecnológico do uso de resíduos agrícolas como fonte de energia alternativa

Inicialmente foi realizada uma busca das patentes usando as palavras-chave: *agricultural*, *waste*, *energy* intercaladas pelo operador *and*. Foram encontrados 1.514 documentos para a base dados WIPO, 1.176 depositados na EPO, 20 patentes na LATIPAT e 11 registros no INPI. A China é a maior detentora de tecnologias visando à utilização de resíduos agrícolas como fonte de energia, com 83% das patentes, seguida dos Estados Unidos com 5% do total. O Brasil apresentou 11 documentos, representando aproximadamente 1% das patentes existentes (Figura1).

Figura 1 – Número de patentes, em porcentagem, por país de origem da patente, 2020

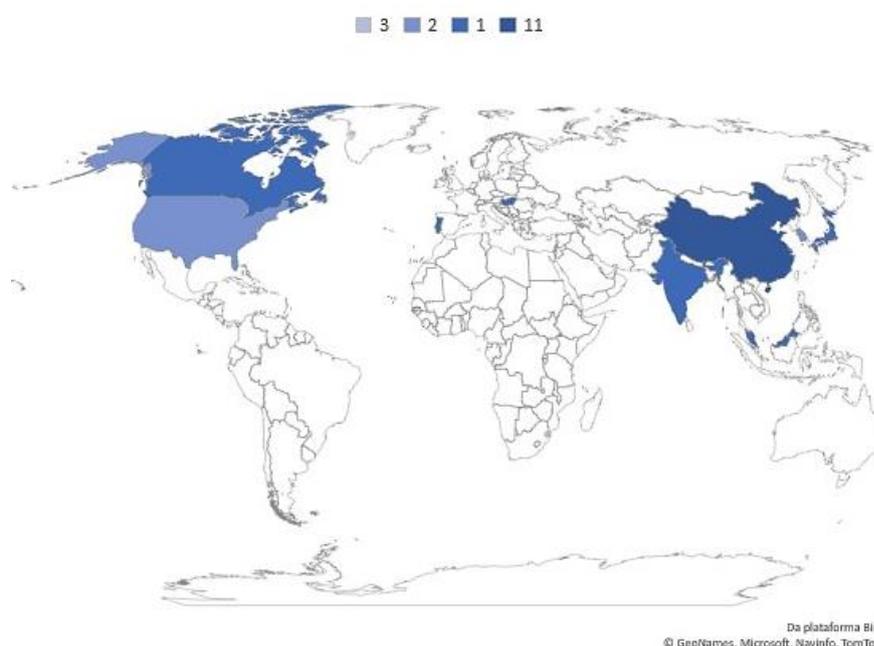


Fonte: Autoria própria (2020)

Analisando a classificação das patentes prospectadas, verificou-se uma ampla abrangência, sendo estas voltadas para o desenvolvimento de inovações em diversas áreas, incluindo assim patentes com foco distinto da pesquisa.

Dessa forma, em uma segunda fase, a análise foi refinada visando especificar o tipo de energia gerada a partir da tecnologia patenteada, realizando uma busca nas plataformas Patentscope e Espacenet utilizando os boleanos “*agricultural and waste and bioenergy*” e “*agricultural and waste and (bioenergy or alternative energy)*” respectivamente. Não foram incluídas na pesquisa as patentes relacionadas a álcool de segunda geração. A partir dos dados coletados apresenta-se a distribuição geográfica da origem das tecnologias patenteadas (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição geográfica da origem das tecnologias patenteadas para o aproveitamento de resíduos agrícolas como bioenergia



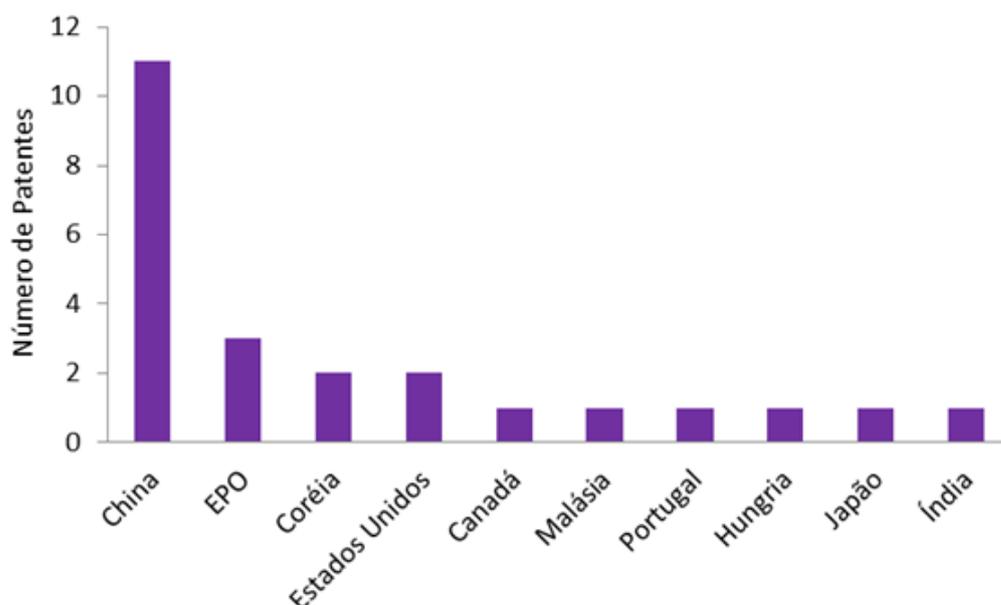
Fonte: Autoria própria (2020)

O mapa gerado incluindo as regiões de destaque em inovações na utilização dos resíduos agrícolas como fonte de bioenergia pode ser reflexo do panorama agrícola mundial, visto que, as regiões citadas destacam-se no cenário mundial como líderes em produção agrícola.

A China conseguiu produzir um quarto dos grãos do mundo e alimentar um quinto da população mundial com menos de 10% das terras aráveis do mundo. Atualmente, a China ocupa a primeira posição no mundo em termos de produção de cereais, algodão, frutas, vegetais, carne, aves, ovos e produtos da pesca (FAO, 2020).

Nessa fase foram localizadas 24 patentes. A China, com 11 patentes registradas, é a grande impulsionadora de inovações tecnológicas envolvendo o uso de energia alternativa. Seguida das patentes depositadas no Escritório Europeu de Patentes (3), da Coreia (2) e Estados Unidos (2) (Figura 3). Apesar da aptidão agrícola e da expressiva geração de resíduos agrícolas gerados no Brasil, indicando o alto potencial do desenvolvimento de atividades voltadas para a reutilização dos resíduos provenientes do setor agroindustrial; o país não é detentor de nenhuma patente relacionada ao uso de tecnologias voltadas para o aproveitamento dos resíduos agrícolas como fonte de bioenergia. A única patente registrada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI possui o Japão como país de origem.

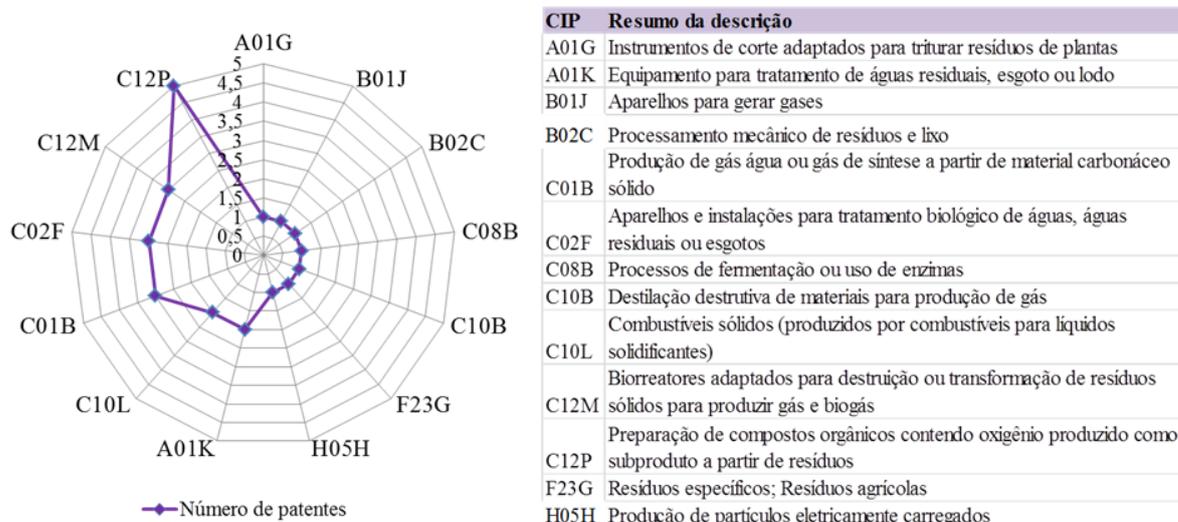
Figura 3 – Número de patentes por país de origem relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias para o uso de resíduos agrícolas como bioenergia



Fonte: Autoria própria (2020)

Entre os documentos identificados na pesquisa, 20% estão relacionados à área de preparação de compostos orgânicos com oxigênio como subproduto a partir de resíduos (C12P); 12% estão classificados na área de biorreatores adaptados para destruição ou transformação de resíduos sólidos para produzir gás, aparelhos e instalações para tratamento biológico de águas, águas residuais ou esgotos; e destilação destrutiva de materiais para produção de gás (C12M, C02F e C01B, respectivamente); e 8% na área de combustíveis sólidos (produzidos por combustíveis para líquidos solidificantes) e equipamentos para tratamento de águas residuais, esgoto ou lodo (C10L e A01K) (Figura 4).

Figura 4 – Classificação Internacional de Patentes com maior relevância para tecnologias relacionadas a resíduos agrícolas e bioenergia



Fonte: Autoria própria (2020)

Entre as 11 patentes encontradas na primeira fase da pesquisa foram registradas quatro patentes contendo inovações voltadas para o uso desses resíduos como energia alternativa (Tabela 1). Consistindo em patentes para a criação de sistema e método para extração de energia a partir de resíduo agrícola (BRANSON, 2004); processo de produção de peletes oriundos de resíduos de produtos agrícolas utilizados para queima e geração de energia (AZEVEDO, 2009); métodos de conversão direta de biomassa em gás de síntese de alta qualidade e método de utilização de biomassa como fonte de energia térmica (HUANG; HUANG, 2016; TANIGURO, 2018)

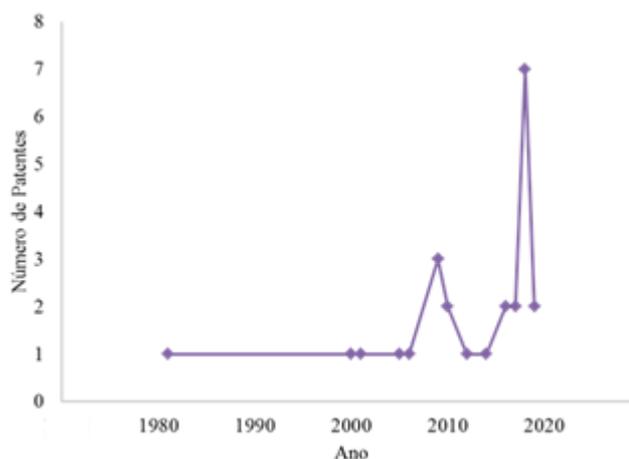
Tabela 1 – Patentes relacionadas ao uso de resíduos agrícolas como energia alternativa com origem de registro no Brasil. Número do pedido, data de depósito, título da patente, CIP (Classificação Internacional de Patentes)

Número do Pedido	Data de Depósito	Título	CIP
<u>BR 11 2013 002701 0</u>	03/08/2011	Métodos de conversão direta de biomassa em gás de síntese de alta qualidade	C21B 5/00
<u>BR 11 2012 007788 0</u>	17/09/2010	Método de tratamento de material de biomassa e método de utilização de energia térmica.	C05F 17/00
<u>PI 0705915-9</u>	13/09/2007	Processo de produção de pelete oriundo de produtos ou resíduos de produtos agrícolas utilizados para queima e geração de energia.	B27K 9/00
<u>PI 0215051-4</u>	17/12/2002	Sistema e método para extração de energia a partir de resíduo agrícola.	C07C 27/00

Fonte: Autoria própria (2020)

Com a evolução anual de patentes (Figura 5) verifica-se que a tecnologia pode se encontrar numa etapa de ascendente pico do conhecimento, no qual o número de patentes depositadas é muito superior aos outros períodos analisados. Essa etapa é importante para o desenvolvimento e aprimoramento da técnica com o estado da arte, mostrando uma grande possibilidade de investimentos.

Figura 5 – Número de patentes relacionadas ao uso de resíduos agrícolas como bioenergia registradas



Fonte: Autoria própria (2020)

Verifica-se que o número de patentes registradas se mantém constante nas primeiras décadas, tem um aumento expressivo ao final da década de 2000, com três patentes depositadas em 2009. Após 10 anos houve um novo aumento representado pelo depósito de sete patentes no ano de 2019.

Apesar do demonstrado crescimento na busca por inovações tecnológicas no segmento, verifica-se que o número de tecnologias patenteadas é pouco expressivo quando comparado ao potencial dessa alternativa para a resolução de problemas sociais e ambientais advindos da disposição dos resíduos agrícolas gerados no mundo.

#### 4. Conclusões e perspectivas futuras

O mapeamento tecnológico mostra-se uma ferramenta capaz de evidenciar o direcionamento histórico das inovações voltadas para o surgimento de tecnologias para a criação de produtos e processos com o objetivo de resolver um problema da sociedade.

Com esse mapeamento verifica-se que, de forma geral, as patentes foram depositadas em maior número pela China, e são classificadas principalmente em C12P, C12M, C02F e C01B. O

desenvolvimento de tecnologias voltadas para o aproveitamento dos resíduos agrícolas com fins bioenergéticos é recente, tendo como destaque o final da última década.

Diante dos dados apresentados espera-se o surgimento de novas pesquisas buscando a substituição dos combustíveis derivados do petróleo por energias alternativas, visando a redução dos impactos ambientais gerados, pela diminuição do uso de combustíveis fósseis e pelo aumento da utilização de resíduos agrícolas a partir do aproveitamento para geração de bioenergia.

## Referências

- AZEVEDO, A. D. R. **Processo de produção de pelete oriundo de produtos ou resíduos de produtos agrícolas utilizado para queima e geração de energia**. Depositante: Alfonso Dileomar Rodrigues de Azevedo. PI 0705915-9 A2. Depósito: 13 set. 2007. Concessão: 05 mai. 2009.
- BASSO, D. et al. Agro-industrial waste to solid biofuel through hydrothermal carbonization. **Waste management**, v. 47, p. 114-121, 2016.
- BRANSON, J. D. **Sistema e método para extração de energia a partir de resíduo agrícola**. Depositante: Jerrel Dale Branson. PI 0215051-4 A2. Depósito: 17 dez. 2002. Concessão: 07 dez. 2004.
- CHENG, J. (Ed.). **Biomass to renewable energy processes**. CRC press, 2017. 437 p.
- DECHEZLEPRÊTRE, A.; SATO, M. The impacts of environmental regulations on competitiveness. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 11, n. 2, p. 183-206, 2017.
- FAO** – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/china/fao-in-china/china-at-a-glance/en/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.
- GUARIEIRO, L. L. N.; TORRES, E. A.; ANDRADE, JB de. Energia verde. **Revista Ciência Hoje**, v. 48, 2011.
- HUANG, X.; HUANG, J. **Métodos de conversão direta de biomassa em gás de síntese de alta qualidade**. Depositante: Xiaodi Huang e Jiann-Yang Hwang. BR 11 2013 002701 0 A2. Depósito: 03 ago. 2011. Concessão: 31 mai. 2016.
- IBGE** – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (SIDRA). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- KAPPLER, G. et al. Conversion of Lignocellulosic Biomass Through Pyrolysis to Promote a Sustainable Value Chain for Brazilian Agribusiness. **Lignocellulosic Biorefining Technologies**, p. 265-283, 2020.
- LI, Y.; KHANAL, S. K. **Bioenergy: principles and applications**. John Wiley & Sons, 2016.
- LIPPE, M. et al. The Origin of Biomass. **In: Bioeconomy for Beginners**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2020. p. 11-66.
- NAQVI, S. R. et al. Potential of biomass for bioenergy in Pakistan based on present case and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1247-1258, 2018.
- OMER, A. M. Green energies and the environment. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 7, p. 1789-1821, 2008.

- PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, v. 149, p. 4-11, 2006.
- PINCHUK, V. A.; SHARABURA, T. A.; KUZMIN, A. V. The effect of water phase content in coal-water fuel on regularities of the fuel ignition and combustion. **Fuel Processing Technology**, v. 191, p. 129-137, 2019.
- RADHAKRISHNAN, S. et al. Performance, emission and combustion study on neat biodiesel and water blends fuelled research diesel engine. **Heat and Mass Transfer**, v. 55, n. 4, p. 1229-1237, 2019.
- SHERWOOD, J. The significance of biomass in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 300, p. 122755, 2020.
- TANIGURO, K. **Método de tratamento de material de biomassa, e método de utilização de energia térmica**. Depositante: Katsumori Taniguro. BR 11 2012 007788 0 A2. Depósito: 17 set. 2010. Concessão: 20 mar. 2018.
- TOKLU, E. Biomass energy potential and utilization in Turkey. **Renewable Energy**, v. 107, p. 235-244, 2017.
- WALL, J. D. et al. (Ed.). **Bioenergy**. Washington, DC: ASM Press, 2008. 454p.
- Waste management**, v. 47, p. 114-121, 2016.
- ZUIN, V. G.; RAMIN, L. Z. Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: Challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. **In: Chemistry and Chemical Technologies in Waste Valorization**. Springer, Cham, 2018. p. 229-282.