

POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO RESÍDUO AGRÍCOLA DA LAVOURA CACAUEIRA¹

POSSIBILITIES FOR ENERGY USE OF AGRICULTURAL RESIDUE FROM COCOA PLANTATIONS

Artigo recebido em: 25/07/2024

Artigo aceito em: 22/04/2025

Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Programa de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo/SP, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2035937453943199>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5106-6251>

hirdan@usp.br

Geraldo Lavigne de Lemos

Programa de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo/SP, Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/9904455667774816>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4752-267X>

geraldolavigne@usp.br

Andrieza de Aquino Eslabão

Programa de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo/SP, Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/2161586555343532>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4849-8050>

andriezaeslabao@gmail.com

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Resumo

O aproveitamento energético dos resíduos agrícolas é uma importante alternativa para a economia de baixo carbono. A lavoura cacaueira gera relevante quantidade de resíduo agrícola na forma de biomassa de casca de cacau. Este estudo identificou rotas tecnológicas disponíveis para o

Abstract

The energetic use of agricultural residue may be an important alternative for the low-carbon economy. The cocoa crop generates a relevant amount of agricultural residue in the form of cocoa husk biomass. This study aims to identify the technological routes available for the energy use of agrarian residue from the

¹ Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP), suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas na Cláusula de PD&I da Resolução ANP n. 50/2015 (PRH 33.1 – Referente ao Edital n. 1/2018/PRH-ANP; Convênio Finep/Fusp/USP Ref. 0443/19). Agradecemos o apoio do Research Centre for Greenhouse Gas Innovation (RCGI), localizado na Universidade de São Paulo (USP) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (2014/50279-4 e 2020/15230-5) e Shell Brasil, e a importância estratégica do apoio dado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) por meio do incentivo regulatório associado ao investimento de recursos oriundos das Cláusulas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Agradecemos ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).



aproveitamento energético desse resíduo e quantificou a capacidade de fornecimento aproveitável para fins energéticos. Estudos anteriores apontam que a biomassa de casca de cacau apresenta qualidades relevantes para a conversão em produtos energéticos por diversas rotas tecnológicas, como pirólise, biodigestão anaeróbia e fermentação. A capacidade de fornecimento desse subproduto aproveitável para fins energéticos encontrou volumes expressivos. A metodologia adotada foi de pesquisa bibliográfica, com a obtenção de dados diretos e indiretos oriundos de órgãos oficiais, além de pesquisa em literatura científica, por meio do método dedutivo. Os resultados identificaram os benefícios ambientais e econômicos da utilização da biomassa de casca de cacau como fonte energética, com opções para a comercialização de energia, bio-óleo, biogás, bioetanol, biocarvão, briquetes ou pellets e sua adequação às políticas estaduais de preservação da vegetação nativa. Somam-se, ainda, as possibilidades de servir para a alimentação animal, produção de fertilizantes orgânicos, biofertilizantes e substrato para a produção de enzimas.

Palavras-chave: economia de baixo carbono; eficiência; lavoura cacaueira; resíduo agrícola.

cocoa plantation and to quantify the capacity to supply cocoa husk biomass from cocoa plantation as a usable residue for energy purposes. Previous studies indicate that cocoa husk biomass has relevant qualities for conversion into energy products by various technological routes, such as pyrolysis, anaerobic digestion, and fermentation. The capacity to supply cocoa husk biomass as a usable by-product for energy purposes was found to be significant. The methodology adopted was bibliographic research, obtaining direct and indirect data from official agencies, in addition to research in scientific literature, using the deductive method. The results identified the environmental and economic benefits of using cocoa husk biomass as an energy source, with options for the commercialization of energy, bio-oil, biogas, bioethanol, biochar, briquettes, or pellets. Additionally, there are the possibilities of serving as animal feed, production of organic fertilizers, biofertilizers, and substrate for producing enzymes.

Keywords: agricultural residue; cocoa plantation; efficiency; low carbon economy.

Introdução

A implementação de estratégias fundamentadas em soluções naturais, voltadas ao cumprimento dos compromissos internacionais assumidos pelo país, apresenta-se como uma oportunidade para integrar agentes e setores. Tais estratégias proporcionam ganhos de biodiversidade, permitem a geração de energia a partir de fontes renováveis, contribuem para o resgate cultural e de biomas nativos, além de agregar possibilidades de renda, benefícios sociais e melhoria na matriz energética nacional.

O resíduo proveniente da produção de cacau no modelo cabruca (cultivo agrícola aliado harmonicamente à presença de árvores nativas) tem alto poder calorífico, sendo que seu aproveitamento energético aliado à política do estado da Bahia de recuperação do bioma Mata Atlântica pode se mostrar uma alternativa para viabilizar sua expansão de modo sustentável, agregando benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Este artigo tem por objetivo apontar as rotas tecnológicas disponíveis para o aproveitamento energético do resíduo agrícola da lavoura cacaueira e quantificar a capacidade de fornecimento de biomassa de casca de cacau como um resíduo aproveitável da lavoura cacaueira para fins energéticos.

O estudo tem o potencial de influenciar a adoção de práticas semelhantes em outros países produtores de cacau. A metodologia utilizada baseou-se em pesquisa bibliográfica, com a coleta de dados diretos e indiretos oriundos de órgãos oficiais, complementada por investigações em literatura científica. O método dedutivo funciona como vetor central na condução do trabalho. Os resultados identificaram os benefícios ambientais e econômicos da utilização do resíduo agrícola da lavoura cacaueira como fonte energética.

A pesquisa insere-se em uma tendência crescente voltada ao aproveitamento energético de resíduos, com ênfase na valorização de resíduos agrícolas como recurso energético estratégico. A Nota Técnica DEA 17/14, elaborada pelo Ministério de Minas e Energia, evidencia que os resíduos rurais, quando aproveitados energeticamente, apresentam viabilidade econômica e podem ser competitivos em mercados energéticos específicos, como os de biometano e eletricidade gerada a partir da biomassa. A análise detalha os custos logísticos e operacionais, bem como o potencial de geração de energia e substituição de fontes fósseis, reforçando o alinhamento com a transição energética e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Adicionalmente, procura-se destacar que o aproveitamento energético de resíduos por meio de tecnologias como a pirólise e a gaseificação pode

não apenas mitigar impactos ambientais, mas também impulsionar o desenvolvimento econômico sustentável ao criar novos mercados para produtos derivados da biomassa.

No contexto da cacauicultura, este estudo também se alinha a análises contemporâneas que visam integrar sustentabilidade econômica, social e ambiental na produção agrícola. O relatório técnico elaborado por CocoaAction Brasil, Instituto Arapyáú e WRI Brasil mostra que diferentes modelos produtivos com cacau – como os sistemas agroflorestais (SAFs) e o sistema cabruca – apresentam viabilidade econômica e podem ser aprimorados com práticas sustentáveis, incluindo o aproveitamento de resíduos orgânicos gerados nas propriedades. A relevância desse enfoque é ainda mais clara ao considerar que boa parte dos estabelecimentos produtores de cacau no sul da Bahia adota sistemas agroflorestais, com potencial para integrar tecnologias de valorização de resíduos como a biodigestão. Essa sinergia é também abordada por autores que reforçam o papel do biogás como vetor de sustentabilidade, ao converter resíduos em energia e fertilizantes, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e promovendo ganhos ambientais e econômicos, especialmente em contextos rurais.

A metodologia deste artigo foi desenvolvida mediante pesquisa exploratória, baseada em análise bibliográfica e documental, com coleta de dados indiretos oriundos de órgãos oficiais e instituições públicas e privadas. A investigação levou em conta a literatura científica, a produção técnica, os relatórios setoriais e as normas legais e técnicas, todos associados aos biocombustíveis e à economia de baixo carbono. Os dados coletados foram analisados qualitativa e quantitativamente, com adoção do método dedutivo como vetor central da condução dos trabalhos.

A abordagem adotada neste estudo dialoga não apenas com aspectos técnicos da conversão energética de resíduos agrícolas, mas também se ancora no aporte teórico epistêmico das ciências humanas, que contribui para a compreensão crítica da relação entre sociedade, meio ambiente e tecnologia. Nesse sentido, ao considerar os sistemas produtivos sustentáveis e os saberes locais – como o cultivo de cacau em sistemas cabruca –, este trabalho incorpora uma visão holística e interdisciplinar que reconhece o papel da cultura, da política ambiental e da justiça socioeconômica na transição para uma economia de baixo carbono. A análise da literatura consultada apontou que o aproveitamento de resíduos orgânicos contribui não apenas para a geração de energia, mas também para a implementação dos ODS, promovendo impactos positivos em comunidades rurais e ampliando o acesso a soluções energéticas limpas e descentralizadas.

Do mesmo modo, os dados e as reflexões do relatório elaborado por CoocaAction Brasil, Instituto Arapyá e WRI Brasil revelam que a sustentabilidade econômica da produção de cacau no Brasil está profundamente ligada à valorização de práticas tradicionais e integradas à conservação ambiental, como os sistemas agroflorestais. Tais perspectivas, oriundas das ciências humanas, permitem articular o conhecimento técnico com os valores humanos e ecológicos, compreendendo que a transição energética não pode ser tratada apenas como uma questão de eficiência, mas como um processo social, cultural e ético. Assim, o aproveitamento energético da biomassa da lavoura cacauífera, especialmente em contextos como o da cabruca baiana, revela-se uma alternativa que concilia inovação tecnológica, justiça ambiental e resiliência territorial.

1 Aproveitamento energético da biomassa

O uso de combustíveis fósseis e a industrialização da agricultura, entre outros fatores, desestabilizaram o meio ambiente (Rockström *et al.*, 2009). A influência humana na harmonia planetária é de tal porte que já se sugere uma nova era geológica denominada Antropoceno, em substituição ao Holoceno (Steffen *et al.*, 2015). A humanidade é responsável pelo aquecimento global, provocado pela emissão de gases de efeito estufa, entre outras importantes influências na biosfera. Há urgência em promover a transição energética para apagar o processo de mudança climática (IPCC, 2021). Nesse contexto, a humanidade precisa rever os padrões de consumo e produção.

O resíduo agrícola é um subproduto das atividades de produção lavoura em suas diversas etapas. No caso da lavoura cacauífera, o principal subproduto é a biomassa de casca de cacau. Para Ferraz Junior *et al.* (2022), as energias renováveis são consideradas fontes alternativas aos combustíveis fósseis, compreendem fontes reabastecidas naturalmente e incluem as decorrentes da biomassa. Assim, a utilização de resíduo agrícola como fonte energética contribui para uma economia de baixo carbono de maneira semelhante à bioenergia e às energias renováveis. Essa alternativa é capaz de mitigar pressões sobre os recursos naturais e diminuir a demanda por combustíveis fósseis. Além de configurar alternativa energética sustentável, a utilização do resíduo agrícola pode representar ganho de eficiência da lavoura, com o incremento da renda ou a diminuição dos custos relacionados à energia.

O Brasil já aproveita bagaço de cana, lúmpia, casca de arroz, sebo ou gordura animal, porém ainda existe grande oferta de resíduos de cana (palhas e pontas,

vinhaça e torta de filtro), cavaco, palhas de soja e milho, cascas de café, resíduos de coco, feijão, amendoim, mandioca, cacau, entre outros (Brasil, 2020).

2 Dados de produção da lavoura cacaujeira e respectivo resíduo agrícola no Brasil e no mundo

As estimativas de produção da safra 2020/2021 calculam 875.000 toneladas nas Américas, 3.871.000 toneladas na África e 278.000 toneladas na Ásia e na Oceania, o que corresponde, respectivamente, a 17%, 77% e 6% da produção mundial estimada para o período (Zugaib, 2021). Nesse contexto, apenas doze países concentram a quase totalidade da produção mundial de cacau em amêndoas, sendo cinco países no continente americano, a saber, Brasil, Colômbia, Equador, Peru e República Dominicana; cinco países no continente africano, a saber, Camarões, Costa do Marfim, Gana, Nigéria e Uganda; e dois países no continente asiático e Oceania, a saber, Indonésia e Papua Nova Guiné (Zugaib, 2021). Nota-se, especialmente, a importância da cultura cacaujeira para o hemisfério sul global.

A produção de cacau no Brasil ocupou, em 2020, uma área de 589.153 hectares destinada à colheita, somando uma produção de cerca de 270 mil toneladas (IBGE, 2021), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção do cacau em amêndoa, Brasil, 2011 a 2020.

Ano	Área destinada à colheita (hectares)	Área colhida (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)	Rendimento médio da produção (kg por hectare)	Valor da produção (mil reais)
2011	682.482	680.484	248.524	365	1.272.811
2012	686.541	684.333	253.211	370	1.234.157
2013	692.435	689.276	256.186	372	1.214.038
2014	707.106	704.122	273.793	389	1.589.535
2015	704.288	702.841	278.299	396	2.202.371
2016	732.585	720.055	213.871	297	2.007.189
2017	591.199	590.813	235.809	399	1.686.447
2018	577.550	577.191	239.318	415	2.167.200
2019	582.010	581.897	259.451	446	2.514.258
2020	589.153	588.501	269.731	458	3.223.892

Fonte: IBGE (2021).

A partir dos dados catalogados no período de 2011 a 2020, a média anual estimada de cacau em amêndoa produzido no Brasil foi de 252.819 toneladas. Em tempo, e merecendo uma brevíssima digressão, nota-se, nesse mesmo período, uma variação nas safras 2015/2016 e 2016/2017, que foram duramente impactadas pela crise hídrica na Bahia (CEPLAC, 2016), importante estado produtor brasileiro (IBGE, 2021). Destaca-se, ainda, que a crise hídrica foi a principal responsável pela queda da produção de cacau em 2016, especialmente na Bahia, a despeito de ter atingido todas as regiões produtoras nacionais (Brasil [...], 2017; A importação [...], 2017). Segundo Vieira (2016), a seca se agravou na Bahia a partir de 2015, atingindo áreas do sul e sudoeste do estado que historicamente não sofriam com estiagem tão longa e severa. A precipitação pluviométrica em cidades da região cacauzeira da Bahia teve redução de 18% a 96% em 2015, comparada à média dos quinze anos anteriores, com grave queda da disponibilidade de água nos mananciais hídricos em 2016 (CEPLAC, 2016).

Ocorre que a produção de uma tonelada de amêndoas secas ocasiona a produção de seis (Santos; Silva, 2015 *apud* Correa *et al.*, 2016, p. 2) a oito toneladas (Coutinho, 2018; Mororó, 2012; Pereira, 2013; Silva, 2018) de casca de cacau fresca. A biomassa obtida a partir da casca do cacau é uma fonte promissora de combustível, similar a outros resíduos agrícolas também utilizados na produção energética (Correa *et al.*, 2016; Pereira, 2013; Pinheiro; Silva, 2016; Silva, 2018). Em razão do alto teor de umidade, a biomassa de casca de cacau, para uso seco, deve ser transformada em *chips* antes da utilização, resultando em uma massa seca equivalente a 20% da massa fresca (Pereira, 2013).

Esses dados sugerem que, na visão mais conservadora (razão de seis toneladas de biomassa de casca de cacau fresca para uma tonelada de amêndoa de cacau), a lavoura cacauzeira produziu 30.144.000 toneladas de biomassa de casca de cacau fresca para a safra 2020/2021 no mundo, sendo que no Brasil a lavoura cacauzeira produziu, em média, no último decênio 1.618.386 toneladas de biomassa de casca de cacau fresca ao ano. Destarte, a lavoura cacauzeira produz quantidade volumosa de biomassa de casca de cacau que pode ser utilizada para fins energéticos. Trata-se de uma matéria-prima subaproveitada que pode ser convertida em diversas fontes de energia. Com isso, a utilização do subproduto do cacau pode servir como incremento da renda ao cacauicultor, reduzir os custos da atividade e estabelecer relações mais favoráveis com o meio ambiente ao diminuir a demanda por outros recursos energéticos ou a própria conversão do uso da terra.

3 A biomassa de casca de cacau fresca como resíduo agrícola da lavoura cacaueira aproveitável para fins energéticos

De acordo com dados da IEA (2021), o uso tradicional da biomassa correspondeu, em 2020, a 4% do fornecimento mundial de energia, parcela ainda significativa de tal fonte. Nesse contexto, a biomassa de casca de cacau pode substituir parte do uso tradicional da biomassa. Segundo Odesola *et al.* (2010), a conversão da biomassa de casca de cacau seca em biocarvão tem eficiência de 79,9%. Assim, o resíduo agrícola da lavoura cacaueira poderia ter produzido 4.817.011 toneladas de biocarvão no período da safra de cacau 2020/2021 no mundo, sendo que no Brasil teriam sido produzidas 258.618 toneladas de biocarvão em 2020.

A utilização para fins energéticos também pode reduzir a demanda por outras fontes de eletricidade. Segundo Pereira (2013), uma plantação de cacau que produza cerca de uma tonelada ao ano pode apresentar potência de 0,76 kW, correspondente ao excedente de energia em um sistema de cogeração de energia para secagem de amêndoas e geração de eletricidade do excedente em unidades descentralizadas.

O cruzamento realizado nas tabelas 2 e 3 possibilitou estimar dados referentes à produção de cacau em amêndoas, biomassa de casca de cacau fresca, biomassa de casca de cacau seca, potência equivalente em sistema de cogeração e potencial de conversão em biocarvão em diversas áreas geográficas.

Tabela 2. Estimativa de produção de cacau em amêndoas, biomassa de casca de cacau fresca, biomassa de casca de cacau seca, potência equivalente em sistema de cogeração e possibilidade de conversão em biocarvão, continentes, safra 2020/2021.

Origem	Cacau em amêndoas (toneladas)	Biomassa de casca de cacau fresca (toneladas)*	Biomassa de casca de cacau seca (toneladas)**	Potência equivalente em sistema de cogeração (kW)***	Possibilidade de conversão em biocarvão (toneladas)****
Américas	875.000	5.250.000	1.050.000	798.000	838.950
África	3.871.000	23.226.000	4.645.200	3.530.352	3.711.515
Ásia e Oceania	278.000	1.668.000	333.600	253.536	266.546

* Utilizada a razão de seis toneladas de casca de cacau fresca para uma tonelada de cacau em amêndoas.

** Utilizada a razão de uma tonelada de casca de cacau seca para cada cinco toneladas de casca de cacau fresca.

*** Utilizada a razão de 0,76kW para cada tonelada de biomassa de casca de cacau seca em *chips* em sistema de cogeração, sendo a razão correspondente ao excedente.

**** Utilizada a razão de 0,799 para cada tonelada de biomassa de casca de cacau seca em *chips*.

Fontes: Coutinho (2018); Odesola *et al.* (2010); Pereira (2013); Silva (2018); Santos e Silva (2015); Correa *et al.* (2016); e Zugaib (2021).

Enquanto os dados da Tabela 2 referem-se a regiões continentais do mundo, os dados da Tabela 3 referem-se ao mundo e ao Brasil. Desse modo, é possível ter uma percepção da realidade global e observar circunstâncias brasileiras.

Tabela 3. Estimativa de produção de cacau em amêndoas, biomassa de casca de cacau fresca, biomassa de casca de cacau seca, potência equivalente em sistema de cogeração e possibilidade de conversão em biocarvão, Brasil, 2020, e mundo, safra 2020/2021.

Origem	Cacau em amêndoas (toneladas)	Biomassa de casca de cacau fresca (toneladas)*	Biomassa de casca de cacau seca (toneladas)**	Potência equivalente em sistema de cogeração (kW)***	Possibilidade de conversão em biocarvão (toneladas)****
Mundo	5.024.000	30.144.000	6.028.800	4.581.888	4.817.011
<i>Brasil****</i>	<i>269.731</i>	<i>1.618.386</i>	<i>323.677</i>	<i>245.994</i>	<i>258.618</i>

* Utilizada a razão de seis toneladas de casca de cacau fresca para uma tonelada de cacau em amêndoas.

** Utilizada a razão de uma tonelada de casca de cacau seca para cada cinco toneladas de casca de cacau fresca.

*** Utilizada a razão de 0,76kW para cada tonelada de biomassa de casca de cacau seca em *chips* em sistema de cogeração, sendo a razão correspondente ao excedente.

**** Utilizada a razão de 0,799 para cada tonelada de biomassa de casca de cacau seca em *chips*.

***** Os dados do Brasil são uma fração já contabilizada nos dados do mundo.

Fontes: Coutinho (2018); IBGE (2021); Odesola *et al.* (2010); Pereira (2013); Silva (2018); Santos e Silva (2015); Correa *et al.* (2016).

Sabe-se que a biomassa de casca de cacau tem caracterização semelhante à de outros resíduos que já são transformados em combustíveis, com poder calorífico semelhante ao do bagaço da cana de açúcar e do eucalipto, variando de 15,89 a 19,04 MJ/kg em valores da literatura, apesar de elevado teor de cinzas que merece atenção nos processos termoquímicos (Coutinho, 2018; Pereira, 2013; Santos, 2016). A biomassa de casca de cacau torna-se, portanto, uma alternativa importante de aproveitamento energético (Santos, 2016), sendo, por exemplo: (i) para Coutinho (2018), promissora a pirólise para a produção de bio-óleo; (ii) para Batista (2014) e Mororó (2012), vantajosa a biodigestão anaeróbia para a produção de biogás, em razão da alta biodegradabilidade orgânica; e (iii) para Pinheiro e Silva (2016) e para Silva (2018), promissora a fermentação para a produção de bioetanol, diante da favorável obtenção de açúcares fermentescíveis.

A biomassa de casca de cacau também tem a versatilidade de servir a outras fontes de produção de energia por meio de processos termoquímicos de combustão direta, gaseificação ou pirólise e processos biológicos de biodigestão ou

hidrólise da lignocelulose (Pereira, 2013; Santos, 2016). Segundo Mororó (2012), uma tonelada de casca de cacau fresca produz cerca de 45 m³ de biogás, com concentração de metano aproximada em 53%, produção equivalente a 20 kg de gás liquefeito de petróleo (Tabela 4). A purificação ou *upgrading* do biogás permite, ainda, a produção do biometano pelo processo de remoção do gás carbônico e de outros gases, elevando a concentração do metano a valores entre 80 e 99% (Ferraz Junior *et al.*, 2022; IEA, 2021).

Tabela 4. Estimativa de produção de cacau em amêndoas, biomassa de casca de cacau fresca, biomassa de casca de cacau seca, biogás e equivalência em gás liquefeito de petróleo, Brasil, 2020, e mundo, safra 2020/2021.

Origem	Cacau em amêndoas (toneladas)	Biomassa de casca de cacau fresca (toneladas)*	Equivalência estimada em biogás (m ³)**	Equivalência estimada em biometano (m ³ ***	Equivalência estimada em gás liquefeito de petróleo (kg)****
Mundo	5.024.000	30.144.000	1.356.480.000	718.934.400	602.880.000
<i>Brasil</i> *****	269.731	1.618.386	72.827.370	38.598.506	32.367.720

* Utilizada a razão de seis toneladas de casca de cacau fresca para uma tonelada de cacau em amêndoas.

** Utilizada a razão de 45 m³ de biogás para cada tonelada de biomassa de casca de cacau fresca.

*** Utilizada a razão de 45 m³ de biogás para cada tonelada de biomassa de casca de cacau fresca.

**** Estimada a remoção de 47% do volume total, correspondente ao que representaria a proporção dos gases diferentes do metano.

***** Os dados do Brasil são uma fração já contabilizada nos dados do mundo.

Fontes: Coutinho (2018); IBGE (2021); Mororó (2012); Odesola *et al.* (2010); Pereira (2013); Silva (2018); Santos e Silva (2015); e Correa *et al.* (2016).

Verifica-se que o aproveitamento energético da biomassa de cacau já pode, por si só, apresentar uma série de benefícios ambientais e econômicos, uma vez que há mais de uma rota tecnológica possível. No entanto, tal aproveitamento ainda pode ser desenvolvido em consonância com as políticas estaduais de preservação da vegetação nativa, como forma de fomento e viabilização da produção a partir de sistemas agroflorestais como a cabruca.

4 Aproveitamento energético dos resíduos agrícolas da produção de cacau como possibilidade para viabilizar as políticas estaduais de preservação da vegetação nativa

A Convenção-Quadro sobre Diversidade Biológica (CDB), firmada durante a conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro, em 1992, e incorporada ao ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998, é reconhecida como a consagração de um novo paradigma holístico, sistêmico ou integral de proteção

da biodiversidade, uma vez que busca salvaguardar a biodiversidade em escala global, compreendendo a interdependência existente entre os processos ecológicos essenciais que regem a vida em todas as suas formas (Sarlet; Fensterseifer, 2022).

Nesse sentido, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 já prevê, em seu art. 225, §4º, a função essencial dos biomas florestais para preservação da biodiversidade (Brasil, 1988):

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. [...]

[...]

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. [...]

Na mesma senda, a Lei Federal n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, prevê, em seu art. 6º, que a proteção e a utilização do bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável e, por objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social (Brasil, 2006).

Já o art. 7º, III, delimita que a proteção a utilização do bioma Mata Atlântica far-se-á dentro de condições que assegurem, entre outros, o fomento de atividades públicas e privadas compatíveis com a manutenção do equilíbrio ecológico (Brasil, 2006).

A região produtora de cacau no sul da Bahia apresenta uma forma típica de lavoura que ensejou a perpetuação de remanescentes da Mata Atlântica, mesmo em áreas antropizadas (Lobão, 2007; Lobão *et al.* 2012), e a conservação de espécies arbóreas nativas no interior das plantações (Sambuichi, 2009a). Trata-se da cabruca, um sistema agroflorestal instalado na submata, responsável pela manutenção de corredores ecológicos e salvaguarda de espécies endêmicas.

O sistema agroflorestal cabruca foi regulamentado e definido pelo Decreto Estadual n. 15.180, de 2 de junho de 2014, sobre gestão das florestas e demais formas de vegetação, dada sua relevância estratégica para conservação do bioma Mata Atlântica no estado da Bahia, cabendo ao poder público o fomento da atividade.

O art. 17, III, da citada legislação define que a conservação das áreas de cultivo tradicional de cacau no agroecossistema cabruca visa, entre outros, o manejo sustentável da agrobiodiversidade presente no sistema cabruca, com o objetivo de

garantir sua sustentabilidade econômica e a melhoria da rentabilidade do produtor rural (Bahia, 2014).

Essencialmente, o sistema cabruca é um sistema agroflorestal (SAC). Entre outras definições possíveis, trata-se de uma forma de cultivo agrícola integrado harmonicamente à presença de árvores. Esse modelo contribui para mitigar os impactos da fragmentação florestal e os efeitos de borda, servindo, inclusive, como corredor ecológico (Sambuichi, 2009b). Por esses motivos, o sistema agroflorestal tem a capacidade de auxiliar na conservação da biodiversidade (Sambuichi, 2009b; Seehusen; Cunha; Oliveira Júnior, 2011).

O Acordo de Paris é considerado um marco no enfrentamento global à crise climática, sendo o uso e a ocupação do solo fatores que influenciam significativamente as emissões totais de gases de efeito estufa e representam a principal fonte de emissão no Brasil. Com base nessa perspectiva, foi instituído, por meio da Portaria n. 22.387, de 25 de fevereiro de 2021, o Programa Harpia de Gestão da Vegetação Nativa no estado da Bahia pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA, 2021).

Entre os objetivos do programa, ressaltam-se os incs. II e IV do art. 1º, que assim dispõem (INEMA, 2021):

- II – propor orientações para a restauração da vegetação nativa no estado;
- IV – propor metas para a redução do desmatamento e para o aumento das áreas em restauração no estado;
- [...].

Encontrar mecanismos que viabilizem o fomento e a manutenção da produção no sistema cabruca agrega benefícios em diversas searas, com amplo respaldo nas legislações nacional e estadual. Em estudo recente sobre a temática da viabilidade econômica de sistemas produtivos com cacau cabruca realizado pelo Centro de Pesquisa da Lavoura Cacaueira (CEPLAC, 2021), foi identificado que a cabruca sem um manejo adequado de sombra não apresenta bons resultados econômicos.

No entanto, o estudo ressalta que

- [...] esse modelo de produção, quando bem manejado, apresenta excelente oportunidade para o setor no que tange a uma produção agrícola ambientalmente diferenciada. Tratar a cabruca com um olhar de oportunidade através de um cunho histórico e ambiental pode transformar o cenário atual de espiral negativa em que esses produtores têm se mantido nos últimos anos em uma espiral positiva (CEPLAC, 2021, p. 38).

Para tanto, além de mecanismos de incentivo diretos e/ou indiretos, tais como o pagamento por serviços ambientais, já previsto no citado decreto estadual sobre gestão das florestas e demais formas de vegetação, e o mercado de carbono (Gama-Rodrigues *et al.*, 2021), o aproveitamento dos resíduos da lavoura cacaueira para geração de energia, especialmente a proveniente da cabruca, mostra-se uma possibilidade em consonância com as políticas para a preservação da mata nativa no estado da Bahia.

Segundo o *Plano Nacional de Energia 2050*, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (Brasil, 2020), as estratégias de descarbonização costumam centrar esforços em objetivos que melhor se adequem ao contexto local, considerando aspectos que agreguem benefícios nas seguintes dimensões: energética (fontes não emissoras e com maior eficiência), ambiental (aproveitamento de recursos e adequação legal), econômicas (alinhamento com as prioridades econômicas traçadas) e tecnológicas (em adequação com o desenvolvimento industrial e tecnológico).

Fomentar sistemas integrados de preservação de biodiversidade e aproveitamento energético com baixos impactos ambientais contribui para o cumprimento dos compromissos internacionais assumidos pelo país, apresenta benefícios para segurança energética e alimentar e traz possibilidades para viabilizar economicamente aos produtores regionais a manutenção da atividade integrada com a floresta.

Conclusão

A biomassa de casca de cacau é um resíduo aproveitável da lavoura cacaueira para fins energéticos. Sua utilização é promissora e está alinhada às metas de descarbonização associadas à responsabilidade socioambiental. A adoção de práticas de utilização energética do resíduo agrícola pode ocorrer em diversos países produtores de cacau no mundo. Este estudo também pode servir de estímulo a pesquisas para aproveitamento energético de resíduos agrícolas de outras lavouras à casca de cacau.

A biomassa de casca de cacau pode incrementar a renda por meio da comercialização de energia elétrica, bio-óleo, biogás, biometano, bioetanol, biocarvão, briquetes ou pellets. Somam-se ainda as possibilidades de a biomassa de casca de cacau servir para a alimentação animal e produção de fertilizantes orgânicos (Mororó, 2012; Pereira, 2013; Coutinho, 2018), substrato para a produção de enzimas (Batista, 2014), compostagem e celulose (Mororó, 2012).

Considerando o rendimento médio da produção de cacau em amêndoas no

Brasil (IBGE, 2021), há espaço significativo para aumento da produção a partir do melhoramento genético do cacauzeiro (Ahnert *et al.*, 2018; Mororó, 2012), com o consequente aumento da oferta de resíduos agrícolas aproveitáveis para fins energéticos, sem aumento da área plantada. Assim, o aumento da produção de cacau pode ser acompanhado da maior oferta de recursos energéticos favoráveis ao meio ambiente e à economia de baixo carbono. A produção de alimentos e energia a partir de uma mesma lavoura promove o desenvolvimento sustentável e evita a competição entre a produção de alimentos e energia, além de contribuir para a segurança alimentar e para a segurança energética.

Ademais, a produção de energia a partir de resíduos agrícolas da lavoura cacauzeira em sistemas agroflorestais como a cabruca tem grande potencial para o cumprimento das políticas estaduais de preservação da vegetação nativa, além de atender aos compromissos assumidos pelo país no que diz respeito à redução das emissões de gases de efeito estufa.

Referências

- A IMPORTAÇÃO complementar de cacau, é preciso para manter a produção. *ABAG*, 10 fev. 2017. Disponível em: <https://abag.com.br/a-importacao-complementar-de-cacau-e-preciso-para-manter-a-producao/>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- AHNERT, D. *et al.* Melhoramento genético e produtividade do cacauzeiro no Brasil. In: SOUZA JÚNIOR, J. O. de (org.). *Cacau: cultivo, pesquisa e inovação*. Ilhéus: Editus, 2018. p. 151-182.
- BAHIA. Decreto n. 15.180, de 02 de junho de 2014. Regulamenta a gestão das florestas e das demais formas de vegetação do Estado da Bahia, a conservação da vegetação nativa, o Cadastro Estadual Florestal de Imóveis Rurais – CEFIR, e dispõe acerca do Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado da Bahia e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 3 jun. 2014. Disponível em: <https://www.legislabahia.ba.gov.br/documentos/decreto-no-15180-de-02-de-junho-de-2014>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- BATISTA, R. R. *Rotas de aproveitamento tecnológico de resíduo orgânico agrícola: casca de coco, casca de cacau e casca de café – destinadas à geração de energia*. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/bitstreams/0dd03860-81bf-4368-91b3-203300b59035/download>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 125, n. 192, p. 1-2, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 29 jan. 2025.
- BRASIL. Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 17 mar. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRASIL. Lei n. 9.478, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 150, p. 16925, 7 ago. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm. Acesso em: 16 abr. 2025.

BRASIL. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 26 dez. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em: 16 abr. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. *Nota Técnica DEA 17/14*. Economicidade e competitividade do aproveitamento energético de resíduos rurais. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014. (Série Recursos Energéticos). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2017%20-%20Economicidade%20e%20Competitividade%20do%20Aproveitamento%20Energ%C3%A9tica%20de%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

BRASIL passa por forte redução na produção de cacau. *Canal Rural*, 8 fev. 2017. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/brasil-passa-por-forte-reducao-producao-cacau-65977/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Nacional de Energia 2050*. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. *Nota técnica*. Ocorrência de período seco prolongado na Região Cacaueira da Bahia e seus efeitos sobre a economia, os recursos hídricos e a sociedade. Brasília: CEPLAC/MAPA, 2016. Disponível em: https://assemac.org.br/noticias/item/download/602_7b0b6b44e37938c537a3f2e44a47ad30. Acesso em: 16 abr. 2025.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. *Viabilidade econômica de sistemas produtivos com cacau*: Cabruca, Pleno Sol e Sistemas Agroflorestais nos estados da Bahia e do Pará. CocoaAction Brasil (WCF), Instituto Arapyaú e WRI Brasil (org.). Brasília: CEPLAC, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/viabilidade-economica-de-sistemas-produtivos-com-cacau-cabruca-pleno-sol-e-sistemas-agroflorestais-nos-estados-da-bahia-e-do-para.pdf/view>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CORREA, G. C. *et al.* Caracterização e combustão da casca do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 21, 2016, Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza: COBEQ, 2016. Disponível em: https://proceedings.science/proceedings/44/_papers/41283/download/full-text_file3. Acesso em: 15 abr. 2025.

COUTINHO, B. A. *Aspectos fundamentais da pirólise da casca de cacau*: análise da cinética do processo e dos efeitos de condições operacionais sobre os produtos. 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018. Disponível em: <https://dspace4.ufes.br/bitstreams/b62b9acd-a20d-4209-bce3-e9aa60e521aa/download>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FERRAZ JUNIOR, A. D. N. *et al.* Advancing Anaerobic Digestion of Sugarcane Vinnasse: Current Development, Struggles and Future Trends on Production and End-Uses of Biogas in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 157, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112045>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GAMA-RODRIGUES, A. C. *et al.* Cacao-based agroforestry systems in the Atlantic Forest and Amazon Biomes: An ecoregional analysis of land use. *Agricultural Systems*, [S. l.], v. 194, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103270>. Acesso em: 15 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*: Banco de Tabelas Estatísticas, 2021. Produção Agrícola Municipal: Tabela 1613. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 02 dez. 2021.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA. Portaria n. 22.387, de 25 de fevereiro de 2021. Institui o Programa Harpia de Gestão da Vegetação Nativa no Estado da Bahia. *Diário Oficial do Estado*, ano 105, n. 23100, p. 31, Salvador, 26 fev. 2021. Disponível em: https://www.mpb.mp.br/system/files_force/biblioteca/saude/coronavirus-material-tecnico/legislacao/resolucao_cib_no_028.2021_-_aprova_as_recomendacoes_ao_prefeitos_e_secretarios_municipais_de_saude_para_a_vacinacao_contra_a_covid_-_19_em_sua_primeira_fase.pdf?download=0. Acesso em: 16 abr. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2021*. França: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>. Acesso em: 16 abr. 2025.

LINS, L. P. *et al.* O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. *Interações*, Campo Grande, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, out./dez. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3704>. Acesso em: 10 abr. 2025.

LOBÃO, D. É. *Agroecossistema cacaueiro da Bahia: cacau-cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas*. 2007. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/2000cef5-dbe7-403b-ae90-7d1d-07867dac>. Acesso em: 17 abr. 2025.

LOBÃO, D. É. *et al.* Cacau cabruca – sistema agrossilvicultural tropical. In: VALLE, R. R. *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro*. 2. ed. Brasília: CEPLAC, 2012. p. 467-506.

MANTOVANI, W. A degradação dos biomas brasileiros. In: RIBEIRO, W. C. (org.). *Patrimônio ambiental brasileiro*. São Paulo: Edusp; Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003. p. 367-439.

MORORÓ, R. C. Aproveitamento dos derivados, subprodutos e resíduos do cacau. In: VALLE, R. R. *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro*. Brasília: CEPLAC, 2012. p. 371-421.

ODESOLA, I. F. *et al.* Development of local technology for a small-scale biochar production processes from agricultural wastes. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 205-208, 2010.

PEREIRA, I. de O. *Viabilidade da utilização da casca de cacau como combustível no aquecimento de ar para a secagem de amêndoas de cacau*. 2013. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <https://locus.ufv.br/bitstreams/8da180c-1-9627-4f8e-9a61-656dae6dbb0/download>. Acesso em: 15 abr. 2025.

PEREIRA JUNIOR, A. O. Aproveitamento energético de resíduos: um mercado que não se pode descartar. *Ipea Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, [S. l.], n. 24, p. 160-161, jul./dez. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/brua24art14>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PINHEIRO, I. R.; SILVA, R. O. Reaproveitamento dos resíduos sólidos da indústria cacaueira. In: SEMANA DA ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 5, 2016, Vitória, ES. *Anais [...]*. São Paulo: Blucher, 2016. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/284/25548>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, Londres, v. 46, n. 1, set. 2009.

SAMBUICHI, R. H. R. A Mata Atlântica, biodiversidade e conservação. In: SAMBUICHI, R. H. R.; MIELKE, M. S.; PEREIRA, C. E. (org.). *Nossas árvores: conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia*. Ilhéus: Editus, 2009a. p. 15-28.

SAMBUICHI, R. H. R. Uso das árvores nativas em sistemas agroflorestais no sul da Bahia. In: SAMBUICHI, R. H. R.; MIELKE, M. S.; PEREIRA, C. E. (org.). *Nossas árvores: conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia*. Ilhéus: Editus, 2009b. p. 95-110.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* Cabruca agroforests in southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. *Biodiversity and Conservation*, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 1055-1077, abr. 2012. Disponível em: http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/sambuichi2012.pdf. Acesso em: 15 jun. 2016.

SANTOS, M. M. N. *Aproveitamento tecnológico da casca do cacau para a geração de energia*. 2016. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2016. Disponível em: <https://dspace4.ufes.br/items/16b3887a-651a-4ad4-80f2-77702a60a01b>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SANTOS, G. R.; SILVA, A. G. Torrefação da biomassa proveniente de resíduos do cacau (*Theobroma cacao L.*) para produção de biocombustível sólido no estado da Bahia. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS, 1, 2015, Campina Grande. *Anais [...]*. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda., 2015. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/10419>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. *Curso de Direito Ambiental*. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022.

SILVA, R. de O. *Utilização dos resíduos sólidos da indústria cacaujeira para a produção de etanol*. 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/items/1f646761-4b2f-4b7d-b7e9-950e39217393b>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SEEHUSEN, S. E.; CUNHA, A. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. de. Iniciativas de PSA para a Proteção da Biodiversidade na Mata Atlântica. In: GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. (org.). *Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. p. 183-223.

STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, Washington, v. 347, n. 6223, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1259855>. Acesso em: 15 abr. 2025.

VIEIRA, C. Seca no sul e sudoeste da BA causa impacto na agricultura e na pecuária. *Globo Rural*, 1º ago. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2016/07/seca-no-sul-e-sudoeste-da-ba-causa-impacto-na-agricultura-e-na-pecuaria.html>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ZUGAIB, A. C. C. *O mercado nacional e internacional de cacau em amêndoas e derivados*. Boletim Técnico n. 222. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 2021. 72 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/boletins-tecnicos-bahia/BOLETIMTC.N2222021.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SOBRE OS AUTORES

Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Livre-Docente, Pós-Doutora, Doutora e Mestra em Energia pelo Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (PPGE/USP), São Paulo/SP, Brasil. Doutora e Mestra em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo/SP, Brasil. Mestra em Direito de Energia e de Recursos Naturais pela University of Oklahoma (OU), Norman, Estados Unidos. Especialista em Processo Civil pela Universidade Candido Mendes (UCM), Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Graduada em Direito pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, Brasil. Advogada.

Geraldo Lavigne de Lemos

Doutorando em Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP), São Paulo/SP, Brasil. Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus/BA, Brasil. Especialista em Gestão Pública pela UESC. Especialista em Direito Notarial e Registral pela Universidade Anhanguera (UNIDERP), Campo Grande/MS, Brasil. Graduado em Direito pela UESC. Advogado.

Andrieza de Aquino Eslabão

Doutoranda em Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP), São Paulo/SP, Brasil. Mestra em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis/SC, Brasil. Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR, Brasil. Especialista em Direito Processual Civil pela Faculdade CESUSC, Florianópolis/SC, Brasil. Bacharel em Direito pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas/RS, Brasil. Advogada.

Participação dos autores

Todos os autores participaram ativamente das discussões dos resultados e da revisão e aprovação final do trabalho, incluindo as etapas de conceitualização, curadoria de dados, análise formal, pesquisa, metodologia, supervisão, validação, redação – rascunho original, redação –, revisão e edição.

Como citar este artigo (ABNT):

COSTA, H. K. M.; LEMOS, G. L. L.; ESLABÃO, A. A. Possibilidades de aproveitamento energético do resíduo agrícola da lavoura cacaueira. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 22, e222778, 2025. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/2778>. Acesso em: dia mês. ano.