

Aproveitamento de resíduos agroindustriais

Uma abordagem sustentável



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroenergia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 31

Aproveitamento de resíduos agroindustriais Uma abordagem sustentável

Sílvio Vaz Júnior

Embrapa Agroenergia
Brasília, DF
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroenergia
Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº
Ed. Embrapa Agroenergia
Caixa Postal 40315
CEP 70770-901, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-1581
Fax: +55 (61) 3448-1589
www.embrapa.br/agroenergia
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroenergia

Presidente
Patrícia Verardi Abdelnur

Secretária-Executiva
Lorena Costa Garcia Calsing

Membros
Adilson Kobayashi, André Leão, Dasciana Rodrigues, Emerson Leo Schultz, Felipe Carvalho, Thais Salum, Wesley Leal

Supervisão editorial e revisão de texto
Luciane Chedid Melo Borges

Normalização bibliográfica
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e tratamento de imagem
Maria Goreti Braga dos Santos

Foto da capa
Sílvio Vaz Júnior

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroenergia

Vaz Junior, Sílvio

Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável /
Sílvio Vaz Junior – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2020.
26 p. - (Embrapa Agroenergia / Documentos, 31)

1. Biomassa vegetal. 2. Sustentabilidade. I. Vaz Junior, Sílvio. II. Série.

CDD (21. ed.) 660.63

Autor

Sílvio Vaz Júnior.

Químico, doutor em Química Analítica, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

Apresentação

A produção agropecuária é uma das mais importantes atividades socioeconômicas humanas, uma vez que visa à produção de alimentos, fibras e bioenergia. Mais recentemente a agropecuária passou também a prover matérias-primas diversas para produção de novos bioprodutos e bioinsumos, naquilo que se convencionou chamar de economia circular ou bioeconomia. Isso somente foi possível pelo constante avanço científico-tecnológico que permitiu o desenvolvimento de novas biomassas assim como de novos processos industriais para aproveitamento de culturas dedicadas e também daquilo que outrora era chamado de resíduo.

Para se ter uma ideia da dimensão de tal atividade, dados recentes estimam que a produção agrícola mundial seja da ordem de 7,26 Gt, e que o volume de resíduos secos de biomassa vegetal atinja o equivalente a 140 Gt. Essa enorme quantidade de resíduos, poderia ser um grave problema ambiental. Felizmente, com estratégias e tecnologias adequadas podemos hoje remediar possíveis passivos ambientais que poderiam advir do não aproveitamento dos resíduos agrícolas, ao mesmo tempo que agregamos e geramos valor a partir desses.

A biomassa agrícola (dedicada ou residual) é atualmente aproveitada como matéria-prima para produção de novos produtos como biocombustíveis, bioenergia, biopolímeros, biomateriais, produtos químicos, farmacêuticos, cosméticos e produtos de higiene, além de agroquímicos como biofertilizantes e biopesticidas, sob a ótica da bioeconomia, gerando inúmeros benefícios socioeconômicos e ambientais à nossa sociedade. Este documento apresenta assim uma visão da produção da biomassa agrícola atual e de seus resíduos, abordando também as oportunidades

para seu aproveitamento de modo sustentável e os benefícios gerados pela incorporação deles à moderna bioeconomia. Boa leitura.

Alexandre Alonso Alves
Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

Sumário

Introdução.....	9
Principais tipos de biomassa vegetal para processamento agroindustrial... 16	
Biomassa oleaginosa	16
Biomassa sacarídica	17
Biomassa amilácea	18
Biomassa lignocelulósica	18
Resíduos agroindustriais como matéria-prima renovável e sustentável	19
Economia circular e bioeconomia.....	22
Conclusões	25
Referências	25

Introdução

A biomassa pode ser definida como “material produzido pelo crescimento de microrganismos, plantas ou animais” (International... 2020), o que abrange uma ampla variedade de espécies da natureza. Porém, para este documento, deve-se considerar como objetivo o tratamento da biomassa agrícola de origem vegetal.

A produção e os seus usos provêm das primeiras atividades humanas para sobreviver ao ambiente inóspito. Com o desenvolvimento agrícola, a produção alcançou grandes quantidades, gerando riqueza associada a preocupações ambientais, o que exige conhecimento científico e tecnologias de controle e tratamento para reduzir impactos negativos por meio da moderna visão sustentável.

A agroindústria é o conjunto de atividades relacionadas à transformação de matérias-primas da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura. O grau de transformação varia muito, dependendo dos objetivos dos empreendimentos agroindustriais. Para cada uma dessas matérias-primas, a agroindústria é um segmento que varia de acordo com o insumo/produto fornecido ao consumidor. Comparado a outros segmentos industriais da economia, apresenta certa peculiaridade devido a três características fundamentais das matérias-primas:

- Sazonalidade
- Perecibilidade
- Heterogeneidade

Segundo o Banco Mundial (2020), o desenvolvimento agrícola é uma das ferramentas mais poderosas para acabar com a pobreza extrema, aumentar a prosperidade compartilhada e alimentar 9,7 bilhões de pessoas até 2050, representando um terço do produto interno bruto (PIB) global. A Figura 1 mostra os principais tipos de produtos que podem ser obtidos do processamento avançado da biomassa agrícola, notadamente a vegetal. Podemos ver uma grande quantidade de produtos obtidos por meio desse processamento agroindustrial, com várias cadeias de valor surgindo a

partir daí: materiais diversos, insumos químicos para agricultura, energia, biocombustíveis e alimentos e rações para animais.

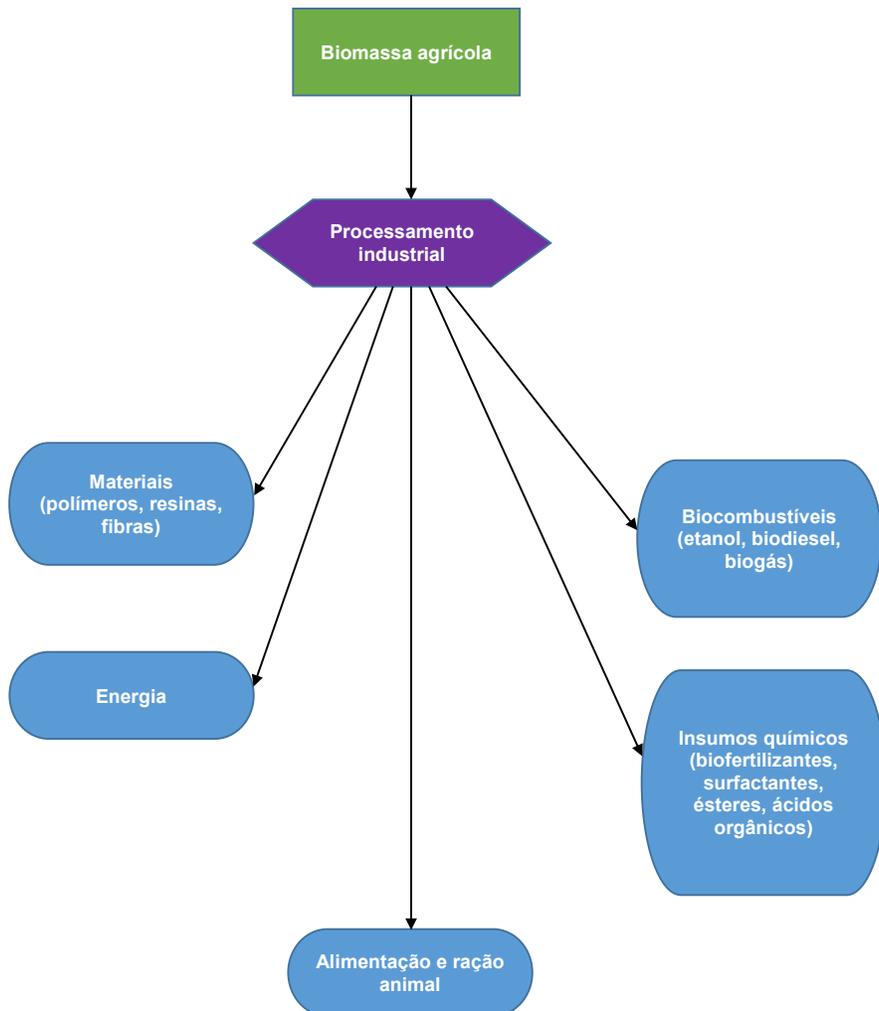


Figura 1. Produtos que podem ser obtidos a partir da biomassa agrícola por meio de seu processamento industrial, como o físico (ex.: corte, moagem), o químico (ex.: esterificação), o termoquímico (ex.: combustão) e o bioquímico (ex.: fermentação).

Podemos observar que, para todos os produtos destacados na Figura 1, seus processos podem gerar resíduos no estado líquido, sólido ou gasoso. Exemplos desses resíduos são:

- Líquidos do meio reativo com potenciais poluentes, gerados na produção de insumos químicos.
- Gás (CO₂) do processo de combustão, gerado na produção de energia.
- Resíduos sólidos lignocelulósicos, líquidos com alto teor de matéria orgânica, gerados na produção de alimentos e ração animal.
- Líquidos do meio reativo com potenciais poluentes, gerados na produção de biocombustíveis.
- Sólidos, como micropoluentes (por exemplo, microplásticos), gerados na produção de materiais.

Segundo Higashikawa et al. (2010), as características dos resíduos vegetais variam conforme as espécies vegetais, os tecidos vegetais e as propriedades químicas e físicas do solo, mas, geralmente, são mais pobres em nutrientes do que os resíduos animais ou os resíduos de esgotos municipais.

Em relação à geração anual global de resíduos da produção de biomassa de origem agrícola e do processamento desta, Tripathi et al. (2019) a estima na ordem de 140 Gt e apresenta significativos problemas de manejo, pois a biomassa descartada pode ter impactos ambientais negativos. Bentsen e Felby (2010) determinaram o potencial de resíduos de biomassa agrícola vegetal para os quatro principais países produtores agrícolas, de acordo com suas quantidades geradas:

- China: 716 Mt
- Estados Unidos da América: 682 Mt
- Índia: 605 Mt
- Brasil: 451 Mt

Esses países são os principais produtores mundiais de produtos agropecuários, com um comércio bem estabelecido no nível nacional e

internacional. Além disso, a quantidade total de 2,454 Gt desses quatro países nos dá uma ideia da enorme geração de resíduos de fontes agroindustriais a serem tratadas e aproveitadas, a fim de garantir a ausência de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. Tais resíduos podem ser utilizados como matéria-prima para diversos produtos, desde energia a insumos químicos, conforme a Figura 1.

A Tabela 1 apresenta a produção agrícola mundial de 7,26 Gt. Os cereais constituem a classe principal, com uma produção de, aproximadamente, 2,96 Gt, o que indica sua relevância na alimentação humana e animal.

Tabela 1. Produção agrícola mundial no ano de 2018, dividida por classes de produtos.

Item	Produção em gigatoneladas (Gt)
Cereais	2.962.867.626
Verduras	1.088.839.427
Frutas, exceto as cítricas	867.774.832
Raízes e tubérculos	832.131.696
Frutas cítricas	152.448.800
Sementes comestíveis de plantas leguminosas	92.277.859
Nozes	18.399.741

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (2020).

A Tabela 2 apresenta a produção de produtos obtidos do processamento de grandes culturas agrícolas globais, com uma posição destacada para a cevada utilizada na produção de cerveja (180, 3 Mt), seguida pelo açúcar (176, 9 Mt).

Tabela 2. Produtos do processamento de culturas agrícolas no ano de 2014.

Item	Produção em megatoneladas (Mt)
Cerveja de cevada	180.332.523
Açúcar bruto centrifugado	176.938.569
Melados	60.965.075
Óleo de palma	57.328.872

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Item	Produção em megatoneladas (Mt)
Semente de algodão	46.988.046
Óleo de soja	45.704.551
Vinho	29.105.841
Fibra de algodão	26.156.675
Óleo de colza	25.944.831
Margarina	14.199.002
Óleo de palmiste	6.602.838
Óleo de algodão	5.036.141
Óleo de amendoim	5.031.479
Óleo de milho	3.189.137
Óleo de coco	3.106.474
Óleo (azeite) de oliva virgem	3.050.390
Óleo de gergelim	1.634.327
Óleo de linhaça	686.498
Óleo de girassol	100.751

A agroindústria tem como objetivo transformar as matérias-primas da pecuária, aquicultura, silvicultura e agricultura, a fim de prolongar sua disponibilidade e valor. Isso ocorre porque a agroindústria consiste em um ambiente físico equipado para a preparação e transformação de matérias-primas agrícolas.

Na agroindústria, tudo deve ser configurado para agregar valor ao produto final. Por exemplo, no caso dos alimentos, mantendo suas características originais ou melhorando-as, como um aumento no prazo de validade sem reduzir a sua qualidade. Assim, de forma resumida e simplificada, a agroindústria pode ser entendida como o processo de industrialização de produtos do setor agrícola.

De acordo com a FAO (2020), destacam-se como exemplos de produtos industrializados das Américas:

- América do Norte: destaca-se a cerveja de cevada com 24,5 Mt.

- América Central: destaca-se o açúcar bruto centrifugado, com 11,6 Mt.

América do Sul: também se destaca o açúcar bruto centrifugado, com 45,5 Mt.

Desse modo, temos uma ideia da grande quantidade gerada e da disponibilidade de resíduos agroindustriais no continente americano. No entanto, as quantidades podem variar de acordo com fatores como clima, economia, epidemia e pandemia, entre outros não descritos aqui.

Assim, a enorme produção agrícola global gera também uma enorme produção de biomassa residual, por meio de seus sistemas de cultivo e de processamento.

A Tabela 3 apresenta os resíduos e as emissões gasosas globais provenientes de certas culturas agrícolas, destacando os resíduos gerados pela aplicação de nutrientes – o trigo é a principal fonte desse resíduo com 9,9 Gt, seguido pelo milho com 9,3 Gt.

Tabela 3. Resíduos agrícolas e emissões globais do ano de 2017.

Classe	Cultura	Unidade	Valor
Resíduos de nutrientes	Cevada	kg	1.821.137.638
Emissões (N ₂ O)	Cevada	Gg	35
Emissões (CO ₂ eq)	Cevada	Gg	10.867,6
Resíduos de nutrientes	Feijão (matéria seca)	kg	431.367.614
Emissões (N ₂ O)	Feijão (matéria seca)	Gg	8,3
Emissões (CO ₂ eq)	Feijão (matéria seca)	Gg	2.574
Resíduos de nutrientes	Milho	kg	9.286.749.653,8
Emissões (N ₂ O)	Milho	Gg	178,8
Emissões (CO ₂ eq)	Milho	Gg	55.418,7
Resíduos de nutrientes	Milheto	kg	344.942.463,2
Emissões (N ₂ O)	Milheto	Gg	6,6
Emissões (CO ₂ eq)	Milheto	Gg	2.058,4
Resíduos de nutrientes	Aveia	kg	291.636.160,7
Emissões (N ₂ O)	Aveia	Gg	5,6

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Classe	Cultura	Unidade	Valor
Emissões (CO ₂ eq)	Aveia	Gg	1.740,3
Resíduos de nutrientes	Batata	kg	801.639.371,3
Emissões (N ₂ O)	Batata	Gg	15,4
Emissões (CO ₂ eq)	Batata	Gg	4.783,8
Resíduos de nutrientes	Arrozal	kg	9.155.085.230,1
Emissões (N ₂ O)	Arrozal	Gg	176,2
Emissões (CO ₂ eq)	Arrozal	Gg	54.631
Resíduos de nutrientes	Centeio	kg	149.673.281,4
Emissões (N ₂ O)	Centeio	Gg	2,9
Emissões (CO ₂ eq)	Centeio	Gg	893,2
Resíduos de nutrientes	Sorgo	kg	821.650.763,1
Emissões (N ₂ O)	Sorgo	Gg	15,8
Emissões (CO ₂ eq)	Sorgo	Gg	4.903,2
Resíduos de nutrientes	Soja	kg	4.523.479.877,7
Emissões (N ₂ O)	Soja	Gg	87,1
Emissões (CO ₂ eq)	Soja	Gg	26.993,9
Resíduos de nutrientes	Trigo	kg	9.895.078.429,6
Emissões (N ₂ O)	Trigo	Gg	190,5
Emissões (CO ₂ eq)	Trigo	Gg	59.048,9

Fonte: FAO (2020)

As emissões de gases (CO₂ e N₂O) e a aplicação de nutrientes (por exemplo, fertilizantes nitrogenados) são as principais fontes de resíduos gerados pelo cultivo agrícola.

Infelizmente, a mesma Organização das Nações Unidas não apresentou a quantidade de resíduos lignocelulósicos gerados a partir da produção agrícola e do processamento agroindustrial, pois estes constituem a principal fonte de resíduos da biomassa vegetal.

Principais tipos de biomassa vegetal para processamento agroindustrial

Além do uso de biomassa agrícola para alimentos e rações, a necessidade de desenvolver produtos industriais renováveis para a química industrial, como substitutos do petróleo, tem se mostrado um desafio estratégico para o século 21 e uma oportunidade para a biomassa agrícola de uso agroindustrial, especialmente para os seus resíduos e coprodutos.

Nesse contexto, o uso de diferentes tipos de biomassa vegetal pode ser consolidado como alternativa de uso de matérias-primas mais baratas e menos poluentes, em detrimento daquelas de fontes não renováveis e com elevado potencial poluidor, e também como modelo de agregação de valor econômico às cadeias agroindustriais, como as da soja, da cana de açúcar, do milho, das florestas, entre outras. Essa linha de ação pode, acima de tudo, contribuir para a sustentabilidade de uma ampla gama de produtos químicos, especialmente produtos químicos orgânicos, como, por exemplo: ácidos orgânicos, ésteres, álcoois, açúcares, fenólicos, monômeros e polímeros, amplamente utilizados na sociedade atual.

A alta heterogeneidade e uma conseqüente grande complexidade química da biomassa vegetal a tornam matéria-prima para vários produtos finais, como energia, alimentos, produtos químicos e materiais. Podemos destacar quatro tipos de biomassa vegetal de grande interesse econômico e para as quais voltamos nossa atenção: oleaginosas, sacarídeas (ou açucaradas), amiláceas e lignocelulósicas.

Biomassa oleaginosa

A biomassa oleaginosa é aquela que possui ácidos graxos superiores e seus ésteres armazenados em sementes ou grãos, com os ácidos graxos possuindo cadeias de diferentes tamanhos e número de insaturações (lipídios). Soja (*Glycine max*) e palma de óleo (*Elaeis guinensis*) são exemplos de espécies de plantas oleaginosas. A composição química de óleos extraídos de algumas dessas plantas é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Composição química, em % m/m, de óleos extraídos da biomassa oleaginosa (Gunstone, 2004).

Planta	Ácido palmítico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido linoleico	Triacilgliceróis
Palma	44	4	39	10	3
Soja	11	4	23	8	1

As plantas oleaginosas são usadas como matéria-prima para os seguintes produtos agroindustriais:

- Óleo de cozinha obtido da extração.
- Matéria-prima para as indústrias agroquímicas e químicas.
- Matéria-prima para biodiesel.

Biomassa sacarídica

A biomassa sacarídica é aquela em que a principal fonte de açúcar é a sacarose, que é um dissacarídeo formado por glicose e frutose, sendo esta última seus monossacarídeos constituintes, que são hexoses (C6). A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e o sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) são exemplos de sacarídeas. A Tabela 5 apresenta a composição química do caldo extraído de algumas delas.

Tabela 5. Composição química, em % m/m, do caldo extraído da cana-de-açúcar (Faria et al., 2011) e do sorgo sacarino (Mamma et al., 1995).

Planta	Sacarose	Glicose	Ácidos orgânicos
Cana-de-açúcar	85,3	-	24
Sorgo sacarino	14,8	1,5	-

Sacarídeas ou plantas açucaradas são usadas como matéria-prima para os seguintes produtos agroindustriais:

- Açúcar (sacarose).
- Etanol.

- Matéria-prima para as indústrias químicas (sucroquímica e, posteriormente, alcoolquímica).
- Matéria-prima para polímeros renováveis.

Biomassa amilácea

A biomassa amilácea tem esse nome porque seu principal constituinte químico é o amido, que é um polímero – polissacarídeo – cujo monômero é a glicose, que é uma hexose ou açúcar de seis carbonos (C6), também chamado monossacarídeo. O milho (*Zea mays*) é uma biomassa amilácea. Na Tabela 6 é apresentada a composição química de algumas delas.

Tabela 6. Composição química, em % m/m, da farinha de milho (Sandhu et al., 2007), da polpa de mandioca (Charles et al., 2005) e da batata (Liu et al., 2007).

Planta	Amido	Proteína	Fibra	Outros
Milho (farinha do grão)	90,1	6,5	0,52	1,99 (lipídeos)
Mandioca (polpa)	83,8	1,5	2,5	0,2 (lipídeos)
Batata (polpa)	71,5	8,6	5,4	-

Assim como as plantas sacarídeas ou açucaradas, as plantas amiláceas são usadas como matéria-prima para os seguintes produtos agroindustriais:

- Açúcar (glicose).
- Etanol.
- Matéria-prima para as indústrias químicas.
- Matéria-prima para polímeros renováveis.

Biomassa lignocelulósica

A biomassa lignocelulósica é a mais abundante em comparação às outras já tratadas, pois é formada por celulose, hemicelulose e lignina, que são os três componentes da parede celular e da estrutura morfológica das plantas – celulose e hemicelulose são polímeros polissacarídicos, e

a lignina é uma macromolécula fenólica. Bagaço, palha e madeira são biomassas lignocelulósicas. A Tabela 7 apresenta a composição química de algumas delas.

Tabela 7. Composição química, em % m/m, de biomassas lignocelulósicas (Vassilev et al., 2012).

Biomassa	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Palha de cevada	48,6	29,7	21,7
Sabugo de milho	48,1	37,2	14,7
Gramas	34,2	44,7	21,1
Bagaço de cana-de-açúcar	42,7	33,1	24,2
Casca de arroz	43,8	31,6	24,6
Palha de trigo	44,5	33,2	22,3
Madeira de eucalipto	52,7	15,4	31,9

As plantas lignocelulósicas são usadas como matéria-prima para os seguintes produtos agroindustriais:

- Energia por combustão (cogeração).
- Matéria-prima para polímeros renováveis.
- Celulose e seus derivados.
- Lignina e seus derivados.
- Açúcares de celulose (glicose) e hemicelulose (xilose).

É a principal fonte de resíduos agrícolas devido ao fato de todas as plantas serem constituídas por lignina, celulose e hemicelulose.

Resíduos agroindustriais como matéria-prima renovável e sustentável

Na atualidade, a agricultura é cada vez mais pressionada a tornar-se mais produtiva e sustentável, com redução de seus impactos negativos ao meio ambiente e aumento de seus impactos positivos na sociedade e na economia.

Esses são desafios e, ao mesmo tempo, oportunidades para novos sistemas de produção e de processamento.

- No que diz respeito às abordagens modernas para a indústria de processamento, a química verde surge na década de 1990 em países como Estados Unidos e Inglaterra, se espalhando muito rapidamente pelo mundo como uma nova filosofia na academia e na indústria para quebrar velhos paradigmas da química, como grande geração de resíduos e uso intensivo de petroquímicos, por meio de uma visão holística dos processos em laboratórios e indústrias (Anastas e Kirchoff, 2002). Essa abordagem, descrita em 12 princípios, propõe considerar, entre outros aspectos, a redução da geração de resíduos, a economia atômica – obtida pelo menor uso de reagentes – e energética e o uso de matérias-primas renováveis (Anastas e Warner, 1998). No caso da biomassa vegetal, o sétimo princípio – uso de matérias-primas renováveis – se destaca como uma grande oportunidade para segmentos relacionados à indústria química e à agroindústria em todo o mundo. Um exemplo de segmentos de mercado que podem ser impactados positivamente pelos princípios da química verde e pelo uso de biomassa como matéria-prima são (Vaz Jr., 2018):
- Polímeros e materiais para várias aplicações, como os plásticos verdes.
- Produtos químicos, como monômeros para a produção dos já citados plásticos verdes.
- Produtos farmacêuticos, cosméticos e produtos de higiene, como o xilitol, utilizado nas indústrias farmacêutica e cosmética; e a glicerina, usada na produção de sabonetes.
- Produtos químicos finos, como agroquímicos (ex.: fertilizantes e pesticidas de liberação lenta) e especialidades (ex.: biolubrificantes).
- Combustíveis e energia.

Desse modo, observa-se uma busca pela sustentabilidade dos processos e dos produtos das cadeias de produção. A Nações Unidas (2020) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para promover o crescimento global sustentável (Figura 2). O objetivo 2 (fome zero) está

intimamente relacionado à agricultura e à segurança alimentar; de acordo com esse objetivo, “é necessária uma mudança profunda no sistema global de alimentos e da agricultura para alimentar os 815 milhões de pessoas que estão com fome hoje e os 2 bilhões de pessoas adicionais que deverão estar subnutridos até 2050”. Assim, a agricultura tem a responsabilidade primordial de encontrar maneiras de fornecer alimentos para essa demanda crescente nos próximos anos. Ao mesmo tempo, também é fundamental a criação de abordagens e estratégias para reduzir os impactos associados à produção agrícola que possam ser considerados prejudiciais ao meio ambiente.



Figura 2. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Fonte: Nações Unidas (2020).

Cabe ressaltar que o suprimento global de biomassa vegetal compreende 11,4 Gt ano⁻¹ em matéria seca (Bos et al., 2017). No entanto, a quantidade e a qualidade dependem do sistema de plantio e da produção agroindustrial em cada país, o que determina uma necessidade de padronização do mercado, com a aplicação de indicadores para os três tipos de impactos – ou pilares – que definem a sustentabilidade, como:

- Impactos econômicos: uso de recursos naturais, gestão ambiental e prevenção da poluição aplicada ao ar, água, terra e resíduos.

- Impactos sociais: padrão de vida, educação, comunidade, igualdade de oportunidades.
- Impactos econômicos: lucro, economia de custos, crescimento econômico, pesquisa e desenvolvimento.

Economia circular e bioeconomia

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2018), “bioeconomia se refere ao conjunto de atividades econômicas relacionadas à invenção, desenvolvimento, produção e uso de produtos e processos biológicos”. Dito isto, é fácil notar que a bioeconomia possui um amplo escopo e sua aplicabilidade na agricultura e agroindústria é óbvia. Além disso, a bioeconomia está alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas já mencionados (Nações Unidas, 2020), devido à promoção de cadeias de valor sustentáveis baseadas em recursos renováveis.

Novas oportunidades decorrentes do modelo de bioeconomia são amplamente encontradas na manufatura, bioquímica e agricultura; porém, as estratégias de exploração também devem incluir inovações aceleradas para segurança alimentar e para a proteção de recursos naturais (von Braun, 2018).

Em geral, uma estratégia para explorar a agricultura e a agroindústria de acordo com a bioeconomia poderia levar em consideração os seguintes tópicos:

- Bioprodutos e biorrefinarias: refere-se ao fornecimento de produtos resultantes da conversão de biomassa e seus resíduos a biocombustíveis, materiais, energia, etc.
- Química e tecnologia da biomassa: refere-se ao fornecimento de biomassa em bases renováveis e ao desenvolvimento de processos industriais de transformação.
- Produção e uso de biomassa: refere-se ao uso mais eficiente da biomassa disponível.

- Energia renovável: refere-se ao fornecimento de produtos relacionados a partir de fontes renováveis.
- Mudança climática: considera alternativas ou estratégias mais promissoras de redução do aquecimento global e adaptação a tais mudanças, como redução nas emissões de gases do efeito estufa.
- Segurança alimentar e nutricional: considera o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, sem comprometer o acesso a outras necessidades.
- Uso e exploração de recursos naturais: considera obter benefícios do uso de recursos naturais.
- Avaliação de recursos naturais e serviços ecossistêmicos: considera os benefícios ambientais resultantes de intervenções humanas na dinâmica dos ecossistemas.
- Transversal para a bioeconomia: apresenta questões relacionadas ao investimento, ao marco regulatório e ao mercado e é considerado importante para o desenvolvimento e aplicação do conceito ou modelo.

A economia circular, por sua vez, é definida pelo Parlamento Europeu (2018) como

um modelo de produção e consumo, que envolve o compartilhamento, arrendamento, reutilização, reparo, reforma e reciclagem de materiais e produtos existentes o maior tempo possível. Dessa forma, o ciclo de vida dos produtos é estendido. Na prática, implica reduzir ao mínimo o desperdício. Quando um produto chega ao fim de sua vida útil, seus materiais são mantidos na economia sempre que possível. Eles podem ser usados produtivamente repetidamente criando, assim, mais valor.

O uso do conceito de economia circular para resíduos de biomassa pode envolver:

- Redução na geração de resíduos, por meio do uso de todos os subprodutos e/ou coprodutos gerados durante o processamento.

- A criação de novas cadeias de valor a partir do aproveitamento de resíduos.

Quando juntamos esses dois conceitos – bioeconomia e economia circular –, podemos entender melhor todas as implicações econômicas, sociais e ambientais das cadeias de biomassa agroindustriais, a fim de obter mais lucros aliados à sustentabilidade de produtos e processos. Essa abordagem é ilustrada na Figura 3.

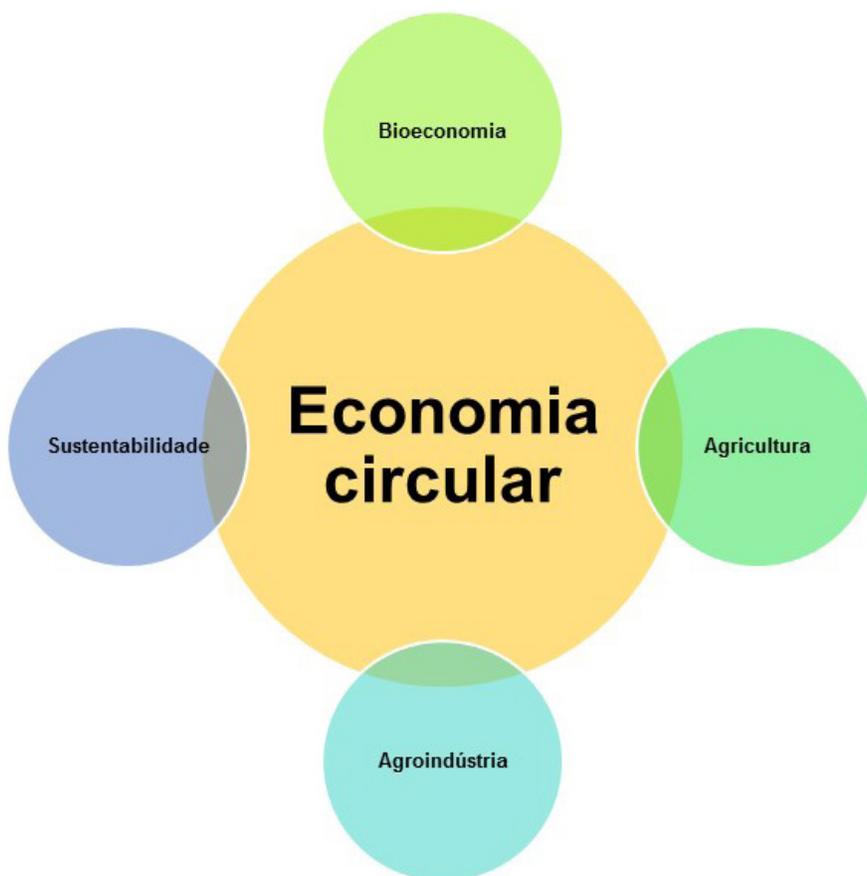


Figura 3. A relação – e extensão – da economia circular com a produção e processamento da biomassa.

Conclusões

O desenvolvimento agrícola é uma das ferramentas mais poderosas para acabar com a pobreza extrema, aumentar a prosperidade compartilhada e alimentar 9,7 bilhões de pessoas até 2050.

No entanto, essa mesma produção de biomassa gera 140 Gt de resíduos com uma composição química heterogênea e em diferentes estados físicos que necessitam das melhores abordagens e práticas técnicas e econômicas para reduzir seu impacto ao meio ambiente e à saúde pública.

Essa enorme quantidade de resíduos pode gerar oportunidades para seu uso como matéria-prima industrial renovável, de acordo com conceitos de química verde, bioeconomia e economia circular, em estreita colaboração com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Referências

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green chemistry**: theory and practice. New York, NY: Oxford University Press, 1998. 152 p.

ANASTAS, P. T; KIRCHHOFF, M. M. Origins, current status and future challenges of green chemistry. **Accounts of Chemical Research**, v. 35, p. 686-694, 2002.

ATUALIDADE - PARLAMENTO EUROPEU. **Economia circular**: definição, importância e benefícios. Disponível em: <<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios>>. Acesso em: 14 de maio 2020.

BANCO MUNDIAL. **Agriculture and food**: home. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>>. Acesso em: 14 de maio 2020.

BENTSEN, N. S.; FELBY, C. **Technical potentials of biomass for energy services from current agriculture and forestry in selected countries in Europe**. The Americas and Asia. Forest & Landscape, University of Copenhagen, 2010. 31 p. (Working Papers / Forest & Landscape; n. 55).

BOS, H.; ANNEVELINK, B.; van REE, R. **The role of biomass, bioenergy and biorefining in a circular economy**. Wageningen: Wageningen University & Research - IEA workshop, 2017. Disponível em: <https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/9/1/0/64005b9b-e395-497e-b56f-8c145fdcf18d_D5%20The%20role%20of%20Biomass%20Bioenergy%20and%20Biorefining%20in%20a%20Circular%20Economy%20-%20Paris%20meeting%20-%20version%20170105.pdf/>. Acesso em: 14 maio de 2020.

CHARLES, A. L.; SRIROTH, K.; HUANG T-C. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **Food Chemistry**, v. 92, p. 615-620, 2005.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Faostat**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD>>. Acesso em: 14 de maio 2020.

FARIA, S.; PETKOWICZ, C. L. O.; DE MORAIS, S. A. L.; TERRONES, M. G. H.; DE RESENDE, M. M.; DE FRANÇA, F. P.; CARDOSO, V. L. Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, p. 469-476, 2011.

GUNSTONE, F. D. **The chemistry of oils and fats: sources, composition, properties and uses**. Blackwell, Oxford, 2004.

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1743-1752, 2010.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Gold book**. Disponível em: <<https://goldbook.iupac.org/terms/view/B00660>>. Acesso em: 14 de maio 2020.

LIU, Q.; TARN, R.; LYNCH, D.; SKJODT, N. M. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. **Food Chemistry**, n. 105, p. 897-907, 2007.

MAMMA, D.; CHISTAKOPOULOS, P.; KOULLAS, D.; KEKOS, D.; MACRIS, B. J.; KOUKIOS, E. An alternative approach to the bioconversion of sweet sorghum carbohydrates to ethanol. **Biomass and Bioenergy**, v. 8, p. 99-103, 1995.

NAÇÕES UNIDAS. 17 objetivos para transformar o mundo - 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 14 de maio 2020

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO (OCDE). **Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy**. 2018. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/policy-challenges-facing-a-sustainable-bioeconomy-9789264292345-en.htm>>. Acesso em: 14 de maio 2020.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; MALHI, N. S. Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapatti-making property of flours. **Food Chemistry**, v. 101, p. 938-946, 2007.

TRIPATHI, N.; HILLS, C. D.; SINGH, R. S.; ATKINSON, C. J. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. **Nature NPJ / Climate and Atmospheric Science**, n. 35, 2019.

VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L. K.; VASSILEVA, C. G.; MORGAN, T. J. (2012) An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. **Fuel**, v. 94, p. 1-33, 2012.

VAZ JUNIOR, S. (Ed.) (Ed.). **Biomass and green chemistry: building a renewable pathway**. Cham: Springer, 2018. 248 p.

von BRAUN, J. Bioeconomy: the global trend and its implications for sustainability and food security. **Global Food Security**, v. 19, p. 81, 2018.

