



LES5797 – Tópicos Especiais em Economia Aplicada O Conceito da Biorefinaria

Fernando Resende, PhD

Professor Assistente

School of Environmental and Forest Sciences (SFES)

University of Washington

fresende@uw.edu

Seattle, WA



- No Pacífico Noroeste, a cidade “chuvosa”
- Sede da Microsoft, Google, Boeing, economia mais forte dos U.S.A.
- Cidade mais ambientalista dos U.S.A.





UNIVERSITY *of* WASHINGTON

- Universidade Estadual, 1º Universidade Americana em recursos públicos
- Melhor programa de Medicina nos U.S.A.

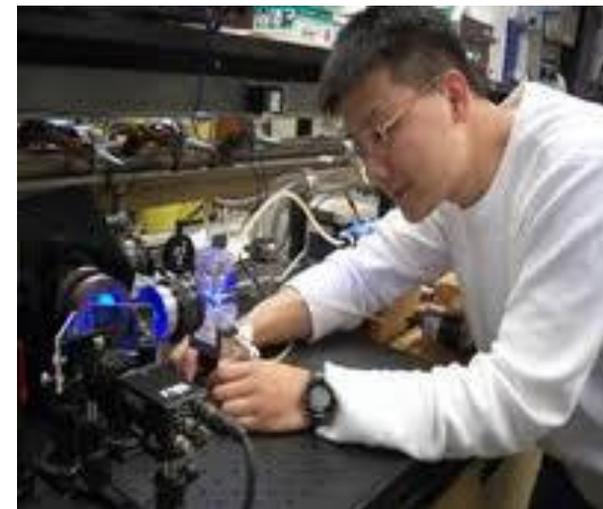


School of Environmental and Forest Sciences

UNIVERSITY of WASHINGTON

College of the Environment

- Engenharia de Biorecursos:
Conceito da Biorefinaria
- \$ 40,000,000 do Dept. Agr.
para desenvolver
combustíveis de transporte a
partir de madeira
- Grande interesse em
interação com o Brasil

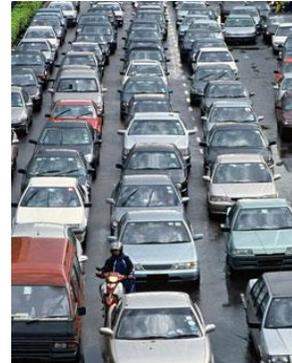


Tópicos em Biocombustíveis

- 1. O Conceito da Biorefinaria***
2. Advanced Hardwood Biofuels
3. Processos Termoquímicos
 - 2.1 Pirólise
 - 2.2 Gaseificação
 - 2.3 Processos Hidrotérmicos

Introdução / Motivação

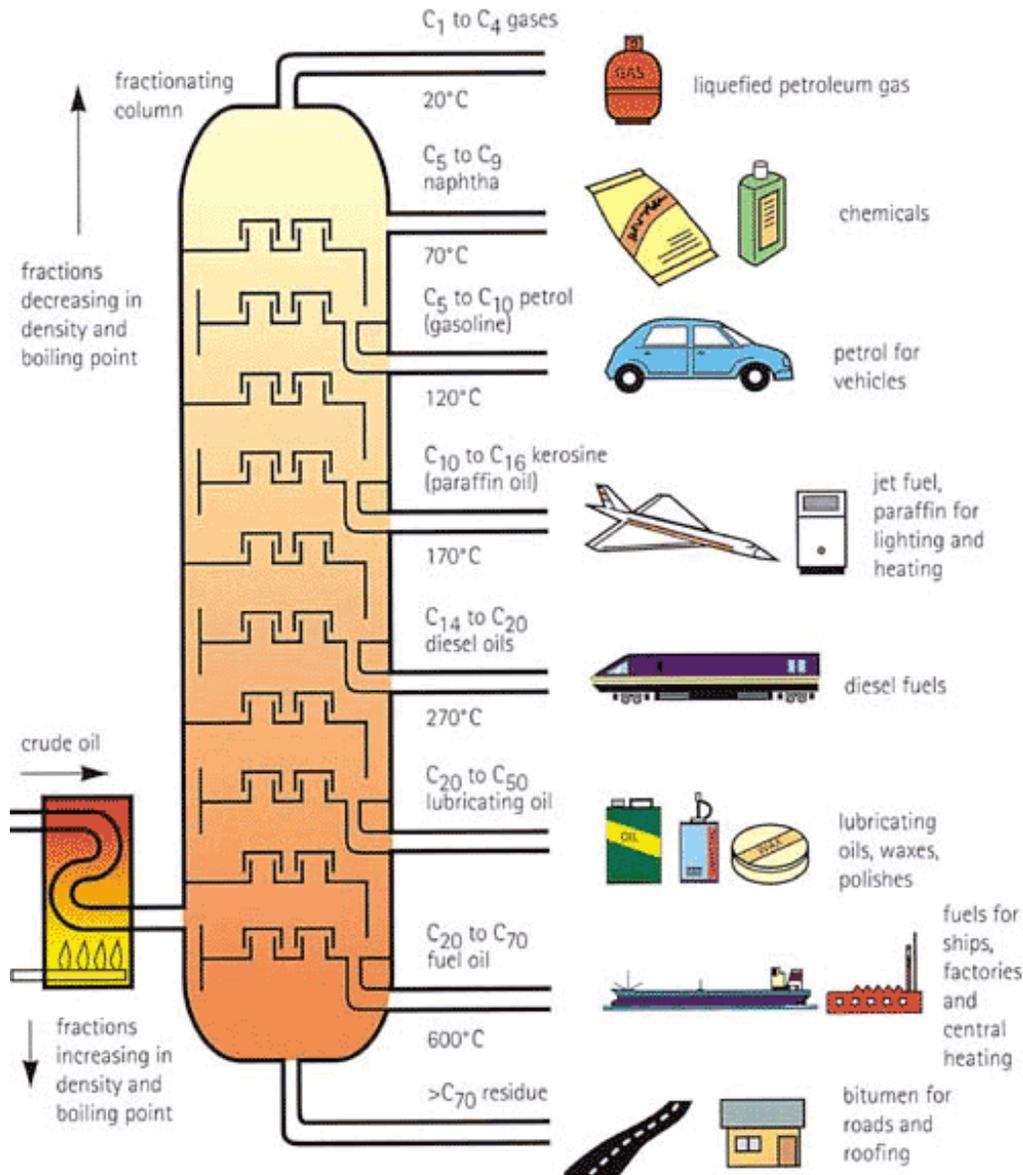
- Atualmente mais de 85 % de toda energia nos U.S. se origina de combustíveis fósseis
- Aproximadamente 2/3 da eletricidade
- Mais de 90 % dos combustíveis de transporte



Desafios:

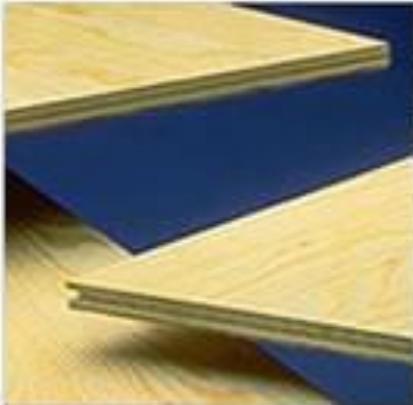
- Continuamente consumidos e não produzidos
- Dependência de fontes estrangeiras
- Liberação de poluentes na atmosfera

Nossa Sociedade Hoje: A Refinaria de Óleo



Produtos de Compostos Petroquímicos

Adhesives



Carpeting



Cosmetics



Fertilizers



Paints



Rubber



Fabrics



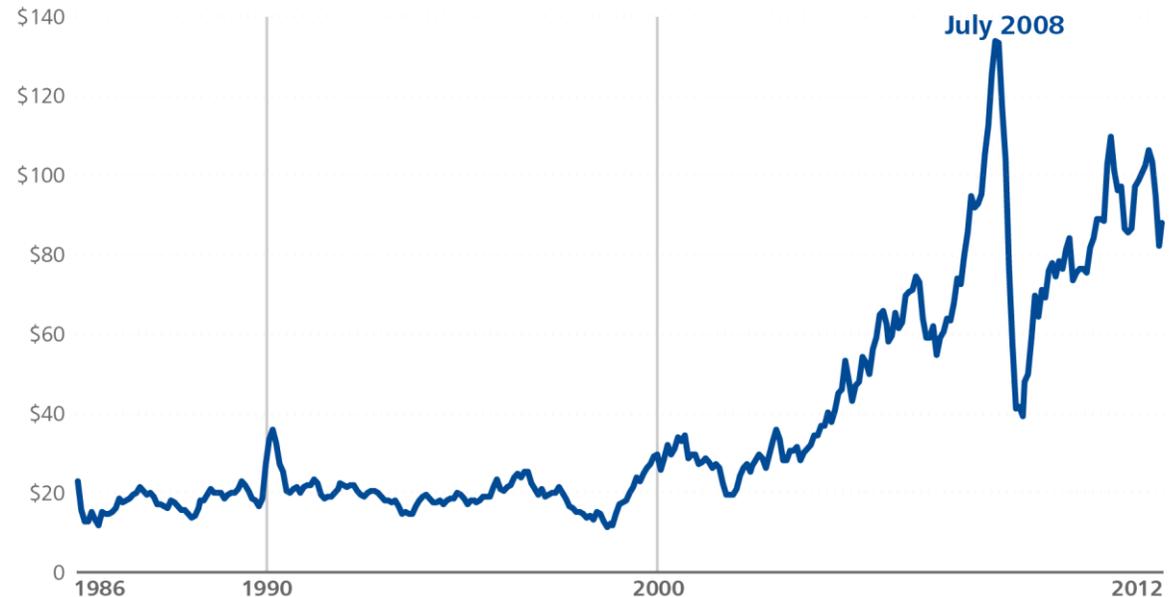
Plastics

Problemas com Uso do Petróleo

- Preços
- Não-renovável
- Emissões de Carbono

Crude oil prices, 1986–2012

Cushing, OK WTI Spot Price FOB (Dollars per Barrel)



Source: U.S. Energy Information Administration, <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/leafhandler.ashx?n=pet&s=rwtc&f=d>

Recursos para Uso Humano

- Capacidade da Terra (CT):

$$CT = P \times C \times IA$$

P - população

C – consume médio per capita

IA – impacto ambiental

Como podemos reduzir IA?

Matérias-Primas Renováveis:

- Reabastecimento numa escala de tempo curta
- Sem limites de fornecimento

Ex: radiação solar, ventos, mares e biomassa para energia

- Biomassa também pode ser usada para compostos químicos e materiais

Combustíveis de Primeira Geração

Etanol do milho

- Produção atual vêm aumentando
- Redução no uso de combustíveis fósseis é questionável
- Competição com o fornecimento de alimentos



Biocombustíveis de Segunda Geração

- Biomassa Lignocelulósica (celulose, hemicelulose, lignina)
Sem competição com suprimento de alimentos
Grandes benefícios em termos de carbono (reduz consumo de combustíveis fósseis)
Mais caro do que etanol do milho

Resíduos da Agricultura/Florestais



Palha do Milho



DDGS

Grãos secos de destilador
com solúveis (DDGS)



Madeira

Culturas Energéticas



Capim



Salgueiro

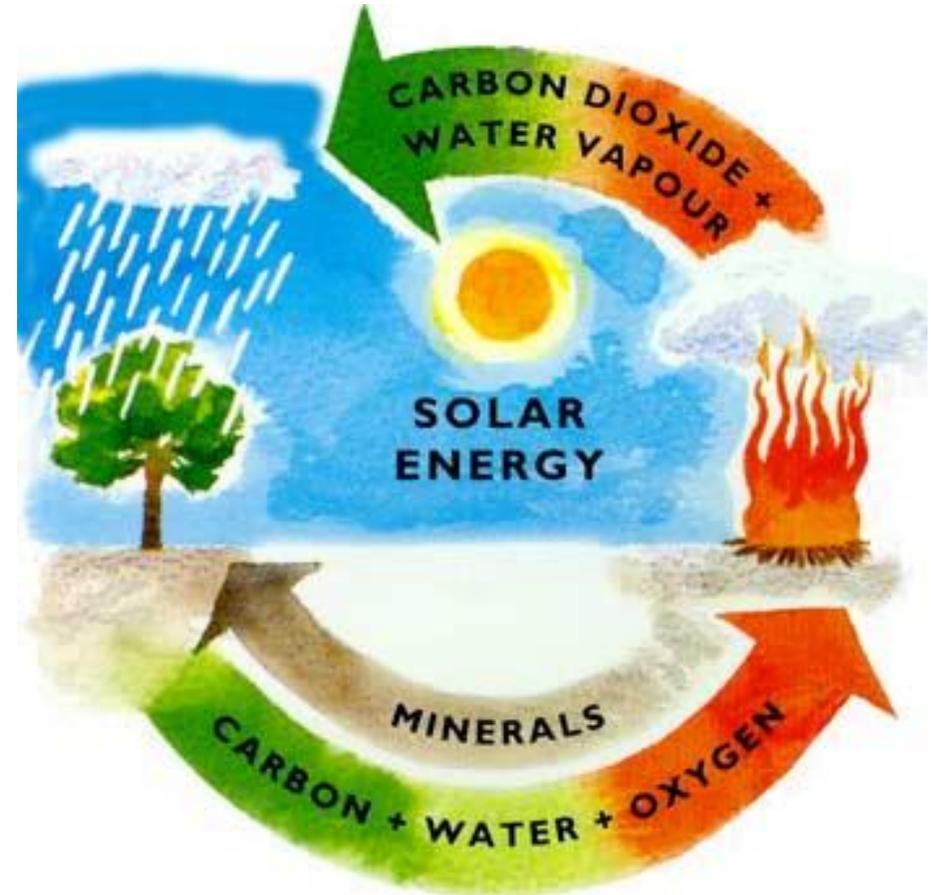


Álamo Híbrido

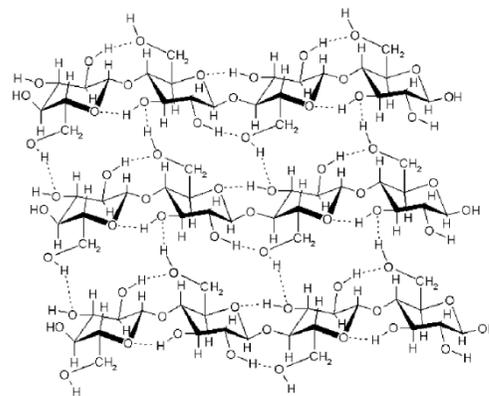
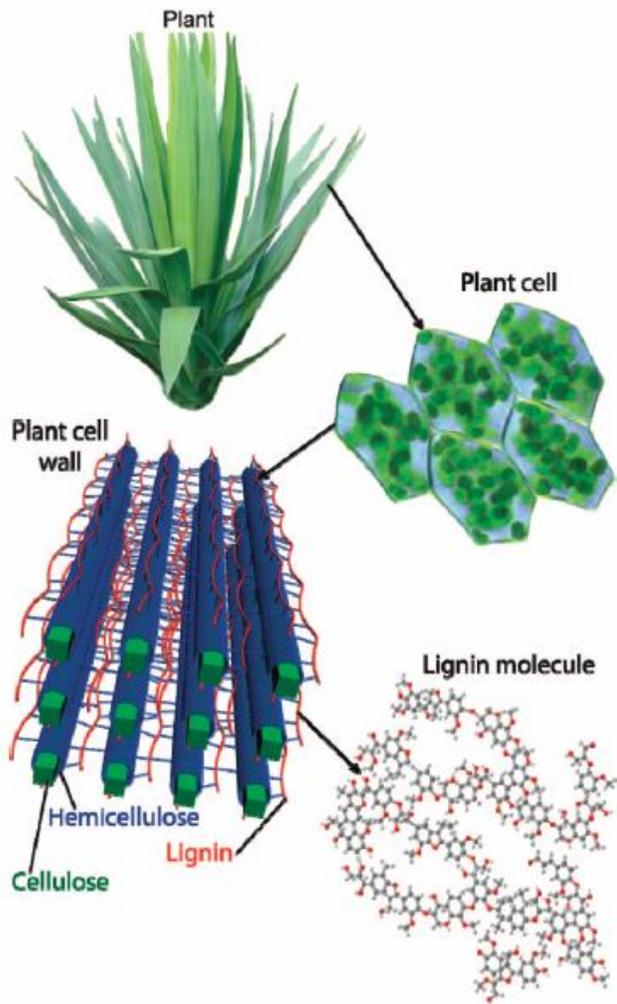
Biomassa como uma Alternativa para Energia Sustentável

Razões para o uso de biomassa:

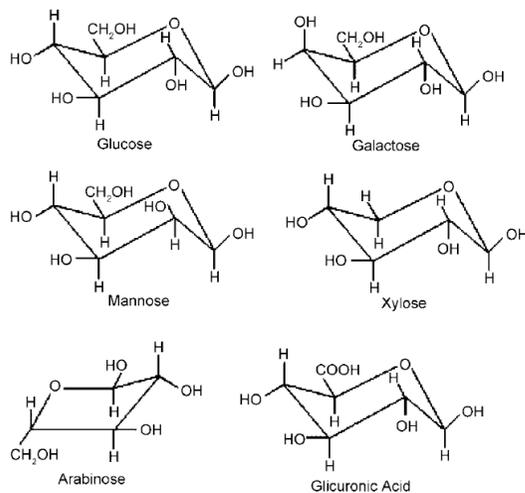
- Renovável
- Neutra em carbono
- Grande disponibilidade
- Elimina resíduos



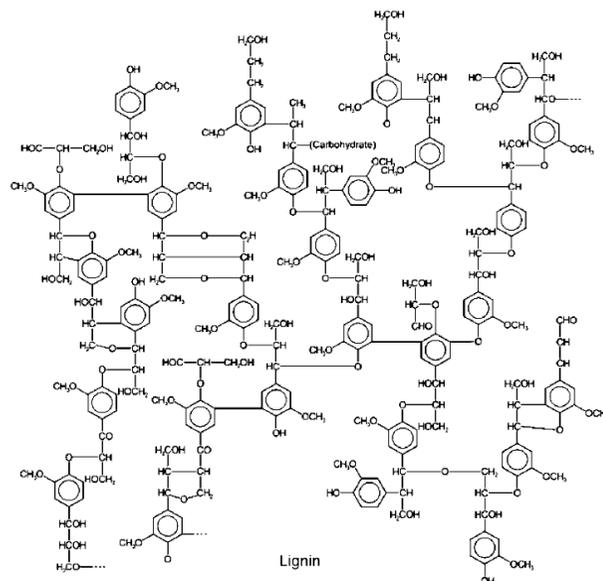
Componentes da Biomassa Lignocelulósica



Cellulose



Hemicelulose



Lignina

Comparação Biomassa Lignocelulósica vs Petróleo

Biomassa Lignocelulósica

Mistura de Carbohidratos

Composição Média:



Baixa quantidade de
energia

Renovável

Petróleo

Mistura de
Hidrocarbonetos

Composição Média:



Alta quantidade de
energia

Não-renovável

O Conceito da Biorefinaria

Biomassa



Typical black liquor analysis

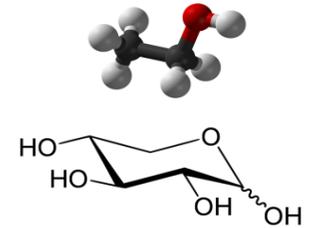
Agent	Content (wt %)
Na	19.3
K	3.34
S ₂	5.50
Cl ₂	0.41
S ²⁻	1.93
NaOH	1.1
Cl	
Na ₂ SO ₃	
Na ₂ S ₂ O ₃	
Na ₂ SO ₄	
C	
H	
N	

Calorimetric



Produtos Úteis

Conversão Bioquímica



Conversão Catalítica

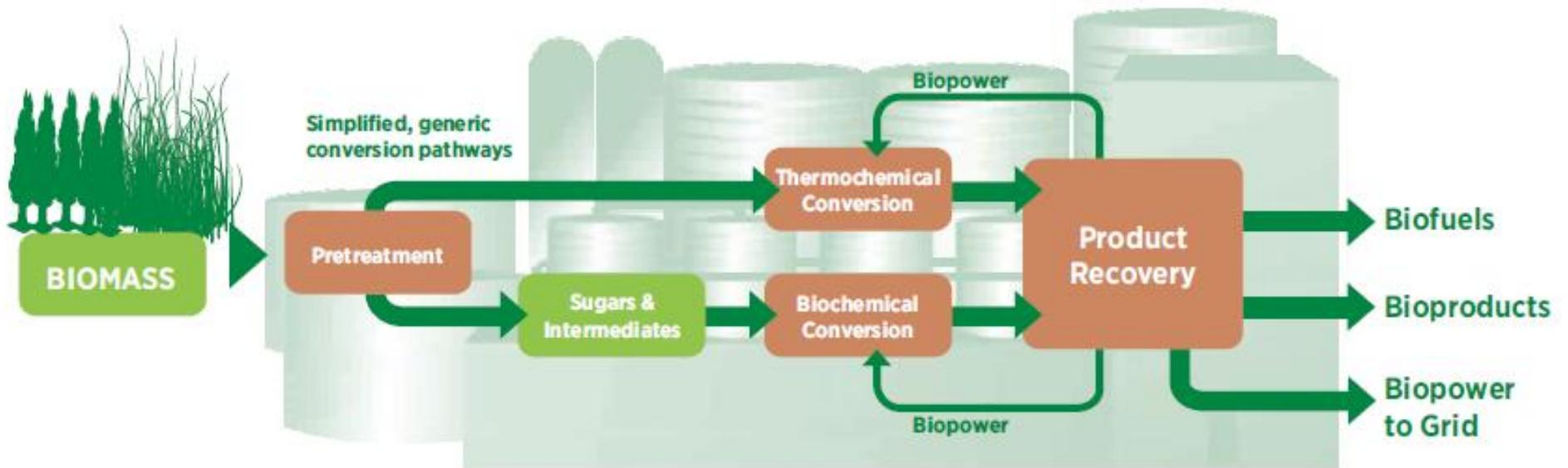


Conversão Térmica



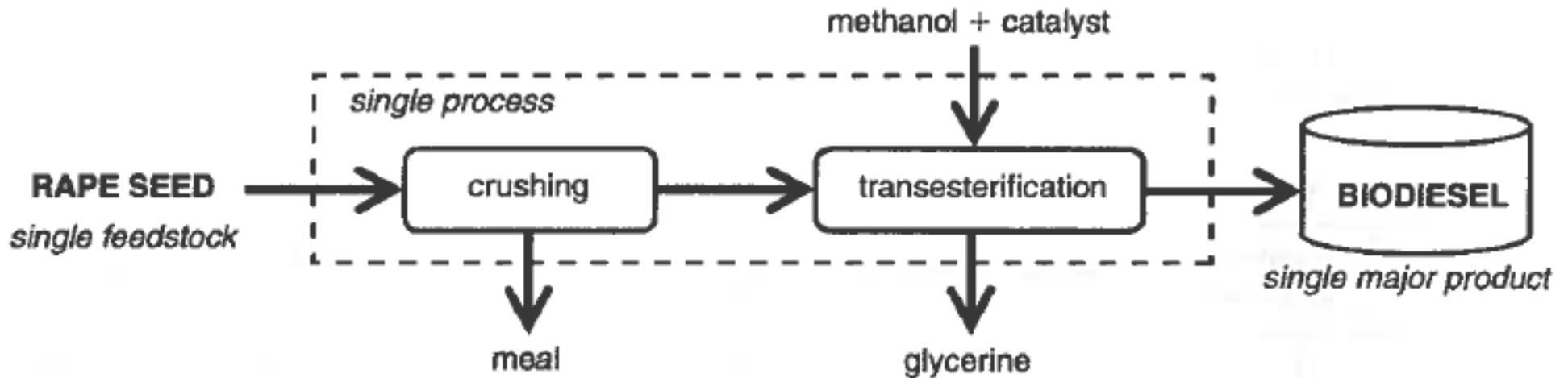
O Conceito da Biorefinaria

Integrated biorefineries use various conversion pathways.



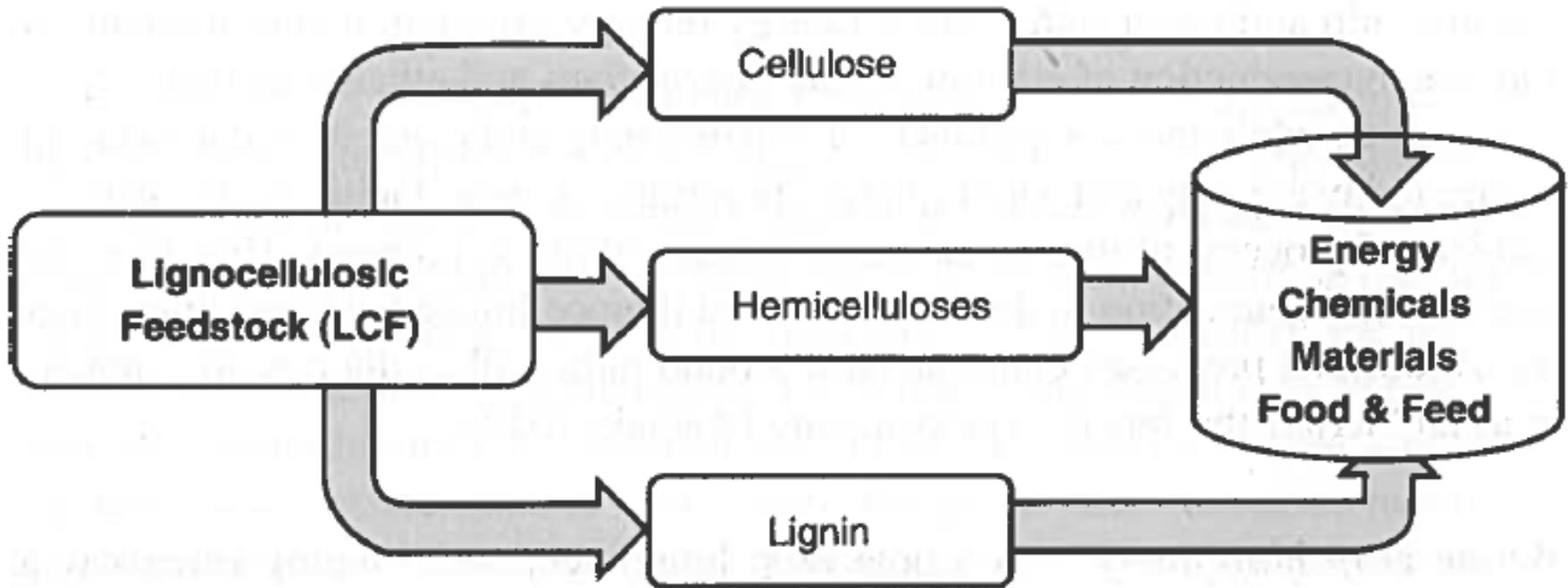
Tipos de Biorefinaria

Biorefinaria em Fase 1 – uma matéria-prima, um processo, um produto principal (várias já em operação)



Processo de produção do biodiesel

Fábrica de Papel e Polpa – direcionada para o uso da biomassa lignocelulósica



Tipos de Biorefinaria

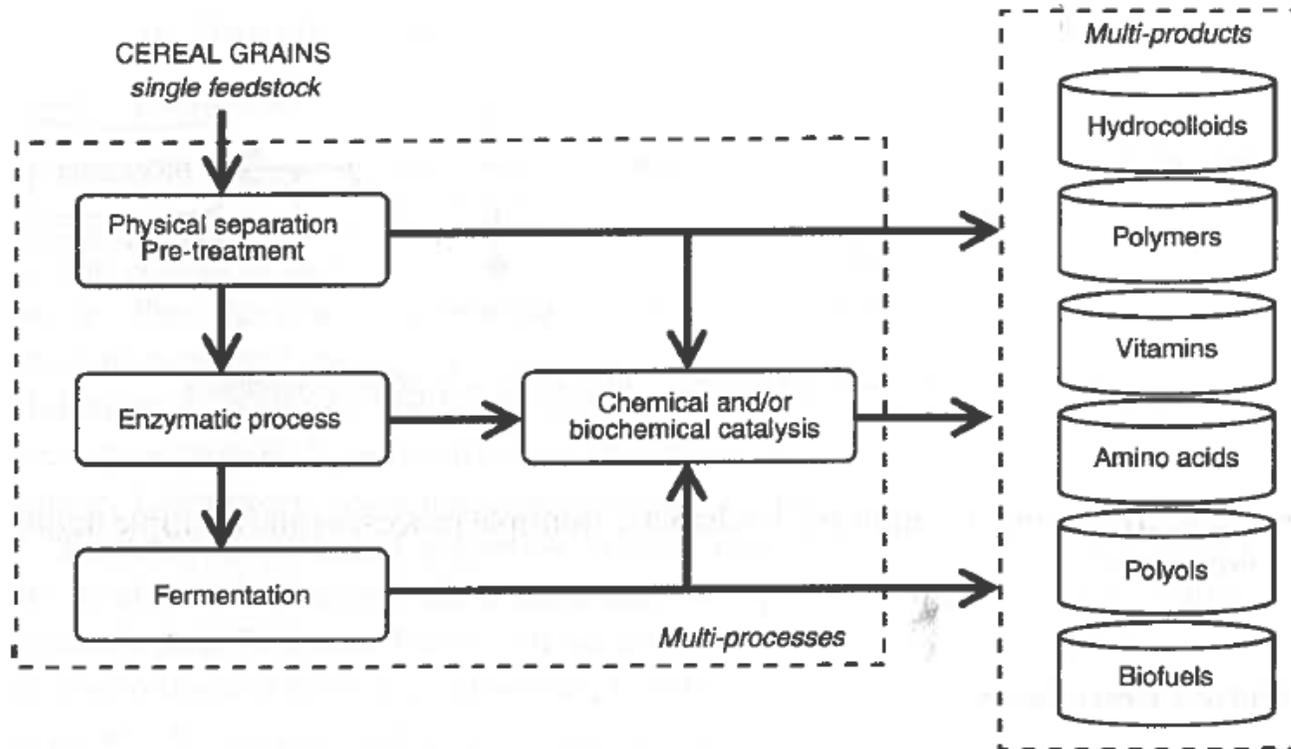
Biorefinaria em Fase II – uma matéria-prima, múltiplos processos, múltiplos products importantes

Todas as biorefinarias em Fase I podem ser atualizadas para Fase II

Exemplos:

Planta de Novamont (Itália) – amido de milho para compostos químicos e termoplásticos

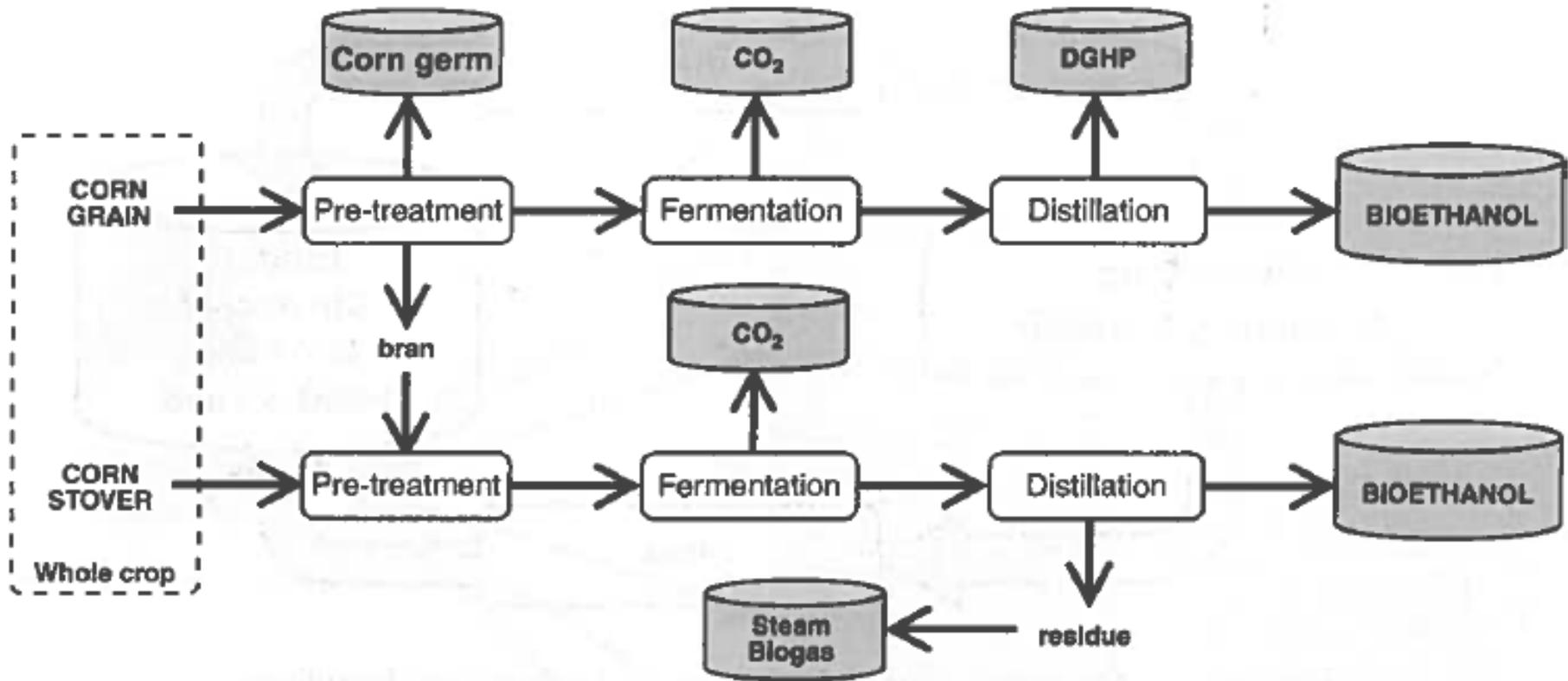
Roquette (Lestrem, France) – grãos de cereais em mais de 600 derivados de carboidratos



Roquette – uma biorefinaria fase II

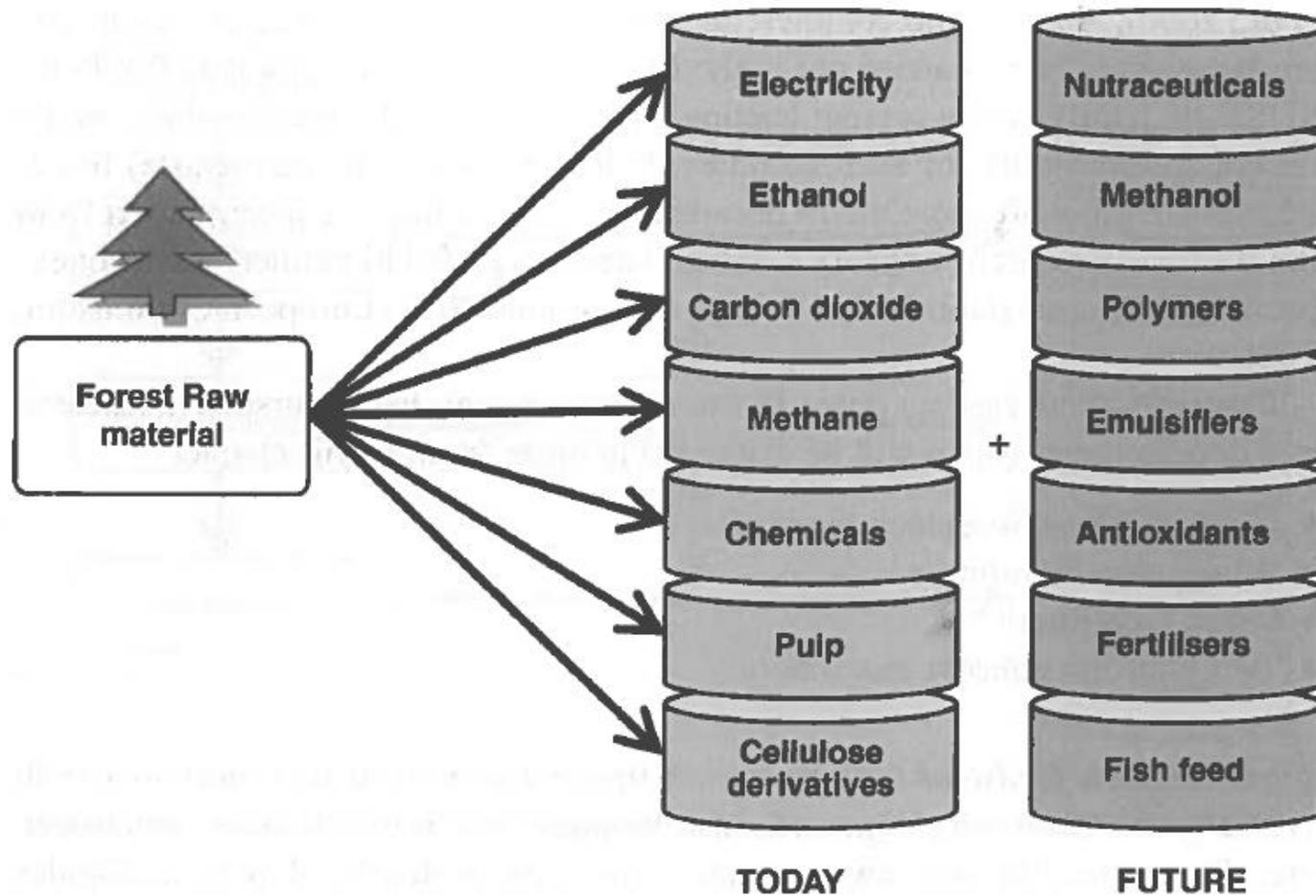
Tipos de Biorefinaria

Biorefinaria Fase III – Múltiplas matérias-primas, múltiplos processos, múltiplos produtos importantes



The LIBERTY Project (Emmetsburg, Iowa) - 125 milhões de galões por ano (biorefinaria de escala comercial)

Processum (Sweden) – Grupos Integrados de indústrias



Nobel Surface Chemistry
Domsjo Fabriker

Ovik Energy
Sekab

Escalas

- Projetos de Escala Piloto: Tecnologias promissoras são rastreadas e validadas. Processa pelo menos 1 tonelada de matéria-prima seca/dia
- Projetos de Escala de Demonstração: Depois de validação na escala piloto, riscos técnicos e financeiros precisam ser reduzidos usando esta escala. Até 50 toneladas de matéria-prima seca/dia.
- Biorefinarias de escala comercial integradas: Mínimo de 700 toneladas de matéria prima seca /dia para produzir biocombustíveis, energia, e produtos economicamente viáveis.

Biorefinaria em Escala de Demonstração Sapphire Energy (Columbus, New Mexico)



Sapphire Energy, one of five companies selected by DOE for a demonstration-scale biorefinery project, is building an integrated algae-to-energy farm in Columbus, New Mexico. *(Artist's rendering courtesy of Sapphire Energy)*

Biocombustíveis de Segunda Geração

Comparação entre biomassas

Resíduos da Agricultura



Palha do Milho



DDGS

Grãos secos de destilador
com solúveis (DDGS)

Vantagens:

- Não influenciam o preço de alimentos
- Evitam emissões de gases do efeito estufa que estão associadas com mudanças no uso da terra
- Nova fonte de renda para os fazendeiros

Desvantagens:

- Remoção excessiva pode causar danos ao solo
- Necessita de equipamento de colheita especialmente projetado e sistema de estoque

Biocombustíveis de Segunda Geração

Comparação entre biomassas

Resíduos Florestais



Madeira

Vantagens:

- Disponível em ampla quantidade
- Remoção da madeira em excesso melhora a saúde da floresta e produtividade

Desvantagens:

- Acesso é limitado, transporte é caro
- Competição com outras aplicações da madeira

Biocombustíveis de Segunda Geração

Comparação entre biomassas

Culturas Energéticas Pereniais



Capim



Salgueiro

Vantagens:

- Necessitam de pouca água e nutrientes
- Se adaptam à terra de baixa qualidade
- Impacto ambiental positivo
- Uso de espécies nativas

Desvantagens:

- Levam de 2 à 3 anos para produção em escala
- Perdas grandes no inverno

Biocombustíveis de Segunda Geração

Comparação entre biomassas

Culturas Energéticas basedas em madeira



Álamo Híbrido

Vantagens:

- Potencial para alto rendimento
- Ampla distribuição geográfica
- Reduz erosão e melhora propriedades do solo
- Gera um ambiente favorável para animais selvagens

Desvantagens:

- Se não for plantado em terra marginal, pode competir com a produção de alimentos

Comparação: Biocombustíveis de Primeira e Segunda Geração



Primeira Geração

- Processamento é simples, processo é mais barato
- 55-70 % dos custos de produção são relacionados com a matéria-prima
- Custo da matéria-prima é a chave



Segunda Geração

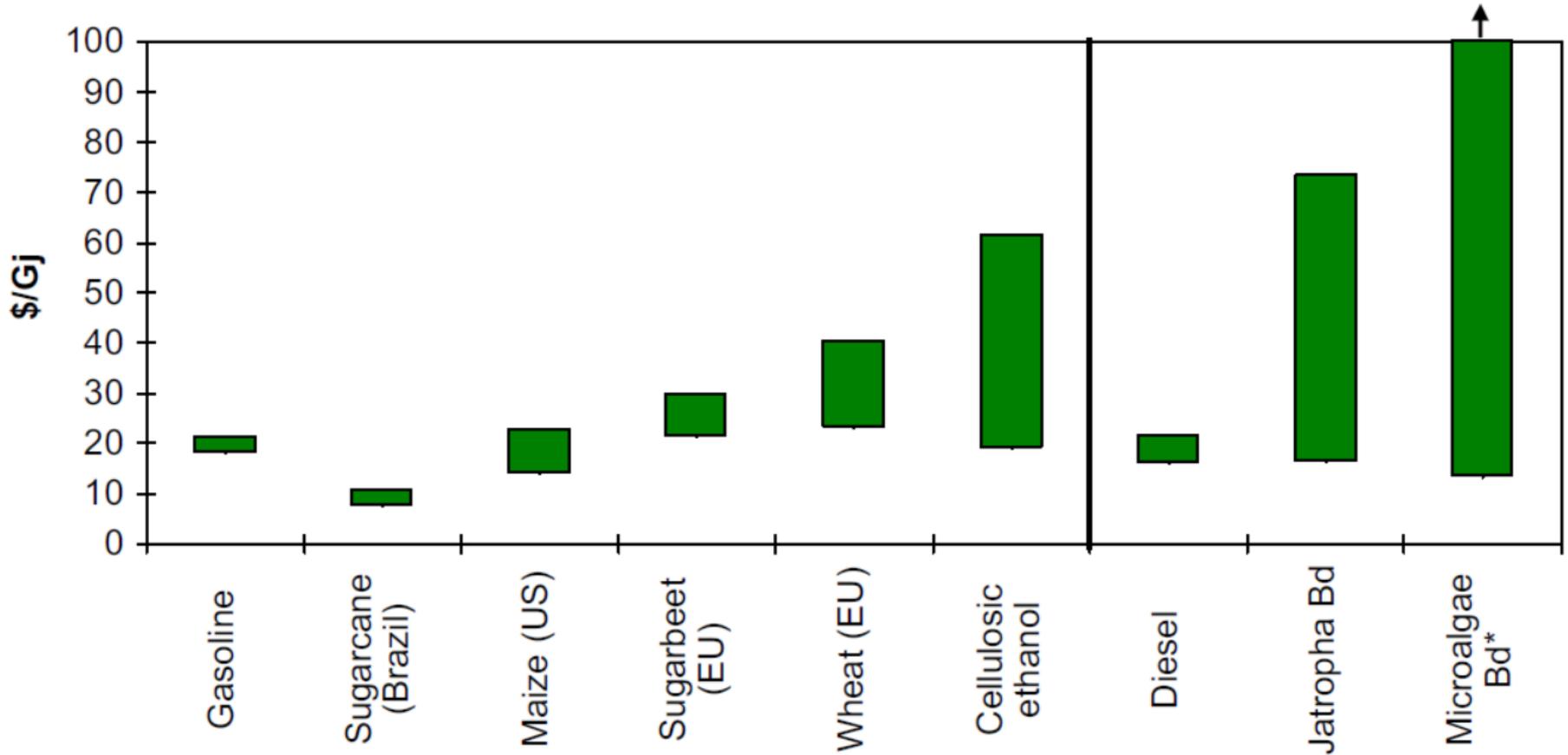
- Processamento tem requerimentos caros, como pré-tratamento e uso de enzimas
- 30-50 % dos custos de produção são relacionados com a matéria-prima
- Custo do processo de conversão é a chave

Desafios dos Biocombustíveis de Segunda Geração



- Custo capital é 5 vezes o custo de uma planta de etanol convencional: \$1.06 - \$1.48/L/ano
- Custo de operação: \$0.35 - \$0.45/L
- Custo do etanol celulósico fica entre 1.1 e 2.9 vezes o preço da gasolina

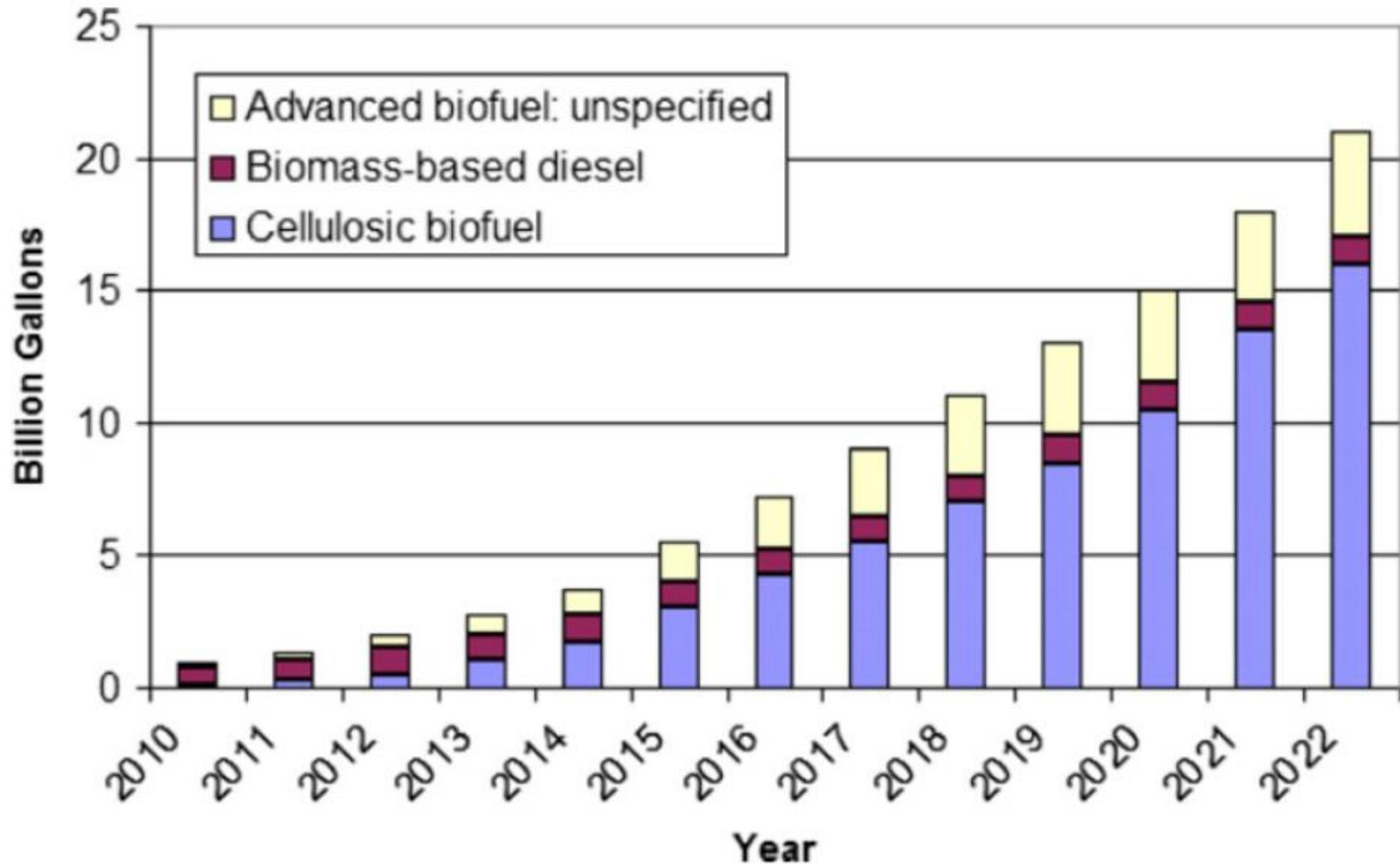
Comparação: Custo de produção de combustíveis a partir de várias biomassas



Regulamentações

- 73 países definiram objetivos no consumo de biocombustíveis
- 23 países tem mandados para mistura de biocombustíveis em combustíveis fósseis
- Nos USDA: US Energy Independence and Security Act (2007) estipula um mercado mínimo de 79.5 bilhões de litros até 2022, dos quais 60.5 milhões são de combustíveis celulósicos
- Etanol celulósico conta 2 vezes e meia o valor do etanol do milho

Advanced biofuel volume mandates over time



Discussão em grupos

O que precisa acontecer, do ponto de visto tecnológico, econômico e político, para que os biocombústiveis de segunda geração comecem a ser produzidos em escala comercial?