Descarbonização da matriz energética da Amazônia: análise de barreiras e oportunidades para biogás e *biodiesel*

Decarburization of Amazon's energy systems: analysis of barriers and opportunities for biogas and biodiesel

Ricardo Cunha da Costa
Rodrigo Matos Huet de Bacellar*

* Engenheiros do BNDES. Este artigo é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES.

Engineers at the BNDES. This article is the sole responsibility of the authors, and does not necessarily reflect the opinion of the BNDES.

Resumo

Este artigo analisa o potencial de produção de *biodiesel* de palma e de biogás, elencando as especificidades de cada alternativa na região amazônica. Identificam-se projetos em curso e apresentam-se tanto vantagens e oportunidades para novos entrantes como barreiras e entraves que dificultam a expansão do mercado. Também são sugeridas medidas e ações de promoção à difusão de novas tecnologias, bem como de mitigação de riscos de entrada em mercado não maduro. Com base nesse contexto, são propostas ações visando a valorização da bioeconomia local por meio da produção de biocombustíveis.

Palavras-chave: Amazônia. *Biodiesel*. Óleo de palma. Dendê. Biogás. Biometano. Bioeconomia. Biocombustível. Transição energética.

Abstract

This paper analyzes the potential for biodiesel production from palm oil and biogas, considering their specificities in the Amazon region. It describes ongoing projects and presents the advantages and opportunities for new holders, as well barriers and obstacles that hinder its further development. The article also proposes measures and actions to promote the dissemination of new technologies, as well as suggestions to mitigate the risks of entering an infant market. Finally, it points out actions aimed at promoting biofuel production to boost the bioeconomy in the Amazon.

Keywords: Amazon. Biodiesel. Palm oil. Biogas. Biomethane. Bioeconomy. Biofuel. Energy transition.

Introdução

Embora a Amazônia tenha a maior floresta tropical do planeta e detenha cerca de 50% da biodiversidade mundial, além de volumosos recursos hídricos e biomassa em abundância, a região não utiliza seus próprios recursos naturais renováveis para atender as necessidades energéticas de grande parte dos seus dispersos municípios.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 96% da energia elétrica dos sistemas isolados é gerada a partir de derivados de petróleo (EPE, 2021). Os chamados sistemas isolados atendem regiões de baixíssima densidade demográfica. A conexão ao Sistema Integrado Nacional (SIN) requer extensas linhas de transmissão, que, em geral, têm de atravessar áreas sensíveis. Portanto, os custos para interligação tornam-se impeditivos na maioria dos casos. São cerca de 270 localidades, onde residem 760 mil consumidores atendidos pelos sistemas isolados. Esses locais são desde pequenas comunidades até cidades maiores, como Boa Vista (RR), única capital brasileira ainda não interligada ao SIN.

Ademais, estima-se que exista um contingente similar de pessoas ainda sem acesso a energia elétrica vivendo em regiões remotas da Amazônia. São povos ribeirinhos, além de pessoas que vivem em assentamentos rurais, unidades de conservação e terras indígenas.

As perguntas que surgem de imediato são: por que uma região com abundância de recursos naturais produz ou importa óleo combustível e *diesel*, de baixíssima qualidade e com alto teor de enxofre, para geração de energia elétrica e mobilidade? Por que o *biodiesel* adicionado obrigatoriamente ao *diesel* é proveniente do óleo de soja do Tocantins e não do óleo de palma local? Como esses combustíveis se

viabilizam sendo transportados de centros longínquos até a Amazônia? Por que uma parte dos volumosos resíduos não é utilizada para gerar energia?

A transição energética, a descarbonização da matriz energética da Amazônia Legal, a recuperação de áreas degradadas[1] e a valorização da bioeconomia local são temas centrais hoje em dia. Entretanto, o arcabouço legal, regulatório e institucional tem favorecido fontes de energia tradicionais e poluentes na região.[2]

Nesse contexto, este artigo tem o objetivo de indicar caminhos para enfrentar o desafio da descarbonização da matriz energética da Amazônia Legal no que tange aos combustíveis líquidos e gasosos. O enfoque não é apenas atender uma demanda reprimida de energia, mas também suprir outras carências, como a recuperação de áreas degradadas e o aproveitamento de resíduos causadores de impactos ambientais e de danos à saúde.

O artigo está dividido em duas seções: uma para tratar de questões relacionadas à produção de *biodiesel* e outra para abordar a temática do biogás, notadamente aquele produzido a partir de resíduos

1 Este ponto é particularmente importante para a Amazônia, visto que a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa é o desmatamento. Produzir energia renovável em áreas desmatadas contribui duplamente para reduzir emissões. Para mais detalhes, ver R. Costa (2004).

2 Dadas as características da região amazônica, de elevadas distâncias, insuficiência de infraestrutura, logística complexa, inacessibilidade em alguns meses do ano etc., procurou-se focar alternativas energéticas locais. É preciso destacar que, em certas localidades, o custo de energia é muitas vezes maior do que o preço pago nos grandes centros. Opções locais mais competitivas não deslancham por uma série de fatores que não o custo de produção. Neste artigo, a preocupação é identificar essas barreiras, ainda não superadas, que dificultam o desenvolvimento do mercado.

sólidos urbanos (RSU), por apresentar maior potencial de curto e médio prazos para entrada em operação na região.[3]

Em cada seção deste artigo faz-se uma introdução sobre os processos de produção dos diferentes biocombustíveis. Em seguida, realiza-se um diagnóstico da situação atual, bem como estima-se o potencial de produção de *biodiesel* e biogás. Após essa visão geral, apresentam-se os principais projetos em curso na região, seguidos de tópicos sobre oportunidades/vantagens e barreiras/dificuldades identificadas. Além disso, são descritas medidas e ações mais abrangentes para a difusão das tecnologias apresentadas e, por fim, propõem-se ajustes mais específicos nas políticas públicas e regulações afins para promoção de biocombustíveis na região.

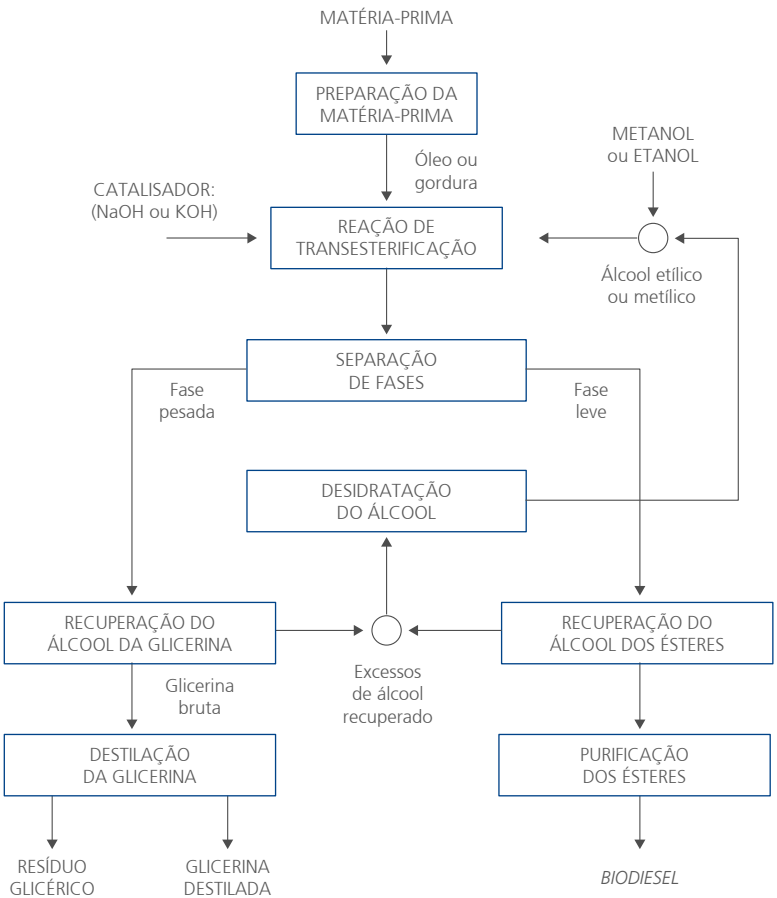
Biodiesel

O *biodiesel* é um combustível obtido pelo processo de transesterificação. Adicionam-se, em um reator, catalisadores básicos homogêneos (NaOH ou KOH), metanol[4] e óleo vegetal ou gordura animal para se obter, basicamente, dois produtos: (i) *biodiesel* e (ii) glicerina. A Figura 1 apresenta as etapas do ciclo de produção do *biodiesel*.

3 No caso do *biodiesel*, considera-se que o marco institucional, legal e regulatório está bem estabelecido, pois o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) data de 2005. Muitos avanços foram alcançados e lições, aprendidas. Já para RSU, parte-se do pressuposto que o novo marco do saneamento pode criar oportunidades de novos negócios para o setor de energia. Portanto, os mercados estão em fases distintas de estruturação.

4 Usualmente, utiliza-se o metanol, embora o etanol também possa ser usado.

Figura 1 • Etapas do processo de transesterificação



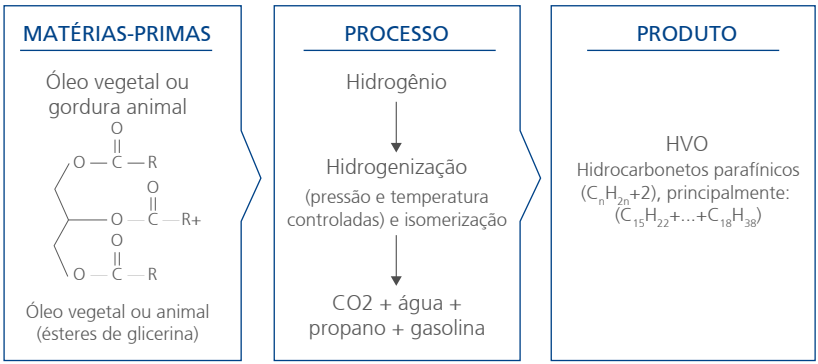
Fonte: Encarnação (2008).

Outro biocombustível obtido a partir do óleo vegetal é denominado pela sigla em inglês HVO (*Hydrotreated Vegetal Oil*).[5] Nesse caso, o produto final não é um éster, mas sim uma normal-parafina, ou

5 O HVO pode ser obtido por meio de processo de hidrogenação (adição de hidrogênio) ou hidrocraqueamento (quebra de grandes moléculas) de óleo vegetal.

seja, um combustível cuja fórmula química é idêntica à do *diesel*. A diferença básica entre os processos está no fato de a transesterificação usar um álcool na reação química, ao passo que a hidrogenação usa o hidrogênio como catalisador, removendo, assim, todo o oxigênio do combustível. Dessa forma, não há chances de oxidação do combustível e, portanto, não há risco de contaminação e deterioração de suas propriedades físico-químicas. Ao contrário do *biodiesel*, que precisa ser monitorado constantemente para se certificar de que esteja em boas condições de uso, o HVO pode ser armazenado por longo período em tanques. Logo, o processo de hidrogenação torna-se mais estável, além de ser mais flexível em termos de variedades de matérias-primas que podem ser utilizadas na produção do combustível. A Figura 2 apresenta os principais componentes do processo de produção do HVO.

Figura 2 • Processo de hidrogenação de óleo vegetal



Fonte: NTUrbano (2019).

O óleo vegetal também pode ser empregado em refinarias, nas suas unidades de hidrotratamento (HDT). Essas unidades têm o objetivo, *a priori*, de reduzir impurezas indesejáveis contidas no *diesel*, como enxofre e nitrogênio. Quando se adicionam de 10% a 20% de

óleo vegetal à carga das unidades HDT,[6] obtém-se um *diesel* de melhor qualidade, com maior número de cetanas do que o *diesel* totalmente fóssil e, portanto, um combustível de melhor combustão. Ou seja, um produto mais eficiente e menos poluente.[7]

A Petrobras, por exemplo, utiliza óleo vegetal em unidades de hidrotratamento em refinarias para produção do H-Bio. O produto foi lançado pela empresa em 2006 e é obtido por meio de um processo de produção de óleo *diesel* a partir da hidrogenação da mistura de correntes de petróleo e óleo vegetal. A tecnologia se mostra atrativa para a empresa, uma vez que há excesso de produção de hidrogênio nas refinarias e capacidade ociosa nas unidades de hidrotratamento.

O H-Bio ficou em *stand-by* por um longo período, enquanto o programa de *biodiesel* do Governo Federal avançava. Contudo, recentemente, ele foi incluído no programa RefTOP – Refino de Classe Mundial da Petrobras. O programa prevê a modernização e instalação de unidades de hidrotratamento em cinco refinarias no eixo Rio-São Paulo. Além da melhoria da qualidade do combustível, o RefTOP busca aumentar a eficiência e melhorar o desempenho operacional das unidades, por meio de tecnologias digitais avançadas, automação e robotização. A Petrobras planeja investir US$ 300 milhões até 2026 no âmbito do RefTOP (PETROBRAS, [2021]).

6 O HDT consiste, fundamentalmente, em uma reação catalítica, a altas pressões e temperaturas, entre hidrogênio, óleo vegetal e frações de *diesel*. O hidrogênio retira o enxofre, o nitrogênio e o oxigênio da corrente de *diesel* e transforma os aromáticos em naftênicos (moléculas cíclicas não aromáticas). Vide Encarnação (2008).

7 Menor risco de formação de chuva ácida, com redução do teor de enxofre no *diesel* e menores emissões líquidas de gases de efeito estufa, dado que parte da carga é renovável.

Diagnóstico do *biodiesel* a partir do óleo de palma

O objetivo aqui não é fazer um diagnóstico exaustivo, mas sim listar alguns pontos relevantes identificados na bibliografia consultada e em conversas com especialistas.[8] Os principais aspectos socioeconômicos e as características técnicas do óleo de palma identificados foram:

i. A produção nacional de óleo de palma na safra 2021/2022 (550 mil t/ano) foi inferior ao consumo doméstico (915 mil t/ano) (SILVA, 2022).

ii. A produto é consumido principalmente com fins alimentícios.[9] Um desequilíbrio do mercado pode afetar o preço de alimentos (VILARINO, 2022).

iii. O maior produtor de óleo de palma é o estado do Pará, detendo 90% da produção nacional.

iv. Devido à escala de produção, o custo de produção de óleo de palma na Malásia é muito inferior ao custo no Brasil.

v. A região Norte é abastecida, em sua quase totalidade, por *biodiesel* de óleo de soja produzido no Tocantins.

vi. Os preços de óleos vegetais estão aquecidos no mercado internacional desde 2020, o que levou o preço do *biodiesel* ao patamar de quase o dobro do preço do *diesel*.

8 Entrevistas com associações de classe, empresas produtoras de *biodiesel* e acadêmicos foram realizadas no âmbito do Grupo de Trabalho Amazônia do BNDES ao longo de 2021.

9 Em 2020, das 776 mil toneladas de óleo de palma consumidas no Brasil, 403 mil toneladas foram destinadas ao setor de alimentos (PREÇO..., 2021).

vii. O percentual de *biodiesel* misturado ao diesel foi reduzido temporariamente em 2020, 2021 e 2022 de 14% (previsão para 2022) para 10% devido à alta de preços do *biodiesel*.

viii. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), por meio da Resolução 14, de 9 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020c), estabeleceu novas diretrizes para a comercialização de *biodiesel* em todo o território nacional. O documento delega à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a regulação do novo modelo de comercialização, em substituição aos leilões públicos. A nova sistemática entrou em vigor em 1º de janeiro de 2022.

ix. O novo modelo de comercialização prevê fornecimento proveniente de unidades produtoras detentoras do Selo Biocombustível Social, instituído pelo Decreto 10.527, de 22 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020a). A Portaria SAF/Mapa 280, de 27 de maio de 2022, dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão e manutenção do direito de uso do Selo Biocombustível Social (BRASIL, 2022).

x. A palma é uma cultura perfeitamente adaptável à região, sendo uma opção adequada para a recuperação de áreas degradadas (RAMALHO FILHO *et al.*, 2010).

xi. O plantio da palma na Amazônia está restrito a áreas degradadas. O Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia (ZAE) foi regulamentado pelo Decreto Federal 7.172, de 7 de maio de 2010 (BRASIL, 2010a).

xii. O baixo grau de mecanização da cultura do dendê favorece a fixação do homem no campo e a geração de emprego e renda para o pequeno agricultor. Segundo Yokoyama ([2017]), cerca de 20% da produção atual vêm de pequenos e médios agricultores e de agricultura familiar.

xiii. A palma apresenta rendimento de 4 a 5 t de óleo/ha, ao passo que a produtividade do óleo de soja é de cerca de 10% desse valor.[10] Porém, o óleo de soja é um subproduto da produção de farelo.

xiv. O fato de a cultura de palma ser perene garante um bom nível de emprego e renda durante praticamente todos os meses do ano.

xv. O óleo de palma compete com um subproduto da soja. Existe demanda por farelo no mercado doméstico, porém há excesso de óleo vegetal. Sua exportação não é uma alternativa porque nem sempre os produtores conseguem compensar impostos acumulados quando exportam um produto beneficiado. Eles preferem exportar o grão de soja devido aos incentivos da Lei Kandir. O mercado de *biodiesel* é praticamente a única forma de o produtor de óleo de soja destinar a produção excedente à demanda para alimentação.

10 Há uma série de oleaginosas que poderiam produzir biocombustível na Amazônia, como o babaçu ou o capim elefante. Porém, a palma já tem ZAE elaborada (RAMALHO FILHO *et al.*, 2010), pode ser utilizada para recuperação de áreas degradadas e foi contemplada com apoio do PNPB.

Potencial de produção agrícola

Há cerca de 50 milhões de hectares desmatados na região amazônica. Destes, 7,1 milhões foram classificados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como classe preferencial, ou seja, áreas apropriadas para plantio sustentável de palma, em termos de clima, umidade e solo, sem necessidade de quantidades relevantes de insumos agrícolas (RAMALHO FILHO *et al.*, 2010). Adicionando as áreas denominadas classe regular, onde há limitações moderadas como ausência de chuvas por até três meses consecutivos e maiores demandas de insumos, pode-se chegar a 22,6 milhões de hectares aptos ao plantio da palma nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Roraima. A Tabela 1 resume essas informações.

Tabela 1 • Áreas disponíveis para plantio da palma na Amazônia Legal

	Preferencial		Regular		Marginal	
	ha	%	ha	%	ha	%
AC	416.037	2,53	1.087.772	6,63	913	0,01
AM	1.461.375	0,94	889.466	0,57	8.337	0,01
AP	20.334	1,14	137.844	0,97	11.205	0,08
PA	2.327.674	1,87	10.448.374	8,37	345.718	0,28
RO	2.720.638	11,50	2.755.935	11,60	550.294	2,32
RR	187.409	0,84	218.712	0,98	207.898	0,93
Total	**7.133.467**		**15.538.103**		**1.124.365**	

Fonte: Ramalho Filho e outros (2010).

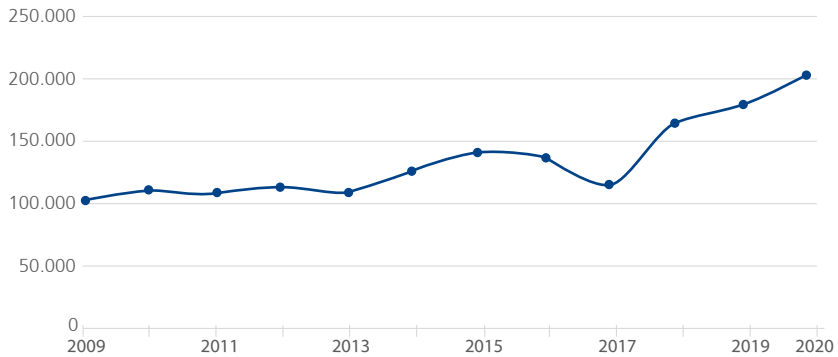
Apesar do enorme potencial, a área destinada à colheita da palma foi de apenas 202 mil ha (dados de 2020),[11] ou seja, 2,8% da área degradada definida como classe preferencial. O estado do Pará, por

11 Ver IBGE ([2021?b]). A quantidade de cacho de coco produzida em 2019 foi de 2.583.293 t.

exemplo, é o maior produtor nacional e tem a maior área de zoneamento da palma (13.121.176 hectares), embora ela represente apenas 10,5% de seu território (Tabela 1).

Como se observa no Gráfico 1, a área colhida de palma cresceu ao longo da última década, mas a produção não tem sido destinada ao segmento de combustíveis. Apesar de produtores de palma já terem produzido *biodiesel* no passado, atualmente quase toda a produção vem de Porto Real, Tocantins, a 50 km de Palmas, produzida a partir da soja.[12]

Gráfico 1 • Área colhida de palma no Brasil

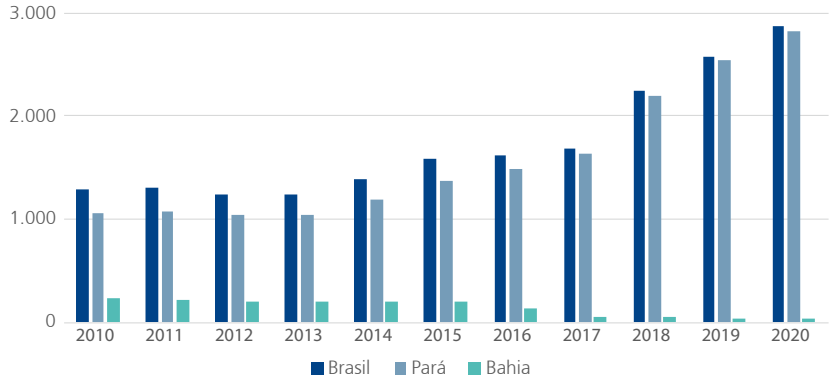


Fonte: IBGE ([2021?a]).

No passado, o estado da Bahia era o grande produtor de palma no Brasil. Todavia, ao longo das últimas décadas, o estado do Pará tornou-se o maior produtor. Outros estados da Amazônia ainda não conseguiram estabilizar suas produções e, consequentemente, apresentam participação de mercado muito tímida. O Gráfico 2 apresenta as produções brasileiras de cachos de dendê e dos estados do Pará e da Bahia.

12 Em 2020, a Granol Porto Real, em Tocantins, forneceu 142 mil m^3 de *biodiesel*; e a Amazonbio, em Rondônia, outros 6,8 mil m^3.

Gráfico 2 • Quantidade produzida de cachos de dendê (10^3 t)



Fonte: Elaborado a partir de IBGE ([2021?c])

Com base no levantamento de Ramalho Filho e outros (2010) e na produtividade de 4 t de óleo/ha, estima-se um potencial de produção anual de 28 milhões de t de óleo produzidos em áreas de classe preferencial. Quando se incluem as áreas classificadas como classe regular, o potencial de produção chega a 91 milhões de t de óleo/ano.

A título de ilustração, o consumo de *diesel* no Brasil foi de 53,3 milhões de t em 2021.[13] Portanto, se fosse factível e viável utilizar *biodiesel* de palma puro (B100) em todos os veículos a *diesel* circulando em território brasileiro, seriam necessários cerca de 60% das áreas degradadas classificadas como preferencial e regular para plantio de palma na Amazônia.

Quando se analisa o consumo regional, verifica-se que as distribuidoras venderam 6.686 mil m^3 de *diesel* em 2021 na região Norte.[14] Para substituir todo esse volume de *diesel* por B100 de palma, seriam

13 O balanço energético nacional apresenta consumo total de diesel de 63.499×10^3 m^3 em 2021. A densidade é de 0,84 t/m^3 (EPE, 2022).

14 Ver ANP (2022).

necessários cerca de 23% das áreas classificadas como preferencial ou 7% das áreas preferencial e regular para produção de palma. Esse seria o caso de não se consumir mais *diesel* de origem fóssil na região Norte.

E se pensássemos em substituir completamente o *biodiesel* de soja por *biodiesel* de palma? Note-se que o percentual autorizado em 2022 deveria ser de mistura com 14% de *biodiesel* (B14). Contudo, por questões de elevação de preços, o CNPE autorizou redução do percentual para 10% de *biodiesel*. Isso significa que se hoje o *biodiesel* (B10) consumido na região Norte fosse produzido a partir do óleo de palma, seriam necessários apenas 2,3% das áreas degradadas classificadas como preferencial.

Projetos em desenvolvimento e plantas em construção

Embora os produtores de óleo de palma tenham se desinteressado por fornecer seu produto ao mercado de combustível nos últimos anos,[15] focando segmentos de maior rentabilidade, como os setores de alimentos e cosméticos, nota-se um movimento de reabilitação de plantas e construção de novas unidades nos estados do Pará, Roraima e Amazonas.

A Vale do Rio Doce, por exemplo, vendeu em 2020 a Biopalma para a proprietária anterior da fábrica, a Brasil Biofuels (BBF). Além disso, a BBF arrematou dois lotes do leilão dos sistemas isolados, em 2021, totalizando 33 MW de capacidade de geração de energia elétrica a partir do óleo de palma. A BBF possui três esmagadoras de palma, uma unidade de produção de *biodiesel* e 18 usinas termelétricas (UTE). Há uma UTE em construção, além de outras quatro UTEs e duas plantas

15 A Agropalma, maior produtora nacional de óleo de palma, não produz *biodiesel* desde 2010 (MALISZEWSKI, 2021).

de transesterificação em fase de projeto. A área de atuação da BBF engloba os estados do Pará, Rondônia, Acre, Amazonas e Roraima.

Outra empresa interessada na região Norte é a Oleoplan, que está investindo R$ 148 milhões em uma usina de *biodiesel* no Pará (AGÊNCIA PARÁ, 2021). A Oleoplan é uma instituição gaúcha, tradicional no processamento de soja e produção de *biodiesel*. Ela está diversificando seu leque de atuação e implantando seu primeiro empreendimento no Pará: uma usina de *biodiesel* de 300 mil m³/dia no município de Tomé-Açu (PA), na região nordeste do estado.

Além dessa unidade, a Oleoplan estuda a possibilidade de instalar uma segunda planta, em Marabá, na região sudeste do Pará. No município, o governo do estado criou um distrito industrial administrado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico, cujo objetivo é atrair novos negócios para agregar valor à produção local.

A Oleoplan também tem interesse em produzir *biodiesel* em Rondônia, uma vez que a empresa já está autorizada pela ANP a operar (AGÊNCIA PARÁ, 2022). Atualmente, há na agência 11 pedidos de autorização de construção e sete de ampliação, dos quais três são da região Norte,[16] conforme pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2 • Unidades com solicitação de autorização na região Norte

Razão social	CNPJ	Cidade	Capacidade (m³/dia)
Amazonbiodiesel	26.192.759/0001-07	Manaus (AM)	300
Agropalma	83.663.484/0001-86	Belém (PA)	100
Amazonbio	08.794.451/0001-50	Ji-Paraná (RO)	200

Fonte: ANP (2022).

16 São plantas de médio porte. Plantas de *biodiesel* de soja podem apresentar porte de mais de 1.000 m³/dia.

Oportunidades e vantagens para desenvolvimento de projetos

Neste tópico, é feita uma lista de pontos identificados como oportunidades para desenvolvimento de projetos a *biodiesel* a partir de óleo de palma na Amazônia.

i. No caso de geração elétrica, motores estacionários de grande porte, por funcionarem a rotações praticamente constantes, suportam melhor o uso direto de óleo vegetal bruto ou *biodiesel* puro (B100), em comparação aos motores não estacionários dos transportes. Assim, o volume deslocado de óleo *diesel* na geração elétrica seria maior com B100 do que nos transportes que usam mistura com *diesel*. Usando o óleo bruto, evita-se ainda o custo da transesterificação.

ii. Frotas cativas podem adotar percentuais de mistura superiores aos praticados no mercado não cativo, atualmente em 10%.

iii. A nova sistemática de comercialização, implantada em 2022, com negociações entre produtores locais e distribuidoras de combustíveis, pode favorecer o produtor mais próximo dos locais onde se realiza a mistura dos combustíveis, seja em refinarias ou em bases das distribuidoras.

iv. O óleo de palmiste, obtido da amêndoa da palma, representando cerca de 10% do óleo do fruto, poderia ter destino mais nobre (*feedstock*) do que o óleo da polpa (90%) se fosse utilizado como insumo para a indústria

química, atualmente grande importadora de PKO.[17] Isso melhoraria o fluxo de caixa do projeto.

v. O óleo de palma se mostra muito apropriado para processos de hidrotratamento, pois é mais saturado do que os demais óleos vegetais, atrás apenas da gordura animal.

vi. Há empresas interessadas na produção de HVO na região Norte. O combustível parece adequado porque o *diesel* fóssil consumido na região tem alto teor de enxofre (S-500).

vii. Possibilidade de ganha-ganha com a recuperação de áreas degradadas, pois o zoneamento agroecológico da palma restringe a produção na Amazônia a áreas que já tiveram intervenção antrópica. Configura-se, portanto, uma oportunidade para novo ciclo econômico em áreas arrasadas.[18]

viii. Plantações de palma em áreas reabilitadas podem sequestrar cerca de 13 tC/ha/ano, considerando-se o total de carbono estocado em raízes, folhas, frutos, flores, galhos e troncos.[19]

17 Do inglês *palm kernel oil*, sigla empregada pela indústria para denominar óleo de palmiste.

18 Entretanto, são necessárias medidas eficazes de comando e controle, de forma a evitar que a cultura avance em áreas não apropriadas ou que a atividade seja considerada indesejável na vizinhança.

19 Ver R. Costa e Santos (2008).

Identificação de barreiras e entraves para difusão do *biodiesel* na Amazônia Legal

Há algumas barreiras que dificultam o êxito do *biodiesel* de óleo de palma na Amazônia. A lista dos principais empecilhos é apresentada a seguir:

i. Associação do óleo de palma como vetor de desmatamento na Ásia: há forte opinião pública internacional contrária ao consumo de óleo de palma, visto que a plantação em países asiáticos é uma das grandes causas de desmatamento, de emissões de gases de efeito estufa (plantações em terrenos de turfa) e de extinção de espécies da flora e da fauna.[20] Países industrializados impõem restrições de acesso para o óleo de palma não certificado aos seus mercados. Ademais, a atividade produtiva não é elegível a crédito em muitos bancos multilaterais e comerciais.

ii. Concorrência com o óleo de palma para fins alimentícios: o óleo de palma é o mais consumido no mundo e o mercado está em franco crescimento. Há, portanto, o risco de a demanda para combustível afetar o mercado de óleo de palma para alimentos.

iii. Custo de produção no Brasil: apesar da elevada produtividade, o custo do óleo de palma é superior ao custo do óleo de soja por questões de escala e estrutura produtiva.

20 O óleo de palma é o mais consumido no mundo e Indonésia e Malásia são responsáveis por 85% da produção mundial. O Brasil detém menos de 1% da produção mundial.

Além disso, o custo de produção de óleo de palma na Malásia é quase a metade do custo no Brasil.

iv. Espécie de ciclo longo: cultura leva quatro anos para começar a produção e mais dois anos para se tornar lucrativa. O pico de produção é alcançado em oito anos. A espécie africana mantém produção por 25 anos e a híbrida pode produzir por 35-40 anos. As políticas de apoio à cultura da palma têm de ser de longo prazo.

v. Dificuldade de acesso a crédito para produção agrícola: elevada necessidade de capital de giro para compra de insumos devido ao longo ciclo para se atingir a produção plena da atividade agrícola (seis anos). Fundos de investimentos tradicionais não têm demonstrado interesse no negócio, pois requerem, em geral, no máximo quatro anos para prazo de retorno de seus investimentos.

vi. Problemas fundiários graves: estudos cartográficos são precários na região. Há superposição de áreas privadas, estaduais e federais. Isso gera incertezas quanto à manutenção da atividade produtiva, caso a posse da terra mude de dono. O zoneamento agroecológico (ZAE) da palma, elaborado pela Embrapa, não considerou as áreas quilombolas. A Vale entrou em litígio com quilombolas quando era proprietária da Biopalma. Além disso, com a entrada de grandes empresas no setor, houve valorização da terra no entorno das unidades de produção, o que favoreceu esquemas de grilagem e, consequentemente, pressão sobre atividades tradicionais e condições de vida da população.

vii. Impactos socioambientais: apesar de o ZAE ter contemplado áreas indígenas, muitos locais abandonados, utili-

zados outrora para lazer e caça, com a chegada dos novos proprietários, não puderam mais ser acessados por terceiros. Ademais, o uso intensivo de agrotóxicos,[21] além de causar doenças aos trabalhadores e às populações no entorno, leva pragas para pequenos produtores fronteiriços e espanta animais que servem para caça. Em razão de efeitos adversos sobre a saúde de sua população sofridos nos últimos anos, a comunidade indígena Tembé, nativa da região nordeste do Pará, passou a reivindicar ações de compensação do impacto ambiental causado pela Biopalma. O Ministério Público Federal (MPF) investiga esse conflito desde 2012 (O AUMENTO..., 2018).

viii. Monitoramento de áreas extensas: dificuldade de implementar políticas de comando e controle em estados extensos, com pouca infraestrutura e grandes áreas de difícil acesso para promover ações de fiscalização.

ix. Risco de imagem: empresas de grande porte desistiram de seus projetos no passado, provavelmente por questões de *compliance*, problemas fundiários e complexidade de administração de contratos pulverizados (agricultura familiar). Empresas como Petrobras, Galp, Vale e ADM alienaram suas unidades de produção na Amazônia após alguns percalços enfrentados (ABREU, 2020; COSTA, L., 2020; WALENDORFF; BASILE, 2020)..

x. Necessidade de girar rápido os estoques: *biodiesel* puro absorve umidade, promovendo crescimento de microrganismos. Portanto, ele não pode ficar tanto tempo ar-

21 Ver Campelo (2017).

mazenado como o *diesel*. Fabricantes de motores têm demonstrado certa resistência ao uso do *biodiesel* puro, uma vez que pode causar entupimento de bicos injetores com maior frequência. No entanto, as montadoras aceitam o uso do *biodiesel* quando adicionado ao *diesel* em pequenas proporções.

xi. Cristalização do óleo a baixas temperaturas: óleo de palma se cristaliza em maior grau que os demais óleos vegetais, porém isso não é um problema muito grave na região Norte, devido aos níveis elevados de temperatura.

xii. Precariedade de infraestrutura: a dificuldade para transportar o metanol até a planta de transesterificação, principalmente em épocas de seca, requer estocagem de metanol por longos períodos. Em regiões remotas de difícil acesso talvez o óleo de palma bruto em motores estacionários consiga deslocar mais facilmente o *diesel* do que o *biodiesel*.

xiii. Setor elétrico: a maior parte dos lotes oferecidos no leilão de sistemas isolados de 2021 foi destinada para contratos de curto prazo. Isso se deve ao breve lapso de tempo para concluir a interligação ao sistema de transmissão para atendimento de várias cidades. Portanto, do ponto de vista do planejador do setor elétrico, não era preciso oferecer contratos mais longos no leilão de 2021. Essa é uma visão muito particular do setor, não levando em conta o desenvolvimento sustentável da bioeconomia local, que transcende o suprimento de eletricidade. Quando o planejamento da transmissão é prévio, o setor elétrico acaba privilegiando a geração centralizada em detrimento da geração distribuída. Nos leilões, há exi-

gência, para aqueles geradores que oferecem fonte alternativa ao *diesel*, de instalar grande volume de geração de reserva (*backup*). As multas por eventuais falhas de fornecimento do volume total de energia contratado são desproporcionais, sobretudo para aquelas fontes com custo fixo elevado e custo variável baixo. Diferentemente do sistema interligado, nos sistemas isolados o risco de suprimento e o custo da geração de reserva ficam com o gerador, o que reduz a atratividade do projeto.[22]

Medidas e ações de promoção à difusão do uso da nova tecnologia e de mitigação de riscos de entrada em mercado não maduro

Há um conjunto de ações básicas que devem ser conduzidas para favorecer a difusão de novas tecnologias, tais como: comunicação, divulgação e *marketing*; educação e treinamento; planejamento e organização da cadeia produtiva etc. No caso específico da Amazônia, atividades de monitoramento, comando e controle são essenciais para não colocar em risco áreas sensíveis. Qualquer descuido que implique risco de imagem pode inviabilizar um mercado promissor.

i. Divulgação e *marketing*: divulgação de resultados de projetos de demonstração para que investidores e produtores comprovem funcionamento e eficácia do sistema, com o intuito de desmistificar a ideia de que o *biodiesel* deteriora os motores e entope seus bicos injetores.

22 Para evitar multas elevadas, os empreendedores são levados a investir em maior redundância operacional, aumentando o capex dos projetos.

ii. Educação e treinamento: curso de capacitação de mão de obra para instalação e manutenção dos equipamentos, sem necessidade de recorrer à assistência técnica das grandes cidades, minimizando o risco de paradas por longos períodos.

iii. Organização da cadeia produtiva: a começar pela produção perene de sementes e mudas, pois são necessários dois anos para surgimento do broto. Dever-se-ia diversificar o fornecimento, pois a produção do único fornecedor, a Embrapa, foi interrompida por longo período.

iv. Risco ambiental: a avaliação ambiental do projeto precisa ir muito além do cumprimento de normas, pois, em relação à Amazônia, o risco ambiental pode ser elevado. Impactos ambientais na Amazônia causam graves danos à imagem do projeto e dos investidores. Medidas de comando e controle têm de ser implementadas para evitar o que ocorreu com a produção asiática. As emissões da produção de palma em áreas com derrubada de floresta (escopo 1) podem ser maiores do que as emissões evitadas por deslocamento do *diesel* (escopo 3).[23] Outros pontos de atenção se referem a boas práticas quanto a (i) gerenciamento de resíduos sólidos; (ii) tratamento de efluentes líquidos para evitar emissões de metano; e (iii) racionalização do uso de

23 Definem-se emissões de: (i) escopo 1 como aquelas liberadas para a atmosfera como resultado direto das operações da própria empresa; (ii) escopo 2 como as emissões indiretas, provenientes da energia elétrica adquirida para uso da própria companhia; e (iii) escopo 3 como todas as emissões indiretas, excluindo as de escopo 2, que ocorrem na cadeia de valor da empresa.

fertilizantes.[24] O processo produtivo tem de atender aos padrões mundiais de saúde, meio ambiente e segurança – SMS. No Brasil, os produtores devem cumprir exigências como a norma regulamentadora (NR) 31 (Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura), aprovada pela Portaria 22.677, de 22 de outubro de 2020, do Ministério da Economia (BRASIL, 2020d). Portanto, a mitigação do risco ambiental é de extrema importância para a imagem das empresas integrantes da cadeia produtiva, bem como dos credores e investidores interessados no negócio.

v. Regularização fundiária: produtores precisam de declaração de aptidão rural (DAP), titulação da terra e cadastro ambiental ativo.

vi. Rastreabilidade do produto: devido ao risco de pressão sobre a floresta, o plantio precisa ser rigorosamente monitorado, de forma a permitir a rastreabilidade de todo o ciclo de produção, assegurando o emprego exclusivo de práticas sustentáveis,[25] sem ocorrência de queimadas ou uso de pesticidas já banidos no Brasil.

vii. Acompanhamento e monitoramento do plantio: não existe órgão de acompanhamento da dendeicultura.[26] No

24 Para 1 t de cacho de fruto fresco (CFF), são produzidos, em média, 220 kg de cacho vazio, 120 kg de fibra de prensagem, 50 kg de casca, 20 kg de torta de palmiste, 60 kg de borra e de 650 kg a 1.000 kg de efluentes (NORDESTE RURAL, 2019).

25 Para Conservation International (2019), devem ser feitas três perguntas de partida para avaliar se o plantio de palma é sustentável: (i) onde está sendo realizado o plantio?; (ii) como o plantio está sendo processado?; e (iii) quem está se beneficiando da atividade?

26 Cultivo do dendezeiro para produção de dendê (ou palma).

estado do Pará, a Resolução 107, de 8 de março de 2013, do Conselho Estadual de Meio Ambiente (Coema) atribuiu como isentas de licenciamento ambiental todas as atividades agrossilvopastoris desenvolvidas em até quatro módulos fiscais (PARÁ, 2013). Porém, diversos pesquisadores entendem que as plantações de palma não podem ser consideradas como tendo baixo impacto ambiental, visto que as áreas "hospedam poucas espécies nativas de flora e fauna, exigem agroquímicos substanciais, além de enorme quantidade de água" (REPÓRTER BRASIL, 2015, p. 14).[27]

viii. Produção certificada: é necessário que o produto seja certificado por instituição de reputação internacional. A exigência de credenciamento para Renovabio e de certificação internacional, como o Certificado de Óleo de Palma Sustentável (CSPO),[28] são formas de mitigar riscos. A Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil (Aprobio) está emitindo um selo cujos objetivos são dar maior credibilidade à produção de *biodiesel* e garantir a qualidade na oferta do biocombustível. O selo é atestado pela Control Union.

ix. *Linked loan*: seria conveniente o credor ou investidor requerer contrapartidas em projetos de *biodiesel* – por exemplo,

27 Conforme o relatório, o Ministério Público do Pará tem se dedicado à elaboração de um termo de ajustamento de conduta para o setor, a fim de abordar temas como dispensa de licença ambiental, sobreposição em territórios tradicionais, questões trabalhistas, problemas com agrotóxicos, entre outros.

28 O CSPO é um certificado baseado em oito princípios, 39 critérios e mais de 120 indicadores de sustentabilidade desenvolvidos pela Mesa Redonda do Óleo de Palma Sustentável (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*) – RSPO. Trata-se de um fórum internacional que reúne representantes de toda a cadeia produtiva do óleo de palma, além de ONGs e especialistas. Entre os critérios analisados estão a redução do uso de agrotóxicos, eliminação de queimadas, tratamento justo aos trabalhadores etc.

exigência de percentual mínimo de produção por agricultura familiar[29] e de certificação de projetos. A sistemática de certificação do selo combustível social entrou em funcionamento há anos e poderia ser usada para incentivo financeiro.[30] A produção certificada com o selo deveria ser contemplada com benefícios fiscais, bem como ter preferências nos modelos de comercialização de *biodiesel*.

Propostas para implementação de políticas públicas e ajustes regulatórios em favor de *biodiesel* na Amazônia

Identificam-se, a seguir, ajustes regulatórios e em procedimentos que poderiam impulsionar a bioeconomia local.

i. Realizar leilões de geração elétrica específicos para fontes renováveis nos sistemas isolados, assim como no passado foram realizados leilões para incentivar renováveis[31] no Sistema Interligado Nacional (SIN).

29 Considera-se familiar aquele agricultor que realiza atividades econômicas no meio rural e atende a requisitos básicos, como não ter propriedade rural maior do que quatro módulos fiscais.

30 No período de criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel em 2004, o BNDES ofereceu linhas de financiamento com condições diferenciadas para aqueles que tinham Selo Combustível Social. Para mais detalhes, ver Prates, Pierobon e Costa (2007) e Mendes e Costa (2010).

31 Para incentivar as fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, o Governo Federal lançou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) em 2002 (Lei 10.438, de 26 de abril de 2002), com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira, cujo encargo é pago por todos os agentes do SIN que comercializam energia com o consumidor final ou que recolhem tarifa de uso das redes elétricas relativa a consumidores livres, para cobertura dos custos da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos. Posteriormente, em vez de lançar uma segunda fase do Proinfa, o governo preferiu realizar leilões exclusivos para fontes renováveis, de forma a promover maior competição entre as fontes.

ii. Oferecer contratos com prazos mais longos nos leilões, de no mínimo 15 anos para UTE a *biodiesel*, adequados à obtenção de financiamento na modalidade *project finance*.

iii. Aprofundar estudo de zoneamento agroecológico, de forma a excluir as áreas ocupadas por populações tradicionais, evitando, assim, conflitos de posse de terra.

iv. Estudar distorções tributárias entre as diversas fontes de suprimento, permitindo maior competição entre as fontes de energia.

v. Acompanhar acordos de comercialização bilaterais (fase posterior aos leilões públicos) que estão sendo firmados desde o início de 2022, com o intuito de verificar se o óleo de palma consegue ingressar no segmento de produção de *biodiesel* na Amazônia por essa nova modalidade de negociação.

vi. Ajustar linhas de financiamento

   a. O aumento do prazo de carência e valor máximo do crédito pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) foi atendido em 2021 por demanda do setor.[32] É necessário verificar se a alteração atende às expectativas.

   b. O Fundo Socioambiental do BNDES poderia ser empregado, preferencialmente complementado com outras fontes (*crowdfunding*), para apoiar a capacitação da agricultura familiar. Iniciativas comunitárias

32 O prazo de carência foi ajustado para seis anos e o valor máximo de financiamento foi reajustado, recentemente, para R$ 200 mil por ano agrícola para projetos de investimento destinados às culturas do dendê ou da seringueira (BNDES, [200-b]).

para a produção de sementes e mudas em viveiros também deveriam ser incentivadas.

c. Dever-se-ia pensar nos pequenos e médios produtores agrícolas (agricultura não familiar), seja para oferecer-lhes linhas com carência e prazo de amortização adequados à cultura da palma, de ciclo longo,[33] seja para prestar garantias aos seus financiamentos.

d. Projetos de *biodiesel* e HVO na Amazônia deveriam ser priorizados pelo Fundo Clima, em razão tanto da captura de carbono na fase de plantio quanto do deslocamento do *diesel*.

Biogás/biometano

O biogás se origina na decomposição anaeróbia de matéria orgânica, transformação provocada pela ação de bactérias. Durante a digestão anaeróbia, produz-se biogás, um gás composto principalmente de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2).

Na verdade, o teor de cada gás na composição do biogás depende tanto do tipo de material orgânico utilizado como da forma de tratamento anaeróbio empregada. Segundo Moura (2012), os componentes do biogás podem variar nas seguintes faixas (Quadro 1):

33 O Programa para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (Programa ABC do BNDES) apoia implantação, melhoramento e manutenção de florestas de dendezeiro, prioritariamente em áreas produtivas degradadas (ABC Dendê). O valor máximo do financiamento é de R$ 5 milhões por cliente, por ano agrícola, e o prazo total do financiamento é de até 12 anos, incluindo carência de até oito anos. O valor financiado pode chegar a R$ 150 milhões em projetos coletivos (BNDES, [200-a]).

Quadro 1 • Variação dos componentes do biogás

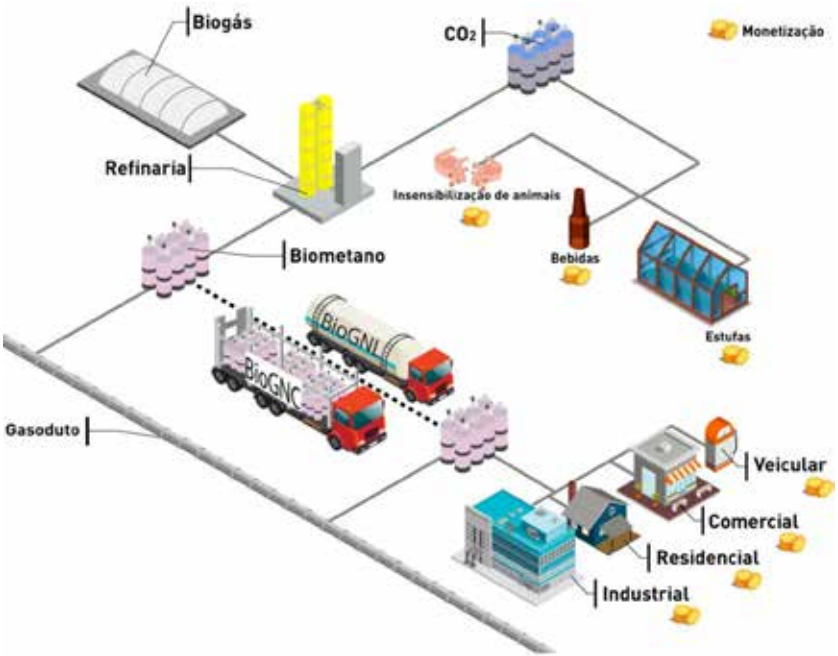
Metano (CH_4)	50%-75% do volume de gás produzido
Dióxido de carbono (CO_2)	25%-40% do volume de gás produzido
Outros gases	
Hidrogênio (H_2)	1,0%-3,0% do volume
Nitrogênio (N_2)	0,5%-2,5% do volume
Oxigênio (O_2)	0,1%-1,0% do volume
Gás sulfídrico (H_2S)	0,1%-0,5% do volume
Amoníaco (NH_3)	0,1%-0,5% do volume
Monóxido de Carbono (CO)	0%-0,1% do volume

Fonte: Moura (2012).

O biogás pode passar por um processo de purificação para melhoria da qualidade do combustível, o que se traduz em aumento de poder calorífico e, portanto, em um combustível de melhor eficiência. Quando o teor de metano atinge 90%, o combustível pode ser classificado como biometano.[34] O leque de aplicações energéticas se amplia para o biometano, mas o controle para seu uso é mais rigoroso. O biometano tem de atender as especificações estabelecidas em resoluções e orientações normativas da ANP, órgão responsável por regulamentar e fiscalizar produção, comercialização, movimentação e uso de biocombustíveis. A Figura 3 apresenta as possibilidades de transporte e destinação do biometano.

34 O CH_4 pode ser usado como energético ou insumo industrial (*feedstock*) e o CO_2 pode ser destinado a atividades de produção de bebidas, insensibilização de animais e plantações de sementes e mudas em estufa.

Figura 3 • Esquema de produção e logística de distribuição de biometano



Fonte: CIBiogás e Instituto Escolhas (2021).

A logística se torna uma questão crucial para o investidor que pretende produzir biometano. A forma mais econômica de transporte é a dutoviária, sobretudo quando a produção de biometano está próxima à rede de distribuição. Apesar de mais competitivo, o modal não está disponível na maior parte das cidades brasileiras. Na Amazônia Legal, por exemplo, o estado do Amazonas é o único com rede de gás canalizado, ainda assim pouco ramificada.

Em locais onde não há rede de gasodutos de distribuição, o transporte pode ser realizado pelas modalidades rodoviária,

ferroviária e marítima/fluvial, na forma de gás comprimido (BioGNC) ou liquefeito (BioGNL). Para trajetos de até 200 km, o transporte de gás comprimido tem se mostrado mais atrativo, enquanto para distâncias entre 200 e 1.000 km e para maiores volumes de carga, o combustível liquefeito se tornou mais rentável. Ademais, vale destacar que o transporte liquefeito em pequena escala tem apresentado custos decrescentes e, portanto, se difundido mundo afora.[35]

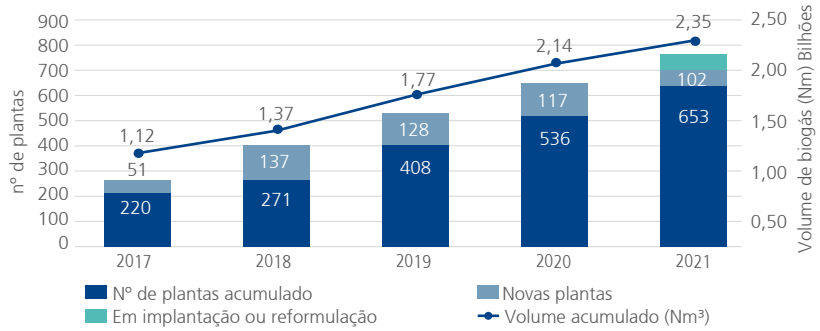
Outra forma de viabilizar o negócio em ambiente com deficiência de infraestrutura é produzir biometano para consumo próprio. Por exemplo, empresas de coleta de lixo ou do agronegócio poderiam gerar energia para ser consumida em suas unidades de produção e na sua frota de veículos e caminhões. Outra possibilidade seria a venda a granel para grandes indústrias, comércios ou transportadoras, principalmente para aqueles consumidores conscientes da necessidade da transição energética, preocupados em reduzir sua pegada de carbono e em mitigar o risco de suprimento.

Diagnóstico do biogás

O mercado de biogás ainda é muito incipiente no Brasil, mas importa notar o forte crescimento do número de plantas instaladas recentemente. Nos últimos cinco anos, a taxa de crescimento anual média foi de 29%. O volume de gás produzido também cresceu de forma expressiva, ao ritmo de 20% ao ano entre 2017 e 2021. O número de plantas instaladas e o volume de produção por ano são apresentados no Gráfico 3.

35 Dadas as longas distâncias na Amazônia, o BioGNL pode se tornar uma alternativa interessante no futuro.

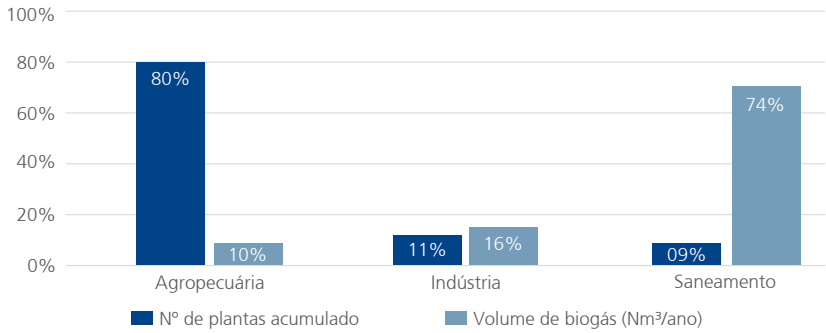
Gráfico 3 • Número de plantas em operação e produção de biogás (Nm³/ano)[36]



Fonte: CIBiogás (2022).

O biogás no Brasil é produzido a partir de substratos gerados pelo setor agropecuário, pela indústria, por resíduos sólidos urbanos (RSU) e pelo esgoto. O Gráfico 4 mostra que o maior número de plantas de biogás está relacionado às atividades agropecuárias (80%), todavia, a maior geração de combustível vem de RSU (74%).

Gráfico 4 • Participação dos fornecedores de substrato em termos de número de plantas e produção de biogás



Fonte: CIBiogás (2022).

36 Utiliza-se a unidade normal metro cúbico (Nm³) pelo fato de o gás variar muito de volume devido à temperatura e à pressão. Apenas em condições climáticas preestabelecidas pode-se realizar comparação entre combustíveis.

Conclui-se que a produção no setor agropecuário ainda é muito pulverizada, em escala de pequeno porte, abaixo de 1 milhão Nm^3/ano, enquanto unidades de RSU têm promovido a instalação de unidades de grande porte, com capacidade acima de 5 milhões Nm^3/ano.

Na geração distribuída de energia elétrica, a criação de animais em confinamento oferece condições favoráveis à produção de biogás como insumo energético. A criação de aves, por exemplo, é intensiva em eletricidade e a criação de porcos gera grande volume de resíduos. Por essa razão, o biogás tem se difundido da região Sul. Porém, há necessidade de pessoal treinado e especializado para acompanhar, sistematicamente, o processo de produção de biogás, que é muito suscetível a condições externas, como temperatura, qualidade e quantidade de matéria-prima disponível no biodigestor.[37]

Embora as unidades na agropecuária sejam, em sua maioria, de pequeno porte, há uma tendência de alteração desse perfil com a entrada do setor sucroalcooleiro no negócio. Por exemplo, a usina Raízen Geo Biogás, localizada em Guariba (SP), implantou unidade com 21 MW de capacidade instalada para atender contratos firmados com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) no leilão A-5 de 2016. A empresa também se preparou para produzir biometano para sua frota e venda a terceiros. Recentemente, fechou contrato de cinco anos para fornecimento de 20 mil m^3/dia para a Yara Brasil Fertilizantes. O biometano será empregado na produção de hidrogênio e amônia verdes (FIGUEIREDO, 2021).

37 A administração de antibióticos em animais e a aplicação de defensivos agrícolas em plantas são exemplos de procedimentos que, se não monitorados e devidamente tratados, podem eliminar os microrganismos nos biodigestores e comprometer o funcionamento do sistema de geração de biogás.

Outro exemplo é do Grupo Cocal, que iniciou, em junho de 2021, a operação da sua primeira planta dedicada à produção de biometano, localizada no município de Narandiba (SP), com capacidade para produzir 33,5 milhões de Nm^3/ano de biogás a partir da vinhaça e da torta de filtro. Tal volume é suficiente para fornecer até 33,3 mil MWh à rede elétrica e gerar 8,9 milhões Nm^3/ano de biometano.[38]

Os RSU despontam, igualmente, como fonte promissora não só pelo fato de serem recursos renováveis, mas também por contribuírem para a melhoria da qualidade de vida da população e para a redução de focos de pragas e doenças. Além disso, auxiliam na mitigação de impactos ambientais e à saúde da população que podem ser causados quando os RSU são depositados de forma inapropriada.

Segundo a Lei de Resíduos Sólidos, são objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos a

> não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos [...] [e o] incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético (BRASIL, 2010b, p. 4).

Nesse sentido, entende-se que o aproveitamento energético dos resíduos está de acordo com o que é preconizado na legislação.

38 Uma lista de projetos de biogás apoiados pelo BNDES é apresentada em Milanez, Maia e Guimarães (2021).

O tratamento e a destinação dos resíduos sólidos podem ocorrer por meio de digestão anaeróbia, coprocessamento, tecnologias de *waste-to-energy* ou disposição em aterro sanitário. O biogás pode ser obtido tanto diretamente a partir das tecnologias de digestão anaeróbia quanto como um subproduto da destinação em aterros sanitários. Segundo Abrelpe (2019), aterros sanitários são responsáveis pela destinação de 60% dos RSU gerados, sendo o restante destinado inadequadamente (em lixões ou aterros controlados).[39]

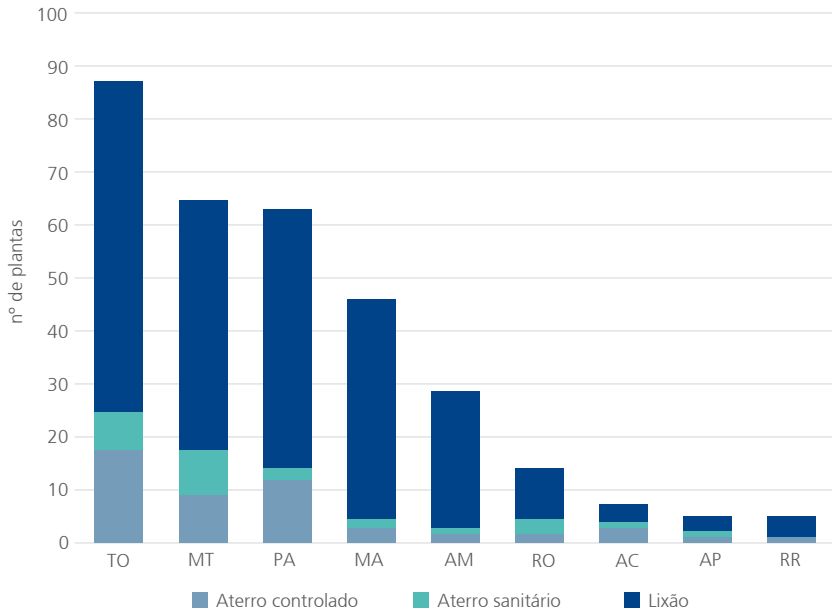
À exceção de geração de energia em aterros sanitários, as demais tecnologias de tratamento e valorização energética de RSU ainda são bastante incipientes no país. Não obstante, nos últimos anos, houve a implantação de projetos de biodigestão, como a CSBio, no Paraná, que funciona a partir de RSU; de lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE); e de *waste-to-energy*, como a Unidade de Recuperação Energética de Barueri, da Orizon.

Na Amazônia Legal, os lixões são a forma de disposição de resíduos mais comum, totalizando 243 estabelecimentos, segundo CIBiogás e Instituto Escolhas (2021). Há ainda 51 aterros controlados e 25 aterros sanitários. Apenas dois aterros, em Manaus (AM) e Rosário (MA), têm usinas de geração de energia elétrica em pequena escala, com capacidades de 3 MW e 1 MW, respectivamente. Para as demais formas de tratamento e valorização energética, não foram encontrados dados, sendo provável que inexistam nessa região. O Gráfico 5

39 Os lixões são locais de disposição de resíduos a céu aberto, sem nenhum preparo do solo para seu recebimento. Os aterros controlados são locais cobertos, porém, na maioria das vezes, não há impermeabilização do solo, coleta de chorume e aproveitamento de gases. Os aterros sanitários são unidades adequadas para tratamento de RSU, pois há impermeabilização do solo, recobrimento do material disposto, coleta e tratamento de gases e chorume.

mostra a distribuição de formas de disposição de RSU por estado da Amazônia Legal.

Gráfico 5 • Número de unidades por forma de disposição do RSU e por estado da Amazônia Legal



Fonte: CIBiogás e Instituto Escolhas (2021).

Apesar de os aterros sanitários tratarem um volume maior de RSU por estabelecimento, não restam dúvidas de que o grande número de unidades inapropriadas de disposição de resíduos na região são focos de doenças e contaminações de solo e água. Conforme o novo marco legal do saneamento básico,[40] os municípios teriam de implantar sistema de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos até 31 de dezembro de 2020, exceto para os municípios que até aquela

40 Brasil (2020b).

data tivessem elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos (PIRS) ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) e que dispusessem de mecanismos de cobrança para garantir sua sustentabilidade econômico-financeira. Para os municípios com PIRS ou PMGIRS, os prazos para encerrar seus lixões e ajustar práticas inadequadas podem se estender até 2024.

O prazo foi exíguo para que todos os lixões no país fossem encerrados, pois o processo de licenciamento ambiental de locais apropriados para disposição de RSU é complexo e lento, levando mais de cinco anos. As áreas próximas aos centros urbanos não estão disponíveis para esse tipo de atividade e o custo de transporte é um fator determinante. Transportes para distâncias superiores a 100 km podem custar mais do que o próprio aterro, inviabilizando, assim, o negócio.

É importante notar que, a partir do momento que um aterro sanitário é instalado, cria-se, praticamente, uma reserva de mercado. Se um município quiser dispor seus resíduos em local menos apropriado, corre o risco de ter sua decisão embargada pela justiça. Além disso, uma localidade não terá interesse em instalar um aterro sanitário se houver outro próximo ocioso. É uma atividade peculiar, indesejável para populações do entorno. Por essa razão, naturalmente, privilegia-se a concentração da atividade em locais não tão distantes, mas também não tão próximos de centros urbanos. Em outras palavras, a maior eficiência não deriva da atomização da atividade para aumentar a competitividade, dentro de uma lógica de mercado em concorrência perfeita.

Se a tendência é a concentração em poucos locais para gerar escala e minimizar impactos ambientais a partir de um menor número de atividades produtivas, o mercado precisa ser bem regulado. No entanto, isso também não é o que se observa. Segundo Abar (2021), em

sua pesquisa anual sobre regulação de saneamento, apenas 14 agências respondentes (de um total de 36, das 54 associadas) regulam os serviços de gestão de RSU.

Apesar da complexidade, há grande expectativa com o novo marco regulatório do saneamento. Todavia, existem desafios relativos à implementação das mudanças estabelecidas pelo marco, bem como à transição entre o modelo atual e o preconizado. Uma primeira mudança relevante é a da regionalização, que passou a ser condição para o acesso a recursos federais. Há várias possibilidades para a gestão de RSU, podendo se dar na forma de consórcios públicos, unidades regionais de saneamento, regiões metropolitanas, microrregiões ou aglomerados urbanos. Contudo, essas formas dependem da voluntariedade de estados e municípios em se associarem.[41] Até este momento, as leis que estabelecem a regionalização em cada estado, em sua maioria, não se preocuparam com os serviços de gestão de RSU, com algumas exceções como Amazonas, Rondônia, Minas Gerais e Santa Catarina.

Outra mudança relevante foi o estabelecimento de que a prestação dos serviços de saneamento só pode se dar mediante contrato de concessão, sendo vedadas quaisquer outras formas de delegação. Essa é uma mudança relevante no setor, pois, embora o contrato de concessão proporcione maior estabilidade e segurança jurídica, ele não é o método mais comum de contratação para a gestão de RSU, em especial para a destinação final em aterros. Os municípios

41 O prazo para a regionalização da prestação deveria ter ocorrido até 31 de março de 2022. As unidades regionais de saneamento deveriam ter sido criadas por lei pelos estados, cabendo aos municípios aderirem ou não às unidades. Convênios de cooperação e consórcios públicos têm de atender às características e regras da Lei 11.445/2007, com a redação dada pela Lei 14.026/2020, e ao que dispõe o Decreto 10.588/2020.

utilizavam frequentemente os mecanismos de licitação previstos na antiga Lei 8.666, de 21 de junho de 1993 (atual Lei 14.133, de 1º de abril de 2021), que, a partir da promulgação do novo marco legal do saneamento, não podem mais amparar as relações de contratação nesse setor. Os contratos vigentes têm sua validade preservada, mas justamente por seu curto prazo – no máximo cinco anos, contadas as possibilidades de renovação – em breve deverão ser todos substituídos por contratos de concessão. Essa transição também não deve ser simples, pois exige a realização de licitações por parte dos municípios, preferencialmente já organizadas de maneira regionalizada.

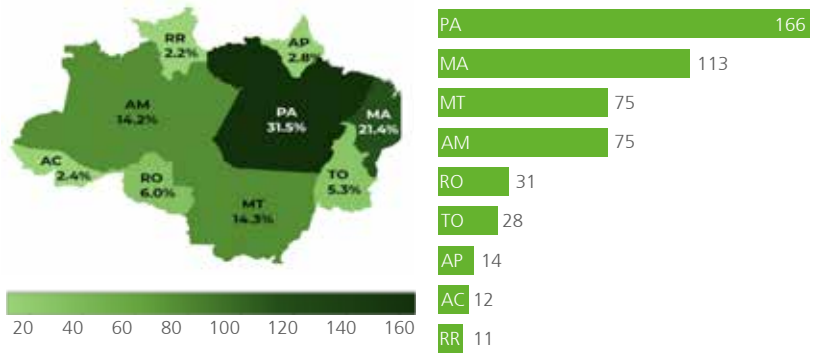
Por fim, o novo marco legal do saneamento estabeleceu a obrigatoriedade de instituição de cobrança pela gestão dos serviços de RSU, por parte dos municípios. Foi dado um prazo de 12 meses para o cumprimento de tal exigência, que foi, inclusive, objeto da primeira norma de referência da Agência Nacional de Águas para o setor de saneamento. Mais do que estabelecer a cobrança, é necessário que ela seja feita de maneira adequada, contemplando os custos de investimento e operação dos serviços.

Com a combinação desses dispositivos, o novo marco legal tem como objetivo aprimorar a segurança jurídica e a sustentabilidade do setor, favorecendo os processos de concessão dos serviços para a iniciativa privada. Nesse sentido, empresas já atuantes no setor têm vantagens competitivas. No entanto, para suprir toda a demanda pela expansão dos serviços existentes no país, será necessária a entrada de novos *players* – seja diretamente na prestação, seja no capital das empresas já inseridas no mercado. Ademais, para garantir que essa expansão dos serviços ocorra de forma a preservar a equidade entre os interesses dos cidadãos, do poder concedente e do concessionário, é necessário ampliar e aprimorar a regulação existente.

Potencial de produção

O Instituto Escolhas e o CIBiogás lançaram em agosto de 2021 um estudo sobre potencial de produção de biogás na Amazônia Legal, no qual destacam os substratos de RSU, da piscicultura e da mandioca em todos os estados da Amazônia. São 537 milhões de m³ de biogás que poderiam ser produzidos na Amazônia Legal anualmente. A maior parte desse potencial se origina de RSU, substrato que responde pelo potencial de 527,7 milhões de Nm³ por ano. A Figura 4 destaca o potencial de produção de biogás por estado da Amazônia Legal.

Figura 4 • Potencial de produção de biogás por estado da Amazônia Legal (Nm³/ano)



Fonte: CIBiogás e Instituto Escolhas (2021).

Considerando apenas os RSU, seria possível produzir na Amazônia Legal cerca de 400 milhões de Nm³ de biometano por ano, ou substituir 345,8 milhões de litros de *diesel* por ano, se todo o potencial fosse aproveitado. Esse volume de biogás poderia gerar 1,1 TWh/ano, energia suficiente para atender a 547 mil residências[42] ou substituir

42 Admite-se consumo de 220 kWh/mês por residência.

o gás de cozinha de origem fóssil (GLP) na produção de 20 milhões de botijões de GLP de 13 kg por ano. A Tabela 3 detalha essas informações por estado.

Tabela 3 • Potencial e produção de biogás e respectivas equivalências energéticas

UF	Biogás	Biometano	Volume de biogás equivalente a:			
			Diesel	Energia elétrica	Residências	GLP
	(Nm³/ano)	(Nm³/ano)	(litros)	(kWh)	(unidades)	(botijões 13 kg)
AC	12.503.076	9.418.057	8.193.710	25.950.133	12.949	478.148
AP	14.513.455	10.932.393	9.511.182	30.122.675	15.031	555.029
AM	75.043.818	56.527.448	49.178.880	155.753.445	77.721	2.869.855
MA	113.036.512	85.145.794	74.076.841	234.607.280	117.070	4.322.786
MT	75.433.635	56.821.081	49.434.341	156.562.510	78.125	2.884.763
PA	166.017.136	125.053.938	108.796.926	344.568.567	171.940	6.348.892
RO	31.725.983	23.897.889	20.791.164	65.847.278	32.858	1.213.277
RR	11.414.297	8.597.924	7.480.194	23.690.373	11.822	436.510
TO	28.019.834	21.106.198	18.362.393	58.155.166	29.020	1.071.545
Total	**527.707.746**	**397.500.722**	**345.825.631**	**1.095.257.427**	**546.536**	**20.180.805**

Fonte: CIBiogás e Instituto Escolhas (2021).

Projetos em desenvolvimento e plantas em construção

Dado que o maior potencial de curto e médio prazo de produção indicado pelo Instituto Escolhas está relacionado aos RSU, foram consultadas empresas que atuam ou têm pretensão de atuar na Amazônia Legal. Dois grupos foram identificados.

A Marquise identificou, há mais de uma década, a possibilidade de implantação de aterro sanitário na região metropolitana de

Manaus. A empresa percebeu que não seria fácil encontrar uma área apropriada no entorno, visto que há inúmeros aquíferos e, portanto, risco elevado de contaminação. Em 2008, adquiriu um terreno para instalação de aterro sanitário, pois entendia que o aterro de Manaus não teria uma vida muito longa.

Em 2019, houve decisão judicial pelo fim da vida útil do aterro de Manaus, cuja atividade terá de ser encerrada até 2024. Isso contribuiu para a empresa retomar seu projeto de aterro *greenfield*. Atualmente, a Marquise está negociando com algumas instituições e prefeituras.

A empresa pretende maximizar o aproveitamento dos RSU, porém é necessário aguardar de três a quatro anos para iniciar a exploração de biogás em um aterro *greenfield*. Deve-se assinalar que a Marquise tem experiência na produção e na comercialização de biometano para a rede de gás canalizado em outra cidade. Esse modelo pode ser facilmente replicado em Manaus daqui a alguns anos.

O aterro da região metropolitana de Belém, em Marituba, é operado pela Guamá Tratamento de Resíduos Sólidos Ltda, empresa do Grupo Solví. A instituição desenvolveu um projeto de captura de biogás, que já tem licença ambiental de instalação. A intenção era elaborar um projeto de termelétrica em 2022.

O aterro ainda está em operação graças a um acordo com as prefeituras de Belém, Marituba e Ananindeua, homologado pelo Tribunal de Justiça do Estado do Pará, que prorrogou a vida útil do aterro até agosto de 2023. O operador do aterro tem, portanto, muito pouco tempo para encontrar uma solução alternativa. No novo aterro, pretende-se gerar energia, mas ainda não foi definida a tecnologia a ser utilizada, se biogás ou queima de resíduos.

Além de Marituba, outras cidades do Pará, Amapá e Roraima estão no radar de investidores, sobretudo para consórcios que movimentem um volume mínimo diário de RSU. Segundo os interessados, com o fim do incentivo de redução das tarifas de transporte e distribuição de energia elétrica (TUST e TUSD)[43] para fontes renováveis, a escala mínima viável das usinas termelétricas no segmento de resíduos passou de 5 MW para 15 MW.

Oportunidades e vantagens para o desenvolvimento de projetos

Aspectos positivos relacionados ao tratamento de resíduos sólidos e à produção de biogás são listados na sequência.

i. A utilização biogás tem dupla finalidade: (i) valorizar o uso de resíduos, com redução de impactos ambientais adversos (emissão de gases de efeito estufa, proliferação de pragas e doenças, contaminação do solo, das águas e do ar etc.); e (ii) gerar energia renovável.

ii. O metano, principal componente do biogás, tem poder de aquecimento global cerca de trinta vezes superior ao do gás carbônico para um período de cem anos. Por essa razão, empresas de tratamento e valorização de RSU lideram a emissão de créditos de carbono hoje em dia no Brasil.

iii. O setor de saneamento apresenta o maior potencial de implantação de projetos de geração de biogás no curto e

43 A Lei 14.120, de 1º de março de 2021, eliminou os descontos nas tarifas de distribuição e transmissão (BRASIL, 2021a).

médio prazo,[44] pois não há grandes barreiras tecnológicas e dificuldades no manuseio de resíduos.

iv. O novo marco legal do saneamento básico obriga os municípios a implantar sistema de disposição final ambientalmente adequada dos seus rejeitos. Novos locais apropriados de disposição dos resíduos terão de ser construídos e lixões, com seus graves passivos ambientais, terão de ser encerrados.

v. A tecnologia de incineração de resíduos (*waste-to-energy*) poderia contribuir para redução de resíduos e aumento de oferta de energia.[45]

vi. Biogás é uma fonte de energia firme, com fator de capacidade superior ao das fontes eólica e solar. Além disso, pode ser armazenado a baixos custos e despachado em momentos de pico de demanda. Assim, contribui para a segurança energética em situações de maior criticidade no fornecimento de energia.

vii. A geração de eletricidade em aterros sanitários, por se localizar próxima aos centros de consumo, otimiza o planejamento da expansão das redes elétricas, visto que não requer investimentos no sistema de transmissão, além de propiciar menores perdas técnicas.

44 O maior potencial de produção no Brasil é o setor agropecuário, porém alguns autores consideram que no curto e médio prazo o potencial de implantação de projetos é maior no setor de saneamento (UNIDO, 2021).

45 A tecnologia precisa de incentivos para entrar no mercado. O leilão de energia nova da Aneel A-5 de 2021 separou a geração a partir da incineração de resíduos das demais termelétricas, inclusive a biogás, estipulando preço teto de R$ 639/MWh, bem superior ao das outras (R$ 365/MWh).

viii. A Lei 14.182, de 12 de junho de 2021, que dispõe sobre a desestatização da Eletrobras, estabelece contratação pelo poder concedente, na modalidade de leilão de reserva de capacidade, de 2,5 GW para termelétricas a gás natural em locais onde seja viável a utilização das reservas provadas de gás natural nacional existentes na região amazônica, garantindo, pelo menos, o suprimento a duas capitais que não tenham ponto de suprimento de gás natural na data de publicação da respectiva lei (BRASIL, 2021b). Apesar de a lei tratar de termelétricas a gás natural, fontes potenciais de biogás próximas às termelétricas poderiam ser valorizadas para fornecimento de biogás/biometano em momentos críticos, em complemento ao gás natural.

ix. A maior parte dos aterros sanitários (25) na Amazônia Legal não produz energia. Apenas os aterros de Manaus e de Rosário geram energia elétrica.

x. O estado do Amapá, que enfrentou grave crise energética em novembro de 2020, tem 77% dos seus resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros sanitários. Porém, não gera energia elétrica a partir de RSU, embora o aterro de Macapá já disponha de sistema de coleta de biogás com queima em *flare*. Há, no estado, potencial para gerar energia elétrica para abastecer 11,4 mil residências (CIBIOGÁS; INSTITUTO ESCOLHAS, 2021).

xi. No estado do Amazonas, o biometano poderia ser injetado na rede de gás canalizado. Há um novo aterro sanitário construído por empresa do ramo, com experiência

na produção e comercialização de biometano para rede de distribuição.

xii. O programa RenovaBio pode melhorar a atratividade do biometano. Cada tonelada de dióxido de carbono equivalente evitada pode gerar um crédito de descarbonização por biocombustíveis (CBIO), um título negociável em bolsa de valores.

xiii. Segundo Unido (2021), existem recursos disponíveis para financiar projetos de grande porte de geração de biogás em volumes e condições de financiamento adequados. O banco de desenvolvimento do BRICS (*New Development Bank* – NDB) e o Banco Mundial têm a meta de emprestar US$ 1 bilhão por ano para projetos de biogás no Brasil, além de haver recursos do BID Invest – braço para investimentos privados do Banco Interamericano de Desenvolvimento – e da Proparco, instituição de desenvolvimento francesa dedicada ao financiamento privado. BNDES, Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), Desenvolve SP e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) têm acordos firmados com instituições multilaterais para desenvolver infraestrutura sustentável (UNIDO, 2021).

xiv. O biogás, se produzido em pequena escala, poderia deslocar lenha para cocção, ainda muito usada na região. O biogás não gera fumaça como a lenha, evitando-se, assim, problemas respiratórios aos usuários.

Identificação de barreiras e entraves para difusão do biogás na Amazônia Legal

As principais barreiras e dificuldades identificadas para difusão do biogás na Amazônia foram:

i. Resíduos sólidos urbanos foram depositados, em grande parte, em locais inapropriados, contaminando solo e lençóis freáticos e gerando focos de transmissão de pragas e doenças. Projetos em locais onde há passivos ambientais não podem contar com recursos públicos e têm dificuldade de acessar qualquer tipo de crédito.

ii. O mercado está em estágio inicial de desenvolvimento, tendo em vista que os modelos de negócio de sucesso ainda não chegaram a ser difundidos. Na região, há apenas dois aterros sanitários produzindo energia elétrica em pequena escala.

iii. O novo marco regulatório traz boas perspectivas, mas sua implementação está em curso, necessitando ainda de adequações que podem gerar entraves à expansão dos serviços no curto prazo.

iv. As relações entre prefeituras e empresas que operam a disposição e o tratamento de RSU, às vezes, são complexas e conflituosas. Muitos credores e investidores consideram o ambiente de negócios pouco transparente e suscetível à corrupção.

v. Diversos aterros sanitários operam hoje em dia por decisão judicial, o que também dificulta acesso ao crédito.

vi. Operadores e prefeituras têm apresentado dificuldades de prestar garantias para grandes projetos.

vii. Projetos mais complexos com coleta seletiva, unidades de triagem e tratamento de resíduos, usinas de geração de energia e plantas de beneficiamento de resíduos requerem recursos humanos e financeiros, nem sempre disponíveis na esfera municipal.

viii. Grande parte das prefeituras não está capacitada para estruturar processo de concessão de serviços para tratamento e valorização de RSU, por meio de contratos mais elaborados que contemplem geração de energia e produção de combustíveis.[46]

ix. Devido à escassa infraestrutura de gás canalizado na região amazônica, a maior parte da logística de transporte de biometano teria de ser realizada no curto prazo por meio dos chamados gasodutos virtuais, por caminhões ou embarcações, pois somente o estado do Amazonas tem rede de distribuição de gás canalizado.

x. Eliminação do subsídio da tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) e tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST), cujo desconto variava de 50% a até 100%, dependendo da tecnologia renovável, vai reduzir a rentabilidade de projetos de geração a biogás que não tenham sido outorgados até 2 de março de 2022.[47]

46 Faz parte do Projeto GEF Biogás Brasil, em parceria com o governo do Distrito Federal, elaborar um modelo de edital de licitação que poderia servir de parâmetro para as prefeituras.

47 No caso da geração a partir de incineração de resíduos, o subsídio exerce papel ainda maior na viabilidade do negócio.

xi. A expansão com interligação dos sistemas de transmissão na região Norte tem contribuído para reduzir a necessidade de realizar leilões de energia nos sistemas isolados para contratação de longo prazo.

xii. Mão de obra é escassa e há desconhecimento por parte dos investidores sobre os benefícios da tecnologia. Experiências fracassadas com tecnologias não maduras, empregando equipamentos adaptados de forma precária para gerar energia a partir do biogás, ainda fazem parte da percepção comum de potenciais investidores.

Medidas e ações de promoção à difusão do uso da nova tecnologia e de mitigação de riscos de entrada em mercado não maduro

Identificam-se, neste tópico, medidas tradicionais para difusão de novas tecnologias, ponderando-se também aspectos sobre a complexidade de se implementar projetos de valorização de RSU.

i. Divulgação e *marketing*: divulgação de resultados de projetos bem-sucedidos para disseminação de informações técnicas, comerciais e legais sobre projetos de biogás, de forma que a eficácia da tecnologia seja comprovada para investidores e usuários. O objetivo da disseminação de informações é desmistificar o preconceito gerado por projetos mal adaptados, utilizando equipamentos de baixa confiabilidade, que fracassaram no passado. Nessa fase de amadurecimento, torna-se importante desenvolver estudos técnicos, multiplicar conhecimentos, ela-

borar plantas de demonstração e replicar experiências com projetos exitosos, desde a construção até a etapa de operação e manutenção das unidades;

ii. Educação e treinamento: é necessário capacitar, qualificar e fortalecer a mão de obra local para instalação e manutenção dos equipamentos, sem necessidade de recorrer à assistência técnica das grandes cidades, a longas distâncias, minimizando, assim, o risco de paradas das máquinas por longo período.

iii. Organização da produção de bens e serviços: diversificar a utilização de RSU, seja para reciclagem, produção de biogás e biometano, geração de energia elétrica ou produção de combustíveis derivados de resíduos (CDR) para a indústria (por exemplo, cimenteira), de forma a maximizar receitas.

iv. Risco de imagem: (i) risco ambiental – setor com histórico de elevados passivos ambientais; (ii) risco legal – disputas judiciais são frequentes entre prefeituras e operadores; e (iii) risco reputacional – negociações não transparentes entre os pares têm sido alvo de denúncias de corrupção.

v. Promoção da cooperação para escala mínima viável de produção: muitos municípios não produzem resíduos em volume que viabilize um aterro sanitário *greenfield*. Outros não têm áreas próximas apropriadas para a disposição. Nesses casos, a alternativa seria a estruturação de consórcios intermunicipais de saneamento, de forma a possibilitar o gerenciamento e o tratamento conjunto de resíduos. Assim, os custos de implantação, operação

e manutenção seriam compartilhados pelos integrantes do consórcio.

vi. Contrapartidas exigidas pelo poder concedente: as prefeituras deveriam exigir contrapartidas das concessionárias, visando maior geração de renda com a diversificação de bens e serviços produzidos a partir de RSU e a maximização de receitas, bem como a melhoria do bem-estar com ações sociais para a população que habita no entorno dos aterros.

Propostas para implementação de políticas públicas e ajustes regulatórios em favor do biogás na Amazônia

Para o biogás, são sugeridos os seguintes aprimoramentos e ajustes regulatórios e institucionais:

i. Promover a formação de consórcios para que os projetos apresentem maior escala, de forma a possibilitar a valorização dos resíduos. Empresas de energia poderiam participar dos consórcios, juntamente com empresas de tratamento de resíduos.

ii. Criar força-tarefa para estruturação de projetos para municípios e consórcios. Isso poderia acelerar a implementação de projetos de biogás e biometano a partir de RSU.

iii. Realizar leilões de geração elétrica específicos para fontes renováveis nos sistemas isolados. No leilão A-5 de 2021 do Sistema Integrado Nacional, a geração a partir de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos (*waste-to-energy*) disputou de forma apartada. O mesmo

tratamento deveria ser oferecido ao biogás nos leilões dos sistemas isolados.

iv. Realizar leilões de potência (produto disponibilidade) nos sistemas isolados para diversificar matriz elétrica da região e mitigar risco de suprimento. Dever-se-ia estudar a possibilidade de realização de leilão exclusivo para fontes renováveis para atendimento de demanda de ponta, de forma a reduzir riscos de falta de abastecimento em períodos críticos, eventos imprevisíveis ou de força maior. O biogás estaria bem posicionado pelo fato de poder ser armazenado por algum tempo.

v. Compartilhar risco de suprimento com todo o sistema de geração dos sistemas isolados: as usinas a biogás ou a partir da incineração de RSU poderiam se tornar um elemento chave de *backup* do sistema se fossem despachadas em períodos críticos.

vi. Estabelecer contratos de compra e venda de energia com prazos mais longos nos leilões, de no mínimo 15 anos para UTE a biogás, seria mais adequado para obtenção de financiamento de longo prazo na modalidade *project finance*.

vii. Acompanhar a evolução da implementação do marco regulatório do saneamento, o qual estipulou prazo exíguo para regionalização e encerramento de lixões.

viii. Ajustar linhas de financiamento e instrumentos de concessão de garantias:

    a. Há linhas de financiamento disponíveis em bancos multilaterais e instituições públicas e privadas para

projetos de grande porte. Porém, há expectativa de entrada de empresas privadas no setor de saneamento, o que pode gerar demanda adicional por crédito e estimular os bancos locais a oferecer linhas específicas de crédito.

b. Para atrair capital privado, deve-se avaliar se instrumentos de crédito já utilizados em projetos de infraestrutura – como títulos verdes, debêntures incentivadas, certificados de recebíveis imobiliários e fundos de investimento em direitos creditórios – podem ser ajustados para alavancar implantação de projetos de biogás (UNIDO, 2021).

c. Deve-se estudar a viabilidade de certificação dos projetos de biogás de forma a possibilitar a emissão de títulos verdes. Os Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, da Infraestrutura e do Desenvolvimento Regional já celebraram memorandos de entendimento com a CBI (*Climate Bonds Initiative*), a qual desenvolveu critérios para resíduos e biogás.

d. A prestação de garantias é uma questão mais crítica no acesso ao crédito. Para projetos de grande porte, agências multilaterais exigem garantias soberanas. Bancos públicos e comerciais locais poderiam oferecer ora crédito, ora garantia, em parceria com bancos multilaterais.

e. Para pequeno e médio porte, o BNDES oferece o Fundo Garantidor para Investimento (FGI), que pode ser útil para o setor agropecuário. Para projetos de biogás a partir de RSU, que têm médio ou

grande porte, a dificuldade está em estruturar um *project finance*.

f. A aceleradora Lab, da organização não governamental (ONG) Climate Policy Initiative (CPI), está estruturando fundo garantidor denominado *Guarantee Fund for Biogas* (GFB), lastreado em títulos públicos. A fase piloto do GFB prevê captação de US$ 53 milhões, que poderão gerar cerca de US$ 67 milhões em financiamentos a 43 projetos. As garantias de cada projeto variarão de US$ 530 mil a US$ 6 milhões, com limite individual de 10% do orçamento. Estados da região Norte não fazem parte dessa fase inicial.[48]

g. Projetos de biogás e biometano na Amazônia deveriam ser priorizados na proposta de orçamentária do Fundo Clima,[49] uma vez que contribuem significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

h. O Fundo Socioambiental do BNDES poderia ser usado, preferencialmente em complementação a outros recursos (*crowdfunding*), para apoiar projetos sociais no entorno das atividades de disposição, triagem e tratamento de RSU.

48 Ver Borschiver e Chacur (2021).

49 O Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAAR) é o instrumento no qual são apresentadas as ações planejadas para serem apoiadas ao longo do ano com recursos do Fundo Clima.

Considerações finais

O potencial de produção de biocombustíveis na Amazônia é extraordinário. Há muitos interessados na promoção de fontes renováveis de energia na região e não faltam recursos para financiar bons projetos. Contudo, a produção de biocombustíveis ainda é muito incipiente. O óleo de palma não é, praticamente, destinado para o setor de combustíveis, pois os consumidores locais são abastecidos com *biodiesel* de soja proveniente do Tocantins. A oleaginosa apresenta alta produtividade agrícola e as perspectivas de geração de emprego e renda são boas, mas muitos entraves persistem.

No caso do biogás, seu emprego na geração elétrica ocorre em pequena escala, em apenas dois aterros sanitários de um total de 25 existentes.

Embora ainda não exista quase produção local de biocombustíveis, as perspectivas são favoráveis, tendo em vista as recentes mudanças legais e regulatórias, como o novo marco do saneamento, assim como as expectativas relacionadas ao Programa Combustível do Futuro e Programa de Crescimento Verde. Além disso, ajustes na sistemática de leilões para os sistemas isolados e na forma de contratação de *biodiesel* pelas distribuidoras de combustíveis podem atrair interesse de investidores em biocombustíveis.

De toda forma, as opções analisadas para produção de combustíveis pela bioeconomia local apresentam algumas especificidades que exigem um arranjo institucional robusto e perene. Os principais pontos que têm de ser observados são:

- Longo prazo de maturação dos projetos, havendo necessidade de injeção de recursos e capital de giro por vários anos, tanto

para produção de mudas e plantio de dendê (palma) como para instalação de aterros sanitários *greenfield*.

- Consumo muito pulverizado em áreas extensas, de difícil acesso, com infraestrutura precária, o que dificulta muito o abastecimento de combustíveis para a população.
- Disputas fundiárias intensas, sendo a pacificação um requisito prévio para a introdução de uma atividade nova sustentável na região.
- Qualificação da mão de obra para construção e operação dos projetos.
- Reforço das ações de comando e controle, com certificação de produtos e rastreamento preciso de toda a cadeia produtiva, pois qualquer falha nos projetos pode comprometer a imagem de um programa de fortalecimento da bioeconomia local.

Nesse contexto, o ideal para a Amazônia seria iniciar uma produção sustentável, de forma paulatina, por meio de projetos-piloto ou de demonstração em áreas pré-selecionadas. Assim, possíveis impactos negativos poderiam ser avaliados, monitorados e mitigados, antes da difusão da tecnologia para outras áreas potencialmente adequadas à produção. Projetos em pequena escala também deveriam ser usados para difusão do conhecimento e disseminação de informações técnicas, comerciais e legais.

Essa estratégia de desenvolvimento sustentável da bioeconomia local seria de longo prazo. Para que ela tenha êxito em região ambientalmente sensível e de vasta amplitude geográfica, é preciso que o Estado assuma papel de promotor, organizador, regulador e fiscalizador do mercado, de forma a criar condições mínimas necessárias para atrair o capital privado para a região. Em ambiente

mais estável, o capital privado poderia se interessar em realizar os investimentos necessários para dar escala e impulsionar o mercado de biocombustíveis na Amazônia.

Referências

ABAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS REGULADORAS. *Saneamento básico*: regulação 2021. Brasília, DF: Abar, 2021.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019*. São Paulo: Abrelpe, 2019.

ABREU, A. Petrobras e Galp: as decisões para um prejuízo milionário com a palma da BBB. *Biodieselbr*, Curitiba, 20 jan. 2020. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/dende/petrobras-e-galp-as-decisoes-para-um-prejuizo-milionario-com-a-palma-da-bbb. Acesso em: 25 abr. 2023.

AGÊNCIA PARÁ. Oleoplan pretende investir R$ 148 milhões em usina de biodiesel no Pará. *Biodieselbr*, Curitiba, 4 maio 2021. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/oleoplan-pretende-investir-r-148-milhoes-em-usina-de-biodiesel-no-para-040521. Acesso em: 25 abr. 2023.

AGÊNCIA PARÁ. Oleoplan completa autorização de Cacoal e assume liderança do setor. *Biodieselbr*, Curitiba, 26 set. 2022. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/oleoplan-completa-autorizacao-de-cacoal-e-assume-lideranca-do-setor-260922. Acesso em 25 abr. 2023.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis*: 2022. Rio de Janeiro: ANP, 2022.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Programa ABC+ – Programa para a Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária. *BNDES*, Rio de Janeiro, [200-a]. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc. Acesso em: 8 set. 2022.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Pronaf ABC+ bioeconomia. *BNDES*, Rio de Janeiro, [200-b].

Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf-bioeconomia. Acesso em: 8 set. 2022.

BORSCHIVER, F.; CHACUR, M. *Guarantee fund for biogas*: instrument analysis September 2021. [*S. l.*]: Climate Policy Initiative, 2021. Disponível em: https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/09/Guarantee-Fund-for-Biogas_Instrument-Analysis.pdf. Acesso em: 13 set. 2022.

BRASIL. *Decreto nº 7.172, de 7 de maio de 2010*. Aprova o zoneamento agroecológico da cultura da palma de óleo e dispõe sobre o estabelecimento pelo Conselho Monetário Nacional de normas referentes às operações de financiamento ao segmento da palma de óleo, nos termos do zoneamento. Brasília, DF: Presidência da República, 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7172.htm. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. *Decreto nº 10.527, de 22 de outubro de 2020*. Institui o Selo Biocombustível Social e dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público e da Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, e sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas. Brasília, DF: Presidência da República, 2020a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10527.htm. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020*. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2020b. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. *Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021*. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro

de 1996, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015 [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2021a. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.120-de-1-de-marco-de-2021-306116199. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021. Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras); altera as Leis nºs 5.899, de 5 de julho de 1973, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 13.182, de 3 de novembro de 2015, 13.203, de 8 de dezembro de 2015, 14.118, de 13 de janeiro de 2021, 9.648, de 27 de maio de 1998, e 9.074, de 7 de julho de 1995; e revoga dispositivos da Lei nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 13 jul. 2021b. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.182-de-12-de-julho-de-2021-331549377. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Resolução nº 14, de 9 de dezembro de 2020. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 30 dez. 2020c. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/arquivos/conselhos-e-comites/res-14-cnpe.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. Portaria nº 22.677, de 22 de outubro de 2020. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 37, 27 out. 2020d. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-22.677-de-22-de-outubro-de-2020-285009351. Acesso em: 9 dez. 2022.

BRASIL. Portaria SAF/Mapa nº 280, de 27 de maio de 2022. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão e manutenção do direito de uso do Selo Biocombustível Social. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 6, 30 maio 2022. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-saf/mapa-n-280-de-27-de-maio-de-2022-403689855. Acesso em: 9 dez. 2022.

CAMPELO, L. Monocultura do dendê traz impactos ambientais para comunidades no nordeste paraense. *Brasil de Fato*, Belém, 17 maio 2017. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2017/05/17/monocultura-do-dende-traz-impactos-ambientais-para-comunidades-no-nordeste-paraense. Acesso em: 13 set. 2022.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS; INSTITUTO ESCOLHAS. *Potencial de produção de biogás na região amazônica*: oportunidades da bioeconomia. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2021.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. *Panorama do Biogás no Brasil 2021*: CIBiogás (Brasil) Relatório Técnico nº 001/2022. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2022.

CONSERVATION INTERNATIONAL. *Sustainable palm oil*. Arlington, VA: Conservation International, 2019. Disponível em: https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/ci_palmoil_2019.pdf?sfvrsn=42065e0_5. Acesso em: 13 set. 2022.

COSTA, L. ADM tem aval para venda de negócios de cultivo de palma no Brasil. *Biodieselbr*, Curitiba, 7 jan. 2020. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/dende/adm-tem-aval-para-venda-de-negocios-de-cultivo-de-palma-no-brasil-070120. Acesso em: 25 abr. 2023.

COSTA, R. C. Potential for producing bio-fuel in the Amazon deforested areas. *Biomass and Bioenergy*, Amsterdam, v. 26, n. 5, p. 405-415, 2004. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953403001594. Acesso em: 9 dez. 2022.

COSTA, R. C.; SANTOS, A. M. Biodiesel production in Brazil: barriers and opportunities to produce biofuels in degraded lands. *In*: SANCHEZ, I. B.; ALONSO, C. L. (ed.). *Deforestation research progress*. New York: Nova Science Publishers, 2008. p. 67-94.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. *Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação*: uma avaliação econômica. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional*: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf. Acesso em: 8 set. 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Sistemas isolados de energia no Brasil: o que são e quais as suas principais características? *EPE*, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/

publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-586/EPEFactSheetSistemasIsolados.pdf. Acesso em: 5 jan. 2023.

FIGUEIREDO, N. Raízen fecha com Yara sua primeira venda de biometano a longo prazo. *Novacana*, Curitiba, 21 set. 2021. Disponível em: https://www.novacana.com/noticias/raizen-fecha-yara-primeira-venda-biometano-longo-prazo-210921. Acesso em: 25 abr. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola – Lavoura Permanente: Dendê / Cacho de coco / Área destinada à colheita. *IBGE*, Rio de Janeiro, [2021?a]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11934?tipo=grafico&indicador=11938. Acesso em: 8 set. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola – Lavoura Permanente. *IBGE*, Rio de Janeiro, [2021?b]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11934. Acesso em: 13 set. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal: tabela 1613 – área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. *IBGE*, Rio de Janeiro, [2021?c]. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613. Acesso em: 8 set. 2022.

MALISZEWSKI, E. Empresa de óleo de palma quer ampliar produção. *Agrolink*, Porto Alegre, 8 jun. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/empresa-de-oleo-de-palma-quer-ampliar-producao_451282.html. Acesso em: 25 abr. 2023.

MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 31, p. 253-279, 2010. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2483/1/BS%2031%20Mercado%20brasileiro%20de%20biodiesel_P.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.

MILANEZ, A. Y.; MAIA, G. B. S.; GUIMARÃES, D. D. Biogás: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 177-216, 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20801/1/PR_Biogas_215276_P_BD.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.

MOURA, J. P. *Estudos de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor*. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

NORDESTE RURAL. O maior produtor de óleo de dendê do Brasil. *Nordeste Rural*, [*s. l.*], 6 jan. 2019. Disponível em: https://nordesterural.com.br/o-maior-produtor-de-oleo-de-dende-do-brasil/. Acesso em: 30 jun. 2021.

NTURBANO. *A revolução do HVO*. Brasília, DF: NTUrbano, 2019. ISSN 2317-1960. Disponível em: http://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub637159756789529919.pdf. Acesso em: 13 set. 2022.

O AUMENTO da produção de óleo de palma no Brasil. E seu impacto no campo. *Biodieselbr*, Curitiba, 16 maio 2018. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/dende/o-aumento-da-producao-de-oleo-de-palma-no-brasil-e-seu-impacto-no-campo-160518#:~:text=A%20medida%20%C3%A9%20uma%20tentativa,que%20comprometem%20a%20biodiversidade%20local. Acesso em: 21 set. 2022.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Resolução Coema nº 107, de 08 de março de 2013. Define os critérios para enquadramento de obra ou empreendimentos/atividades de baixo potencial poluidor/degradador ou baixo impacto ambiental passíveis de Dispensa de Licenciamento Ambiental (DLA) e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Pará*: caderno 4, Belém, n. 32.354, p. 2-3, 12 mar. 2013. Disponível em: https://www.ioepa.com.br/pages/2013/2013.03.12.DOE.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.

PETROBRAS. *Plano estratégico 2022-2026*: investimento com responsabilidade. Rio de Janeiro: Petrobras, [2021]. Disponível em: https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/6d98b296-503c-53cc-1f9e-153a904e8066?origin=1. Acesso em: 24 abr. 2023.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 39-64, 2007.

PREÇO do óleo de palma pode pesar no custo da produção de alimentos. *Ultimoinstante*, [*s. l.*], 25 jun. 2021, Disponível em: https://www.ultimoinstante.com.br/ultimas-noticias/economia/preco-do-oleo-de-palma-pode-pesar-no-custo-da-producao-de-alimentos/363385/#ixzz7pMBXHxPb. Acesso em: 5 jan. 2023.

RAMALHO FILHO, A. *et al*. (ed.). *Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

REPÓRTER BRASIL. *O dendê na mira da lei*. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll Stiftung Brasil, 2015. Disponível em: https://br.boell.org/pt-br/2015/03/18/o-dende-na-mira-da-lei. Acesso em: 13 set. 2022.

SILVA, A. B. P. *Produção sustentável de óleo de palma*: estudo de caso da Denpasa. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2022.

UNIDO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Financiamento para o setor de biogás*: desafios e oportunidades para a expansão da geração. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

VILARINO, C. Alta do óleo de palma deve aumentar preço de alimentos no Brasil. *Globo Rural*, São Paulo, 28 abr. 2022. Disponível em: https://globorural.globo.com/Noticias/noticia/2022/04/alta-do-oleo-de-palma-deve-aumentar-preco-de-alimentos-no-brasil.html. Acesso em: 5 jan. 2023.

WALENDORFF, R.; BASILE, J. Cade aprova venda da Biopalma para a BBF. *Biodieselbr*, Curitiba, 23 out. 2020. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/dende/cade-aprova-venda-da-biopalma-para-a-bbf-231020. Acesso em: 25 abr. 2023.

YOKOYAMA, R. Y. Palma de óleo nos próximos 10 anos. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, Brasília, DF, [2017]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2017/24a-ro/app_mercado_palma_24ro_oleo.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.