

Eficiência e Integração Energéticas na Conjugação de Biorrefinarias e Geração Distribuída de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis

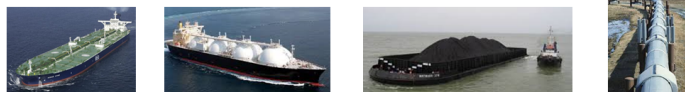
GPT / J. G. de M. Furtado



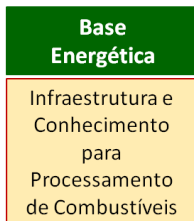
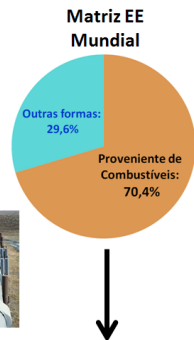
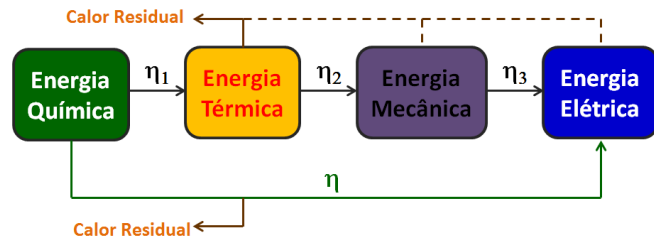
Matrizes Elétricas

Cerca de **70%** da **Energia Elétrica (EE)** gerada no Mundo é proveniente do **Processamento de Combustíveis**.

E, atualmente, cerca de **85%** da **Energia Total** (bruta/global) é **Transportada** sob a forma de **Combustíveis**.



Na Geração de Energia Elétrica a partir de **Combustíveis**:



Condicionantes no Cenário Energético-Ambiental

- ✱ 1. **Combustíveis** constituem a base dos sistemas energéticos.
- ⚙ 2. Em especial, combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural).
- 💡 3. Emissões (CO₂, CH₄, ...) & **Mudanças Climáticas**.

Tendências mais enfatizadas são:

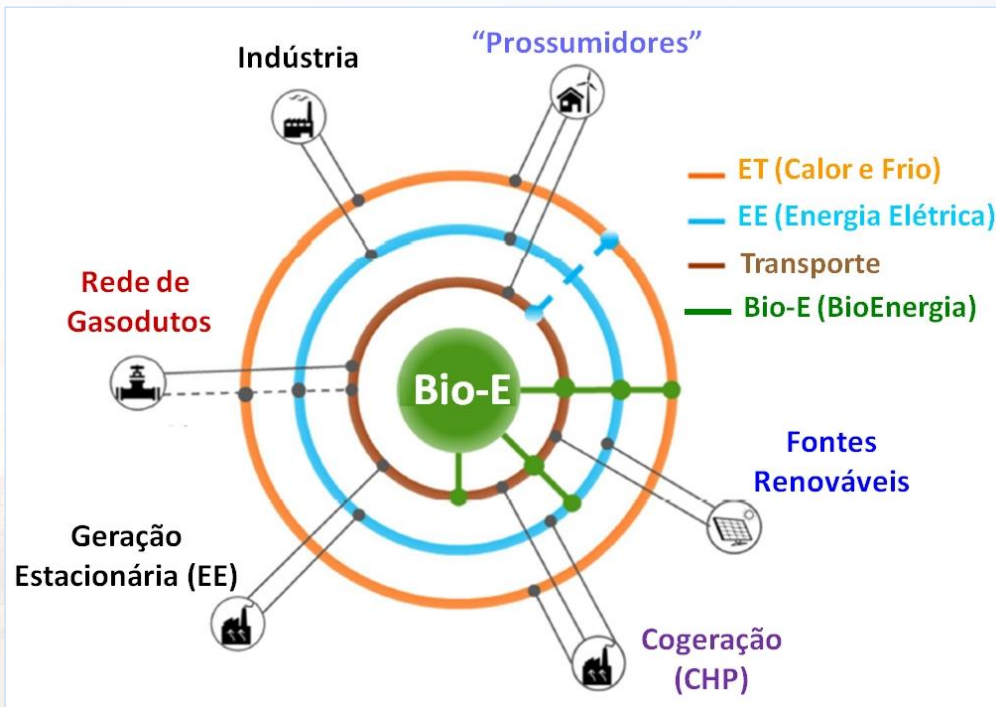
- ⚙ **Incrementar** Eficiência Energética, Conservação de Energia, Integração Energética;
- ⚙ **Incrementar** Geração de Energia de base Renovável;
- ⚙ **Reduzir** Impactos Ambientais;
- ⚙ **“Descarbonizar”** os Combustíveis (ou ciclo nulo de carbono) e os Sistemas Energéticos.



Refs.: WTRG Economics (2016), Macrotrends LLC (2016), U. S. Energy Information Administration (2016), IEA World Energy Outlook (2015), Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory (2015), Center for Climate and Energy Solutions (2016).

BIOENERGIA (Bio-E)

O papel transversal da Bioenergia



Grandes perspectivas para **sistema energético** significativamente mais **distribuídos**, **interconectados** e **flexíveis** do que os atuais.

Bioenergia

Apresenta um caráter flexível, **equilibrando** a rede elétrica e fornecendo opções de **armazenamento energético**.

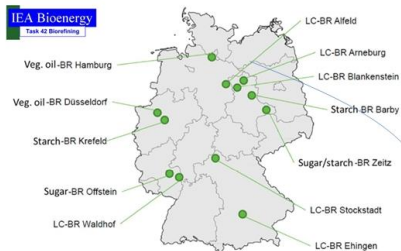
Biocombustíveis (CDB, CDR) são também vetores energéticos / energia armazenada.

Bioenergy's role in balancing the electricity grid and providing storage options – an EU perspective. A. Arasto, D. Chiaramonti, J. Kiviluoma. IEA Bioenergy (2017).

Projetos e Plantas nos EUA e na Alemanha



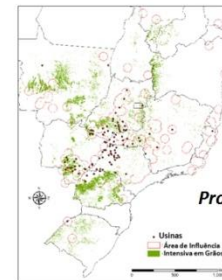
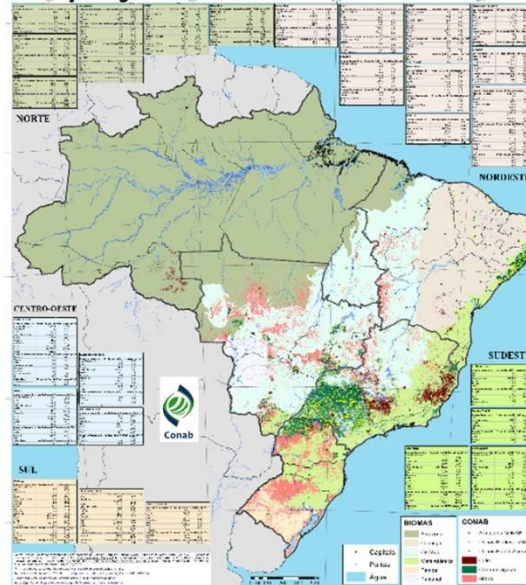
Ex. Processa várias matérias-primas celulósicas (farinha de milho, mudas, madeiras, batatas etc.) produzindo etanol de origem celulósica.



Ex. Processa resíduos agrícolas e florestais produzindo aminoácidos, proteínas, bióleo e biogás.

Processamento de grãos, cana-de-açúcar e biocombustíveis no Brasil

Produção Agrícola Brasileira



Existem diversas possibilidades de arranjos para inserção e desenvolvimento de biorrefinarias no Brasil, desde um simples biodigestor para produção de biogás no meio rural até sofisticadas plantas industriais integradas aos atuais processos de produção de celulose, produzindo fibras de celulose para papel, bioenergia, gás de síntese, dimetil-éter, hidrogênio, gases combustíveis e derivados de lignina.

<http://www.portaldobiogas.com/biorrefinarias-brasil/>



Fábrica de celulose e derivados



Planta de pirólise e gaseificação

*Bióleos*

Florestas Energéticas



Cana de açúcar



Cascas de arroz



Fábrica de biocombustíveis



Girassóis

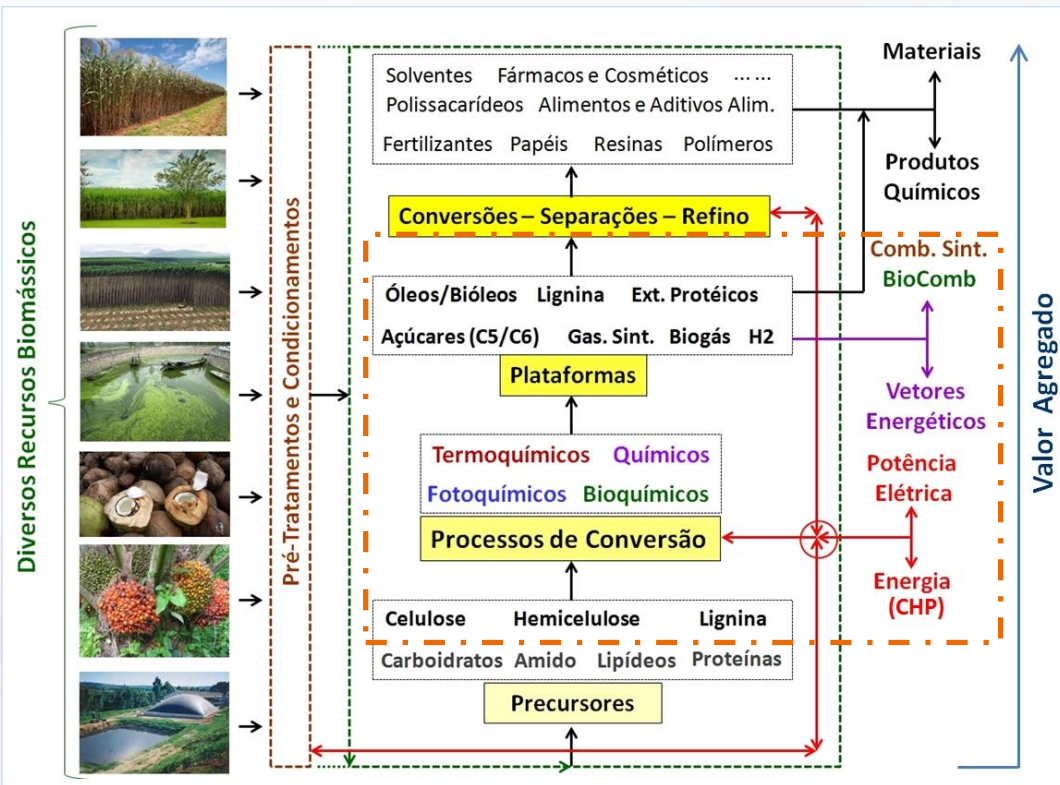


Pinhão

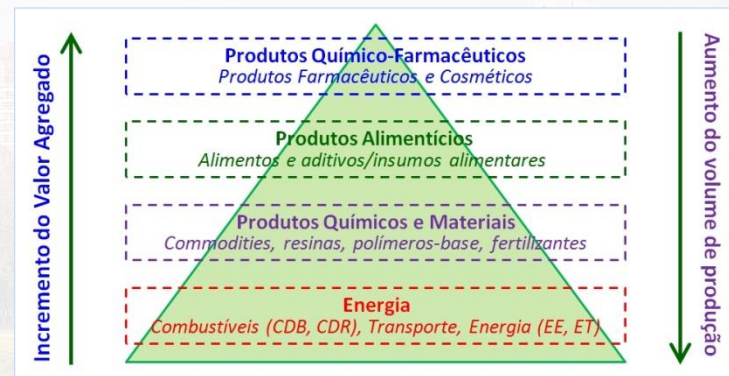


Palma

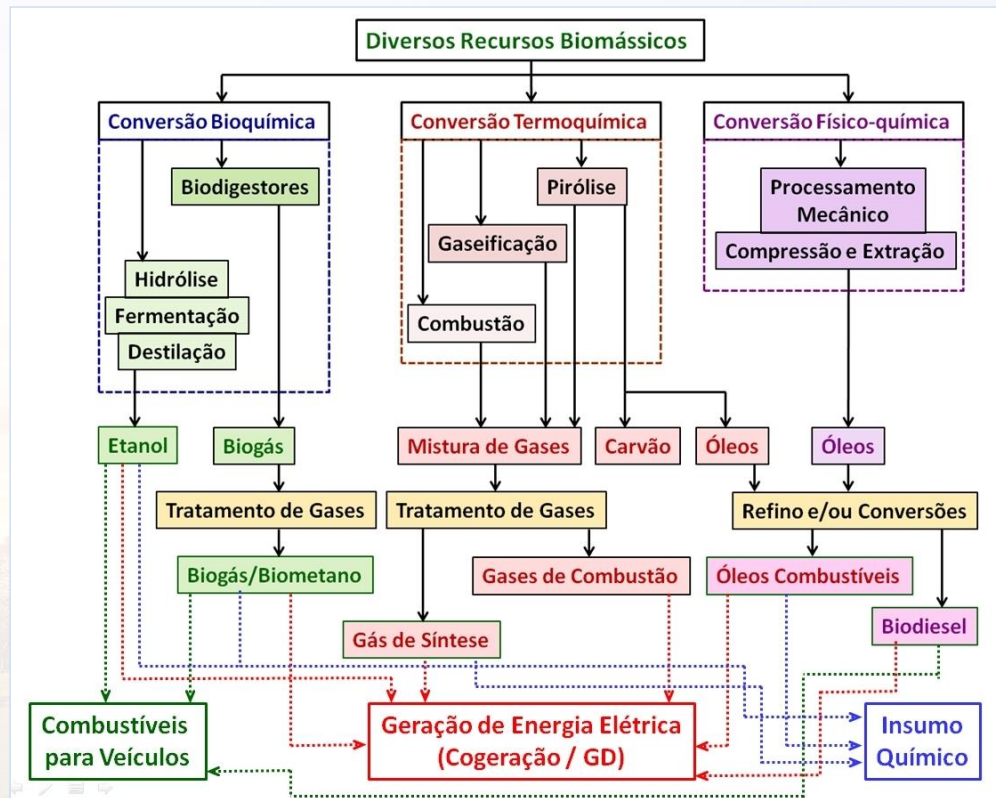
BIORREFINARIAS: Métodos e Processos



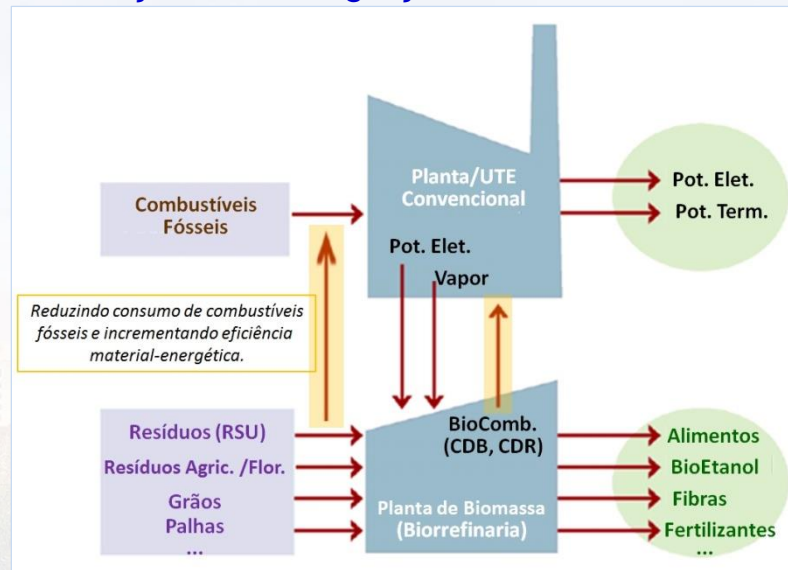
Biorrefinarias: Geração de precursores a partir dos recursos biomássicos, obtenção das plataformas químicas, fabricação de produtos químicos e materiais, com produção de biocombustíveis e geração de energia.



Cascata dos produtos oriundos de Biomassa.

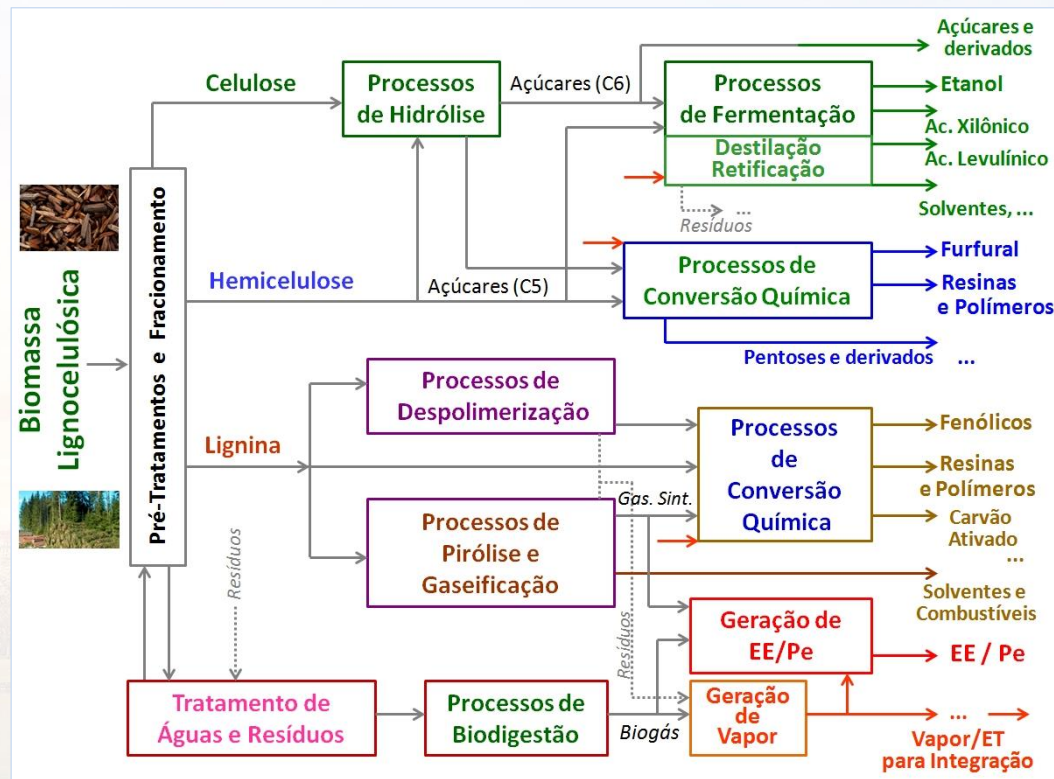


Inserção e/ou integração com termelétricas



Biorrefinarias: Típicas rotas de processamento e conversão da biomassa em CDB, energia e insumos ou produtos químicos.

MÉTODOS E ANÁLISES



A Biomassa Lignocelulósica (madeiras, palhas, cascas, bagaços, caules, gramíneas e outros resíduos agrícolas e florestais) ocupa um papel de destaque, apresentando:

- elevada disponibilidade em diversas regiões,
- relativo baixo custo,
- baixa competitividade com a produção de alimentos,
- representa ainda uma fonte alternativa de açúcares (C5 e C6).

Esquema básico e conceitual de uma biorrefinaria de biomassa lignocelulósica.

MÉTODOS E ANÁLISES

Estudo de Modelagem e Simulação da Planta (Biorrefinaria)

Considerando a BLC como combinação de:

Celulose $[(C_6H_{10}O_5)_n]$,

Hemicelulose $[(C_5H_8O_4)_n]$ e

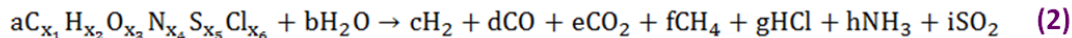
Lignina $[(C_{10}H_{11,1}O_{3,3})_n]$.

Os produtos são representados pela combinação de químicos (açúcares e furfural), energéticos ou intermediários químicos (etanol, bio-óleos e gás de síntese), além de energia (EE e ET).

Rendimento para geração de biocombustíveis: $Y_{P/S}^T = \frac{\alpha_S Y_S}{\alpha_P Y_P} \quad (1)$

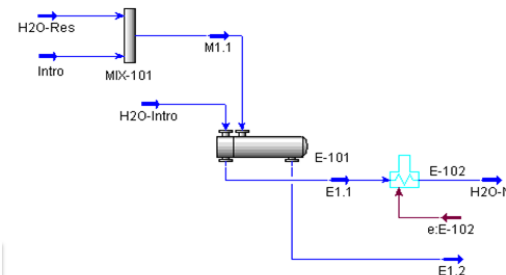
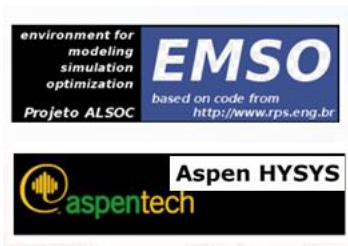
Composição da BLC e Produção de CDB:

CDB Mistura de gases combustíveis

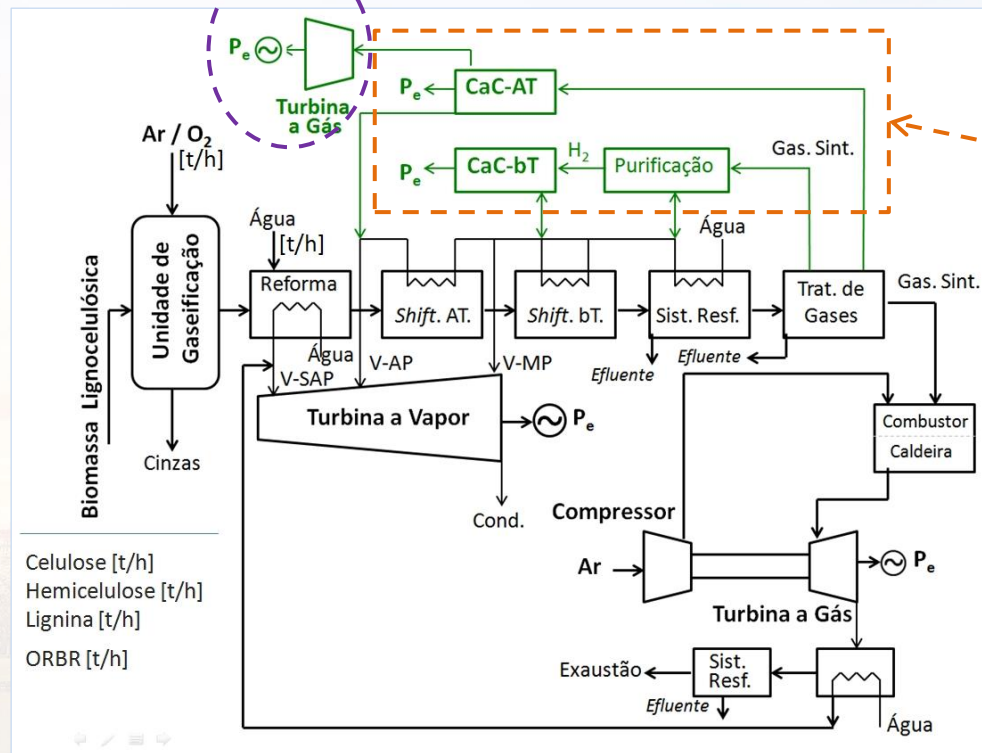


Via tratamentos/processos enzimáticos e termoquímicos $BE = f(H_{MPs}, H_{insumos}, H_{produtos}) \quad (3)$

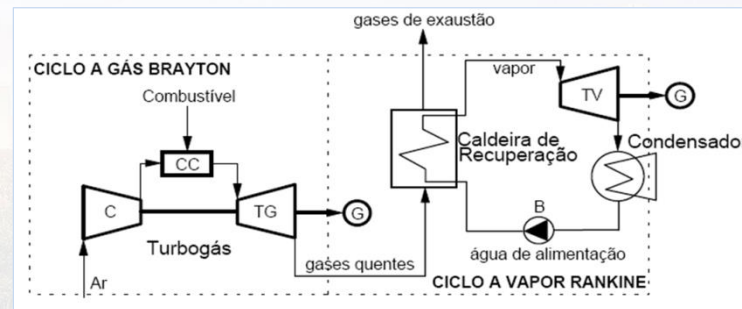
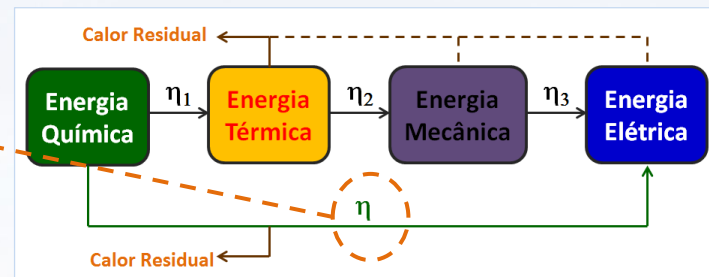
A partir de considerações/perfis acerca da alimentação de biomassa lignocelulósica procurou-se otimizar o conteúdo energético disponível mediante (1), (2) e (3)



RESULTADOS E ANÁLISES



ORBR = outros recursos biomássicos ou residuais

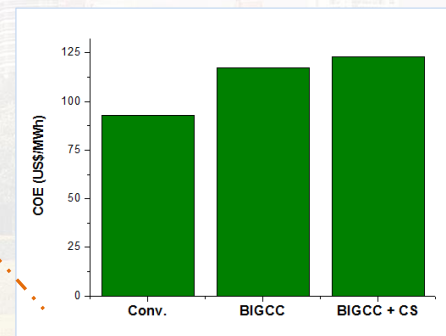
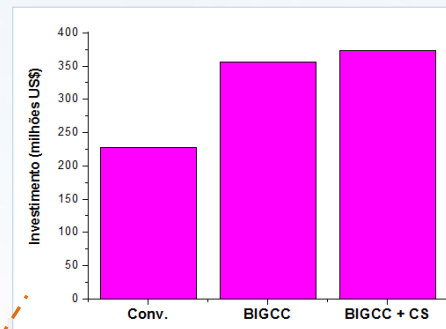


Sistema integrado de gaseificação de biomassa e ciclo combinado (BIGCC), com possibilidade de ciclo suplementar acoplado.

Principais parâmetros utilizados na simulação e resultados acerca da produção material-energética do projeto conceitual da planta de biorrefinaria de lignocelulose avaliada.

Parâmetro/Indicador	BIGCC	BIGCC + CS
Alimentação (Celulose, Hemicelulose, Lignina) [t/h]	36, 20, 24	
Poder calorífico médio da biomassa lignocelulósica [MJ/kg]	18,00	
Potência instalada no pré-tratamento [MW]	1,43	
Produtos [t/dia]: Açúcares (C6) / Furfural (C5) / Etanol / Bio-óleo	17,5 / 12,0 / 27,3 / 2,5	
Energia Elétrica gerada líquida [MWh/dia]	1.162	1.294
Eficiência de Geração [%]	57,4	65,7
Investimento Total na Planta/Biorrefinaria [milhões US\$]	356,40	372,73
Parcela do Investimento – Geração Elétrica [milhões US\$]	204,85	221,17
Custo da biomassa lignocelulósica [US\$/t], [US\$/MWh]	65,0 / 13,0	
Custo da Energia Elétrica gerada [US\$/MWh]	117,5	122,8

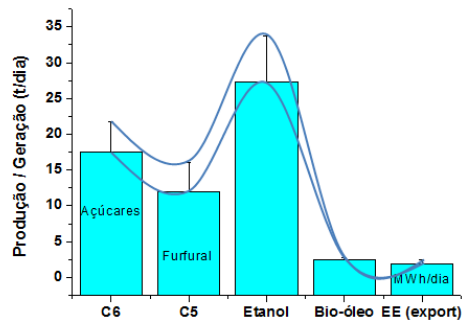
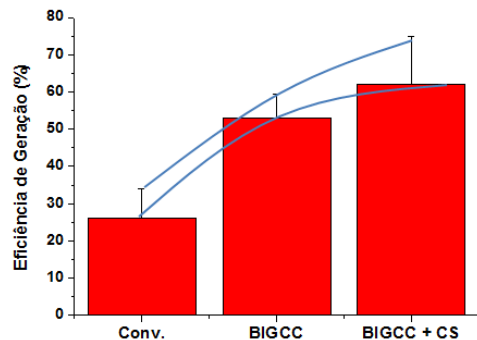
Faixas/Escalas típicas consideradas para BIGCC:
Pequena (5-10 MW) e Grande (30-250 MW).



(base 30 MW)

RESULTADOS E ANÁLISES

Indicadores da Planta/Biorrefinaria



Representação simbólica acerca da produção de um tipo de diesel sintético a partir de energia elétrica primária de base renovável, água e CO₂ do ar atmosférico. *Adaptado de* (Audi, 2015)

<http://www.audi-technology-portal.de/en/>



- 


Obrigado pela Atenção!

José Geraldo de Melo Furtado

 (21) 2598-6069

 (21) 98136-7968

 furtado@cepel.br

 www.cepel.br

