DESUWOW

Desenvolvimento de Competências Profissionais para o uso de Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos Orgânicos na Agricultura

2020-1-UK01-KA202-079054

IO2

Agradecimentos
Este documento recebeu financiamento da Comissão Europeia ao abrigo do Grant Agreement- 2020-1-UK01-KA202-079054, Projeto de Parceria Estratégica ERASMUS+ (ERASMUS + Strategic Partnership Project) "DEvelopment of professional Skills for the use of Urban solid Wastes and Organic Wastes in agricultural".

Isenção de responsabilidade
"O apoio da Comissão Europeia para a produção desta publicação não constitui um endosso ao conteúdo que reflete apenas as opiniões dos autores, a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações aí contidas".

Aviso de direitos autorais
© 2020 - 2022 Consórcio DESUWOW

CONTEÚDOS

Capítulo 1 - Da Biomassa à Energia 7
- **Introdução** 7
- **Enquadramento** 7
- **Biomassa** 8
- **A importância da biomassa** 9
- **Sustentabilidade na Utilização de Biomassa** 9
  - **Impacto Ambiental** 10
  - **Impacto Económico** 10
  - **Impacto Social** 11

Capítulo 2 - Recursos e Abastecimento de Biomassa 14
- **Introdução** 14
- **Recursos de Biomassa** 14
  - **Madeira e subprodutos agrícolas** 14
  - **Resíduos** 15
- **Avaliação da Biomassa** 15
  - **Quantidade disponível** 16
    - **Avaliação florestal** 16
    - **Resíduos agrícolas** 17
    - **Culturas energéticas** 18
    - **Outros recursos de biomassa** 19
  - **Abordagem económica** 19
    - **Abordagem do custo da quantidade** 19
    - **Abordagem à Curva de Fornecimento** 20
    - **Abordagem aos custos-base de fornecimento** 20
- **Dados dos recursos de Biomassa** 20

Capítulo 3 – Utilização da Biomassa 23
- **Introdução** 23
- **Utilização da biomassa** 23
- Métodos de Pré-Tratamento de Biomassa 24
  - Pré-tratamento de extrusão 24
  - Pré-tratamento ácido 25
  - Pré-tratamento alcalino 25
  - Pré-tratamento com solventes orgânicos 26

Pré-tratamento líquido iónico 26
Pré-tratamento da explosão de vapor 27
Pré-tratamento de explosão de fibra de amoníaco (AFEX) 28
Pré-tratamento de água quente líquida 28
Pré-tratamento biológico 29
Métodos de Conversão de Biomassa 29
Combustão direta 29
Gasificação 30
Pirólise 30
Digestão Anaeróbia 31
Liquefação 31
Liquefação indireta 31
Liquefação Direta 32
Hidrólise - Liquefação de fermentação 32
Liquefação termodinâmica 32
Pirólise 32
Hidrotermal 33
Capítulo 4 – Bionergia - Processos de Conversão 35
Introdução 35
Bioenergia 35
Biocombustível 35
Biogás 36
Fluxo de Produção de Bioenergia 36
Produção de Energia e Calor 37
Produção de Biocombustíveis 39
Biodiesel 39
Utilização direta (diluição) ou mistura 39
Pirólise 40
Micro-emulsificação 40
Transesterificação 41
Trasesterificação Ácida Catalisada 41
Transesterificação Alcalina 42
Transesterificação Catalisada por Lipase 43
Transesterificação Catalisada com Líquido Iónico 44
Bioetanol 44
Processo de Produção de Bioetanol 45

Processo de pré-tratamento 45
Pré-tratamento tradicional 46
Pré-tratamento avançado 46
Hidrólise 46
Processo de fermentação 47
Processo de fermentação de lotes 47
Processo de Fermentação Contínua 47
Processo de fermentação de Fed-Batch (Lote-alimentado) 48
Hidrólise e Fermentação Separadas (SHF) 48
Sacarificação e Fermentação Simultânea (SSF) 48
Sacarificação e Co-fermentação simultâneas (SSCF) 48
Bioprocessamento Consolidado (CBP) 49
Produção de Biogás 49
Processo de pré-tratamento 49
Métodos de pré-tratamento físico 50
Método de pré-tratamento térmico 50
Métodos de pré-tratamento químico 50
Método de pré-tratamento biológico 50
Métodos combinados de pré-tratamento 51
Tecnologias de Digestão Anaeróbia 51
Capítulo 5 - Processos de Desenvolvimento de Projetos de Biomassa 55
Introdução 55
Conceito de projeto de biomassa-para-energia 55
Fases do Projeto 56
Fase de Preparação 57
1. Ideia do Projeto 57
2. Estudo prévio de viabilidade 57
3. Estudo de Viabilidade 58
4. Contratos e Financiamentos 59
Implementação do Projeto 59
Desenvolvimento de Projetos 60
1. Identificação do local 60
2. Fornecimento e Recursos de Biomassa 61
3. Considerações Técnicas 61
4. Implementação e Manutenção de Projetos 62

5. Legislação 62
6. Economia e Financiamento do Projeto 62
Capítulo 6 - Aspetos Comerciais da Energia produzida a partir da Biomassa 64
Introdução 64
Enquadramento 65
Acordos de fornecimento de biomassa 65
Contratos de Aquisição de Energia (CAE) 67
Acordo de fornecimento de vapor/calor 68
Acordo para a eliminação de resíduos e bio-resíduos 68
Capítulo 7 - Avaliação Económica 70
Introdução 70
Enquadramento 70
Análise Financeira 71
1. Capital de custo médio ponderado (WACC) 72
2. Receitas 72
3. Custo do fornecimento da biomassa 72
4. Despesas de Capital (CAPEX) 72
5. Vida útil económica 73
Análise Económica 73
1. Benefícios e Custos Económicos Locais 73
2. Benefícios e Custos Económicos Públicos 74
Capítulo 8 - Avaliação Ambiental e Social 76
Introdução 76
Enquadramento 76
Avaliação Ambiental 78
1. Água 78
2. Biodiversidade 79
3. Solo e Terra 80
4. Ar 81
Avaliação socioeconómica 82

Capítulo 1 - Da Biomassa à Energia

Introdução

Este capítulo fornecerá alguns conhecimentos e informações relacionados com a biomassa e a sua conversão em energia. Apesar da biomassa ser proveniente de fontes sustentáveis, ainda é necessário compreender como convertê-la de forma sustentável. Este capítulo faz uma introdução ao conceito de biomassa e a todos os processos envolvidos no sistema e gestão de projetos.

Alguns objetivos deste capítulo:

- Compreender o que é a biomassa e as suas fontes em geral
- Compreender a importância da conversão da biomassa em energia
- Compreender o conceito geral da biomassa-energia
- Compreender a abordagem de sustentabilidade na conversão de biomassa

Enquadramento

O pacote Fit-for-55 da Comissão Europeia é uma série de propostas legislativas para cumprir o objetivo climático da União Europeia, para a redução de 55% das emissões até 2030. Nesta proposta consta um objetivo mais exigente, visando o apoio à expansão das energias renováveis. Além disso, a União Europeia (UE) estabeleceu metas ambiciosas em termos de clima e energia para 2030, incluindo uma meta a nível da UE para todos e estados membros onde as energias renováveis deverão representar 32% a 40% do consumo final de energia.

Em 2020, a quota de energia renovável da União Europeia é de 21,3% (Agência Europeia do Ambiente, 2021). De acordo com a Agência Europeia do Ambiente, este número significa que a UE atingiu a meta de 20% definida para 2020. Não obstante, a melhoria constante e o progresso na produção de energias renováveis são necessários para cumprir com o novo objetivo do consumo final de energia para renováveis 40% em 2030. De acordo com a *Energy Factsheet* da UE, 75% das emissões totais de gases com efeito de estufa na UE provêm do sector energético, pelo que, com o aumento da produção de energia renovável, se reduzirão as emissões de GEE.

Os critérios reforçados da bioenergia sustentável, em conformidade com a Estratégia da UE para a Biodiversidade até 2030, são:

- Proibir o abastecimento de biomassa para produção de energia a partir de florestas primárias, turfeiras e zonas húmidas
- Impedimento de apoio ao uso de biomassa florestal em instalações apenas elétricas a partir de 2026

- Proibir incentivos financeiros nacionais para a utilização de troncos, ramos e raízes para produção energética.
- Exigir o cumprimentos com limites de emissões de GEE em todas as instalações de calor e energia de biomassa
- Aplicar os critérios de sustentabilidade da UE a instalações de calor e de energia mais pequenas (iguais ou superiores a 5MW)

Biomassa

A biomassa é orgânica e é constituída por material proveniente de organismos vivos, como plantas e animais. A biomassa provém de diversos recursos incluindo os resíduos da indústria madeireira, das culturas energéticas, da agricultura e dos efluentes agroalimentares, da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, dos resíduos domésticos e das lamas de águas residuais provenientes de estações de tratamento de águas residuais.

A biomassa proveniente da **agricultura** pode incluir resíduos de culturas, bagaços, resíduos de animais, culturas energéticas, etc. Já da **silvicultura** pode incluir resíduos de exploração madeireira, subprodutos da transformação de madeira, licor negro da indústria da pasta e do papel, madeira de combustível, etc. **Outros tipos de resíduos biológicos** podem incluir resíduos alimentares, resíduos da indústria alimentar, a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e domésticos.

A utilização da biomassa para a energia (bioenergia) deve ser produzida, processada e utilizada de forma sustentável e eficiente, a fim de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e manter os serviços dos ecossistemas. A utilização da biomassa, para fins energéticos, deve ser implementada sem causar desflorestação ou degradação de habitats e perda de biodiversidade. O desempenho ambiental de uma cadeia e processos de bioenergia depende muito dos diferentes passos do caminho, desde o cultivo e colheita de matérias-primas, ao processamento, conversão e distribuição de portadores de bioenergia, até ao consumo final de energia. Por conseguinte, a sustentabilidade deve ser avaliada caso a caso.

O desempenho ambiental de uma cadeia de valor e processos de bioenergia depende muito de todas as etapas, desde o cultivo e colheita de matérias-primas, até à transformação, conversão e distribuição de transportadores de bioenergia, até ao consumo final de energia. Assim, a sustentabilidade deve ser avaliada caso a caso.

A importância da biomassa

A biomassa tem características versáteis que podem ser aplicadas a várias aplicações, tais como calor, eletricidade e combustíveis. À medida que a biomassa gerada a partir de fontes renováveis, tornará a utilização da biomassa mais sustentável. Se a produção de biomassa for implementada de forma sustentável, este sistema contribui fortemente para a neutralidade carbónica.

A bioenergia pode desempenhar um papel importante na consecução das metas da UE em termos de energias renováveis até 2030 e não só. As oportunidades de aumentar a utilização da bioenergia são vistas, por exemplo, no domínio, utilizando resíduos agrícolas, subprodutos e resíduos.

A biomassa é também uma das fontes importantes que podem ser utilizadas como recurso de energia renovável que pode apoiar os Acordos Verdes da União Europeia. Em 2017, a Comissão Europeia divulgou um relatório final sobre a utilização sustentável da biomassa para a energia na UE. Em 2021, a Comissão Europeia propôs uma revisão da diretiva das energias renováveis para reforçar os critérios de utilização da biomassa na energia. Há metas que visam atingir a nível nacional como segue (Comissão Europeia, 2021):

- Edifícios, uma nova referência de 49% de energias renováveis até 2030
- Indústria, um novo referencial que visa um aumento anual de 1,1 pontos percentuais na utilização das energias renováveis
- Aquecimento e arrefecimento, o aumento anual indicativo de 1,1 pontos percentuais face ao existente e vinculando os Estados-Membros, em top-ups nacionais indicativos específicos
- Aquecimento e arrefecimento distritais, um aumento indicativo anual de 2,1 pontos percentuais na utilização de energias renováveis e calor e frio de resíduos (um aumento face ao atual aumento de 1,0 pontos percentuais)
- No setor dos transportes, a proposta introduz uma meta para reduzir a emissão dos gases com efeito de estufa dos combustíveis de transporte em 13% até 2030.

A utilização avançada e mais sustentável da biomassa para a produção de energia é importante para atingir os objetivos propostos pela Comissão Europeia.

Sustentabilidade na Utilização de Biomassa

A biomassa é uma fonte de energia atraente que está continuamente disponível na Terra. A bioenergia pode tornar-se uma fonte de energia limpa, fiável e sustentável. Além disso, a

bioenergia desempenha um papel fundamental na concretização dos objetivos da UE em termos de clima e energia. No âmbito do Acordo Verde Europeu, a Comissão Europeia levanta as perspetivas de uma maior dependência das fontes de biomassa para a energia – e, consequentemente, da utilização de biomassa. Há alguns impactos relacionados com a produção de bioenergia. Bioenergia pode ajudar a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Além disso, proporcionará benefícios económicos à sociedade, como a criação de novos postos de trabalho e fontes de energia acessíveis. No entanto, a sustentabilidade não se trata apenas da vertente ambiental, mas também dos aspetos sociais e económicos.

Impacto Ambiental

De acordo com o Instituto de Política Ambiental Europeia (2021), a sustentabilidade ambiental é, por isso, entendida no contexto de dois princípios fundamentais:

- O primeiro consiste em reconhecer que a biomassa permite deixar sempre a sua forma viva (para a resiliência dos ecossistemas e para os sumidouros naturais de carbono) como um importante contributo para os objetivos do acordo verde da UE ;
- O segundo princípio assenta emé onde a biomassa é colhida e utilizada, para garantir a proteção dos ecossistemas de onde essa biomassa surge e sem a qual não haveria abastecimento duradouro.

A estimativa do fornecimento de biomassa, devem ser consideradas as seguintes condições na mobilização dos recursos de biomassa de forma sustentável:

- Disponibilidade de terrenos e usos concorrentes dos terrenos, bem como gestão de terras e como intensidade de produção. Devem ser excluídas as áreas dedicadas à produção de alimentos para humanos, animais e fibras.
- Impacto nos ciclos de carbono, removendo a biomassa que de outra forma continuaria a acumular carbono *in situ*.
- Impacto em outros objetivos ambientais (para além da mitigação do clima) através do cultivo e extração de biomassa, como os requisitos de água para o crescimento, ou a perda de nutrientes e estrutura do solo onde os resíduos em excesso são removidos.

A produção de biomassa agrícola pode resultar em impactos negativos nos solos (por exemplo, perda de nutrientes e matéria orgânica do solo, erosão, drenagem de turfeiras), disponibilidade de água (em particular em áreas escassas de água) e biodiversidade. O estudo da Comissão Europeia, realizado em 2013, concluiu que existem "riscos potenciais consideráveis para a sustentabilidade do cultivo de biocombustíveis, nomeadamente riscos para os solos e para a qualidade e disponibilidade de água". A utilização de resíduos agrícolas (por exemplo: palha) também pode causar impactos negativos em solos como a fertilidade e a estrutura, e na biodiversidade se extraídos em quantidades excessivas. Por outro lado, a utilização de resíduos para produzir biogás pode reduzir significativamente o metano e outras emissões. É por isso que o controlo e a regulamentação são importantes para produzir bioenergia.

Impacto Económico

De acordo com a Comissão Europeia (2016), existem alguns impactos na vertente económica com a produção de bioenergia:

- Contribuir para o valor acrescentado bruto - Este impacto positivo no valor acrescentado bruto é uma combinação de:
    - um "efeito de implantação" positivo: o aumento de outras fontes de energia renováveis conduz a mais investimentos e, portanto, a um maior impacto positivo na economia;
    - um "efeito de rendimento" positivo: os postos de trabalho adicionais criados por esta mudança conduzem a um rendimento adicional para as famílias, que é gasto no consumo;
    - um "efeito indireto" negativo: outras fontes de energia renováveis exigem um nível mais elevado de apoio público, quer diretamente através de subsídios, quer através de tarifas. Isto pode ter impacto nos consumidores, se as tarifas dos alimentos para animais lhes forem diretamente transmitidas através de um aumento dos preços da energia, ou se os subsídios forem financiados através de um aumento da tributação: em ambos os casos, o consumo das famílias diminuiria. O aumento do apoio a outras energias renováveis também pode ser disponibilizado, dando menos apoio público a outros sectores, o que também terá um impacto económico negativo.
- Impacto nas pequenas e médias empresas (PME) - As PME e as microempresas estão amplamente representadas na produção e utilização da bioenergia através, nomeadamente, de pequenos proprietários florestais e de pequenas instalações de bioenergia. Na linha de base, as PME do sector florestal poderão ser afetadas por regimes nacionais. No entanto, é pouco provável que essas PME tenham de cumprir vários regimes nacionais, dado o seu provável leque de operações.
- Impacto no desenvolvimento rural - Podem ocorrer impactos positivos no desenvolvimento rural nos casos em que a procura adicional de bioenergia incentiva a colheita mais intensiva das florestas da UE e a utilização de matérias-primas agrícolas da UE (em vez de, por exemplo, aumentar as importações ou desinsumarresíduos industriais de outras utilizações). Esta situação será, na sua maioria, impulsionada pelo mercado e/ou por regimes de subvenção relevantes em cada região. Pode também ser influenciada a nível da UE, por exemplo, o apoio à mobilização de madeira no âmbito dos programas de desenvolvimento rural.
- Impact no mercado interno e comércio intracomuniário
- Impacto no comércio externo - diminuição das importações provenientes de países terceiros para todas as opções
- Inovação e investigação - Embora a bioenergia tenha um importante ângulo de inovação (por exemplo, no que diz respeito aos biocombustíveis avançados para os transportes), é pouco provável que as opções políticas façam uma diferença fundamental na inovação e na investigação, uma vez que os requisitos de sustentabilidade só teriam impacto nas tecnologias bem estabelecidas (isto é, a utilização de biomassa sólida e gasosa para o calor e a energia).

Impacto Social

Os aspetos sociais dos sistemas de bioenergia, de acordo com Segon e Domac (n.d.) podem ser divididos em duas categorias:

- No que diz respeito ao nível de vida - O nível de vida neste caso estava relacionado com o rendimento das famílias, a educação, o ambiente envolvente e os cuidados de saúde,
- Contribuir para o aumento da coesão social e da estabilidade – definem-se em termos de paz e relação comunitária, emprego, estabilidade da população rural, infraestruturas e apoio às indústrias conexas.

Existem alguns impactos na vertente social (ERIA, 2008; CE, 2016):

- Geração de emprego - O emprego na economia da bioenergia é mais significativo no sector da biomassa sólida, onde 306.800 europeus tiveram emprego em 2014. Além disso, 110.350 pessoas trabalhavam no setor dos biocombustíveis, 66.200 no sector do biogás e 8.410 no sector dos resíduos urbanos renováveis. Os impactos no emprego também surgirão em consequência da pequena mudança da bioenergia para outras energias renováveis nas opções políticas, devido à elevada intensidade do trabalho de outras fontes de energia renováveis.
- Benefícios para a saúde - técnicas de utilização da biomassa para cozinhar e aquecer em casa melhorará a qualidade de vida das mulheres e dos lactentes. A redução das incidências de doenças resultará igualmente em benefícios económicos devido à menor hospitalização e aos dias de trabalho perdidos e a menos despesas com cuidados médicos.
- Empoderamento das mulheres - O desenvolvimento da bioenergia tem o potencial de envolver as mulheres na criação de viveiros e na recolha de sementes, o que pode levar ao seu aumento da participação na economia da aldeia.
- Possível melhoria do índice de desenvolvimento humano (IDH) - Tal como indicado anteriormente, prevê-se que o desenvolvimento de programas de bioenergia aumente o nível de emprego, o que melhorará o rendimento dos indivíduos. As pessoas podem usar rendimento para as suas necessidades básicas, como educação, cuidados de saúde e alimentação.

Referências:

Ahmed, i., etc. al., 2021. Impactos socioeconómicos e ambientais da valorização da biomassa: Um impulso estratégico para a bioeconomia sustentável. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/8/4200/htm

Climate-KIC, 2021. Economia material (2021). Utilização da biomassa da UE numa economia líquida-zero - uma correção de curso para a biomassa da UE. ttps://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2021/06/MATERIAL-ECONOMICS-EU-BIOMASS-USE-IN-A-NET-ZERO-ECONOMY-ONLINE-VERSION.pdf

Cristobal, Garcia J., etc. al., 2016. Avaliação da sustentabilidade ambiental das cadeias de valor da bioeconomia. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC96980

Dale, V.H., 2013. Indicadores para avaliar asustentabilidade socioeconómica dos sistemas de bioenergia: Uma lista curta de medidas práticas. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X12003652

Dunmade, I.S., 2019. Potencial análise do impacto do ciclo de vida social da bioenergia dos resíduos domésticos e do mercado nas cidades africanas. https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2019/05/AR2019_Vol17No4_Dunmade.pdf

Cesão europeia da Comis, 2016. Sustentabilidade da Bioenergia. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_impact_assessment_part4_v4_418.pdf

Comissão Europeia, 2018. Uma bioeconomia sustentável para a Europa: o reforço da ligação entre a economia, a sociedade e o ambiente. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/edace3e3-e189-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-149755478

Comissão Europeia, Camia, A., Giuntoli, J., Jonsson, R., et al., 2021. A utilização de biomassa lenhosa para a produção de energia na UE. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7120db75-6118-11eb-8146-01aaa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-228484245

Comissão Europeia, 2021. Factos e números da bioenergia na UE. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/environmental-sustainability-energy-generation-forest-biomass-2021-01-26_en

Instituto de Política Ambiental Europeia, 2021. Relatório político: Biomassa no Acordo Verde da UE. https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/a14e272d-c8a7-48ab-89bc-31141693c4f6/Biomass%20in%20the%20EU%20Green%20Deal.pdf?v=63804370211

Jack, M., & Hall, P., 2010. Florestas em larga escala para a bioenergia: implicações no uso do território, económicas e ambientais. https://www.fao.org/3/i1507e/i1507e06.pdf

Universidade McGill, 2021. Impacto socioeconómico e ambiental da bioenergia. https://www.mcgill.ca/bioenergy/impact

Moosmann, D., Majer, S., & Ugarte, S. et al., 2020. Os pontos fortes e as lacunas da UE paraa avaliação da sustentabilidade dos produtos bio-baseados e da bioenergia. https://energsustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-020-00251-8

NREL, 2021. Análise de Sustentabilidade da Bioenergia. https://www.nrel.gov/bioenergy/sustainability-analysis.html

Ravindranath, N. H., & Rao, K. Usha., 2005.Efeitos Ambientais da Energia da Biomassa e Resíduos Municipais. https://www.eolss.net/sample-chapters/c09/E4-23-04-05.pdf

Sacchelli, S., 2016. Impactos sociais, económicos e ambientais das cadeias de biomassa e de fornecimento de biocombustíveis. http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-366-9.00009-5

Spagnolo, Sofia. al., 2020. Avaliação da sustentabilidade da bioenergia em diferentes escalas: Uma análise emergente da produção de energia de biogás. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262034083X

Wang, J., Yang, Y., Bentley, Y., Geng, X., & Liu, X., 2018. Avaliação de Sustentabilidade da Bioenergia de um Global PerSpective: A Review. http://dx.doi.org/10.3390/su10082739

Grupo de trabalho para a Visão de Utilização Sustentável da Biomassa na Ásia Oriental, 2008. Espectrossociais de utilização de biomassa. https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/ERIA_RPR_FY2007_6-3_Chapter_5.pdf

Capítulo 2 - Recursos e Abastecimento de Biomassa

Introdução

Este capítulo fornece uma visão geral sobre as diferentes fontes energéticas de biomassa e aborda como tornar o fornecimento mais sustentável. Além disto, também é possível ficar com uma visão geral sobre a avaliação da disponibilidade, características e tipo de biomassa dos recursos determinará os tipos de tecnologias adequadas à biomassa específica.

Alguns objetivos deste capítulo:

- Compreender e determinar os recursos de biomassa
- Avaliar a disponibilidade dos recursos (de biomassa)
- Compreender como garantir e criar uma oferta mais sustentável dos recursos de biomassa
- Compreender os impactos da gestão de recursos para o ambiente e sustentabilidade

Recursos de Biomassa

Matérias-primas de biomassa, tais como culturas energéticas plantadas especificamente para as fontes de biomassa, resíduos de atividades agrícolas, resíduos florestais, algas, resíduos de transformação de madeira, resíduos urbanos e resíduos húmidos que podem vir de estações de tratamento de águas residuais (lamas orgânicas).

Madeira e subprodutos agrícolas

O fornecimento de biomassa dentro da UE para fins energéticos proveniente do sector florestal ascendeu a mais de 60% em 2016. Assim, 32,5% dos recursos foram constituídos pelo fornecimento direto de biomassa de madeira proveniente de florestas e outros terrenos arborizado, e 28,2% de fornecimento indireto de madeira, culturas agrícolas subprodutos agrícolas contabilizados em 27%, resíduos (municipais, urbanos, industrial e outros) para 12% (Centro de Conhecimento da Comissão Europeia para a Bioeconomia, 2019). A biomassa agrícola é matéria derivada de organismos biológicos como milho, palha, plantas, resíduos animais.

Os principais recursos de biomassa de madeira e subprodutos agrícolas incluem:

- Resíduos de biomassa de lenha e madeira provenientes de operações de colheita florestal (podem ocorrer como desbaste plantas ou abate de árvores mais antigas).

- Resíduos de insdústria de transformação de madeira (serração, produção de contraplacado, painel de madeira, componente de construção, mobiliário, pavimentos, etc.).
- Culturas agrícolas e resíduos de agrotransformação.
- Resíduos de madeira urbana (materiais de madeira recolhidos após projetos de construção ou demolição, paletes de madeira rejeitadas e quaisquer outros resíduos de construção e demolição de madeira).

No entanto, com base na Estratégia da UE para a Biodiversidade 2030, é proibida a utilização de biomassa para produção de energia diretamente das florestas primárias - como o fornecimento direto de madeira, também a biomassa proveniente de turfeiras e zonas húmidas.

Resíduos

Espera-se que os processos de conversão de resíduos em energia desempenhem um papel cada vez mais importante na gestão sustentável dos RSU a nível global. Estima-se que uma melhor gestão de resíduos sólidos (reciclagem, desvio de resíduos de aterros sanitários e recuperação de energia de resíduos) possibilite uma redução de cerca de 10 a 15% nas emissões globais de GEE.

De acordo com o Frontline BioEnergy (2021) existem alguns tipos de resíduos que são potencialmente utilizados como matéria-prima para bioenergia, tais como:

- Resíduos sólidos urbanos, como enfeites de jardim, papel e papelão, plásticos, borracha, couro, têxteis e restos de alimentos;
- Combustível derivado de lixo (RDF) de resíduos sólidos municipais classificados (MSW);
- Madeira derivada de resíduos de construção e demolição (C&D);
- Glicerina bruta da produção de biodiesel;
- Resíduos de papel
- Lama de papel
- Grãos de destilaria secos e solúveis
- Camas de frango
- Estrume de vaca
- Farinha de carne e de ossos provenientes de operações de extracção de animais

A utilização de resíduos de materiais biológicos ou orgânicos pode ter uma contribuição significativa na produção de bioenergia, além de minimizar os impactos associados ao aterro.

Avaliação da Biomassa

Havendo vários tipos de recursos de biomassa, há mais flexibilidade para produzir produtos de base biológica. No entanto, a economia, meio ambiente, energia e aspetos relacionados com o clima, são questões importantes a considerar na avaliação da disponibilidade de biomassa. Segundo Walsh (2014), ainda faltam avaliações de recursos de biomassa, metodologia e unidades que possam oferecer bons resultados.

Existem duas abordagens principais na avaliação da disponibilidade de biomassa (Walsh, 2014):

1. Quantidade disponível
2. Abordagem económica

Quantidade disponível

A quantidade disponível é uma estimativa quantificada sobre as quantidades físicas e não sobre aspetos económicos, mas considera custos e preços. Dea acordo com Walsh (2014), a avaliação da quantidade é altamente útil para estabelecer limites superiores (quantidades teóricas) de recursos de biomassa e podem ser ajustadas usando restrições apropriadas (por exemplo, terras disponíveis, necessidades ambientais/ecológicas, usos existentes do material) para fornecer estimativas das quantidades de recursos que pode estar tecnicamente disponível.

Existem 4 tipos de avaliações de quantidade de biomassa disponível, baseandos no tipo de material:

Avaliação florestal

A avaliação florestal inclui a estimativa do excedente potencial de materiais florestais, resíduos de processamento de madeira e também materiais mortos. A maioria dos estudos sobre avaliação florestal para aproveitamento de biomassa é sobre resíduos de processamento. De acordo com Walsh (2014), a estimativa da quantidade de resíduos pode ser ainda mais refinada por alguns parâmetros, como:

- Diâmetro
- Volume do tronco
- Altura
- Espécies ou tipos de árvores (madeira dura ou madeira macia)
- Idade
- A eficiência de diferentes métodos de colheita

Os resíduos de processamento são estimados abaixo:
“Quantidades de madeira usadas para produzir produtos de madeira multiplicadas por um fator de geração de resíduos.”

A Tabela 1 explica os fatores de geração de resíduos de todas as operações florestais.

Tabela 1. Fração de resíduos por unidade de madeira comercializável removida (%) para cada floresta e tipo de maneio (Daioglou, 2015)

Biomassa	**Tipo de gestão**		
	Abate	**Corte seletivo**	**Plantações**
	Produção de resíduos por produção de madeira (%)		

Boreal Tundra arborizada	69	NA	78
Conífera (frio) Temperado misto Decídua temperada	53	NA	63
Savana Misto quente Floresta tropical	39	18	52

Outras árvores remanescentes, como árvores de pequeno diâmetro, não comerciais, árvores mortas ou doentes, também possuem recursos potenciais de bioenergia.

Resíduos agrícolas

De acordo com Walsh (2014), os resíduos de culturas agrícolas são, normalmente, estimados "Multiplicando os rendimentos das colheitas por um índice de colheita (relação entre o material vegetal não-grão e material de grão)".

Exemplo:
Supondo que tem uma produção de 3,0 toneladas de matéria seca (dMT) de grão de trigo/hectare e que tem um índice de colheita de 1,3, então são produzidas 3,9 dMT de palha por hectare.

De acordo com a Australian Society Plant Scientists (ASPS) (2017), o termo "índice de colheita" é usado na agricultura para quantificar o rendimento de uma de cultura versus a quantidade total de biomassa que foi produzida. Os valores potenciais para o índice de colheita de várias espécies de culturas e hortícolas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. O índice de colheita varia com a cultura. O melhoramento de plantas permitiu que se fizesse a seleção de plantas, como parte das estratégias de melhoramento das culturas e alcançaram alguns ganhos substanciais (ASPS, 2017)

Culturas	Componente colhida	Índice de colheita
Trigo, cevada	Grão	0.55
Arroz	Grão	0.50
Milho	Grão	0.52
Girassol	Sementes	0.50
Feijão (*Phaseolus*)	Vagem	0.25
Amendoim	Vagens	0.50

Algodão	Bolls	0.33
Sugar beet	Raíz	0.50
Batata	Tubérculo	0.82
Batata Doce	Tubérculo	0.65
Crisântemo	Flores	0.46
Tulipa	Flores	0.20

Assim, multiplicando área produtiva pela produtividade, obtém-se uma estimativa da quantidade total de palha produzida. As estimativas de quantidade de resíduos podem ser ainda mais refinadas se se tiver em conta os fatores que podem limitar suas quantidades. As restrições técnicas podem incluir limites, como a eficiência da máquina de colheita. No entanto, de acordo com Haberl et al. (2011), existem alternativas ao uso dos resíduos, uma vez que os resíduos das culturas desempenham um papel importante no controlo da erosão e na manutenção da matéria orgânica do solo.

Culturas energéticas

De acordo com Walsh (2014), existem vários tipos de matérias-primas, como as matérias-primas de 1ª geração, cuja produção é extensiva e dados disponíveis como milho, trigo, sorgo, cana-de-açúcar, beterraba, soja, colza e óleo de palma que podem ser usados para produzir biocombustíveis como etanol e biodiesel, e outros bioprodutos; também, há 2ª (ou 3ª) geração de matérias-primas como culturas lenhosas de curta rotação ou culturas herbáceas que ainda não foram produzidas comercialmente.

Para isso, devem ser considerados quer a produção esperada quer as áreas de cultivo onde podem ser cultivadas. Para estimar a produção esperada, a abordagem mais simples é assumir os dados fornecidos pela opinião de especialistas, e eventualmente complementados por resultados de testes de campo.

Ecofys (2016) considerou a produção esperada de todas as culturas para a UE-27, Ucrânia, Rússia e Bielorrússia com base em dados recolhidos, principalmente, do Eurostat e da FAO. No entanto, os dados sobre as práticas de gestão para uma região específica foram recolhidos da literatura de revisão.

Resíduo da cultura (t/ha) = relação resíduo/ produção × produção atual (t/ha)

O resíduo da cultura é a quantidade de resíduo produzido por 1hectare numa região específica. Para calcular a produção total de resíduo da cultura numa região específica, usa-se a equação seguinte:

Produção total de resíduo (t/region) = Relação resíduo/produção × produção total (t/region)

A produção total de resíduos foi definida como: “A quantidade total de resíduos produzidos a partir de uma cultura específica em uma região específica (por exemplo, produção total de resíduos de trigo na Bulgária)”.

Outros recursos de biomassa

A avaliação de outros recursos de biomassa, tais como: resíduos sólidos urbanos, resíduos de demolição, resíduos de construção, resíduos de animais, resíduos de processamento de alimentos, etc, geralmente usam uma metodologia mais simples.

Para áreas menores, a avaliação geralmente é feita por levantamentos/ inquéritos para avaliar as quantidades disponíveis. Para áreas maiores, as quantidades de recursos são frequentemente estimadas multiplicando-se uma unidade base definida por um fator de geração de resíduos por unidade base.

De acordo com Walsh (2014), o estudo para a determinação da quantidade de resíduos urbanos, a unidade base de estudo pode ser população (para RSU), início de utilização para habitação (para construção residencial) ou gastos (para resíduos de construção/reforma industrial). Especificações adicionais podem incluir ajustes para composição de resíduos, tipo de habitação (por exemplo, unidades unifamiliares, multifamiliares) e tamanho (por exemplo, metros quadrados), tipo de remodelação (exemplo: remodelação da cozinha, adição de *deck* de madeira), quantidades materiais recicladas utilizadas ou diferenças regionais nos materiais de construção utilizados.
As quantidades de estrume animal (e produção potencial de metano) são estimadas multiplicando os fatores de geração de estrume (quantidade estrume/dia/unidade animal definida) pela quantidade de unidades animais definidas.

Abordagem económica

A abordagem económica na avaliação de recursos de biomassa consiste em fornecer considerações económicas detalhadas. Essa abordagem pode incluir estimativa de custo/quantidade e também estimativa de curvas de oferta de recursos vs quantidades disponíveis e preço.

Abordagem do custo da quantidade

De acordo com Walsh (2014), a abordagem à quantidade e custo associado inclui um componente de inventário, estendendo a avaliação às estimativas de custo de biomassa, além de quantidades físicas. Os preços podem ser obtidos através de estudos de mercado, questionando potenciais fornecedores sobre o preço que esperam ser pagos, compilando dados de estudos existentes ou usando como referência os preços de materiais pagos para usos alternativos. Para novas culturas energéticas, os preços, geralmente, são estimados, uma vez que essas culturas não são produzidas atualmente. Além disso, alguns estudos estimam os custos de maquinaria usando o preço de compra e especificações de engenharia, enquanto outros estudos usam taxas de colheita personalizadas (por exemplo,

taxas de corte de feno ou enfardamento) para estimar os custos de colheita ou coleta. Os custos de resíduos agrícolas são estimados usando uma abordagem semelhante.

Abordagem à Curva de Fornecimento

Na abordagem da curva de fornecimento, as quantidades de recursos de biomassa são estimadas em função do preço que pode ser pago. As estimativas dessas combinações preço/quantidade podem ser usadas para construir a curva de fornecimento. As estimativas da curva de fornecimento podem usar abordagens simples baseadas em grande parte na abordagem quantidade-custo para várias combinações de quantidade/custo (a metodologia baseada em custo). Alternativamente, as curvas de oferta podem ser estimadas usando modelos económicos. Os modelos económicos são complexos e intensivos em dados, e normalmente não são muito transparentes, mas fornecem flexibilidade máxima para avaliar mudanças em qualquer variável e, se forem conduzidos numa estrutura dinâmica, permitem que variáveis dentro de um modelo mudem em resposta umas às outras e em função do tempo.

Abordagem aos custos-base de fornecimento

Uma curva de fornecimento simples para culturas energéticas pode ser estimada conhecendo a produção obtida, a área em que a produção ocorre e os custos de produção para várias áreas. Por exemplo, suponha-se que numa região definida existem 10.000 hectares totais e que a produtividade pode alcançar de 5 dMT/ ha em 1.000 ha (total de 5.000 dMT), 7,5 dMT/ ha em 2.000 ha (15.000 dMT), 10 dMT/ha em 4.000 ha (40.000 dMT), 12,5 dMT ha/1 em 2.000 ha (25.000 dMT) e 15 dMT/ha em 1.000 ha (15.000 dMT). Além disso, suponha que os custos de produção correspondentes sejam de 50, 45, 40, 35 e 30 por dMT (em US $). Um retorno típico ao produtor (lucro) e/ou um custo de transporte típico (para distâncias definidas) pode ser adicionado às estimativas de custo de produção, mas será excluído deste exemplo. A curva de oferta é construída ordenando os custos do menor para o maior valor (US $ 30 a 50 por dMT) e usando quantidades cumulativas em cada nível de preço. Assim, para US$ 35 por dMT, a quantidade total é de US$ 30 por dMT (15.000 dMT) mais entre US$ 30 e US$ 35 por dMT (25.000 dMT) para um total de 40.000 dMT. A Figura 1 ilustra a curva de oferta para este exemplo.

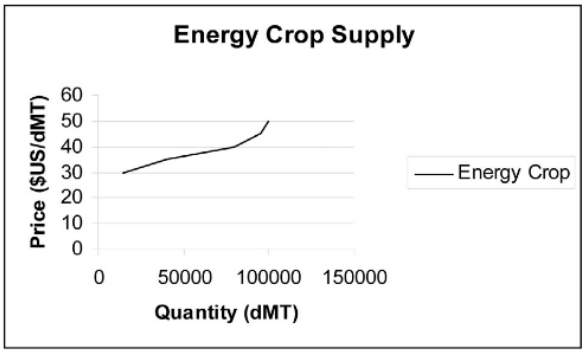

Figura 2 - Examplo de curva de fornecimento para culturas energéticas usando a metodologia de custos-base (Walsh, 2014)

Dados dos recursos de Biomassa

Os dados europeus encontram-se na base de dados EUROSTAT (Serviço de Estatística da UE) (http://epp.eurostat.ec.europa.eu). O EUROSTAT não recolhe os dados – os Estados-Membros fazem-no. Depois disto, esta entidade consolida os dados e garante que sejam comparáveis (consistentes entre os dados fornecidos por países individuais). O EUROSTAT inclui dados sobre o uso da terra (agricultura, floresta, área de lazer ou residencial) e cobertura do solo (culturas, pastagens, florestas, áreas construídas). As estatísticas agrícolas incluem estrutura agrícola, utilização do solo agrícola, mão-de-obra, produção, oferta/uso, preços e rendimento agrícola. Os dados estão disponíveis nos níveis nacional e regional. Estes dados também incluem informações sobre o uso de fertilizantes, pesticidas e agricultura biológica. Os dados florestais incluem a produção e o comércio de madeira e produtos de madeira e o emprego florestal e madeireiro. Existem dados sobre a Proteção das Florestas na Europa (madeira morta, biomassa e carbono em biomassa e solos florestais) e dados de Avaliação de Recursos Florestais da FAO, onde todos os países do mundo são solicitados a fornecer informação e prever áreas florestais, recursos madeireiros e extrações.

Referências

Sociedade Australiana de Cientistas Vegetais (ASPS), 2017. Plantas em Ação: Índice de Colheita. https://www.rseco.org/content/641-harvest-index.html

CAN Europe, 2021. A revisão da Diretiva relativa às energias renováveis: uma oportunidade para aumentar a ambição e acelerar a implantação de energias renováveis. https://caneurope.org/content/uploads/2021/05/CAN_briefing_REDrevision_210507.pdf

Ciucci, Matteo. Energias Renováveis. https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/70/renewable-energy

Cruciani, Michel., 2017. A Paisagem das Energias Renováveis em 2030. https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/the_landscape_of_renewable_energies_in_europe_in_2030.pdf

Euro pean Comissão, 2021. Entrega do Green Deal Europeu. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en

Comissão Europeia, 2021. Acordo Verde Europeu: Comissão propõe transformação da economia e da sociedade da UE para satisfazer as ambições climáticas. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541

Comissão Europeia, 2021. Diretiva relativa às energias renováveis - Alvo e Regras. https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/directive-targets-and-rules_en

Comissão Europeia, 2021. Diretiva relativa às energias renováveis. https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/

Daioglou, Vassilis., Stehfest, Elke., et al., 2015. Projeções da disponibilidade e do custo dos resíduos da agriculture e da silvicultura. https://doi.org/10.1111/gcbb.12285

Dimpl, Elmar, 2010. Produção de eletricidade em pequena escala a partir da Biomassa Parte II: Biogas. https://energypedia.info/images/4/43/Small-scale_Electricity_Generation_From_Biomass_Part-2.pdf

Covinha, Elmar, 2011. Energia G de eletricidade em pequena escalada biomassa parte III: Óleo vegetal. https://energypedia.info/images/5/5f/Small-scale_Electricity_Generation_From_Biomass_Part-3.pdf

Dimpl, Elmar, 2011. Produção de eletricidade em pequena escala a partir da Biomassa Parte I: Gasificação de Biomassa. https://energypedia.info/images/9/93/Smscale_Electricity_Generation_From_Biomass_Part-1.pdf

ECOTEC, 2002. Sector das Energias Renováveis na UE: o seu potencial de emprego e exportação. https://ec.europa.eu/environment/enveco/eco_industry/pdf/ecotec_renewable_energy.pdf

Ellaban,Omar., Abu-Rub, Haitham., & Blaabjerg, Frede., 2014. Recursos renováveis da Energy: Estado atual, Perspetivas Futuras e Sua Tecnologia Habilitante. https://oglethorpe.edu/wp-content/uploads/2020/01/renewable-sustainable-reviews.pdf

Comissão Europeia, 2016. Mercado Interno de Eletricidade. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:en0016

Comissão Europeia., Iqbal, Yasir., et. al., 2016. Maximizar o rendimento dosbiomas a partir de resíduos de culturas agrícolas e biomassa provenientes da silvicultura. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Ecofys%20-%20Final_%20report_%20EC_max%20yield%20biomass%20residues%2020151214.pdf

Comissão Europeia, 2021. "Apto para 55": Entregar o Objetivo Climático da UE para 2030 a caminho da Neutralidade Climática. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN

directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en#2021-revision-of-the-directive...

União Europeia, 2018. Regulamento (UE) 2018/842. https://eur-lex.europa.eu/legal-conteúdo/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0842&from=EN

EUROSTAT, 2022. Estatísticas de Energias Renováveis. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics

IPCC, 2018. Relatório especial sobre fontes de energia renováveis e mitigação das alterações climáticas. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf

IRENA, 2018. Perspetivas de Energias Renováveis para a União Europeia. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap-EU_2018_summary.pdf?la=en&hash=818E3BDBFC16B90E1D0317C5AA5B07C8ED27F9EF

McGill, 2022. Impacto socioeconómico e ambiental da bioenergia. https://www.mcgill.ca/bioenergy/impact

Nitsch, Joachim., Krewitt, Wolfram., & Langniss, Ole., 2003. Energias Renováveis na Europa. https://www.dlr.de/tt/en/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Europe.pdf

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy USA, 2014. Atividades de Energias Renováveis: Escolhas para amanhã. https://www.energy.gov/eere/education/downloads/renewable-energy-activities-choices-tomorrow

RES Legal, 2018. Fontes Legais de Energias Renováveis. http://www.res-legal.eu/

Sahana, 2021. Vantagens e desvantagens das fontes de energia convencionais. https://www.techquintal.com/advantages-and-disadvantages-of-conventional-sources-of-energy/

Walsh, Marie. E, Avaliação de Recursos de Biomassa. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09046-1

Capítulo 3 – Utilização da Biomassa

Introdução

Este capítulo fornece uma visão geral sobre a utilização da biomassa para fins energéticos. Esta secção inclui os benefícios da utilização da biomassa, nomeadamente para a sociedade e o ambiente. Além disso, esta secção dá visão geral dos processos de utilização da biomassa para a produção de energia de uma forma simplificada.

Utilização da biomassa

A bioenergia pode desempenhar um papel significativo na consecução das metas da UE em termos de energias renováveis até 2030 e além. Oportunidades para aumentar a utilização de bioenergia são vistas, por exemplo, utilizando resíduos, subprodutos e resíduos agrícolas. A bioenergia também pode desempenhar um papel importante como um transportador energético flexível para equilibrar os sistemas de energia e, assim, permitir maiores participações de fontes de energia renováveis, como energia eólica e solar. Também garantindo aspectos ambientais, como garantir a biodiversidade ou manter os serviços dos ecossistemas, a bioenergia pode contribuir, entre outras coisas, para a economia de gases de efeito estufa, sustentabilidade e desenvolvimento rural.

A procura de energias renováveis na UE deverá aumentar consideravelmente com a eliminação gradual dos combustíveis fósseis. O setor da energia é, de longe, o maior utilizador dos resíduos e subprodutos do processamento interno da madeira da UE, e o setor do aquecimento e arrefecimento, o maior utilizador final de bioenergia em geral, utilizando cerca de 75% de toda a bioenergia consumida. A bioeletricidade e os combustíveis para transporte representam 13% e 12%, respectivamente (Banja et al., 2019). De acordo com Andersen et al. (2021), até 2050, espera-se que o consumo de energia da biomassa aumente a uma taxa sustentada, com estimativas variando de quase dobrar a triplicar. Quando o uso de material é incluído, o valor do consumo aumenta ainda mais, com um aumento de 50% apenas no consumo de material esperado, pois eles substituem outros materiais mais intensivos em carbono.

A produção de bioenergia também pode trazer oportunidades significativas para gerar benefícios sociais, ambientais e económicos, contribuindo para o desenvolvimento. Formas de utilização alernativa de biomassa (por exemplo, para alimentos, rações, produtos de madeira, etc.) também precisam ser considerados para garantir a sustentabilidade do fornecimento de matéria-prima de uma perspectiva global de bioeconomia

Existem 3 principais métodos de conversão de biomassa para energia térmica útil, eletricidade e combustíveis para a energia, como se segue:

1. Combustão direta
2. Gasificação
3. Liquefação de biomassa.

Métodos de Pré-Tratamento de Biomassa

O principal objetivo do processo de pré-tratamento é desconstruir a complexa estrutura de biomassa composta por lenhina, hemicelulose e celulose. Tal fará com que cada biopolímero possa ser eficazmente utilizado para produzir combustíveis, energia e materiais químicos.

Existem vários métodos de pré-tratamento de biomassa, que incluem tratamentos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos, e que se seguem:

1. Métodos físicos que consistem em extrusão moagem de bola, moagem de discos húmidos, pré-tratamento de micro-ondas.
2. Métodos químicos que consistem no pré-tratamento ácido, alcalino, com solventes orgânicos da ozonólise.
3. Métodos físico-heféticos químicos que consistem em explosão de vapor, explosão de fibra de amoníaco, água quente, explosão de dióxido de carbono e oxidação húmida.
4. Métodos biológicos que consistem em fungos de podridão branca, fungos de podridão castanha, fungos de podridão suave.

Pré-tratamento de extrusão

O processamento de extrusão é um dos métodos de pré-tratamento físico promissores para a desconstrução da biomassa lenhocelulósica. A extrusão é definida como uma operação de criação de objetos de um perfil fixo e transversal, forçando-os através de um elemento da secção transversal.

Existem algumas vantagens e limitações o pré-tratamento de extrusão da biomassa,
Vantagens:

- Fácil para processos de monitorização e controlo.
- Sem formação de compostos inibitórios devido à degradação do açúcar.
- Adaptabilidade para modificação de processo.
- Produção elevada e contínua.
- Não é necessário lavar a biomassa pré-tratada se a extrusão for efetuada sem adição química.
- Possibilidade de combinação com outros métodos de pré-tratamento para melhores resultados.

Limitações:

- Falta de dados para análises económicas viáveis.
- Processo intensivo de energia.
- Mau fluxo durante o processamento contínuo, levando à queima de material.

Pré-tratamento ácido

O pré-tratamento ácido é o mais estudado e amplamente utilizado para o processo de pré-tratamento da biomassa lenhocelulósica. O principal objetivo do processo de pré-tratamento ácido é hidrolisar a fração hemicelulose de biomassa lenhocelulósica. A eficácia deste método de pré-tratamento é geralmente reforçada com o aumento da proporção de hemicelulose e frações extrativas na biomassa.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento ácido da biomassa como se segue:
Vantagens:

- Alta taxa de reação para solubilizar a fração de hemicelulose da biomassa, tornando assim a fração de celulose acessível para enzimas celulase.
- Um método de desconstrução pode ser concebido para o processamento de biomassa para gerar hidrolisados de hemicelulose (após pré-tratamento) e hidrolisados de celulose (após hidrolise enzimática).
- Economização de custos de enzimas xylanase: A hemicelulose é extensivamente hidrolisada durante o pré-tratamento, dependendo do tipo de matéria-prima e das condições de processamento; por isso, as enzimas xylanase de alto custo não são geralmente necessárias para a hidrólise.

Limitações:

- Os inibidores, como o furfural e o hidroximelfurfural (HMF), produzidos a partir da degradação do açúcar, requerem um passo adicional de desintoxicação para tornar os açúcares libertados fermentáveis.
- Necessidade de vasos de aço inoxidável caros devido à natureza corrosiva do ácido.
- Custo adicional para a neutralizar do alcalino após e pré-tratamento ácido.
- Preocupação ambiental devido ao uso excessivo de produtos químicos.

Pré-tratamento alcalino

O pré-tratamento alcalino é outro método de pré-tratamento de biomassa lenhocelulósica amplamente estudado e amplamente utilizado. Enquanto o pré-tratamento ácido solubiliza a fração de hemicelulose da biomassa, o objetivo do processo de pré-tratamento alcalino é solubilizar a fração de lenhina da biomassa lenhocelulósica. Tal como no processo de pré-tratamento ácido, o processo de pré-tratamento alcalino também solubiliza a maioria dos extrativos de biomassa.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento alcalino da biomassa
Vantagens:

- Deslenhificação eficaz.
- Menor degradação do açúcar em comparação com o pré-tratamento do ácido diluído devido à temperatura de processamento mais baixa; pré-tratamento possível à temperatura ambiente, por um período mais longo.
- A lenhina e outros extratos podem ser separados antes da hidrólise enzimática sem perda de hidratos de carbono; alta possibilidade de obter lenhina reativa para aplicação de alto valor.

Limitações:

- Compostos fenólicos excessivos devido à degradação da lenhina, que são potenciais inibidores para a hidrólise enzimática dos polímeros de açúcar.
- Custo adicional para enzimas hidrolíticas hemicelulose, além das enzimas celulase.
- Custo adicional do ácido para neutralizar após o pré-tratamento.

Pré-tratamento com solventes orgânicos

Este é um método promissor de pré-tratamento de biomassa, no qual a biomassa é misturada com um solvente orgânico selecionado, com ou sem catalisador adicional (ácido ou alcalino) e aquecido a uma temperatura e com uma duração adequadas. Podem ser utilizados vários solventes orgânicos; incluindo solventes de pontos de ebulição baixos, tais como etanol, metanol e acetona; solventes de pontos de ebulição elevados, tais como glicerol, etilenoglicol e álcool tetrahidrofuril; e outras classes de solventes orgânicos, tais como ácidos orgânicos, fenóis, cetonas e DMSO.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento de biomassa com acidos orgânicos
Vantagens:
- A lenhina extraída é de, relativamente, alta pureza, baixo peso molecular e sem enxofre, tornando possível a aplicação de alto valor da lenhina.
- Todos os três biopolímeros - celulose, hemicelulose e lenhina - podem ser separados em diferentes fluxos.
- Pode ser combinado com outros processos de pré-tratamento para uma hidrólise eficaz da biomassa.

Limitações:
- Elevado custo do solvente: O processo de reciclagem também é intensivo em energia. É necessário um solvente adicional para evitar a precipitação de lenhina devido à lavagem com água.
- Formação de compostos inibitórios, tais como furfural e HMF, devido à degradação do açúcar quando é utilizado o ácido catalisador.
- O solvente residual será inibidor para a hidrólise enzimática e para os organismos fermentativos.
- Preocupações ambientais e de saúde devido ao uso de líquidos orgânicos voláteis a alta temperatura.

Pré-tratamento líquido iónico

Trata-se de uma abordagem relativamente nova no tema do pré-tratamento da biomassa, na qual toda a biomassa é dissolvida num líquido iónico selecionado e os polímeros de hidratos de carbono são precipitados adicionando anti-solventes adequados; assim, separando a lenhina e os hidratos de carbono.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento líquido iónico.
Vantagens:
- Os líquidos iónicos, considerados solventes verdes, são estáveis até 300 ºC; têm uma volatilidade extremamente baixa com o mínimo impacto ambiental.
- É possível separar cada um dos biopolímeros — celulose, hemicelulose e lenhina.
- O líquido iónico com propriedades desejáveis pode ser sintetizado.

Limitações:

- O custo dos líquidos iónicos ainda é muito elevado.
- Muitos líquidos iónicos são tóxicos para as enzimas hidrolíticas e para os organismos anaeróbios
- O custo da recuperação dos solventes é dispendioso.
- Difícil manusear a biomassa viscosa com líquido iónico durante o pré-tratamento a temperaturas além de 150 ºC.

Pré-tratamento da explosão de vapor

O pré-tratamento da explosão de vapor é um processo de pré-tratamento físico-químico amplamente estudado. Neste processo, a biomassa do solo é pré-condicionada e tratada com vapor saturado a alta temperatura (160-290 ºC) e alta pressão (0,7 e 4,8 MPa) durante alguns segundos ou minutos antes de a pressão ser explosivamente libertada. Este método é mais eficaz em madeira dura e biomassa herbácea, mas precisa de adição de um catalisador ácido para um pré-tratamento eficaz da madeira macia (face à presença de uma menor quantidade de grupos de acetil em hemicelulose).

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento da explosão de vapor.
Vantagens:

- Sem utilização de produtos químicos e, portanto, sem custos de reciclagem ou consequências ambientais graves
- Diluição da hemicelulose libertada relativamente menor.
- As partículas grandes de tamanho elevado podem ser usadas, levando a uma poupança de energia significativa. A redução do tamanho representa cerca de um terço de todo o processo de pré-tratamento.

Limitações:

- Desconstrução incompleta do *lignin-carbohydrate complex* pode conduzir à condensação e à precipitação de lenhina solúvel.
- A alta temperatura (cerca de 270 ºC) é a melhor forma de aumentar a digestibilidade da celulose; no entanto, isto leva à formação de compostos inibitórios — furfural e HMF.
- Ácidos fracos e compostos fenólicos, tais como ácidos acéticos, fórmicos e levulínicos, gerados durante este processo são inibitórios para a hidrólise e fermentação enzimática subsequentes.

Pré-tratamento de explosão de fibra de amoníaco (AFEX)

O método AFEX é um processo de pré-tratamento físicoquímico alcalino. Este método de processamento é semelhante ao da explosão de vapor, mas funciona a uma temperatura mais baixa. Neste processo, a biomassa é misturada com amoníaco líquido (0,3 a 2 kg/kg de biomassa seca); aquecido a 60-90 ◦C e colocado sob uma pressão acima de 3 Mpa durante 10-60 min. O rácio ideal amoníaco e biomassa, considerando a temperatura, e a pressão ou tempo de cozedura dependem do tipo de materiais de biomassa lenhocelulósica. O método AFEX é muito eficaz nas culturas herbáceas e nos resíduos agrícolas, mas relativamente menos eficaz para a biomassa lenhosa. O AFEX é também considerado como um método viável para o pré-tratamento da biomassa herbácea para

extrair proteínas para alimentação animal, juntamente com a produção de açúcar para a produção de biocombustíveis.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento da explosão de fibra de amoníaco
Vantagens:

- Não existe a formação de compostos inibidores como furfural e HMF devido à degradação do açúcar.
- Alta seletividade para a deslenhificação.
- Fácil reciclar devido à natureza volátil do amoníaco; Possibilidade de recuperar 99% do amoníaco.
- O amoníaco residual pode servir como fonte de azoto para os organismos durante a fermentação.

Limitações:

- Necessidade de água em excesso porque os fragmentos fenólicos da lenhina devem ser lavados para evitar a inibição durante a hidrólise e fermentação enzimática.
- A reciclagem de amoníaco é muito dispendiosa para o processamento à escala comercial.
- Ineficiente para a biomassa de alto teor de lenhina, como madeira macia e resíduos de jornais.
- Preocupação ambiental devido à utilização de produtos químicos voláteis.

Pré-tratamento de água quente líquida

Diferentes terminologias são usadas na literatura para descrever este processo, incluindo *solvolysis*, hidrotermólise, fração aquosa e *aquasolv*. Este processo é comparável com o pré-tratamento ácido diluído, mas sem a utilização do ácido. Neste processo, a biomassa é cozida em água a temperaturas elevadas (160-240 ºC) durante vários períodos de tempo, dependendo do tipo de biomassa, para solubilizar a fração de hemicelulose da biomassa que conduz à porção enriquecida com celulose.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento líquido de água quente da biomassa,
Vantagens:

- Não há uso de produtos químicos adicionais.
- Não é necessário utilizar materiais dispendiosos e resistentes à corrosão para os reatores de pré-tratamento.
- Partículas de tamanho relativamente grande podem ser usadas levando à poupança de energia, que é necessária para a redução do tamanho da biomassa para partículas finas.
- É possível recuperar separadamente os fluxos de celulose e hemicelulose.
- Formação mínima de compostos inibitórios.

Limitações:

- O fluxo de xilose é de concentração muito baixa e, por isso, necessita de uma evaporação adicional intensiva de custos da operação da água para obter uma concentração adequada de açúcar para fermentação.
- Custo elevado uma vez que é necessária uma alta temperatura pré-tratamento.
- Indequado para biomassa com alto teor de lenhina.

Pré-tratamento biológico

O pré-tratamento biológico envolve a utilização de microrganismos para degradar a lenhina de biomassa e tornar os polímeros de hidratos de carbono suscetíveis à hidrólise enzimática. Entre vários organismos capazes de produzir enzimas para degradar os polímeros de lenhina e hidratos de carbono de biomassa, os fungos causadores de podridão branca, castanha e fungos de podridão suave são importantes. Os fungos de podridão branca são o pré-tratamento mais eficaz devido à sua eficiência e economia enzimática. Os fungos de podridão castanha degradam a celulose, enquanto outros fungos degradam a lenhina e a celulose. O sistema enzimático fungos de podridão branca consiste principalmente em lenhina peroxidase (LiP), peroxidase manganês (MnP) e laccase.

Baseado em padrões de produção enzimática, os fungos de podridão branca podem ser categorizados em três grupos:

- Grupo peroxidase lenhino-manganês - *P. chrysosporium* e *Phlebia radiata*.
- Grupo peroxidase lacase manganês - *Dichomitus squalens* e *Rigidoporus lignosus*.
- Grupo peroxidase lenhino laccas - *Phlebia ochraceofulva* e *Junghuhnia separabilima*.

Existem algumas vantagens e limitações do pré-tratamento biológico da biomassa,
Vantagens:

- Não são produzidos compostos inibitórios.
- O processo é amigo do ambiente.

Limitações:

- Processo muito lento; o tempo de residência é geralmente entre 10 a 14 dias.
- É necessário um grande espaço para realizar o processo.
- É necessário um rigoroso controlo da temperatura, levando a um aumento do custo de processamento.
- A cristalidade da celulose não pode ser reduzida.

Métodos de Conversão de Biomassa

Combustão direta

A combustão é a forma mais comum e tradicional de produzir calor a partir da biomassa. Nos países em desenvolvimento, a eficiência térmica da combustão direta da biomassa é de 10% - 15% em geral. Após a transformação, a eficiência térmica dos fogões na China rural é de cerca de 30%, e o melhor pode chegar aos 50%. O fogão é composto por uma câmara de combustão, anel de esgrima de fogo, passagem de circulação de fumo, chaminé, porta do fogão, grelha e entrada de ar. Os principais pontos de conceção passam por aumentar a intensidade da radiação térmica e a reflexão na câmara de combustão e reduzir a perda de combustão completa no fogão interno e a perda térmica de fumo.

Alguns países europeus avançados adotam equipamentos de combustão de alta eficiência, como equipamentos de combustão de leito sulfurizado. No equipamento, a madeira é cortada em pequenos pedaços que depois cruzam o leito sulfurizado num curto espaço de tempo. Após a combustão, os pedaços de madeira não totalmente queimados são

devolvidos ao leito sulfurizado do sistema de escape de fumo. As caldeiras de pequena e média dimensão comercializadas desenvolvidas por estes países tomam madeira e resíduos como combustível. As suas eficiências podem chegar aos 50% - 60%. Na Holanda, existem cerca de 1,75 milhões de conjuntos fogões a biomassa com especificações de 5 - 20 kW e 600.000 lareiras de madeira para aquecimento doméstico e abastecimento de água quente. A sua eficiência térmica pode atingir mais de 50%. A eficiência térmica de caldeiras de modelos de cama fixa fabricada pela Inglaterra e Dinamarca é de 60%.

Gaseificação

Pirólise

A gaseificação da biomassa é uma das tecnologias ideais de utilização da biomassa. Nos equipamentos de gaseificação, a biomassa é transferida para gás combustível de alta qualidade através de ações químicas térmicas a alta temperatura. O gás pode ser utilizado para secagem, aquecimento, isolamento térmico e produção de eletricidade.

Utilizando equipamentos de gaseificação, quase toda a biomassa pode ser transferida para o combustível de gás que consiste principalmente em CO, CO_2, H_2 e CH_4. A outra parte da energia da biomassa é usada para realizar gaseificação. A eficiência da gaseificação da madeira é de 60% - 80%. A pirólise permite que a taxa de recuperação de energia do arroz atinja mais de 94% e o valor térmico do gás combustível obtido seja de 2,5*10 kJ/m³. O valor térmico do gás combustível obtido a partir da pirólise do estrume do gado é de $1,7*10^4$ kJ/m³. A eficiência da gaseificação de múltiplos resíduos é superior a 80%. O valor térmico do gás combustível pode ser aumentado adicionando hidrogénio durante o processamento da pirólise da biomassa.

Desde a década de 1970, alguns países europeus começaram a estudar equipamentos de gaseificação com múltiplas funções, adequados para diferentes requisitos e adotando técnicas de pirólise de alta temperatura. Havia dois tipos de equipamento de gaseificação desenvolvidos:

- **Câmara de gaseificação de leito fluidizado**

A biomassa desliza lentamente do topo da câmara de gaseificação enquanto gaseifica. O oxidante é fluído para cima a partir do fundo da câmara de gaseificação e cruza a biomassa para gaseificá-la. A temperatura do gás de saída pode atingir 600 ºC e não há alcatrão no gás.

- **Câmara de gaseificação de leito de sulfúrizado**

A base de biomassa (com um tamanho de alguns mm) é alimentada à câmara de gaseificação e gaseificada durante a travessia do material flutuante. O gás produzido tem uma temperatura elevada que chega a cerca de 800 ºC. O gaseificador de cama sulfurizado é maioritariamente adequado para biomassa.

Digestão Anaeróbia

Com a tecnologia de digestão anaeróbia, o gás combustível é obtido enquanto os resíduos orgânicos são tratados e os resíduos digeridos podem ser transformados em forragem ou

fertilizante, que é geralmente desenvolvido devido aos evidentes benefícios económicos, ambientais e ecológicos.

Alguns países em desenvolvimento, como a China e a Índia, estão a alargar-se e a utilizar esta tecnologia nas zonas rurais. A tecnologia de digestão em tamanho familiar da China está na posição de liderança no mundo. Até agora, existem 4,75 milhões de pequenos digestores que produzem anualmente 1,04 mil milhões de metros cúbicos de biogás. Além disso, todas as centrais de biogás de média e grande escala com uma capacidade elétrica de 2077 kW na China podem produzir 29,1 milhões de metros cúbicos de biogás por ano.

Sobre os aspetos do tratamento de águas residuais da indústria e lixo orgânico, alguns países adotam técnicas altamente eficientes, tais como: filtro anaeróbico, UASB e leito sulfurizado. A França e o Japão utilizam e alargam equipamentos de digestão anaeróbia de alta eficiência que adotam tecnologia de alta densidade para tratar as águas residuais orgânicas para o mercado internacional. A sua eficiência é dez vezes superior à dos métodos tradicionais. A tecnologia de digestão a seco e as técnicas de digestão anaeróbia de dois passos têm sido amplamente estudadas, podendo ser usadas para tratar resíduos sólidos.

|| Facto:
De acordo com o atual nível tecnológico, 10 m³ de biogás podem ser produzidos a partir de uma tonelada de lixo, 35 m³ de biogás de uma tonelada de excrementos humanos e urina e 5 - 50 m³ de biogás de uma tonelada de águas residuais orgânicas com alta concentração.

Liquefação

Existem 2 tipos diferentes de métodos de liquefação para a conversão da biomassa em biocombustíveis:

1. Liquefação indireta
2. Liquefação direta em 2 tipos diferentes de métodos:
    a. Hidrólise – Liquefação de fermentação
    b. Liquefação termodinâmica, que se divide em 2 tipos diferentes de métodos:
        i. Método da pirólise
        ii. Método hidrotermal

Liquefação indireta

A liquefação indireta é uma tecnologia promissora, que se divide em duas fases. A primeira fase é um processo de gaseificação termoquímica. Neste processo, as *syngas* (gás sintético) e produzido após a matéria-prima reagir com ar ou vapor. No *syngas*, as substâncias primárias são CO, CO_2, H_2 e H_2O. A segunda fase é o bem estabelecido processo Fischer-Tropsch (F-T). Durante o processo F-T, a mistura seria utilizada para produzir uma gama de produtos químicos, incluindo álcool de metilo, éter de dimetilo e álcool etílico. Há pouca pesquisa sobre os álcoois mais elevados derivados do biomassa *syngas* de biomassa. Os maiores desafios são o desenho do novo reator catalítico para a escala tipicamente menor de processos de conversão de biomassa e catalisadores para produtos químicos específicos de acordo com a relação molar de H_2 a CO. Considera-se a síntese do álcool etílico como um exemplo para introduzir o processo de liquefação indireta.

Liquefação Direta

Hidrólise - Liquefação de fermentação

Nas últimas décadas, o álcool etílico tem atraído muita atenção como uma potencial alternativa aos combustíveis fósseis. Atualmente, a fermentação da biomassa é a principal tecnologia industrial para a produção de álcool etílico, das quais as matérias-primas primárias são a glicose (obtida a partir de milho) e a sacarose (obtida a partir de cana-de-açúcar e beterraba). Existem os mesmos efeitos negativos na produção de álcool etílico utilizando amido ou açúcar como a matéria-prima, que competiria diretamente com a produção de alimentos. Até agora, a palha do milho foi considerada como uma possível matéria-prima para a produção de álcool etílico.

Uma vez a biomassa transportada para a fábrica, esta seria armazenada de forma a evitar a fermentação e a contaminação bacteriana. Em seguida, a matéria-prima seria pré-tratada para torná-la mais acessível para a extração. No processo de fermentação, o hidrolisado, as leveduras, os nutrientes e outros ingredientes seriam adicionados. A fermentação é normalmente executada a 25-30 ◦C e o tempo de reação adequado duraria 6-72 h.

Liquefação termodinâmica

Em geral, existem dois tipos para liquefação termodinâmica de biomassa dependendo do Condições de funcionamento: liquefação por pirólise e liquefação hidrotermal.

Pirólise

A liquefação por pirólise, pode ser dividida em pirólise lenta, pirólise rápida e pirólise *flash*. A pirólise lenta é geralmente executada a uma temperatura de reação baixa, taxa de aquecimento e um longo tempo de residência, que produz um pouco de bio-óleo. No processo de pirólise *flash,* o tempo de reação é apenas ou inferior a alguns segundos com uma taxa de aquecimento muito elevada e pequeno tamanho de partículas, e o produto primário é a *syngas*. A pirólise rápida também prossegue a uma taxa de aquecimento elevada (menos do que na pirólise *flash*) e no tempo de residência do vapor. O produto obtido no processo é o bio-óleo. Os bio-óleos da pirólise podem ser diretamente queimados em caldeiras ou atualizados para produzir combustíveis e produtos químicos valiosos utilizando os seguintes métodos: Extração, emulsificação, esterificação/álcool, fluidos supercríticos, hidrocarradificação, rachaduras catalíticas e reforma do vapor.

Hidrotermal

A liquefação hidrotermal da biomassa é um dos métodos eficazes para tratar a biomassa com elevado teor de água em comparação com a liquefação por pirólise. Esta liquefação da biomassa não é afetada pelo nível do teor de água e pelos tipos de biomassa com elevada conversão e produtos relativamente puros. As propriedades adequadas para a liquefação da biomassa são demonstradas, incluindo uma alta densidade, bom calor, capacidade de transferência de massa, decomposição rápida e extração em condições hidrotermais. Trata-se de uma tecnologia respeitadora do ambiente, e o heteroátomo em biomassa poderia ser convertido em subprodutos não-familiares.

Referências

Aftab, M. N. , Iqbal, I., Riaz, F., Karadag, A., & Tabatabaei, M., 2019. Diferentes métodos de pré-tratamento da biomassa lignocelulosica para utilização na produção de biocombustíveis. https://www.intechopen.com/chapters/67131

Cătuţi, Mihnea., Elkerbout, Milão., Alessi, Monica., & Egenhofer, Christian., 2020. Biomassa e Neutralidade Climática. https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2020/08/PI2020-19_Biomass-and-climate-neutrality.pdf

Grande, Lucía., Pedroarena, Ivan., Korili, Sophia A., & Gil, Antonio., 2021. Liquefação hidrotermal da biomassa como uma das alternativas mais promissoras para a síntese de biocombustíveis líquidos avançados: uma revisão. https://doi.org/10.3390/ma14185286 https://doi.org/10.3390/cleantechnol3010014

Mandø, M., 2013. Combustão direta da biomassa. https://doi.org/10.1533/9780857097439.2.61

McKinsey & Company, 2010. Transformação do Sistema de Energia da Europa até 2050. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/dotcom/client_service/epng/pdfs/transformation_of_europes_power_system.ashx

Mengjie, Wang., & Suzhen, Ding., 1994. Um potencial desenvolvimento de recursos energéticos renováveis e utilização da biomassa Energy. https://www.fao.org/3/t4470e/t4470e0n.htm

Omer, A., 2012. Utilização de recursos energéticos de biomassa e gestão de resíduos.. https://www.scirp.org/html/16-3000138_16848.ht

Pang, Shusheng, 2019. Avanços na Conversão Termoquímica da Biomassa Lenhosa para Energia, Combustíveis e Produtos Químicos. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.004

Segneanu, A. et al., 2013. Métodos de extração de biomassa. https://www.intechopen.com/chapters/44370

UNIDO, 2007. Biotecnologia Industrial e Utilização de Biomassa. https://www.unido.org/sites/default/files/2009-04/Industrial_biotechnology_and_biomass_utilisation_0.pdf

Us Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2021. Bioenergia Básicas. https://www.energy.gov/eere/bioenergia/bioenergia-básicos

Zhang, S., Yang, X., Zhang, H., Chu, C., Zheng, K., Ju, M., & Liu, L., 2019. Liquefação da Biomassa e Modernização da Bio-Oil: Uma Revisão. http://dx.doi.org/10.3390/molecules24122250

Zheng, J., & Rehmann, L., 2014. Pré-tratamento de extrusão da biomassa lignocelulosica: uma revisão. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4227255/

Capítulo 4 – Bionergia - Processos de Conversão

Introdução

O presente capítulo fornece informações sobre práticas e aplicações recentes da conversão da biomassa em energia. Esta secção dará uma melhor e mais profunda compreensão sobre os processos de conversão técnica, incluindo os prós e contras em termos de economia e ambiente.

Principais objetivos:

- O que é a energia em geral.
- Compreender a importância da conversão de energia na ótica da utilização da biomassa.
- Avaliar os impactos sobre os prós e contras dos processos.
- Compreender os diferentes métodos da conversão da biomassa em energia.

Bioenergia

A bioenergia é um tipo de energia que se desenvolve a partir de organismos vivos como plantas,estrume animal, esgotos domésticos, resíduos, etc. Existem diferentes tipos de bioenergia, existem combustão direta, biocombustível e biogás que podem ser usados como eletricidade, calor, gás e combustível para alguns fins.

Biocombustível

O biocombustível, ou também chamado de agrocombustível, é o combustível líquido derivado da biomassa agrícola ou florestal, quer da biomassa fresca, quer dos resíduos orgânicos. Embora os combustíveis fósseis tenham a sua origem na biomassa fóssil, não são considerados agrocombustíveis. Os agrocombustíveis são utilizados principalmente no sector dos transportes, especialmente o biodiesel (agrodiesel) e o bioetanol (agroetanol).

- **Biodiesel** ou também chamado de agrodiesel feito a partir de óleos vegetais extraídos de colza, soja, palma, girassol e algas, entre outros. As gorduras animais provenientes da indústria da carne, bem como o óleo de cozinha usado dos restaurantes e os sub-produtos da produção de ácidos gordos Ómega-3 provenientes do óleo de peixe também podem ser utilizados como matéria-prima para o agrodiesel. O Agrodiesel pode ser usado como combustível para veículos na sua forma pura, mas é geralmente misturado com diesel fóssil. O agrodiesel é o agrocombustível líquido mais comum na Europa, onde é utilizado para cumprir as metas obrigatórias para as energias renováveis no sector dos transportes. Também é usado em centrais térmicas e elétricas como um substituto do óleo fóssil. As sementes de colza, a soja e a palma são as culturas mais utilizadas para produzir agrodiesel à escala industrial.
- O etanol (assim como o propanol e o butanol) são produzidos fermentando açúcar em álcoois que podem ser usados como combustível, principalmente em veículos. **Bioetanol** ou agroetanol é o mais utilizado. Uma gama de culturas com elevado teor de açúcar e/ou amido, tais como cana de açúcar, milho, beterraba sacarina, trigo, mandioca e sorgo doce são utilizados como matéria-prima para a produção de agroetanol, sendo o açúcar e o milho o mais popular para uso industrial. O agroetanol produzido a partir de açúcares e amidos facilmente degradáveis é referido como **a primeira geração**. Isto é geralmente derivado de culturas alimentares e, portanto, compete diretamente com a produção de alimentos. A fim de evitar a concorrência com os alimentos, foram realizadas muitas experiências para produzir enzimas capazes de quebrar as paredes celulares de lenhina, celulose ou hemicelulose a partir de, por exemplo, árvores ou palha. O agroetanol com base nestas fontes não alimentares é referido como **segunda geração**. Este não se afigura economicamente viável atualmente, ainda que a indústria afirme que o está criado o enquadramento ideal para sua produção alargada desde a última década.

Biogás

O biogás é produzido quando os microrganismos digerem material orgânico em condições anaeróbias (isto é, na ausência de oxigénio). O biogás é composto por aproximadamente 2/3 de metano e 1/3 de dióxido de carbono e possivelmente pequenas quantidades de outros gases. Estrume animal, resíduos orgânicos provenientes das famílias e da indústria, e resíduos da agricultura são as principais fontes para a produção de biogás. Na agricultura industrial, o biogás é visto como uma forma viável de evitar odores incómodos e reduzir as emissões de metano dos tanques de slurry, ao mesmo tempo que produz energia e fornece rendimentos adicionais aos agricultores. Todavia, para uma produção economicamente viável, devem ser adicionados materiais vegetais provenientes de resíduos de culturas. Quando são adicionadas culturas como o milho (o que acontece frequentemente na Europa) a contabilização das emissões no ciclo de vida demonstra que a produção é problemática em termos de emissões de gases com efeito de estufa. O biogás pode ser utilizado como combustível de transporte ou como substituto do gás natural na produção de calor e eletricidade. Os subprodutos podem ser utilizados como fertilizantes em solos agrícolas.

Fluxo de Produção de Bioenergia

Existem diferentes métodos que podem ser usados na produção de bioenergia. Os métodos estão à altura da utilização da própria biomassa. À semelhança da produção de biocombustível, também existem diferentes métodos na produção de biogás.

Os métodos também podem ser diferentes com base nos materiais utilizados na produção, uma vez que existem diferentes tipos de métodos de pré-tratamento para tipos ou características de biomassa diferentes. Como explicado anteriormente, existem diferentes tipos de métodos de conversão na utilização da biomassa para a produção de energia. Existe a combustão direta, usada para criar calor, gaseificação, para criar biogás e liquefação que tem sido utilizada para produzir biocombustível.

De forma simplificada, o fluxo de produção de bioenergia pode ser explicado desta forma:

Biomassa >>> Preparação (Pré-tratamento & Processo de Conversão para Produto [formas comerciais] como o biocombustível e o biogás) >>> Produto >>> Venda e Distribuição >>> **Conversão (biodiesel, bioetanol, biogás) para a Energia** >>> **Bioenergia (Calor e Energia).**

Produção de Energia e Calor

A combustão direta é o método mais comum para converter biomassa em energia útil. Toda a biomassa pode ser queimada diretamente para aquecimento de edifícios e água, para aquecimento de processos industriais e para geração de eletricidade em turbinas a vapor. A combustão direta é a forma mais simples e mais antiga de gerar eletricidade a partir da biomassa. Os sistemas de combustão direta (ou "acionamento direto") queimam biomassa em caldeiras para produzir vapor de alta pressão. O vapor aciona uma turbina que está ligada a um gerador - o mesmo tipo de gerador elétrico a vapor usado nas centrais térmicas de produção de energia. À medida que a turbina gira, o gerador gira e a eletricidade é produzida

Biomassa >>> Caldeira >>> Vapor >>> Turbina >>>Electricidade

Alguns países europeus avançados adotam equipamentos de combustão de alta eficiência, como equipamentos de combustão de leitos sulfurizadas. No equipamento, a madeira é cortada em pequenos pedaços que depois cruzam o leito sulfurizada num curto espaço de tempo. Após a combustão, os pedaços de madeira não completamente queimados são devolvidos ao leito sulfurizada do sistema de escape de fumo. As caldeiras de pequena e média dimensão comercializadas desenvolvidas por estes países tomam madeira e resíduos como combustível. As suas eficiências podem chegar aos 50% - 60%

Os dispositivos utilizados para a combustão direta de combustíveis de biomassa sólida variam de pequenos fogões domésticos (1 a 10 kW) até às maiores caldeiras utilizadas nas

centrais de energia e calor e potência combinadas (CHP) (>5 MW). Os dispositivos intermédios cobrem pequenas caldeiras (10 a 50 kW) utilizadas em casas unifamiliares de aquecimento, caldeiras de tamanho médio (50 a 150 kW) utilizadas para casas multifamiliares ou aquecimento de edifícios e caldeiras grandes (150 a mais de 1 MW) utilizadas para aquecimento urbano.

De acordo com a Associação Europeia da Indústria da Biomassa, existem fornos mais utilizados para a combustão de biomassa:

Tabela 3. Fornos frequentemente utilizados para combustão de biomassa

Tipo	**Gama de tamanhos típicos**	**Combustíveis**	**Cinzas (%)**	**Teor de água (%)**
Fogões de madeira	2 - 10 kW	Troncos de madeira seca	<2	5 - 20
Caldeiras de madeira	5 - 50 kW	Madeira de madeira, resíduos de madeira pegajosa	<2	5 - 30
Fogões e caldeiras de pellets	2 - 25 kW	Pellets de madeira	<2	8 - 10
Fornos de *understoker*	20 kW - 2,5 MW	Lascas de madeira, resíduos de madeira	<2	5 - 50
Fornos de grelha em movimento	150 kW - 15 MW	Todos os combustíveis de madeira, a maioria da biomassa	<50	5 - 60
Pré forno com grelha	20 kW - 1,5 MW	Madeira seca (resíduos)	<5	5 - 35
Understoker com grelha rotativa	2 - 5 MW	Lascas de madeira, alto teor de água	<50	40 - 65
Cigar Burner	3 - 5 MW	Fardos de palha	<5	20
Stationary fluidised bed	5 - 15 MW	Biomassa Variada, d < 10 mm	<50	5 - 60
Circulating fluidised bed	15 - 100 MW	Biomassa Variada, d < 10	<50	5 - 60

		mm		
Dust combustor, entrained flow	5 - 10	Biomassa Variada, d < 5 mm	<5	<20

Os fornos *Understoker* são usados principalmente para estilha de madeira e combustível semelhante com teor de cinzas relativamente baixo, enquanto fornos de grelha também podem ser aplicados para alto teor de cinzas e água. As caldeiras de base fluida estacionária ou borbulhante (SFB), bem como as caldeiras de base fluída (CFB) circulantes, são aplicadas para aplicações em larga escala e frequentemente utilizadas para resíduos de madeira ou misturas de madeira e resíduos industriais, por exemplo, da indústria da pasta e do papel.

Produção de Biocombustíveis

Biodiesel

O biodiesel é um gasóleo alternativo obtido a partir de fontes renováveis. O biodiesel é éster *mono-akyl* e é derivado de gordura animal ou de alguns tipos de óleos, incluindo óleos vegetais de cozinha. As substâncias de origem animal e vegetal são classificadas como fontes de energia de biomassa. De acordo com Rajaluigam (2016), o carbono será neutro quando o biodiesel for usado como combustível, porque durante o processo de combustão, a quantidade de emissão de carbono é igual à quantidade de carbono um animal ou planta absorvido durante todo o seu ciclo de vida. Assim, as emissões serão baixas na combustão verde do biocombustível.

De acordo com Aktas (2020), o biodiesel é produzido a partir da reação de óleos vegetais ou animais com um álcool e catalisador. É também um gasóleo não tóxico, biodegradável e renovável. Como o biodiesel são ésteres *mono-alkil*, e assim o biodiesel não contém óleo, no entanto, pode ser usado como combustível, puro ou misturado com gasóleo de qualquer proporção (Ölmez, 2005).

De acordo com a Aktas (2020), existem algumas fontes de óleo que podem ser usadas na produção de biodiesel:

- Óleos Vegetais: Girassol, Soja, Colza, Açafrão, Algodão, Óleos de Palma
- Óleos de recuperação: Subprodutos da Indústria Vegetal de Óleo
- Óleos de Recuperação de Resíduos Urbanos e Industriais
- Óleos animais: Óleos de Peixe e Óleos de Aves
- Óleos de resíduos vegetais: Óleos de cozinha usados

Tecnologias de Produção de Biodiesel

Existem algumas tecnologias tradicionais que permitem a utilização de tipos de matéria-prima de petróleo e gordura como combustível nos motores diesel para a produção de biodiesel. As tecnologias são uso direto ou mistura de óleos, pirólise, micro emulsão e transesterificação. A transesterificação é o método preferido, por vários investigadores, para a produção biodiesel, pois dá origem a uma produção de melhor qualidade.

Utilização direta (diluição) ou mistura

Processo de diluição é um processo que inclui os óleos vegetais e resíduos, misturando-os com um solvente ou um gasóleo em determinadas proporções. As utilizações diretas de óleos vegetais foram geralmente consideradas não satisfatórias e impraticáveis, tanto para os motores diesel diretos como indiretos. Óleos utilizados no método de diluição da produção de biodiesel: óleo de amendoim, óleo de colza, óleo de girassol e resíduos de óleos. A elevada viscosidade, a composição ácida, o teor de ácidos gordos livres, bem como a formação de goma devido à oxidação e polimerização durante o armazenamento e combustão, os depósitos de carbono e o engrossamento do óleo lubrificante são problemas óbvios.

Para evitar tais problemas, as fontes alternativas de combustível são diretamente misturadas com combustíveis fósseis convencionais. Este tipo de mistura irá melhorar a qualidade do combustível, reduzir o consumo de combustíveis fósseis, etc., por isso também é preferível como uma forma mais conveniente de usar um combustível alternativo, como o biocombustível. As misturas de bio-óleo e gasóleo estarão em diferentes proporções como 10:1,10:2, 10:3, etc., (Mendhe, 2015).

Pirólise

A palavra "pirólise" é deriva das componentes *piro* (que pode ser interpretado como "fogo") e *lise* (que está sendo interpretada como "separação"). Assim, a pirólise pode ser simplesmente definida como a decomposição ou desintegração de compostos orgânicos a temperaturas muito elevadas, ajudada quer pela presença de um catalisador adequado quer pela ausência de ar. A pirólise é conduzida a uma temperatura de 400-600 °C. O processo produz gases, bio óleo e um carvão dependendo da taxa de pirólise. De acordo com Gebremariam (2017), com base nas condições de funcionamento, o processo de pirólise pode ser dividido em três subclasses: pirólise convencional, pirólise rápida e pirólise *flash*. A pirólise rápida é a utilizada para a produção de bio óleo.

Tabela 4. Classificação dos métodos de pirólise (Czernik, 2004)

Método	**Temperatura (ºC)**	**Duração**	**Taxa de aquecimento (ºC/s)**	**Principais Produtos**
Pirólise convencional/ lenta	Med-high (400-500)	Longo 5-30 min	Baixo 10	• Gás • Carvão • Bio óleo (alcatrão)
Pirólise rápida	Med-high (400-650)	Curto 0.5-2 s	Alta 100	• Bio óleo

				(mais fino) ● Gases ● Carvão
Pirólise ultrarrápida/ *flash*	Alto (700-1000)	Muito curto < 0,5 s	Baixo 10	● Gases ● Bio óleo

Os materiais orgânicos que podem ser pirolisados incluem gorduras animais, óleos vegetais, triglicéridos naturais. Os componentes líquidos das gorduras e triglicéridos pirólises incluem o biodiesel que funciona da mesma forma que o gasóleo de petróleo nos motores diesel. Abbaszaadeh (2012) também informou que o combustível de biodiesel produzido através de um processo de pirólise ou conhecido como bio petróleo é adequado para motores diesel.

Micro-emulsificação

De acordo com a definição IUPAC, a micro emulsão é a dispersão feita de água, óleo e tensioativo(s), assegurando um sistema isotrópico e termodinamicamente estável com diâmetro de domínio disperso variando aproximadamente entre 1 e 100nm, geralmente de 10 a 50nm. Ma et al. (1999) explicou que a formação de microemulsão é uma das soluções potenciais para resolver o problema da viscosidade do óleo vegetal.

Os componentes de uma microemulsão de biodiesel incluem o gasóleo, o óleo vegetal, o álcool e o tensioativo e o cetano melhoram em proporções adequadas. Os álcoois como o metanol e o etanol são usados como aditivos de redução da viscosidade, os álcoois mais elevados são usados como tensioativos e os nitratos alcalinos são usados como melhoradores de cetano. As microemulsões podem melhorar as propriedades de pulverização através da vaporização explosiva dos constituintes de baixa ebulição nas micelas. A microemulsão resulta na redução da viscosidade e no aumento do número de cetanos. Não obstante, como indicado por Parawira (2010), o uso contínuo de diesel microemulsionado nos motores causa problemas como, formação de depósitos de carbono e combustão incompleta.

Transesterificação

A transesterificação é o método mais conveniente para produzir biodiesel a partir de vários tipos de matéria-prima de óleo e gordura, que se assemelha quimicamente ao gasóleo de petróleo. Com este método, os óleos e gorduras (triglicéridos) são convertidos obtendo uma viscosidade reduzida para níveis próximos do gasóleo. Este produto é, assim, um combustível com propriedades semelhantes a gasóleo à base de petróleo, que permite a sua utilização em motores diesel de petróleo existentes sem necessidade de os modificar.

Geralmente, a transesterificação é uma reação reversível, que acontece, essencialmente, por mistura dos reagentes, geralmente sob calor e/ou pressão. No entanto, se algum tipo de catalisador for adicionado à reação, o processo será acelerado. As várias formas de produzir biodiesel por transesterificação, são as seguintes: A transfesterificação ácida catalisada, a base catalisada, a lípase catalisada, a supercrítica, a nano catalise e a catálise iónica líquida.

Trasesterificação Ácida Catalisada

A transesterificação catalisada de ácido foi o primeiro método na história a produzir biodiesel a partir de óleo de palma utilizando etanol e ácido sulfúrico. O processo catalisado ácido deve-se à reação de um triglicérido (gordura/óleo) com um álcool na presença de um catalisador ácido para formar ésteres (biodiesel) e glicerol. Este método é economicamente viável na produção de biodiesel a partir de recursos petrolíferos ou gordos com alto teor de ácidos gordos livres. No entanto, a reação catalisada do ácido requer um tempo de reação mais longo e uma temperatura mais alta do que a reação alcalina catalisada.

A transesterificação catalisada por ácidos começa por misturar o óleo diretamente com o álcool acidificado, de modo que a separação e a transesterificação ocorram num único passo. O álcool age tanto como solvente como reagente de esterificação. A transesterificação catalisada de ácido deve ser efetuada na ausência de água, a fim de evitar a formação competitiva de ácidos carboxílicos que reduzam o rendimento dos ésteres alquilos. Uma vez que o transesterificação é uma reação de equilíbrio, deve haver sempre mais álcool do que o óleo para favorecer conversão completa do óleo em éster alquilo. No entanto, mais álcool para além do ideal também causará algum custo extra e por isso que deve haver sempre uma otimização para se obter uma produção eficiente.

O ácido sulfúrico, o ácido sulfónico e o ácido clorídrico são os catalisadores ácidos habituais, mas o mais utilizado é o ácido sulfúrico. Existem vantagens e desvantagens do método de transesterificação catalizada por ácidos.

As vantagens são:

- Dá um rendimento relativamente elevado
- Insensível ao conteúdo de ácidos gordos livres (FFA) na matéria-prima, assim o método preferido se for utilizada matéria-prima de baixa qualidade
- A esterificação e a transesterificação ocorrem simultaneamente
- Menos intensivo em energia

As desvantagens são:

- A capacaidade corrosiva dos ácidos danifica os equipamentos
- Mais quantidade de glicerol livre no biodiesel
- Requer uma operação de temperatura mais alta, mas mais baxa do que supercrítica
- É relativamente difícil fazer a separação do catalisador do produto
- Tem uma taxa de produção mais lenta (demorando relativamente mais tempo)

Transesterificação Alcalina

O processo de transesterificação alcalina ou catalisada por bases é a reação de um triglicérido (gordura/óleo) com um álcool na presença de catalisadores alcalinos, tais como metais alcalinos e hidróxidos, bem como carbonatos de sódio ou potássio para formar biodiesel e glicerol. Este processo é muito mais rápido do que a transesterificação ácida e é menos corrosiva para os equipamentos industriais e, por conseguinte, é a mais utilizada comercialmente. No entanto, a presença de água e de elevada quantidade de ácido gordo livre numa matéria-prima dá origem à saponificação do óleo e, portanto, a reação incompleta durante o processo de transesterificação alcalina com subsequente formação de emulsão e dificuldade na separação do glicerol. A principal desvantagem

resultante da reação da saponificação é o consumo de catalisadores e a dificuldade no processo de separação, o que leva a um elevado custo de produção.

Geralmente, os catalisadores de base manifestam uma atividade catalítica muito mais elevada do que os catalisadores ácidos na reação transesterificação, mas são seletivamente adequados para a deriva do biodiesel apenas a partir de óleos refinados com baixo teor de ácidos gordos livres geralmente inferiores a 0,5%. A produção eficiente de biodiesel utilizando a transesterificação catalisada de base não depende apenas da qualidade da matéria-prima, como também depende das variáveis cruciais de reação, tais como a relação álcool com o molar do óleo, a temperatura de reação, a taxa de mistura, a reação tempo, tipo e concentração do catalisador e também sobre o tipo de álcool utilizado (geralmente metanol).

O hidróxido de sódio ou o hidróxido de potássio são catalisadores geralmente utilizados na transesterificação catalisada de base. O hidróxido de sódio é torna-se preferível devido à sua atividade catalítica intermédia e a um custo muito mais baixo. Existem vantagens e desvantagens do método de transesterificação de base catalisado.

As vantagens são:

- Taxa de reação mais rápida do que a transesterificação acidificada
- A reação pode ocorrer em condições de reação leves e menos intensiva de energia
- Catalisadores comuns como NaOH e KOH são relativamente baratos e amplamente disponíveis
- Menos corrosivo

As desvantagens são:

- Sensível ao conteúdo de ácidos gordos livres no óleo.
- Acumulação de óleo é o principal problema devido à qualidade da matéria-prima.
- Recuperação do glicerol é difícil.
- Águas residuais alcalinas.
- Gerado requer tratamento

Transesterificação Catalisada por Lipase

O processo de transesterificação catalisado por lipase é a reação de um triglicerídeo (gordura/óleo) com um álcool na presença de uma enzima lipase como catalisador para formar ésteres (biodiesel) e glicerol. A transesterificação catártica da lípase é a outra forma de transesterificação de óleos e gorduras para a produção de biodiesel utilizando enzimas em que não há problema de acumulação, purificação, lavagem e neutralização para que este método seja sempre preferencial. No entanto, os principais problemas associados aos catalisadores enzimáticos são o seu custo mais elevado e tempo de reação mais longo.

As lipases utilizadas na atividade de transesterificação podem ser encontradas em várias fontes. Capacidade de utilizar todos os mono-, di- e triglicéridos, bem como os ácidos gordos livres, a baixa inibição do produto, a alta atividade e o rendimento em meios não aquosos, o baixo tempo de reação, a reutilização da enzima imobilizada, a temperatura e a resistência ao álcool são as características mais desejáveis das lipases para a

transesterificação de óleos para a produção de biodiesel. As enzimas são geralmente imobilizadas para uma melhor carga enzimática, atividade e estabilidade. A seleção e conceção da matriz de suporte são importantes na imobilização enzimática. Neste sentido, há várias formas de imobilizar enzimas.

Existem vantagens e desvantagens do método de lipase catalisado transesterificação. As vantagens são:

- Resistente a ácidos gordos livres e ao teor de água no óleo – preferencial com materiais de baixa qualidade.
- Realizado a baixa temperatura de reação.
- Purificação requerendo um passo simples, permitindo uma separação fácil do subproduto, o glicerol.
- Elevada pureza de produto (ésteres).
- Permite reutilizar enzimas imobilizadas

As desvantagens são:

- O custo das enzimas é geralmente muito alto.
- Dá um rendimento relativamente baixo.
- Reação lenta.
- Inativação das lipases causada pelo metanol e pelo glicerol

Transesterificação Catalisada com Líquido Iónico

Os líquidos iónicos são sais orgânicos compostos por aniões e catiões sob forma líquida à temperatura ambiente. Os catiões são responsáveis pelas propriedades físicas dos líquidos iónicos (tais como ponto de fusão, viscosidade e densidade), enquanto o anião controla as suas propriedades químicas e reatividade.

Entre os diferentes tipos possíveis de líquidos iónicos para a transesterificação catalisada dedicada à produção de biodiesel, os líquidos iónicos compostos pelo 1-butil-3-metilimidazolium são os compostos mais estudados e discutidos. Guo et al. (2014) concluiu que a transesterificação catalisada com líquido iónico provou ser eficiente e poupar tempo para a preparação do biodiesel a partir do óleo de soja.

As vantagens deste método são:

- Fácil de separar os produtos finais devido à formação de bifásicos.
- Eficiência económica e temporal.
- Durante a preparação de catalisadores, as suas propriedades podem ser projetadas para se adequarem a uma necessidade particular.
- O catalisador pode ser facilmente separado e reutilizado muitas vezes.
- Alta atividade catalisadora, excelente estabilidade

As desvantagens deste método são:

- Elevado custo da produção de líquido iónico
- Requer relativamente mais álcool para um rendimento eficaz

Bioetanol

O bioetanol é considerado um potencial substituto da gasolina convencional e pode ser utilizado diretamente em veículos ou misturado com a gasolina, reduzindo assim as emissões de gases com efeito de estufa e o consumo de gasolina. O bioetanol (E100) pode ser utilizado para aplicação direta. No entanto, existe uma dificuldade em ligar o motor, uma vez que o motor vai começar em temperatura baixa ou frio, e o E100 precisa de calor mais elevado para a vaporização.

As vantagens do bioetanol incluem a classificação de alto octano, resultando num aumento da eficiência e desempenho do motor, no baixo ponto de ebulição, na inflamabilidade geral, na maior relação de compressão e no calor da vaporização, no teor energético comparável, na redução do tempo de combustão e no motor de queima leve.

Existem algumas fontes que podem ser usadas na produção de bioetanol:

- A primeira geração de fonte provém de matéria-prima comestível:
    - Milho
    - Cana-de-açúcar
- A segunda fonte para geração vem da lenhina e celulose como matéria-prima:
    - Ervas
    - Caules de Milho (palha…)
    - Madeira
    - Culturas herbáceas
    - Resíduos de papel e produtos de papel
    - Resíduos agrícolas e florestais
    - Resíduos de pasta e de papel
    - Resíduos sólidos urbanos
    - Resíduos da indústria alimentar

- A terceira fonte para geração vem de algas como matéria-prima, existem tipos de algas com elevada produtividade:
    - *Nannochloropsis Oculata*
    - *Tetraselmis suecica*
    - *Scenedesmus dimorphus*
    - *Porfiridium cruentum* (água do mar)
    - *Cruentum porfiridium* (água doce)
    - *Padina Tetrastromatica*

O bioetanol pode ser utilizado em algumas aplicações, tais como:

- Combustível para transporte
- Combustível para a produção de energia a partir da combustão térmica.
- Matéria-prima na indústria química
- Combustível nos sistemas de cogeração

Processo de Produção de Bioetanol

A produção de bioetanol incluiu pré-tratamento, hidrólise e fermentação. Existem alguns tipos de processos de pré-tratamento que são geralmente utilizados em produtos bioetanol. Podem ser pré-tratamentos tradicional ou métodos avançados de pré-tratamento para a

lenhinocelulose. No processo de hidrólise, a biomassa lenhocelulósica pode ser catalisada quer com enzimas quer com ácido. Nas tecnologias de fermentação existem alguns tipos, tais como o processo de fermentação de lotes, o processo de fermentação contínua, o processo de fermentação de lotes alimentados, a hidrólise e fermentação separadas (SHF), a sacarificação e fermentação simultâneas (SSF), a sacarificação simultânea e a co-fermentação (SSCF), e o bio processamento consolidado (CBP).

Biomassa lenhocelulósica >>> Pré-tratamento >>> Hidrólise >>> fermentação >>> destilação >>> Bioetanol/Etanol

Processo de pré-tratamento

O processo de pré-tratamento da biomassa lenhinocelulósica ajudará a separar a celulose que normalmente está localizada numa matriz de polímeros. Esta separação de celulose ajuda no processo de hidrólise, uma vez que se torna mais acessível e mais fácil de produzir monómeros de açúcar na hidrólise. Se não houver pré-tratamento, o processo de hidrólise não será eficaz, uma vez que a enzima se liga apenas à superfície da lenhina.

Existem algumas vantagens no processo de pré-tratamento:

- Ajuda na prevenir a degradação dos açúcares (pentoses).
- Garante a viabilidade da produção de bioetanol, como o tamanho do reator, o calor e os requisitos de energia.
- Minimiza a formação de inibidores que podem reduzir o rendimento da hidrólise e fermentação do açúcar para o etanol.

Pré-tratamento tradicional

Existem 4 métodos de pré-tratamento, tais como:

- Pré-tratamento físico - No pré-tratamento físico, a biomassa de lenhino-celulose decompõe-se em dimensões inferiores, este pré-tratamento envolve moagem, extrusão e irradiação. Este método aumentará a superfície e o tamanho dos poros da biomassa, aumentando assim a eficiência da hidrólise enzimática. O pré-tratamento físico pode ser combinado com o pré-tratamento químico para aumentar a eficiência da desconstrução da lenhono-celulose (Edeh, 2020).
- Pré-tratamento químico - Inclui ácido, base e métodos oxidativos. No entanto, o pré-tratamento químico é altamente sensível e seletivo com os tipos da matéria-prima. O pré-tratamento químico é muito eficaz, mas necessita de condições de trabalho e de ambiente específicas. Também o produto obtido por este método necessita de uma eliminação específica.
- Pré-tratamento físico-químico - Combinam-se pré-tratamentos físicos e químicos.
- Pré-tratamento biológico - Envolve microrganismos como os fungos da podridão branca, castanha, suave e bactérias para decompor a biomassa lenho-celulósica.

Pré-tratamento avançado

Este tratamento é geralmente chamado de pré-tratamento de fracionamento da lenhino-celulose (Edeh, 2020). Este tratamento visou reduzir o custo do processo de pré-tratamento na produção de bioetanol. Este processo é conseguido utilizando solventes de celulose que são capazes de melhorar a separação da celulose, hemicelulose e lenhina na biomassa.

Existem 2 diferentes métodos de tratamento avançados:

- Fracionamento mediado por ácido - este método utiliza solvente de celulose como ácido fosfórico, acetona ou etanol, e opera a 1 atm e 50ºC para separar a biomassa lenhono-celulósica. Este método é efetivamente usado para pré-tratamento de alguma biomassa, como a de bambu, derivados de milho, cana-de-açúcar e ervas (Sathisuksanoh, 2011).
- Fração à base de líquido iónico (ILF) - Os líquidos iónicos são simplesmente soluções de sal, compostos por uma quantidade significativa de catiões orgânicos e uma pequena quantidade de ações inorgânicas sob a forma de líquido à temperatura ambiente. Este método é utilizado para fracionar a lenhino-celulose para obter matérias-primas específicas, purificadas e poliméricas intactas e que são facilmente separadas e utilizadas como coprodutos de valor acrescentado (Edeh, 2020).

Hidrólise

A hidrólise é um processo importante na produção de bioetanol. A hidrólise costumava ser feita após o pré-tratamento da biomassa lenhocelulósica já decosposta em hidratos de carbono poliméricos (celulose e hemicelulose). Esta fase irá decompor os polímeros carboidratos em monómeros. O processo de hidrólise pode ser utilizado com catálise ácida ou enzimática.

A hidrólise catalisada por ácidos é recorrentemente utilizada na produção de bioetanol. Os ácidos que são frequentemente utilizados nesta hidrólise são H_2SO_4 e HCl com alta concentração e baixa temperatura. O resultado deste método é a recuperação de 90% do açúcar num curto espaço de tempo. No entanto, este método tem algumas vantagens, tais como custos elevados, dificuldade na recuperação, controlo e eliminação de ácidos.

A hidrólise enzimática-catalisada é outro método no processo de hidrólise para a produção de bioetanol. Este processo utiliza bactérias como *Clostridium, celulomonas, Erwinia, Thermonospora, Bacteroides, Bacillus, Ruminococcus, Acetivibrio* e *Streptomyces*. Outros incluem fungos como *Trichoderma, Penicillium, Fusarium, Phanerochaete, Humicola,* e *Schizophyllum sp*. (Edeh, 2020). A espécies de *Trichoderma* sp. são as mais usadas (Imran, 2016). Este método tem vantagens como a alta recuperação do açúcar. No entanto, existem alguns fatores que afetam o resultado, tais como o pH, a carga enzimática e a concentração de substrato, tempo, temperatura. A desvantagem deste método é o elevado custo de produção, uma vez que as enzimas são caras.

Processo de fermentação

A fermentação é um processo biológico que converte os monómeros de açucar da hidrólise em etanol, ácidos e também gases. Neste método usam-se leveduras, fungos e bactérias. O microrganismo mais utilizado é a uma levedura especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, uma vez que este microrganismo tem alto rendimento de etanol e limites de tolerância elevados (Surendhiran, 2019).

Existem algumas tecnologias no processo de fermentação para produzir bioetanol, tais como fermentação contínua e em estado sólido, sacarificação e fermentação simultânea (SSF), sacarificação simultânea e co-fermentação (SSCF), sacarificação simultânea não

isotérmica simultânea e fermentação, sacarificação simultânea, filtração e fermentação, e bio processamento consolidado (CBP).

Processo de fermentação de lotes

Este é o processo de fermentação mais básico na produção de bioetanol, pois é fácil de controlar, recorrendo a várias estruturas. O processo envolve a adição dos substratos, microrganismos, meios de cultura e nutrientes no início da operação num sistema fechado em condições favoráveis num momento pré-determinado. Os produtos só são retirados no final do tempo de fermentação. Todavia, as desvantagens deste processo relacionam-se com o baixo rendimento, o tempo de fermentação longo e o trabalho elevado, pelo que este processo não é atrativo para a produção comercial.

Processo de Fermentação Contínua

Este processo envolve a adição de substratos, meios de cultura e nutrientes num fermentador que contém microrganismos ativos e a retirada contínua dos produtos. As vantagens do processo contínuo de fermentação são a alta produtividade, fermentadores de baixo volume, e baixo investimento e custo operacional (Jain, 2014). O longo tempo de cultivo é a desvantagem deste processo, pois, ao longo do processo, a levedura baixando a sua capacidade de para suportar o etanol. As vantagens são o baixo investimento de capital, a alta produtividade e a necessidade de fermentadores de baixo volume.

Processo de fermentação de Fed-Batch (Lote-alimentado)

De acordo com Edeh (2020), Chandel (2007) e Xiao (2019), o processo de fermentação do *Fed-Batch* é a combinação de processos de lote e fermentação contínua, envolvendo o abastecimento do substrato no fermentador sem remover o meio. Em comparação com os processos de fermentação o *Fed-Batch* tem maior produtividade, oxigénio mais dissolvido no meio, tempo de fermentação mais curto e menor efeito tóxico do meio. A desvantagem é que a produtividade do etanol é limitada pela concentração em massa celular e pela taxa de alimentação.

Hidrólise e Fermentação Separadas (SHF)

De De acordo com Edeh (2020), Azhar (2017) e Tavva (2016), a hidrólise enzimática é separada da fermentação permitindo que as enzimas operem a alta temperatura e os microrganismos de fermentação funcionem a temperatura moderada para um desempenho ideal. Uma vez que as enzimas hidrolíticas e os organismos de fermentação operam nas suas condições ideais, espera-se que a produtividade do etanol seja elevada. A maior desvantagem do SHF é o elevado investimento de capital, especialmente porque são necessários dois reatores. Outras desvantagens passam tempo de reação, que é elevado, e a possibilidade de acontecer a limitação das atividades celulares por açúcares libertados durante a etapa de hidrólise.

Sacarificação e Fermentação Simultânea (SSF)

A sacarificação e fermentação simultâneas (SSF) é um processo de sacarificação da celulose e a fermentação dos monómeros de açúcares. Estes processos ocorrem simultaneamente no mesmo reator (Rastogi, 2018). De acordo com Edeh (2020), a desvantagem da SSF é a variação da temperatura ideal necessária para um desempenho eficiente da celulase e dos microrganismos durante a hidrólise e fermentação, respetivamente.

Sacarificação e Co-fermentação simultâneas (SSCF)

Este processo envolve a realização da hidrólise e da sacarificação na mesma unidade com co-fermentação de açúcares pentoses. Normalmente, as estirpes de *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificadas que podem fermentar xilose são usadas uma vez que a *saccharomyces cerevisiae* normal não pode fermentar açúcar pentose (Bondesson, 2016). Tal como a SSF, a SSCF, este processo também tem as vantagens de tem um custo mais baixo, de um maior rendimento de etanol, num menor tempo de processamento (Chandel, 2007).

Bioprocessamento Consolidado (CBP)

De acordo com Hasunuma (2012), este processo requer que a produção enzimática, a hidrólise e a fermentação sejam realizadas numa única unidade. O principal microrganismo usado neste processo é *Clostridium termócelum*, uma vez que tem a capacidade de sintetizar a celulase, que degrada a lenhocelulose em monómeros de açúcares e produz etanol. Embora a CBP ainda esteja na sua fase inicial, foram identificadas as seguintes vantagens: menor intensidade energética, utilização de uma enzima de mais baixo custo, baixo custo de investimento, menor possibilidade de contaminação (Edeh, 2020).

Produção de Biogás

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente, o biogás é um tipo de gás, rico em metano, que é produzido pela fermentação de estrume/ chorume animal, esgotos humanos ou resíduos de culturas num recipiente hermético. O biogás é um combustível sob a forma de gás que é produzido pelo processo anaerébio, a partir da biomassa. O processo anaeróbio na produção de biogás é o processo de metano-génese (produção de metano) sem a presença de oxigénio.

O metano é um gás de efeito estufa e também um hidrocarboneto que é um componente primário do gás natural. No entanto, o metano pode ser produzido em anaerobiose a partir de fontes de biomassa como resíduos e esgotos - por isso, não é apenas proveniente de gás natural (combustíveis fósseis).
Em média, o biogás contém:

- 55-80% metano (CH_4)
- 20-40% de dióxido de carbono (CO_2).
- Vestígios de gases, incluindo sulfureto de hidrogénio tóxico e óxido nitroso.

Na produção de metano, existem 4 passos essenciais tais como hidrólise, acidificação, aceto-génese e metano-génese. Estes passos consistem no processo de digestão anaeróbia.

No processo de digestão anaeróbia, existem 2 métodos diferentes, incluindo a operação de estágio único e a operação em duas fases. No entanto, o estágio único é menos eficiente, mas é simples. Muitos investigadores recomendaram a operação em duas fases, uma vez que é mais eficiente em termos de tempo de retenção da produção de biogás.

De acordo com a Comissão Europeia (2017), na Europa as culturas energéticas (principalmente milho) fornecem cerca de metade da produção de biogás (318 PJ, 7,6 Mtoe), seguidas de aterro (114 PJ, 2,7 Mtoe), resíduos orgânicos (incluindo resíduos urbanos) (86 PJ, 2,0 Mtoe), lamas de esgoto (57 PJ, 1,3 Mtoe) e estrume (46 PJ, 1,1 Mtoe).

Segue-se o simples regime de fluxo de produção de biogás:

Matéria-prima >>> Pré-tratamento >>> Processo de digestão anaeróbia >>> Processo de purificação de biogás >>> >>> Distribuição >>> Armazenamento

Processo de pré-tratamento

À semelhança do processo de produção de bioetanol, o pré-tratamento é necessário na produção de biogás. Na produção de biogás, o pré-tratamento visa abrir a estrutura do substrato que pode aumentar o rendimento na produção do biogás. O pré-tratamento melhorará a eficiência e a qualidade do resultado da digestão anaeróbia. Existem 5 métodos de pré-tratamento diferentes, tais como físicos, químicos, térmicos, biológicos e combinações.

Métodos de pré-tratamento físico

No pré-tratamento físico, a estrutura da biomassa será destruturada usando força física. Este pré-tratamento é usado para tornar a biomassa facilmente processada no digestor anaeróbico, uma vez que a biomassa é suscetível a processos microbianos e enzimáticos. Existem diferentes tipos de métodos de pré-tratamento físicos, tais como:

- Moagem
- Cavitação
- Irradiação de micro-ondas
- Extrusão

Método de pré-tratamento térmico

De acordo com Edeh (2020), o pré-tratamento térmico melhora a hidrólise, com aumento do rendimento de metano durante a digestão anaeróbia subsequente. Foi estudada uma vasta gama de temperaturas, que variam entre os 60 e os 270°C. No entanto, a temperaturas acima de 200°C ocorre a produção de orgânicos solúveis recalcitrantes ou intermediários tóxicos/inibitórios durante o processo de pré-tratamento (Wilson, 2009).

Métodos de pré-tratamento químico

Existem alguns tipos de métodos de pré-tratamento químico que podem ser usados no processo de produção de biogás, tais como:

- Pré-tratamento ácido
- Pré-tratamento alcalino
- Pré-tratamento oxidativo
- Pré-tratamento da ozonização

Método de pré-tratamento biológico

O processo de pré-tratamento biológico baseia-se na função de múltiplos tipos de microorganismos heterotróficos (Edeh, 2020). O pré-tratamento fúngico melhora a degradação da lenhina e da hemicelulose e, portanto, resulta num aumento da digestibilidade da celulose, que é a molécula de preferência para o processo de digestão anaeróbia. Várias classes de fungos, incluindo fungos castanhos, brancos e de podridão, têm sido usadas para pré-tratamento da biomassa lenhocelulósica para a produção de biogás. Os fungos de podridão branca têm-se revelado ser os mais eficazes.

Métodos combinados de pré-tratamento

Existem diferentes tipos de métodos combinados de pré-tratamento, tais como:

- Explosão de vapor
- Físico-químicos
- Expansão da fibra de amoníaco

Tecnologias de Digestão Anaeróbia

O sistema de digestão anaeróbia em várias fases é mais eficiente em termos de qualidade e desempenho do produto. O sistema de digestão anaeróbia padrão em várias fases é um sistema faseado de ácido/gás (AG) em duas fases, no qual os passos de formação de ácido (hidrólise e volatilidade da fermentação de ácido) são fisicamente separados da fase de formação de gás (formação de metano) por serem conduzidos em tanques de digestão separados. Para conceber qualquer digestão anaeróbica, precisamos de resolver três requisitos principais, tais como: produzir um elevado volume de biogás de alta qualidade; capaz de manusear continuamente uma elevada taxa de carga orgânica; e ter um curto tempo de retenção hidráulica para ter um volume de reator menor.

O primeiro momento, conhecido como digestão de fase primária ou ácida, consiste na hidrólise e no primeiro passo de produção de ácido, em que as bactérias acidogénicas convertem matéria orgânica em compostos solúveis e ácidos gordos voláteis. A segunda fase, conhecida como a digestão secundária, consiste numa maior conversão da matéria orgânica ao ácido acético através da aceto-génese, bem como do passo de formação de metano, em que as bactérias metano-geradoras convertem matéria solúvel em biogás.

De acordo com a EPA (2006), existem vantagens da digestão anaeróbia em várias fases face aos processos de digestão anaeróbia de estágio único, e que se seguem:

- Os sistemas em várias fases requerem menos volume de digestão para suportar a mesma quantidade de volume de entrada, uma vez que têm tempos de retenção mais baixos e permitem taxas de carga mais elevadas do que os sistemas de estágio único.
- Os sistemas em várias fases alcançaram a redução do VS, o que proporciona um melhor controlo do odor.
- Um sistema multi-faseado pode ser configurado para reduzir os problemas de espuma.
- Os sistemas de várias fases reduzem o circuito curto dos sólidos separando as etapas e otimizando o tempo de retenção em cada fase.

Desvantagens:

- Os requisitos de tubagem para um sistema, operação e manutenção em várias fases são mais complexos do que os de um sistema de estágio único.

Existem vários tipos de digestores que são usados, principalmente, na indústria envolvendo sistemas multi-fases:

- Reatores de tanques mexidos de fluxo contínuo (CSTRs)
- Reatores de *plug-flow* anaeróbios (APFRs)
- Reator de contacto anaeróbio (ACR)
- Biofilmes
- Reatores de lote
- *Anaerobic baffled reactor* (ABR)
- Bioreator híbrido
- Cobertor de lamas anaeróbicas de *upflow* (UASB)

Referências

Achinas, Spyridon., Achinas, Vasileios., & Euverink, Gerrit jan Willem., 2017. Uma visão geral tecnológica da Produção de Biogás. http://www.engineering.org.cn/en/10.1016/J.ENG.2017.03.002

Aktas, Ezgi Sühel., Demir, Özlem., & Uçar, Deniz., 2020. Uma revisão das fontes de biodiesel e dos métodos de produção. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/941575

Liu, Chen-Guang. al., 2019. Produção de etanol celulósico: Progresso, desafios e estratégias para soluções. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975019300382?casa_token=-1vuUsBucisAAAAA:NZegYefhU8CAW8lbn02a6jfX3mfim7geCUPr2NMMgUZLXzIcu26m_iuKgT0aF-Eh8fgCP2oUTA

M, Rastogi., & S, Shrivastava., 2018. Metodologias e Avanços Atuais naProdução de io-etanol B.

Ayoola, A.A., etc. al., 2020. Processos de produção de combustível biodiesel: Uma revisão curta. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1107/1/012151/pdf

Azhar, Siti Hajar Mohd. al., 2017. Leveduras na produção sustentável de bioetanol: Uma revisão. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405580816302424

Bondesson, PM., & Galbe, M., 2016. Conceção do processo de SSCF para a produção de etanol a partir de palha de trigo a vapor pré-adulterada e impregnada de ácido acético. https://doi.org/10.1186/s13068-016-0635-6

Camia, A., Robert, N., Jonsson, K., Pilli, R., Garcia Condado, S., et. al., 2018. Produção, fornecimento, utilização e fluxos de biomassa na União Europeia: Primeiro resulta de uma avaliação integrada. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109869

Chattopadhyay, Soham., & Sen, Ramkrishna., 2020. Materiais e Métodos para Produção de Biodiesel. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-38881-2_7

Dunford, Nurhan. Técnicas de Produção de Biodiesel. https://extension.okstate.edu/fact-sheets/biodiesel-production-techniques.html

Edeh, I., 2020. Produção de Bioetanol: Uma visão geral. https://www.intechopen.com/chapters/74319

Instituto de Estudos Do Ambiente & Energia, 2017. Ficha técnica Biogás: Conversão de Resíduos em Energia. https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy

EPA, 2006. Ficha técnica da tecnologia biosólita: Digestão Anaeróbia em várias fases. https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-11/documents/multistage-anaerobic-digeficha técnica.pdf

Associação Europeia de Biogás, 2018. Panorâmica das principais políticas da UE para o sector do biogás. https://www.europeanbiogas.eu/overview-on-key-eu-policies-for-the-biogas-sector/

Associação Europeia da Indústria da Biomassa, 2021. A combustão. https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/combustion/

https://crimsonpublishers.com/jbb/fulltext/JBB.000505.php

Origin Energy, 2018. Biomassa para Bioenergia. https://www.originenergy.com.au/blog/biomass-to-bioenergy/

Özçimen, D., & Yücel, S., 2011. Novos Métodos na Produção de Biodiesel. https://www.intechopen.com/chapters/17489

Pasha, M.K., Dai, L., Liu, D., etc. al., 2021. Uma visão geral para processar a conceção, simulação e avaliação da sustentabilidade da produção de biodiesel. https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-021-01977-z

Pietrangeli, B., & Lauri, R., 2018. Instalações de produção de biogás: Uma Abordagem Metodológica para a Melhoria da Saúde e Segurança no Trabalho. https://www.intechopen.com/chapters/58439

Governo de Queensland, 2021. Produção de Biogás. https://www.business.qld.gov.au/industries/mining-energy-water/energy/renewable/projects-queensland/start-biogas-projecto/biogás-produção

Rajalingam, A., Jani, S.P., Kumar, A. Senthil., & Khan, M. Adam., 2016. Métodos de Produção de Biodiesel. https://www.researchgate.net/publication/306140139_Production_methods_of_biodiesel

Ravindra, Pogaku., et. al., 2007. Economia e impacto ambiental das tecnologias de produção de bioetanol: uma avaliação. https://academicjournals.org/journal/BMBR/article-abstract/3B685B910909

Roman, K., Barwicki, J., Hryniewicz, M., Szadkowska, D., & Szadkowski, J., 2021. Produção de Eletricidade e Calor a partir de Resíduos de Biomassa Utilizando uma Turbina de Aeronaves ConvertidaS AI-20. https://doi.org/10.3390/pr9020364

Ryms, Michal., et. al., 2013. Métodos de Produção de Biocombustíveis Líquidos - O Exemplo do Biodiesel. http://tchie.uni.opole.pl/PECO13_2/EN/RymsLewandowski_PECO13_2.pdf

Salihu, Aliyu., e Alam, Md. Zahangir., 2016. Pré-tratamento Methods de Resíduos Orgânicos para Produção de Biogás. https://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2016.124.137

Comissão Europeia, 2016. Utilização ótima de biogás a partir de fluxos de resíduos. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ce_delft_3g84_biogas_beyond_2020_final_report.pdf

Eyl-Mazzega, Marc-Antoine., & Mathieu, Carole., 2019. Biogás e Biometano na Europa: Lições da Dinamarca, Alemanha e Itália. https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/mathieu_eyl-mazzega_biomethane_2019.pdf

Gebremariam, Shemelis Nigatu., & Marchetti, J. M., 2017. Tecnologias de Produção de Biodiesel: Revisão. https://www.researchgate.net/publication/316867804_Biodiesel_production_technologies_Review

Hasunuma, Tomohisa., Kondo, Akihiko., 2012. Bioprocessamento consolidado e sacarificação simultânea e fermentação da lignocelulose ao etanol com leveduras termotolerantes. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.05.004

Imran, M., etc. al., 2016. Produção de celulase de espécies de fungos e bactérias de resíduos agrícolas e sua utilização na indústria: Uma revisão. https://doi.org/10.4236/aer.2016.42005

Jain, Anjali., & Chaurasia, Satyendra P., 2014. Produção de Bioetanol no Sistema de Bioreactor de Membrana (MBR): Uma Revisão. https://www.ripublication.com/ijerd_spl/ijerdv4n4spl_18.pdf

Janiszewska, Dorota., & Ossowska, Luiza., 2020. Biomassa como a fonte de energia mais popular na UE. https://www.ersj.eu/journal/1640/download

Karuppiah, T., & Azariah, V.E., 2019. Pré-tratamento de biomassa para melhoramento da produção de biogás. https://www.intechopen.com/chapters/65202

Kasinath, Arcana. al., 2021. Biomassa na produção de biogás: Pré-tratamento e codigesção. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121007887

Korbag, I., et al., 2020. Avanços recentes da produção de biogás e perspetiva do futuro. https://www.intechopen.com/chapters/72920

Kucukkara, Berk., Yaldiz, Osman., Sozer, Salih., & Ertekin, Can., 2011. Produção de Biogás a partir de Resíduos Agrícolas em Fábrica de Biogás de Escala

Sathitsuksanoh, N., Zhu, Z., Wi, S., Zhang, & YH., 2011. O pré-tratamento da biomassa à base de solvente de celulose quebra ligações de hidrogénio altamente ordenadas em fibras de celulose de switchgrass. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20967803/

Scarlat,Nicolae., Dallemand, Jean-François., & Fahl, Fernando., 2018. Biogás: Desenvolvimentos e perspetivas na Europa. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811830301X

Surendhiran, Duraiarasan., & RazackSirajunnisa, Abdul., 2019. Papel da Engenharia Genética na Produção de Bioetanol A partir de Algas. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128137666000187

Tavva, S.S. Mohan Dev., et. al., 2016. Produção de bioetanol através de hidrólise separada e fermentação da biomassa do histerofoto do Partênio. aclAiaB6X9_O3POjZGOSOG1R3uuGHYvVIPccfCQhttps://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115303517?casa_token=jhqY659ts1MAAAAA:Xg8LcA2aXteSxTL97PiRxQjqW88YEJS5nHf

Teferra, Demsew., & Wubu, Wondwosen., 2018. Biogás para Energia Limpa. https://www.researchgate.net/publication/330953118_Biogas_for_Clean_Energy/figures?lo=1

Centro de Tecnologia Climática da ONU & NEtwork, 2021. Combustão de biomassa e Cofiring para eletricidade e calor. https://www.ctc-n.org/technologies/biomass-combustão-e-co-disparo-electricidade-e-calor

PARA NÓS. Agência de Proteção Ambiental, 2007. Catálogo de Tecnologias Combinado de Calor e Energia de Biomassa. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/biomass_combined_heat_and_power_catalog_of_technologies_v.1.1.pdf

Viaspace, 2021. Combustão direta em centrais elétricas de biomassa. http://www.viaspacegreenenergy.com/direct-combustion.php

Laboratorial.
https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/118929

Lebuhn, M., Munk, B. & Effenberger, M., 2014.
Produção agrícola de biogás na Alemanha - da prática ao microbiology básicos.
https://energsustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/2192-0567-4-10

Wilson, Christopher., & Novak, John T., 2009.
Hidrólise dos componentes macromoleculares das águas residuais primárias e secundáriasé lubrificante por pré-tratamento hidrolítico térmico.
https://www.researchgate.net/publication/223004268_Hydrolysis_of_macromolecular_components_of_primary_and_secondary_wastewater_sludge_by_thermal_hydrolytic_pretreatment

Capítulo 5 - Processos de Desenvolvimento de Projetos de Biomassa

Introdução

O presente capítulo apresenta uma visão geral do processo de desenvolvimento de projetos, do ponto de vista tanto dos promotores de projetos como dos elementos da equipa responsáveis pela execução do trabalho de projeto. Fica claro que um projeto de biomassa, descreve a sua complexidade, identifica as partes interessadas, bem como as fases de desenvolvimento e implementação de projetos.

Alguns objetivos neste capítulo:

- Compreensão básica do desenvolvimento do projeto de produção de bioenergia
- Descrição da complexidade do desenvolvimento do projeto
- Compreensão das fases do projeto de biomassa
- Conhecer as partes interessadas e outros profissionais que podem participar no projeto

Conceito de projeto de biomassa-para-energia

A biomassa é um dos recursos mais promissores para a produção de energias renováveis. De acordo com o Banco Mundial (2017), a utilização da biomassa tem algumas vantagens, tais como:

- Fornecer recursos mais baratos e mais estáveis - como eletricidade, vapor e calor para um processo industrial ou qualquer tipo de operação que necessite de fornecimento de energia constante.
- Desenvolver e melhorar a economia do negócio e das operações exportando excedentes da energia - eletricidade, calor ou vapor produzidos a partir de biomassa.
- Fornecer opções de energias renováveis que podem ser uma solução para o ambiente, para a comunidade local e/ou para a própria indústria.
- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa substituindo os recursos energéticos de base fóssil como o petróleo, o carvão e o gás atural por biomassa.
- Reduzir potenciais resíduos da indústria e da agricultura, que eventualmente poderiam ser eliminados em aterro e utilizá-los como matéria-prima para a produção de energia.

Os projetos de biomassa podem trazer impactos positivos face à necessidade energética. Existem duas formas principais de utilizar a bioenergia:

- Utilização para a produção de eletricidade, calor ou vapor para consumo interno
- Utilização para consumo interno e excedente para fins comerciais - como exportação de eletricidade, calor ou vapor para outra utilização de energia.

O aspeto mais importante para o desenvolvimento do projeto de biomassa é o fornecimento de biomassa suficiente, ou não, para a produção a longo prazo. Além disso, tem que se

conhecer a viabilidade financeira, pois estes tipos de projetos causam grande impacto aos investidores. Se, durante a implementação do projeto não se garantir a disponibilidade de biomassa e viabilidade financeira do projeto, não será possível chegar à fase de equilíbrio financeiro.

A tabela seguinte relaciona a viabilidade técnica para a produção de bioenergia com a quantidade mínima de biomassa necessária e tecnologia disponível, baseada no COWI.

Tabela 5. Quantidades mínimas de biomassa necessária para cada tipo de tecnologia (COWI)

Tecnologia	**1-1.5 MWe**	**5-10 MWe**	**10-40 MWe**
	Entrada mínima de biomassa (toneladas/dia)		
Instalações de combustão utilizando uma caldeira de água/vapor	20-100	100-200	200-900
Instalações de combustão utilizando a tecnologia ORC	50-200	200-500	n/a
Produção de biogás com motor a gás	40-200	n/a	n/a

Fases do Projeto

Existem duas fases diferentes do projeto: a preparação e a implementação, de acordo com o Banco Mundial (2017),

Fase de Preparação

Existem 4 fases diferentes da fase de preparação do desenvolvimento do projeto de bioenergia, como se segue:

1. Ideia do Projeto

   É necessário preparar a ideia de conceito detalhado-a antes de outros estudos e desenvolvimento do projeto. A ideia principal do projeto é necessária para garantir uma orientação de implementação viável - incluindo a visão sobre o ambiente, o contexto social e financeiro. Os recursos de biomassa, as questões locais, os regulamentos nacionais e a utilização da bioenergia podem fazer parte da conceção da ideia principal do projeto.

2. Estudo prévio de viabilidade

O estudo prévio de viabilidade visa, inicialmente, medir o potencial de implementação e investimento do projeto. Há alguns pontos a considerar neste estudo, tais como:

1. Descrição do recurso de biomassa combustível (quantidade, características, preço, transporte, logística, necessidade de combustível suplementar, etc.)
2. Barreiras para o projeto
3. Conceitos técnicos potenciais (vários conceitos podem ser identificados e avaliados de forma breve)
4. Cálculo da produção de energia esperada (electricidade vapor, calor)
5. Layout preliminar
6. Possibilidade de ligação à rede elétrica (distância à rede, nível de tensão, custos de ligação, etc.)
7. Avaliação preliminar das vendas de energia (preço da eletricidade, preço do calor, preço do vapor, etc.)
8. Avaliação preliminar de locais alternativos (acesso ao local, dimensão, ligação à rede, esgotos, etc.)
9. Avaliação preliminar de localizações alternativas
10. Avaliação preliminar dos riscos e impactos ambientais e sociais
11. Avaliação preliminar dos custos de construção (CAPEX) e dos custos operacionais (OPEX)
12. Análise financeira preliminar
13. Avaliação preliminar dos riscos
14. Avaliação preliminar das autorizações e licenciamentos necessários
15. Planeamento e implementação de projetos, incluindo horários provisórios.

Para desenvolver o estudo prévio de viabilidade, pode considerar o seguinte conteúdo (Banco Mundial, 2017):

1. Introdução
2. Conclusão e recomendações
3. Descrição do projeto
4. Produção de energia esperada
5. Necessidade/ procura de energia e calor
6. Avaliação preliminar do impacto ambiental
7. Avaliação de locais alternativos
8. Layout
9. Design de engenharia civil
10. Equipamento eletromecânico
11. Ligação à rede elétrica
12. Estimativa de custos (CAPEX/OPEX)
13. Processo e permissão de licenciamento
14. Planeamento e implementação de projetos
15. Análise financeira preliminar
16. Análise de risco preliminar
17. Anexos

3. Estudo de Viabilidade

Quando os resultados do estudo de prévio de viabilidade são favoráveis, pode ser desenvolvido um estudo de viabilidade detalhado. O objetivo do estudo de viabilidade é criar pormenores para que as partes interessadas se comprometam a prosseguir com o seu desenvolvimento. Além disso, ajudará o projeto a ser mais organizado e realista. Este estudo de viabilidade pode ajudar a obter apoio das instituições de financiamento.

Existem 3 diferentes fases de estudo de viabilidade de acordo com o Banco Mundial (2017), a saber:

1. Design conceptual
    a. Definição das características do combustível, como composição e o poder calorífico
    b. Descrição da tecnologia aplicada
    c. Avaliação de tecnologias adequadas, incluindo manuseamento de combustível, sistema de combustão, caldeira, manuseamento e eliminação de cinzas, tecnologias de tratamento de gás de combustão para cumprir as normas de emissão atmosférica aplicáveis e relevantes, sistema de recuperação de energia etc.
    d. Avaliação da localização da potencial instalação na sequência de uma avaliação dos aspetos técnicos, ambientais e económicos e da aceitação local.
    e. Avaliação inicial dos custos de capital (CAPEX) e das despesas operacionais (OPEX)
    f. Avaliação da utilização potencial de vapor e/ou calor. É possível utilizar o calor para fins industriais, eventualmante como vapor? Existe um mercado para aquecimento/arrefecimento urbano?
    g. Verificação das ligações à rede elétrica, outros clientes, disponibilidade de serviços de água e de águas residuais, etc.
2. Estudo de Viabilidade Bancária
    a. O design conceptual e o investimento necessário
    b. Fornecimento garantido a longo prazo de biomassa (volume, poder calorífico/ outras propriedades e preço)
    c. Análises financeiras e económicas, incluindo cálculo custo-benefício, cálculos do valor atualizado líquido (NPV) e taxa interna de rendibilidade (IRR), e análises semelhantes.
    d. Visão geral do atual quadro regulamentar e político relevante para o projeto.
    e. Avaliação de potenciais fontes adicionais de financiamento, análise de sensibilidade e análises de risco importantes para o financiamento das instituições.
    f. Avaliação dos riscos potenciais para a viabilidade financeira do projeto e sugestões de medidas de mitigação
    g. Avaliação de impacto ambiental e social, incluindo identificação de medidas de mitigação
    h. Estudos de potenciais empresas de serviços.

i. Plano de aquisição/campras e identificação de potenciais fornecedores de equipamentos e empreiteiros.
j. Plano de implementação, incluindo calendário de financiamento.

3. Autorizações de Autoridade

   Os seguintes elementos, normalmente, fazem parte do processo de licenciamento:

   a. Licença ambiental baseada na avaliação de impacto ambiental e preparada de acordo com os requisitos regulamentares
   b. Permissão de planeamento
   c. Licença de construção
   d. Aprovação da ligação à rede elétrica, se for caso disso
   e. Ligação ao sistema de aquecimento distrital/local, se for relevante
   f. Aprovação para descarga de águas residuais, se houver.

   Nota: Se o estudo de viabilidade indicar que o projeto é viável, a próxima fase do projeto pode ser iniciada.

4. Contratos e Financiamentos

   A fase de contratos e financiamento considera o estudo de viabilidade para decisão final de investimento (FID) por parte do proprietário do projeto. Isto implica conduzir o projeto em várias frentes, incluindo a implementação do procedimento de seleção de empreiteiros.

   A seleção de empreiteiros pode ser feita de várias formas, através de contratos públicos, visando o concurso por potenciais empresas concorrentes qualificadas, ou através de um processo de contratação baseado em diálogo com um ou vários potenciais empreiteiros.

Implementação do Projeto

Após a fase de preparação do projeto e se o resultado for viável, há a próxima fase que é a implementação do projeto. A implementação do projeto faz-se com base nos documentos de preparação do projeto desenvolvidos inicialmente. De acordo com o Banco Mundial (2017), existem 5 etapas na implementação do projeto, tais como:

1. Preparação e aprovação do design detalhado do sistema
2. Construção
3. Comissionamento
4. Fase de operações e testes
5. Desmantelamento

Desenvolvimento de Projetos

Existem alguns componentes das considerações do projeto de bioenergia que irão afetar o desenvolvimento do projeto. De acordo com o Banco Mundial (2017), existem algumas barreiras no desenvolvimento de projetos de bioenergia, tais como:

- Existe um local com acesso e dimensão adequados disponíveis a um custo razoável?

- O dono do projeto tem capacidade suficiente para gerir o projeto?
- O financiamento está disponível em condições razoáveis?
- Existe um mercado bem definido para exportação de energia (eletricidade e/ou vapor/calor), oferecendo preços seguros a longo prazo, tornando o projeto viável?
- Está disponível uma ligação de rede a uma curta distância e a ligação é possível em condições razoáveis? (Isto não é relevante se o projeto for desenvolvido apenas para auto-fornecimento de eletricidade e/ou calor/vapor.)
- A legislação/ regulamentação nacional, regional ou internacional, é a favor deste tipo de projeto, e pode ser esperada a aprovação ambiental?

Essas questões têm de ser respondidas antes de avançarem para a implementação do projeto. Para além disso, existem alguns pontos e considerações no desenvolvimento do projeto e que se seguem:

1. Identificação do local

O local é um ponto importante a colocar e a ser considerado no sistema e em todas as operações, quer sejam de natureza ambiental, financeira ou social. Existem algumas questões que podem ajudar a identificar a localização mais adequada, tais como:

- Qual o custo dos locais mais adequados e qual é a sua disponibilidade?
- Existem restrições à sua utilização?
- O local potencial é suficientemente grande para a central de biomassa e para a área necessária para o armazenamento de biomassa?
- Qual o estado da infraestrutura do local? Por exemplo, ligação à rede (se relevante), ligação aos clientes de calor/vapor (se relevante), acesso rodoviário/ferroviário (se relevante), fonte de energia, ligação de esgotos, fornecimento de água bruta, etc.
- Qual é a distância do recurso de biomassa?
- Existe espaço de armazenamento suficiente para stock no caso de acontecer de interrupção no abastecimento externo de combustível (estação chuvosa, estradas bloqueadas, etc.)?

2. Fornecimento e Recursos de Biomassa

No desenvolvimento do projeto, é importante conhecer a disponibilidade e os tipos de recursos da biomassa para se planear a longo prazo. Isto é importante para prever a produção de forma sustentável. Existem algumas questões que podem ser usadas pelo proprietário do projeto para considerar a viabilidade do projeto:

- Existe biomassa suficiente? Quem fornece? Vem de onde?
- A sazonalidade ou a estação chuvosa é um obstáculo?
- Como é armazenada a biomassa até ser entregue na unidade de produção de energia? (Quais as características no local do fornecedor de biomassa)
- Quem entrega a biomassa, e em que condições contratuais?
- Como é verificada a qualidade da biomassa?
- Qual é o preço e o mecanismo de pagamento?

3. Considerações Técnicas

Para além do fornecimento e dos recursos da biomassa, a tecnologia utilizada deve ser considerada antes de tomar qualquer decisão em relação a ela. Depois de responder às questões relacionadas com o fornecimento e recursos de biomassa, o proprietário do projeto pode ter considerações sobre a técnica. Existem algumas questões que ajudam nas considerações técnicas, tais como:

- Os resíduos de biomassa são adequados como combustível para a produção de energia?
- O comportamento potencial de corrosão do combustível é aceitável para os fornecedores de tecnologia?
- Se forem necessários combustíveis de biomassa suplementares, a central de biomassa pode funcionar sem limitações, quer com os combustíveis de origem local quer com os combustíveis provenientes de outro local? (O manuseamento de combustível, a caldeira a vapor e a limpeza de gás de chaminé são pontos importantes a ter em conta.)
- É tecnica e economicamente viável converter os resíduos de biomassa em eletricidade/calor?
- Existe disponibilidade biomassa combustível suficiente? Caso contrário, existem fontes de combustível suplementares e a que custo e em que condições?
- É possível uma ligação à rede na tensão correta (se a exportação de energia for relevante)?
- A ligação para o fornecimento de vapor e/ou calor às indústrias próximas ou às redes de aquecimento distrital é acessível (se exportar calor e/ou vapor)?
- Quem paga a linha de transmissão ao ponto de ligação da rede e à ligação calor/vapor?
- Como é tratada a biomassa e armazenada no local?
- Como é assegurado o fornecimento de energia de reserva (em caso de avaria das instalações, falta de fornecimento de biomassa, etc.)?

4. Implementação e Manutenção de Projetos

No desenvolvimento do projeto, as considerações de como tudo funciona e se mantém são importantes, pois ajudará a descobrir como o projeto pode funcionar de forma sustentável e a longo prazo. Depois de responder a questões relacionadas com o local, fornecimento de biomassa e questões técnicas, existem outras questões a considerar como o projeto funciona e mantém, incluindo os recursos humanos e tecnológicos, tais como:

- O pessoal da própria fábrica realizará a manutenção, ou será um serviço subcontratado?
- O pessoal com competências necessárias está disponível localmente para gerir e operar a fábrica?
- A fábrica terá um elevado grau de automatização, reduzindo assim a necessidade de mão-de-obra? (Isto pode exigir pessoal mais qualificado.)
- Estão disponíveis rotas de eliminação de cinzas?

5. Legislação

Uma das partes mais importantes do desenvolvimento do projeto de produção de bioenergia é a legislação. É importante continuar a certificar-se de que o projeto está alinhado com todos os regulamentos e normas de cada país. Existem algumas questões principais que podem ser respondidas para garantir a viabilidade do projeto, tais como:

- A legislação nacional (regional ou internacional) é a favor deste tipo de projeto, e pode ser esperada a planificação e aprovações ambientais?
- A legislação permite tais facilidades?
- Quais são os limites de emissões locais e nacionais que precisam de ser cumpridos? Qual é o custo associado?

6. Economia e Financiamento do Projeto

Depois de todos os pontos acima respondidos, a economia e o financiamento para o projeto podem ser calculados. A economia e o financiamento do projeto são importantes para manter o projeto em funcionamento de forma eficiente e a longo prazo. Há algumas questões que devem ser consideradas para o cálculo e planear a economia e o financiamento do projeto, tais como:

- Quem será o proprietário e operador do projeto?
- O projeto é financeiramente viável e os potenciais riscos são identificados e adequadamente mitigados?
- O projeto tem acesso a financiamento suficiente a partir de fontes internas, ou será necessário financiamento externo das instituições financeiras para o implementar?
- O financiamento está disponível com custos aceitáveis?
- O projeto depende da venda externa de energia? Se sim, existe um mercado para a venda de eletricidade, vapor ou calor para clientes externos?
- Que condições podem ser obtidas para a ligação e venda de eletricidade à rede, incluindo os mecanismos de apoio disponíveis para as energias renováveis, tais como tarifas de alimentação, certificados de energia limpa, etc.?
- Existe uma tarifa para a venda de calor e/ou vapor?
- A tarifa de alimentação pode ser garantida? Quais são os termos e prazos comerciais?
- As receitas do projeto previstas são suficientes para gerar um retorno do investimento (ROI) proporcional aos riscos do projeto?

Referências

Banco Asiático de Desenvolvimento, 2007. República Popular da China: Preparação do Projeto Integrado de Desenvolvimento de Energia de Biomassa Renovável. https://www.adb.org/sites/default/ficheiros/projecto-documento/66115/40682-prc-tar.pdf

Programa europa central, 2014. Histórias de Projeto do Programa EUROPA CENTRAL: Eficiência Energética e Energias Renováveis. https://www.interreg-central.eu/Content.Node/4-energy-final.pdf

Greenalia., Banco Europeu de Investimento., 2017. Central de produção de energia curtis Biomass. https://www.eib.org/en/proescamões/gasodutos/todos/20170647

Agência Internacional de Energia (AIE), 2007. Bioenergia Project Development & Biomass Supply. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Good-Practice-Guideines-Bioenergy-Project-Development-and-Biomass-Supply.pdf

Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA)., Comissão Europeia., 2018. Perspetivas de Energias Renováveis para a União Europeia. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf

Kretschmer, Bettina., Bennett, Sophie. 2011. Análise da implementação da bioenergia nos Estados-Membros da UE: Resultados do Inquérito aos Futuros da Biomassa. https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/9e389cf9-cf7e-463c-9a50-ac4b7bc5c127/IEEP_Biomass_Futures_Expert_Survey.pdf?v=63664509756

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), 2021. O papel da bioenergia na transição energética limpa e no desenvolvimento sustentável: lições dos países em desenvolvimento. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-07/New-Publication-Bioenergy.pdf

Grupo do Banco Mundial, 2017. Converter biomassa em energia. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28305/118738-WP-BioMass-report-06-2017-PUBLIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Capítulo 6 - Aspetos Comerciais da Energia produzida a partir da Biomassa

Introdução

O presente capítulo fornece informações sobre o regulamento e o sistema de comercialização da energia da biomassa. Permite obter um melhor entendimento do regulamento da UE sobre os acordos de fornecimento de biomassa, a aquisição de energia, o acordo de fornecimento de vapor/calor e a eliminação de resíduos a partir de acordo de produção de bioenergia.

Alguns objetivos deste capítulo:

- Compreender a estrutura dos acordos no fornecimento de biomassa
- Compreender a diferença dos tipos de acordos no desenvolvimento do projeto de bioenergia
- Compreender a regulamentação e sistema da UE sobre a comercialização da biomassa para a energia
- Compreender como implementar o regulamento e o sistema para o trabalho real

Enquadramento

Os aspetos comerciais da bionergia são importantes nos projetos que dependem de fornecimento externo - desde a biomassa, produção, venda e tratamento de resíduos. Para

garantir que o projeto é financeiramente viável, formalização de acordos com fornecedores e terceiros é uma necessidade.

Os acordos no desenvolvimento e implementação do projeto ajudam o promotor, o fornecedor e também terceiros a dispor de conhecimentos concretos e a ter uma análise financeira realista para implementar o projeto de forma eficaz e mais organizada. Devem ser considerados os seguintes aspetos, no que se refere à comercialização de biomassa para a energia:

1. Acordos de fornecimento de biomassa - que podem incluir o fornecimento de biomassa no local e o fornecimento externo de biomassa (pelos fornecedores)
2. Contratos financeiros e de empréstimos - que incluem capitais próprios para o projeto e empréstimos do banco.
3. Aprovações da autoridade
4. Contratos de construção - que incluem consultores, empreiteiros e também a companhia de seguros.
5. Contratos de consumo e compra - que incluem o consumo interno de energia e a venda externa aos clientes.

Acordos de fornecimento de biomassa

Os acordos de fornecimento de biomassa são importantes na implementação do projeto. No projeto de bioenergia, a biomassa desempenha o papel principal. Se o fornecimento de biomassa falhar, o projeto irá ter graves consequências vertente financeira. De acordo com o Banco Mundial (2017), os fatores mais importantes para incorporar num acordo de fornecimento de biomassa são os seguintes:

- Quantidade de biomassa (toneladas por dia, entregues no local) e o que acontece se o fornecedor não fornecer biomassa em conformidade com o acordo
- Qualidade da biomassa (normalmente o teor de peso e humidade), como a qualidade é determinada e o que acontece se as especificações não forem cumpridas.
- Preço da biomassa (Euros/tonelada) e variações de preço em função dos parâmetros de qualidade
- Local de entrega (idealmente no local)
- Critérios de rejeição e consequências da entrega tardia.

A estrutura base da minuta do acordo/ contrato de fornecimento de biomassa (Banco Mundial, 2017), é a seguinte:

1. **Âmbito -** para o fornecimento de biomassa num determinado local.
2. **Objetivo**
   "O fornecedor concorda em fornecer ao cliente, e o cliente concorda em comprar ao fornecedor, biomassa com as especificações, nas quantidades, para o período de tempo, ao preço e nos termos e condições abaixo indicados."
3. **Duração do contrato**
   "Este contrato é de [XX MESES/ANOS] e começará em [DATA] e terminará em [DATA]."
4. **Quantidade**

"A quantidade mínima mensal de biomassa fornecida durante o contrato definido será [XX] metros cúbicos ou toneladas. Em caso de escassez na biomassa de que dispõe o fornecedor, o fornecedor será responsável por [Contratar fornecedores terceiros/ pagar compensação]."

5. **Fonte e entrega**
   "A biomassa será origem nas seguintes fontes: [descrição].
   A biomassa será fornecida em [EMBALADA/FARDOS/GRANEL] e entregue ao cliente por um veículo adequado para entrega no armazém de combustível."
6. **Qualidade e especificações**
   "Regulação de parâmetros de qualidade chave, como, por exemplo, o teor de humidade.
   O teor de humidade previsto deve ser expresso em percentagem [XX%] e relacionar o teor de água com o peso seco [normas pertinentes] mas, em qualquer caso, não deve exceder [YY%]. No caso de a biomassa entregue não reunir as especificações mínimas determinadas através da amostragem, o fornecedor será responsável por [COMPENSAÇÃO]."
7. **Pesos, amostragem e análise**
   "O cliente pode, a qualquer momento, enviar amostras representativas de biomassa para avaliação, análise, teste e aprovação. Todas as amostras devem reunir as especificações.
8. **Preço**
   "O preço da biomassa entregue no armazém de combustível do cliente basear-se-á na seguinte tarifa até [DATE] € [XX] por metro cúbico de biomassa; [OU: € XX POR TONELADA DE BIOMASSA]. Para a biomassa que cumpra as especificações mínimas, mas com um teor de humidade superior [ZZ], o preço deve ser [PREÇO AJUSTADO]."
9. **Faturas, faturação e pagamentos**
   "O fornecedor fará faturas mensalmente ao cliente. Isto basear-se-á no número de cargas (em peso ou volume) e será avaliado no dia XX de cada mês."
10. **Seguro**
    "O fornecedor terá um seguro de responsabilidade civil adequado para o manuseamento e transporte das quantidades especificadas de biomassa. A responsabilidade de garantir ao cliente a ausência de consequências económicas numa eventual incapacidade do fornecedor para cumprir as obrigações contratuais será com [cliente/FORNECEDOR]. Independentemente disso, o fornecedor deve, em caso de incumprimento das obrigações previstas neste contrato, ficar sujeito a uma penalização definida como [definição penalização por incumprimento]."
11. **Eventualidade de disputa / Contestação legal**
12. **Rescisão**
13. **Força maior**
14. **Representação**
15. **Direito e jurisdição que regem o contrato**

Contratos de Aquisição de Energia (CAE)

Quando a produção de energia supera as necessidades energéticas, pode fazer-se um CAE. Este acordo é estabelecido entre o produtor de energia e uma empresa compradora de energia.
O CAE é um acordo de longo prazo que estabelece previsões de preços e quantidades de energia produzida durante o período de vigência do contrato. Além disso, este acordo proporcionará ao produtor e ao comprador uma segurança e estabilidade no processo de compra e venda de energia. A comercialização ajudará a manter um fluxo de receitas estável para assegurar a implementação do projeto a longo prazo.

De acordo com o Banco Mundial (2017), existem elementos-chave a considerar no CAE, tais como:

1. Qualidade da energia (frequência, tensão, interrupção planeada)
2. Quantidade de energia vendida (MWh/ano)
3. Preço da eletricidade (Euros/ MWh) e capacidade. O preço pode refletir tarifas especiais para situações em que existem créditos energéticos ou outros artefactos legais ou financeiros para energias renováveis.
4. Flexibilidade para o produtor fazer vendas a terceiros (se permitido pelo comprador)
5. Compensação ao produtor no caso em que ocorrem limitações de produção devido a restrições na rede.
6. Indemnização ao adquirente no caso de atraso na conclusão do projeto ou de um baixo desempenho da entrega.
7. Prazo do acordo (normalmente cinco anos ou mais)
8. Regras de entrega/ envio, incluindo potenciais restrições.

Existem estruturas-chave do CAE, como as que se segue:

1. Objetivo
2. Descrição da instalação
3. Instalações de interconexão e medição
4. Obrigação de compra e venda de energia produzida
5. Pagamento pela energia
6. Apoio ao quadro regulamentar (tarifa de alimentação, obrigações de compra, etc.)
7. Faturação e pagamento
8. Operação e manutenção
9. Omissão e rescisão
10. Administração de contratos e avisos
11. Resolução de litígios
12. Força maior
13. Representações e garantias
14. Seguros e indemnizações
15. Jurisdição regulamentar e conformidade
16. Atribuição e outras restrições de transferência
17. Informações confidenciais
18. Diversos

Acordo de fornecimento de vapor/calor

À semelhança do acordo de fornecimento de energia, este acordo centra-se no excesso de vapor/calor (água quente) que pode fornecer uma indústria próxima. Esta atividade ajuda a sustentar as receitas do projeto. De acordo com o Banco Mundial (2017), o acordo de fornecimento de calor deve incluir e definir os seguintes elementos:

1. Parâmetros de vapor/calor (temperatura/pressão) e variações máximas
2. Quantidades de calor vendidas (MWh por ano)
3. Preço do calor (Euros por MWh)
4. Responsabilidade pelos custos de investimento na infraestrutura de transferência de calor entre o fornecedor de calor e o cliente.
5. Prazo do acordo (anos).

Acordo para a eliminação de resíduos e bio-resíduos

Dado que do processo de produção de energia a partir de biomassa existe a produção de resíduos, então é importante fazer-se o acordo de eliminação de resíduos. Os resíduos podem vir do processo de combustão, produção de biogás, ou de outros trabalhos, e devem ser descartados. Isto pode levar ao surgimento de outros produtos que são úteis para fins de reaproveitamento, como fertilizantes. Tendo boa qualidade estes novos produtos podem ser mais uma receita no projeto.

Existem alguns elementos-chave no acordo de eliminação de bio-resíduos, como se segue:

1. Quantidades de bio-resíduos (toneladas por dia)
2. Qualidade do bio-resíduo (valor nutritivo)
3. Preço do bio-resíduo (Euros por tonelada) e custos associados à sua eliminação.

Referências

Gramatikov, Plamen, 2009. Utilização da Energia da Biomassa - Aspetos Ecológicos e Económicos. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/013/47013696.pdf

Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), 2018. Global Energy Transformtion: A Roadmap to 2050. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf

Sobamowo, Gbeminiyi M., Ojolo, Sunday J., 2018. Análise tecno-económica da utilização da energia da biomassa através da tecnologia de gaseificação para produção de energia sustentável e desenvolvimento económico na Nigéria. https://doi.org/10.1155/2018/4860252

Varnagirytė-Kabašinskienė, I., Lukminė, D., Mizaras, S. et al., 2019. Recursos de biomassa florestal lituana: aspetos jurídicos, económicos e ecológicos da sua utilização e potencial. https://doi.org/10.1186/s13705-019-0229-9

Irmak, Sible., IntechOpen, 2019. Desafios da Utilização da Biomassa para Biocombustíveis. https://www.intechopen.com/chapters/65348

Scarlat, Nicolae., Dallemand, Jean-François., et. al., 2015. O papel da biomassa edo bioene rgy numa futura bioeconomia: políticas e factos. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006

S2Biom, 2016. Relatório geral sobre o estado atual da biomassa para bioenergia, biocombustíveis e biomateriaisna Europa. https://www.s2biom.eu/images/Publications/D8.1_S2Biom_Overview_report_of_current_status_of_biomass_in_Europe.pdf

Grupo de trabalho para a Visão de Utilização Sustentável da Biomassa na Ásia Oriental, 2008. Aspetos Económicos da Utilização da Biomassa, em Sagisaka, M. (ed.), Visão de Utilização Sustentável da Biomassa na Ásia Oriental, ERIUm Relatório de Projeto de Investigação 2007-6-3, Chiba: IDE-JETRO, pp.38-69. https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/ERIA_RPR_FY2007_6-3_Chapter_3.pdf

Grupo do Banco Mundial, 2017. Converter biomassa em energia. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28305/118738-WP-BioMass-report-06-2017-PÚBLICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Capítulo 7 - Avaliação Económica

Introdução

O presente capítulo fornece uma visão geral sobre a análise dos custos e a avaliação da produção de bioenergia. Também faz uma abordagem mais profunda sobre a forma como se calcula e avalia os aspetos económicos da produção de bioenergia.

Alguns dos objetivos deste capítulo:

- Compreender o básico da avaliação económica da conversão da biomassa em energia.
- Calcular os aspetos económicos da produção de bioenergia
- Compreender pontos importantes no cálculo económico e avaliar a produção de bioenergia

Enquadramento

A muito importante fazer-se uma avaliação económica do projeto. Esta avaliação consiste em análises financeiras e económicas. A análise financeira deve ser feita em pormenor para manter o projeto a funcionar de forma eficaz e realista. A análise económica ajuda a avaliar os impactos na sociedade através do cálculo de custos e benefícios. A monitorização e controlo do projeto ajuda a implementar projetos a longo prazo.

A análise financeira tem um papel importante, especialmente para investidores e também para o banco, nomeadamente no que se refere à gestão de empréstimos e viabilidade e gestão do projeto. Será um elemento importante para manter todas as partes interessadas relevantes seguras e realistas sobre o projeto e controlarem os custos e benefícios do projeto.

No que se refere a análise financeira de um negócio, existem elementos que podem apoiar a desenvolver cenários no projeto, tais como:

1. O último custo da energia, uma vez que pode sido outra fonte energética ou outro tipo de energia utilizada.
2. A estabilidade do fornecimento de energia.
3. Análise de armazenamento e eliminação que pode incluir os custos e quaisquer outros riscos técnicos e problemas.

Existem elementos-chave que diferem na análise financeira e económica, tais como:

1. Análise financeira
    a. A avaliação baseada na perspetiva do investidor
    b. Os preços de mercado são importantes a considerar
    c. Impostos, tarifas, etc. são importantes para avaliar, uma vez que pode ajudar a gerir os custos e benefícios do projeto.
    d. Foco nas internalidades
2. Análise económica
    a. A avaliação baseada na perspetiva económica da sociedade.
    b. Valor dos impostos, tarifas, subsídios, etc. do projeto à sociedade.
    c. Consideração de fatores externos negativos e positivos, como a redução das emissões de gases com efeito de estufa, etc.

De acordo com o Banco Mundial (2017), existem elementos-chave para garantir que o projeto de biomassa seja financeiramente sustentável, tais como:

1. Disponibilidade, estabilidade e garantia da fonte e fornecimento de biomassa.
2. Mercado estável que pode proporcionar fácil acesso à distribuição da eletricidade ou calor produzidos.
3. A disponibilidade do volume de biomassa é suficiente para o funcionamento e tecnologia utilizada no projeto.
4. Todos os processos como a recolha de biomassa, armazenamento e transporte, processos de pré-tratamento, processo de tratamento de resíduos e os resíduos podem ser bem financiados pelo projeto.
5. Taxas aceitáveis e acessíveis na fase de financiamento.

Relativamante à análise económica, existem alguns elementos-chave para manter o projeto economicamente viável e sustentável, tais como:

1. Os recursos de biomassa para a produção de energia não provocarão impactos sociais negativos, como a crise alimentar, a perda de biodiversidade, etc.
2. O fornecimento da matéria-prima a biomassa provém de fontes secundárias ou terciárias, como a biomassa residual que pode ser benéfica para o clima e para o ambiente.

Análise Financeira

Como já referido acima, a análise financeira permite a que todas a partes interessadas, como prorietários e investidores, avaliar o projeto em termos de viabilidade financeira. Um investidor estará interessado em investir no projeto se a taxa interna de retorno for superior ao custo médio ponderado de capital. Simplesmente, o investimento deve gerar um rendimento/ retorno.

Existem alguns riscos associados à viabilidade financeira de projetos de biomassa para energia, tais como:

1. O fornecimento da matéria-prima a biomassa é instável.
2. A qualidade da biomassa é insuficiente em comparação com a tecnologia utilizada no projeto.
3. O acesso ao mercado dos produtos é baixo.
4. Desconhecimento sobre investimentos em projetos de biomassa e bioenergia.
5. A limitação da recolha, transporte e outros processos técnicos das matérias-primas.

De acordo com o Banco Mundial, existem referências típicas para parâmetros financeiros fundamentais em projetos de biomassa, tais como:

1. Taxa interna de retorno (IRR) do projeto: >10 por cento
2. Valor atualizado líquido do projeto: > 0%, dependendo dos riscos relacionados com o projeto
3. Período de reembolso: <10 anos
4. Rácio de cobertura da dívida: 1,2 a 1,5

–

Nota: *As estimativas acima mencionadas são resultados generalizados e diferirão além-fronteiras e condições específicas do projeto. Os parâmetros de referência internos para estes critérios dependem frequentemente da taxa de juro subjacente da economia, do país, do nível geral de desenvolvimento económico e estão sujeitos a alterações ao longo do tempo.*

Segue-se a abordagem à análise financeira (Banco Mundial, 2017):

(Receitas da produção de energia) - (CAPEX) - (Custo de Financiamento) - (OPEX) = (Valor Líquido)

Para que se compreenda melhor a abordagem da análise financeira, existem metodologias-chave utilizadas numa análise financeira aplicada aos projetos biomassa-energia, como as que se seguem:

1. Capital de custo médio ponderado (WACC)

WACC é um cálculo do custo de capital em que cada categoria de capital é proporcionalmente ponderada. Por conseguinte, a WACC é a taxa de desconto adequada para uma avaliação financeira. A taxa de desconto do projeto é muito importante, uma vez que afeta o valor atual dos custos e benefícios futuros.
O WACC é calculado com base na seguinte fórmula:

WACC = (Ação de Capital próprio x Custo de Capital Próprio) + (Parte da Dívida x Custo pós-imposto da dívida)

2. Receitas

Na implementação do projeto, são necessárias receitas para avaliar. As receitas devem ter em conta a procura do mercado face aos produtos produzidos - pode incluir tarifas e deve ser considerado a forma como tem um efeito sobre o fluxo de caixa. O valor de produção e os preços são importantes e considerados para a viabilidade financeira do projeto.

Nas receitas biomassa-energia, existem 2 recursos diferentes como se segue:

a. Na rede, que inclui:
    - Eletricidade
    - Calor
    - Gás
    - Resíduos que potencialmente podem ser convertidos noutros produtos, como fertilizantes
b. Fora da rede, que inclui:
    - Economias provenientes de fontes externas, como carvão, gás natural e petróleo
    - Resíduos que potencialmente podem ser convertidos noutros produtos, como fertilizantes

3. Custo do fornecimento da biomassa

O fornecimento de biomassa do projeto é crucial numa avaliação. O cálculo do fornecimento de biomassa é fundamental para que se faça uma implementação do projeto de forma segura e estável. Existem alguns elementos-chave de custos que são importantes para calcular o fornecimento de biomassa, especialmente se a biomassa provém de diferentes fontes, tais como:

a. Custo da recolha
b. Custo do transporte
c. Custo do pré-tratamento
d. Custo de armazenamento

4. Despesas de Capital (CAPEX)

Na análise financeira de um projeto de produção de bionergia a partir de biomassa, o CAPEX é um custo total de investimento necessário para desenvolver e adquirir a unidade de produção de energia. Inclui propriedades, edifícios, equipamentos, máquinas e outras tecnologias necessárias.

As despesas de capital devem ser capitalizadas. Isso exige que o proprietário dilua o custo da despesa (o custo fixo) ao longo da vida útil do ativo.

5. Vida útil económica

Segundo o Banco Mundial, presume-se que a esperança média de vida de um plano de biomassa para energia seja de 20 a 30 anos, correspondendo também à duração da análise financeira. É importante incluir o valor residual da central energética se for selecionada uma análise mais curto prazo.

Análise Económica

Uma análise económica é geralmente realizada com base num pedido das autoridades públicas (por exemplo, no âmbito de um pedido de subvenção de investimento), para fornecer informação sobre os impactos que o projeto terá na sociedade. A importância deste tipo de análise varia significativamente com a dimensão do projeto. Uma análise económica estima o benefício líquido do projeto incorporando todos os benefícios e custos, incluindo os efeitos externos, que são quantificados e expressos em termos monetários.

- Os projetos de biomassa mais pequenos nos países em desenvolvimento, dissociados da rede nacional, terão sobretudo um impacto económico local. Os impactos sociais e ambientais também são de escala local.
- Os projetos de biomassa de maiores dimensões, ligados às redes energéticas nacionais, terão um maior impacto económico na sociedade no seu conjunto. As maiores quantidades de biomassa aplicadas no projeto, maior o impacto ambiental e potencialmente social.

Abaixo está a abordagem à análise económica (Banco Mundial, 2017):

(Receitas provenientes da produção de energia) + (Benefícios externos para a sociedade) - (Custos de investimento e custos O&M) - (Custos externos para a sociedade) = (Benefícios líquidos para a sociedade)

1. Benefícios e Custos Económicos Locais

Um projeto de biomassa pode potencialmente ter impactos importantes na economia local, ou pode funcionar sem afetar a área local. Os potenciais efeitos locais positivos e negativos de um projeto de biomassa são os seguintes:

Benefícios:

- Um possível aumento do rendimento dos agricultores locais em resultado da procura de biomassa local.
- Uma fonte local estável de energia da central de biomassa.
- Criação de postos de trabalho locais (quer na fábrica quer no sector agrícola).
- Possíveis melhorias nas infraestruturas, tais como a ligação à rede ou melhoria das estradas para o transporte de biomassa.

Custos:

- Efeitos ambientais negativos devido às emissões provenientes das centrais.
- Os efeitos sociais devem ser cuidadosamente considerados. Se a biomassa a utilizar para a produção de energia for atualmente utilizada pelos locais para consumo humano, consumo animal ou geração de rendimento, a eliminação da biomassa pode causar problemas sociais.

2. Benefícios e Custos Económicos Públicos

Os projetos de biomassa podem ter um impacto na macroeconomia, e podem proporcionar vários outros benefícios macroeconómicos, tais como:

Benefícios:

- Um fornecimento de energia estável
- Menos subsídios para combustíveis fósseis no orçamento público
- Melhores oportunidades para a produção industrial e, assim, a geração de emprego, devido ao fornecimento de energia estável
- O aumento da segurança nacional do aprovisionamento energético, tornando o país menos dependente da importação de emissões de gases com efeito de estufa, uma vez que a energia proveniente de bio-resíduos implica menos emissões em comparação com fontes de energia alternativas baseadas em fontes fósseis.
- Ganhos ambientais derivados da redução da produção de eletricidade baseada em combustíveis fósseis
- Redução dos custos para saúde e melhoria da qualidade do ar.

Custos:

- Sem efeitos ambientais negativos, a menos que a biomassa primária seja utilizada para a produção de energia. Isto prejudicaria a sustentabilidade do projeto, causando um aumento global das emissões de gases com efeito de estufa.
- Efeitos económicos negativos: Despesas de capital e custos de exploração e manutenção, potencial risco colocado pela exposição cambial.

Referências

Deloitte, 2022. Rumo a um Sistema Energético Integrado: Avaliação do Impacto Socioeconómico e Ambiental da Bioenergia. https://bioenergyeurope.org/article/347-towards-an-integrated-energy-system-assessing-bioenergy-s-socio-economic-and-environmental-impact.html

Duque-Acevedo, M., Belmonte-Ureña, L.J., Yakovleva, N., Camacho-Ferre, F., 2020. Análise dos Modelos de Produção Económica Circular e da sua abordagem na Gestão da Biomassa agrícola e agrícola. https://doi.org/10.3390/ijerph17249549

IEA Bioenergy, 2018. Estratégias de bioeconomia ede iorefina nos Estados-Membros da UE e não só. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/12/Bioeconomia-e-biorefining-Strategies_Final-Report_DEC2018.pdf

Lange, L., Connor, K.O., Arason, S., Bundgård-Jørgensen, U., Canalis, A., Carrez, D., Gallagher, J., Gøtke, N., Huyghe, C., Jarry, B., Llorente, P., Marinova, M., Martins, LO., Mengal, P., Paiano, P., Panoutsou, C., Rodrigues, L., Stengel, D. B., van der Meer, Y., e Vieira, H.202. Desenvolvimento de uma Economia Bio-Baseada Sustentável e Circular na UE: Através da parceria entre setores, upscaling e utilização de novos conhecimentos mais rápido, e para o benefício do Climate, Ambiente & Biodiversidade e People & Business. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.619066

Stegmann, Paul., Londo, Marc., e Junginger, Martin., 2020. A bioeconomia circular: Os seus elementos e o seu papel nos clusters europeus de bioeconomia. https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029

Vanhamaki, Susanna., et. al., 2019. Economia Circular Bio-baseada nas taxas nacionais e regionais europeias. https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1554360917.pdf

World Bank Group, 2017. Converter biomassa em energia. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28305/118738-WP-BioMass-report-06-2017-PÚBLICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Capítulo 8 - Avaliação Ambiental e Social

Introdução

O presente capítulo dá uma visão geral sobre a metodologia de rastreio e avaliação dos riscos e impactos ambientais e sociais (E&S) dos processos de produção de energia apartir de biomassa.

Alguns dos objetivos deste capítulo:

- Compreender os riscos ambientais e sociais e os impactos da produção de bioenergia
- Compreender como avaliar os impactos ambientais e sociais da produção de energia

Enquadramento

As questões ambientais e sociais poderiam surgir de projetos e centrais de produção de bioenergia a partir de biomassa. As avaliações ambientais e sociais são importantes e devem serem efetuadas no decurso da implenetação do projeto.

A biomassa pode fornecer energia alternativa que pode substituir os combustíveis fósseis no que diz respeito aos benefícios das emissões de gases com efeito de estufa. No entanto, a utilização de biomassa para energia pode ter um impacto no ambiente social e local, na qualidade do ar, na biodiversidade, no consumo de água e também no uso do território a nível local. Além disso, na perspetiva social, pode ter impacto nos meios de subsistência locais, na segurança alimentar, no emprego e também na pobreza.

De acordo com o Banco Mundial (2017), exitem impactos ambientais e sociais decorrentes destes projetos, tais como:

1. Impactos ambientais:
    - Qualidade do ar: As emissões provenientes da combustão de bio-resíduos podem conduzir à poluição atmosférica.
    - Nutrientes: A remoção de resíduos do ecossistema agrícola pode levar ao esgotamento dos nutrientes no solo se as cinzas não forem devolvidas ao solo.
    - Biodiversidade: Se a procura de resíduos agrícolas aumentar mais do que a sua produção, podem ser criadas novas áreas agrícolas a partir da conversão de outras áreas, afetando, por exemplo, zonas húmidas, de arbustos ou florestas, que possam ter um impacto negativo na biodiversidade.

- Água: A qualidade da água e a quantidade podem ser afetadas, por exemplo, pela descarga de águas residuais ou pelo aumento da utilização de águas subterrâneas para a produção de biomassa.
- Terra: Se apenas forem utilizados recursos secundários, os impactos locais em terra são provavelmente pequenos. No entanto, se outros já utilizarem as matérias-primas, poderão surgir consequências ambientais se estes utilizadores perseguirem outras matérias-primas.

2. Impactos sociais, como:
    - Emprego: A central de bioenergia pode gerar emprego na região.
    - Economia: A fábrica pode beneficiar a economia local.
    - Segurança alimentar: Dependendo das utilizações existentes da matéria-prima, podem surgir potenciais problemas de segurança alimentar se os alimentos ou as culturas alimentares forem utilizados para a produção de energia.

Existem várias políticas e ferramentas que podem ser usadas para avaliar os impactos ambientais e sociais, como se segue:

- Normas de desempenho do IFC: Normas e notas de orientação de desempenho ambiental e social definem as responsabilidades entidades certificadas IFC na gestão dos seus riscos ambientais e sociais.
  Disponível em:
  http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/IFC+Sustainability/Our+Approach/Risk+Management/Performance+Standards/
- Princípios do Equador: Um quadro de gestão de risco, atualmente adotado por 83 instituições financeiras em 36 países, cobrindo 70% da dívida financeira internacional do projeto em mercados emergentes. Os princípios são utilizados para determinar, avaliar e avaliar o risco ambiental e social, destinados principalmente a fornecer uma norma mínima de diligência para apoiar a tomada de decisões responsáveis.
  Disponível em:
  http://www.equator-principles.com
- Ferramenta de apoio à decisão da bioenergia: Planeamento estratégico e avaliação dos riscos nas escolhas de investimento, desenvolvido pela ONU-Energia, pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura e pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente.
  Disponível em:
  http://www.bioenergydecisiontool.org
- Instrumento de Bioenergia RASLRES, desenvolvido pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional da UE.
  Disponível em:
  http://www.raslres.eu
  Nota: esta ferramenta é desenvolvida para a região nórdica e é principalmente aplicável em configurações semelhantes.

Avaliação Ambiental

Os principais tópicos das avaliações de impacto ambiental no projeto de conversão de biomassa em energia são a água, a biodiversidade, o solo e a terra, e o ar.

1. Água

Com a utilização insustentável da água a ser uma ameaça tanto para o ambiente como para o desenvolvimento humano, a utilização da água para projetos de bioenergia deve ser sustentável e não deve comprometer a qualidade e a quantidade da água.

De acordo com o Banco Mundial, existem questões fundamentais para avaliar o uso da água no projeto biomassa-energia, tais como:

- A utilização de água para a produção de biomassa ou para a conversão de matérias-primas afetará a disponibilidade de água ou a garantia do abastecimento na bacia hidrográfica?
    - Se for necessária uma irrigação adicional ou nova para produzir a cultura energética, um equilíbrio local da água o projeto deve avaliar como este impacta os recursos hídricos locais.
    - Se os produtores de biomassa ou de matérias-primas ligadas às redes locais de distribuição de água tencionarem aumentar a sua utilização da água, o impacto na segurança do abastecimento de água pode ser substancial e deve ser avaliado.

- A utilização da água para a produção de biomassa ou para a conversão de matérias-primas afetará a qualidade da água?
    - Considere-se, por exemplo, se a produção das culturas conduzir a mudanças na gestão dos terrenos, na limpeza dos terrenos ou na remoção das árvores, pode haver um risco de perda de solo através da erosão, o que pode acabar por ter um impacto nos rios e ribeiros.
    - Se forem utilizados novos adubos ou pesticidas adicionais, isso pode ter implicações na qualidade da água. Considere-se quer os recursos das águas subterrâneas, quer das águas superficiais.
    - Se o produtor de biomassa ou de matérias-primas utilizar recursos hídricos adicionais ou novos devido ao projeto, a capacidade e a qualidade dos sistemas locais de tratamento da água devem ser avaliadas e tidas em conta.

- A utilização de água para a produção de biomassa ou para a conversão de matérias-primas alterará os fluxos de água e a disponibilidade de água para os utilizadores a jusante?
    - Se quaisquer ribeiros, tubos ou reservatórios forem impactados ou alterados devido à produção de biomassa ou de matérias-primas, isso pode afetar o abastecimento de água local.

Nota: Se a resposta a qualquer uma das questões acima referidas for "sim" uma ou mais questões de preocupação precisarão de mais investigação e avaliação.

2. Biodiversidade

O desenvolvimento da bioenergia pode ter impactos adversos na biodiversidade, uma vez que pode ter causada perda de habitat, fragmentação de áreas e perda de espécies. A biodiversidade não só tem valor como prestador de serviços à humanidade (por exemplo, alimentação, medicina), como também tem valor em si mesma. Os habitats mais diversificados, conectados e bem funcionais são os mais resistentes contra ameaças externas, como as alterações climáticas ou a poluição. É importante avaliar, prevenir e minimizar os impactos dos projetos nos ecossistemas e na biodiversidade.

De acordo com o Banco Mundial, existem questões fundamentais para avaliar a biodiversidade no projeto de produção de energia a artir de biomassa, tais como:

- O projeto de biomassa afetará espécies raras ou ameaçadas?
    - O risco para qualquer espécie rara ou ameaçada deve ser avaliado. Isto é particularmente crítico se os habitats naturais (florestas, zonas húmidas, etc.) forem modificados ou se a produção for intensificada em áreas atualmente cultivadas. A nível global, espécies raras ou ameaçadas estão listadas na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, que pode ser acedida a: http://www.iucnredlist.org.
      A apreciação das listas a nível regional das espécies ameaçadas deve também ser incluída na avaliação.

- O projeto de biomassa afetará ecossistemas ou habitats ameaçados, por exemplo, através da degradação, conversão, perda ou fragmentação?
    - Se os terrenos forem convertidos para cultivo, existe o risco de os ecossistemas ou habitats poderem ser perdidos ou fragmentados, o que pode ter impactos adversos nas espécies dessas regiões.
    - A intensificação da produção, a perda de nutrientes ou a poluição excessiva podem levar à degradação dos habitats naturais que rodeiam a área do projeto.

- O projeto de biomassa conduzirá à introdução de espécies não nativas e/ou invasoras?
    - O risco de espécies invasoras deve ser considerado nas situações em que a flora não nativa (como uma nova cultura energética) é introduzida na região.

- O projeto de biomassa afetará ou mudará os serviços de ecossistemas na área?
    - Os serviços de ecossistemas compreendem uma série de serviços diferentes, e as modificações nas paisagens naturais geralmente colocam um ou mais destes em risco. É necessário avaliar o impacto nos ecossistemas.

    - Há que ter em conta que os serviços de ecossistema na região não são postos em risco (por exemplo, proteção contra inundações ou purificação de água realizada por florestas de manguezais).
    - Os serviços de ecossistema muitas vezes não fazem parte da economia formal (isto é, o valor prestado por estes serviços não é valorizado em termos económicos), mas fornecem funções importantes para a região local e para as comunidades afetadas. Por conseguinte, deve ter-se cuidado para garantir uma consulta e participação gratuitas, prévias e informadas pelas comunidades afetadas.

Nota: Se a resposta a qualquer uma das perguntas acima referidas for "sim", uma ou mais questões de preocupação precisarão de mais recolha e avaliação de dados.

3. Solo e Terra

A terra é um recurso escasso, a sua utilização torna-se importante por razões sociais, ambientais e económicas. A utilização sustentável das áreas produtivas é importante para a produção de alimentos e para a prestação de uma série de serviços de ecossistemas, tais como a purificação da água, o armazenamento de carbono, a proteção contra a erosão e como habitat para plantas e animais.

De acordo com o Banco Mundial, existem questões fundamentais para avaliar o solo e as terras no projeto biomassa-energia, tais como:

- O projeto de biomassa conduzirá à reconversão dos terrenos, por exemplo, a conversão de zonas húmidas e/ou florestas para terras agrícolas, para satisfazer a procura da matéria-prima da bioenergia selecionada para o projeto?
    - Se o projeto envolver um convite à procura de fornecedores na área local, os proprietários de terras podem ser aliciados a alterar o uso do terreno, por exemplo, limpando terrenos arbustivos ou florestais ou outros terrenos produtivos para dar lugar a uma plantação. Nesses casos, pode haver um risco de perda de biodiversidade e de carbono.
    - O abastecimento de biomassa primária ou secundária ou matéria-prima pode causar um risco de conversão dos terrenos. No caso dos sistemas baseados em resíduos, este risco deve ser mínimo.

- As mudanças previstas na gestão dos terrenos, na utilização do terreno ou na intensificação da utilização do terreno para produzir biomassa ou matéria-prima para o projeto afetarão áreas vizinhas ou mais distantes ou proprietários de terras (por exemplo, se a produção atual se deslocar para outras terras)?
    - Se o projeto implicar uma maior procura de biomassa primária ou secundária na região de acolhimento, os proprietários de terrenos podem trocar as culturas alimentares ou de alimentos para animais, o que resulta na diminuição da oferta destes bens. Tal pode conduzir à

reconversão de novos terrenos noutros locais para complementar a produção perdida. Nesses casos, deve ser tomado o devido cuidado e os impactos sobre a disponibilidade e a procura, por isso devem ser sujeitos a uma análise mais aprofundada.

- A produção de biomassa afetará a qualidade do solo ou conduzirá à degradação do solo e da terra?
    - Considere se a disponibilidade de biomassa para o projeto implica alterações na gestão dos terrenos, por exemplo, o aumento de lavouras ou a utilização de maquinaria pesada. Isto pode afetar o solo, possivelmente resultando em degradação.
    - Quando os recursos secundários de biomassa são utilizados, a degradação do solo e a perda de nutrientes podem ocorrer se as cinzas e outros resíduos não forem devolvidos ao solo.
    - Se o projeto estiver ligado à produção de bovinos ou outros animais de pastoreio, o aumento da procura pode levar a que os agricultores aumentem o número de animais. Isto, por sua vez, pode levar ao sobrepasto, que em algumas áreas pode causar erosão, e, noutras áreas, pode começar a a acontecer processos de desertificação.

- São necessários fertilizantes ou pesticidas artificiais para aumentar a matéria-prima em qualidade e quantidade suficientes?
    - A utilização de fertilizantes ou pesticidas pode ter um impacto negativo na qualidade dos solos e da água, na produtividade dos solos e na biodiversidadedos solos.

Nota: Se a resposta a qualquer uma das perguntas acima referidas for "sim", uma ou mais questões de preocupação precisarão de mais recolha e avaliação de dados.

4. Ar

O ar limpo é importante para os seres humanos, para os animais e para o ambiente, e a poluição atmosférica é prejudicial para a saúde e para a produção de alimentos, entre outros. Devem ser adotadas medidas para evitar a poluição atmosférica devida à produção ou conversão de matéria-prima para a produção de bioenergia. A poluição atmosférica pode ser biológica (pólen, fungos), física (cheiro, calor, radiativo) e química (ozono, óxidos de azoto, óxidos de enxofre) e pode resultar de emissões vegetais e alterações de práticas de gestão (como a intensificação) em terras agrícolas ou florestas.

De acordo com o Banco Mundial, existem questões-chave para avaliar o ar no projeto biomassa-energia, tais como:

- A produção, a conversão ou o transporte da matéria-prima provocarão emissões de poluentes atmosféricos, tais como óxidos de azoto, partículas, óxidos de enxofre, ozono, aerossóis, fuligem ou compostos orgânicos voláteis?

    - A utilização de máquinas pesadas ou de alguns tipos de camiões para o transporte de biomassa ou de matéria-prima (ou outras entradas necessárias) pode resultar em emissões poluentes.
    - A queima de resíduos de campo ou resíduos no local de produção de biomassa pode provocar emissões poluentes.

- A produção, a conversão ou o transporte da matéria-prima provocarão emissões de cheiros e emissões odorístas, calor térmico ou radiação?
    - Se a matéria-prima para o projeto for o estrume, o lixo de frango ou o desperdício do tratamento da indústria alimentar, o armazenamento e o transporte da matéria-prima podem provocar perturbações ou poluição se não forem bem manuseados.

- A produção, a conversão ou o transporte da matéria-prima provocarão emissões de poluentes do ar biológico, como pólen, fungos ou bactérias?
    - Se a matéria-prima for resíduos biológicos ou restos da produção de biogás forem utilizados em campos como fertilizantes, pode haver risco de propagação de bactérias e poluentes.
    - Se a matéria-prima for resíduos biológicos, o transporte, o tratamento e o armazenamento devem ser organizados de modo a minimizar o risco de propagação de bactérias.
    - Alguns sistemas agrícolas, principalmente onde os animais estão envolvidos, podem espalhar esporos, o que em casos raros pode causar riscos para a saúde se as concentrações forem elevadas.

Nota: Se a resposta a qualquer uma das perguntas acima referidas for "sim", uma ou mais questõesde preocupação precisarão de mais recolha e avaliação de dados.

Avaliação socioeconómica

Paralelamente às questões ambientais, o desenvolvimento de um projeto de biomassa pode implicar riscos e impactos sociais, especialmente nas comunidades locais afetadas pelo projeto. Isto pode incluir impactos nos meios de subsistência, no património cultural, no acesso ou na propriedade da terra, e no acesso aos recursos naturais. Em resumo, as questões a examinar incluem (Banco Mundial, 2017):

- Segurança alimentar
- Aquisição de terrenos, titulação e posse
- Acesso a ativos e recursos naturais
- Saúde e segurança comunitárias
- Segurança energética e acesso
- Género e grupos vulneráveis
- Questões laborais, direitos laborais, emprego, salários e rendimentos.

Quem implementa o projeto deve rastrear sistematicamente as questões socioeconómicas ligadas ao tipo da biomassa em causa (primário, secundário, terciário), uma vez que os impactos socioeconómicos podem variar dependendo do tipo de matéria-prima.

O envolvimento adequado com as comunidades afetadas ao longo do ciclo do projeto sobre questões que possam potencialmente afetá-las e garantir que a informação ambiental e social relevante seja divulgada e deve ser ativamente procurada e implementada. Além das comunidades afetadas, uma lista preliminar de outras partes interessadas potenciais inclui:

- Autoridades e ministérios do governo central
- Representantes de regiões, governos locais e organismos reguladores
- Organizações não governamentais, incluindo organizações de conservação
- Organizações laborais, organizações comerciais, grupos de agricultores e organizações de base comunitária
- Sector privado, agências de investigação, universidades e empresas de consultoria
- Instituições de financiamento, pequenos prestadores de serviços financeiros e companhias de seguros
- Organizações religiosas e culturais.

Referências

Ahmed, I., Zia, M.A., Afzal, H., Ahmed, S., Ahmad, M., Akram, Z., Sher, F., e Iqbal, H.M.N., 2021. Impactos socioeconómicos e ambientais da valorização da biomassa: Um impulso estratégico para a bioeconomia sustentável. https://doi.org/10.3390/su13084200

Deloitte, 2022. Rumo a um Sistema Energético Integrado: Avaliação do Impacto Socioeconómico e Ambiental da Bioenergia. https://bioenergyeurope.org/article/347-towards-an-integrated-energy-system-assessing-bioenergy-s-socio-economic-and-environmental-impact.html

Song, Junnian., Li, Kexin., e Yang, Wei., 2021. Avaliação económica-ambiental-social integrada da palha para produtos de bioenergia. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820539-6.00013-3

Grupo do Banco Mundial, 2017. Converter biomassa em energia. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28305/118738-WP-BioMass-report-06-2017-PUBLIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zhang, Yueling., Li, Junjie., Liu, Huan., Zhao, Guangling., Tian, Yaju., e Xie, Kechang., 2021. Avaliação ambiental, social e económica da utilização

FAO, PNUA, 2010. Uma Ferramenta de Suporte à Decisão fou Bioenergia Sustentável. https://www.fao.org/3/am237e/am237e.pdf

Martín-Gamboa, M., Quinteiro, P., Dias, A.C., Iribarren, D., 2021. Avaliação comparativa do ciclo de vida social de dois sistemas de tricidade biomassa-elec. https://doi.org/10.3390/ijerph18094918

energética de resíduos de culturas na China. https://link.springer.com/article/10.1007/s11708-020-0696-x

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Este projeto (Projeto Número:**2020-1-UK01-KA202-079054**) foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas os pontos de vista do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações aí contidas.