

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA

DISCIPLINA: COMBUSTÍVEIS E BIOCOMBUSTÍVEIS

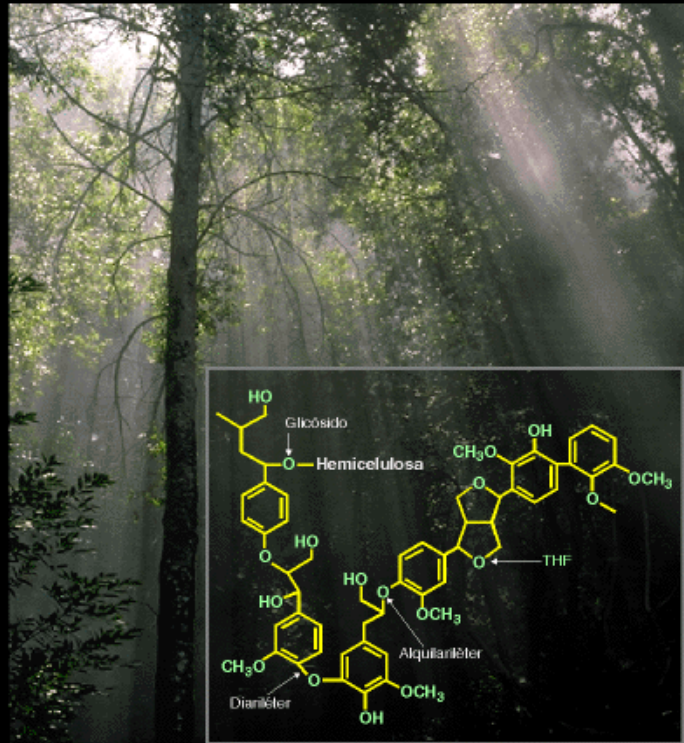
AULA: BIOMASSA

Profa. Dra. Adriana Ferla de Oliveira

UFPR - Setor Palotina

Departamento de Engenharias e Exatas

adrianaferla@ufpr.br / adrianaferla04@gmail.com



CONTEÚDO

- ① **DEFINIÇÕES E CONCEITOS**
- ② **QUESTÕES SÓCIO-AMBIENTAIS**
- ③ **FONTES DE BIOMASSA**
- ④ **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA**
- ⑤ **CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA**
- ⑥ **PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA EM ENERGIA**
- ⑦ **CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- ⑧ **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

O QUE É BIOMASSA?

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS



Fonte: <https://peteletricaufjf.wordpress.com/2015/04/10/especial-energia-gerada-a-partir-de-biomassa/>

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS



<http://energiav.com/wp-content/uploads/2016/03/BIO.jpg>



<https://www.youtube.com/watch?v=En2ly3A4kwY>

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

BIOMASSA

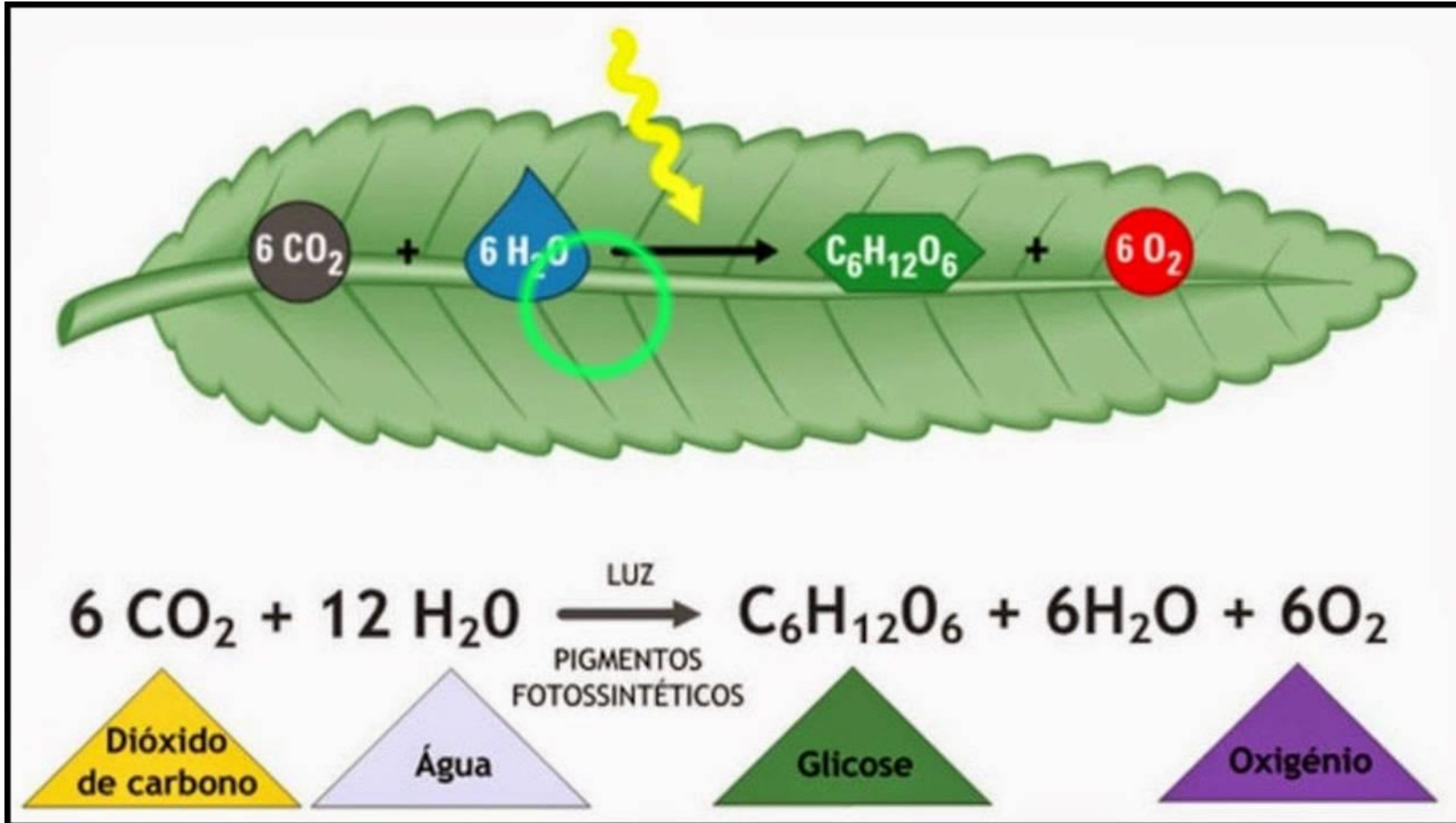


Matéria vegetal gerada a partir da fotossíntese

Material de origem orgânica ou vegetal, resultante direta ou indiretamente da fotossíntese

Resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e matéria orgânica (resíduos industriais, domésticos, municipais, etc.)

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS



1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Combustíveis tradicionais (fósseis) são desconsiderados

petróleo,
carvão
mineral e
xistos
betuminosos

não são
considerados
renováveis

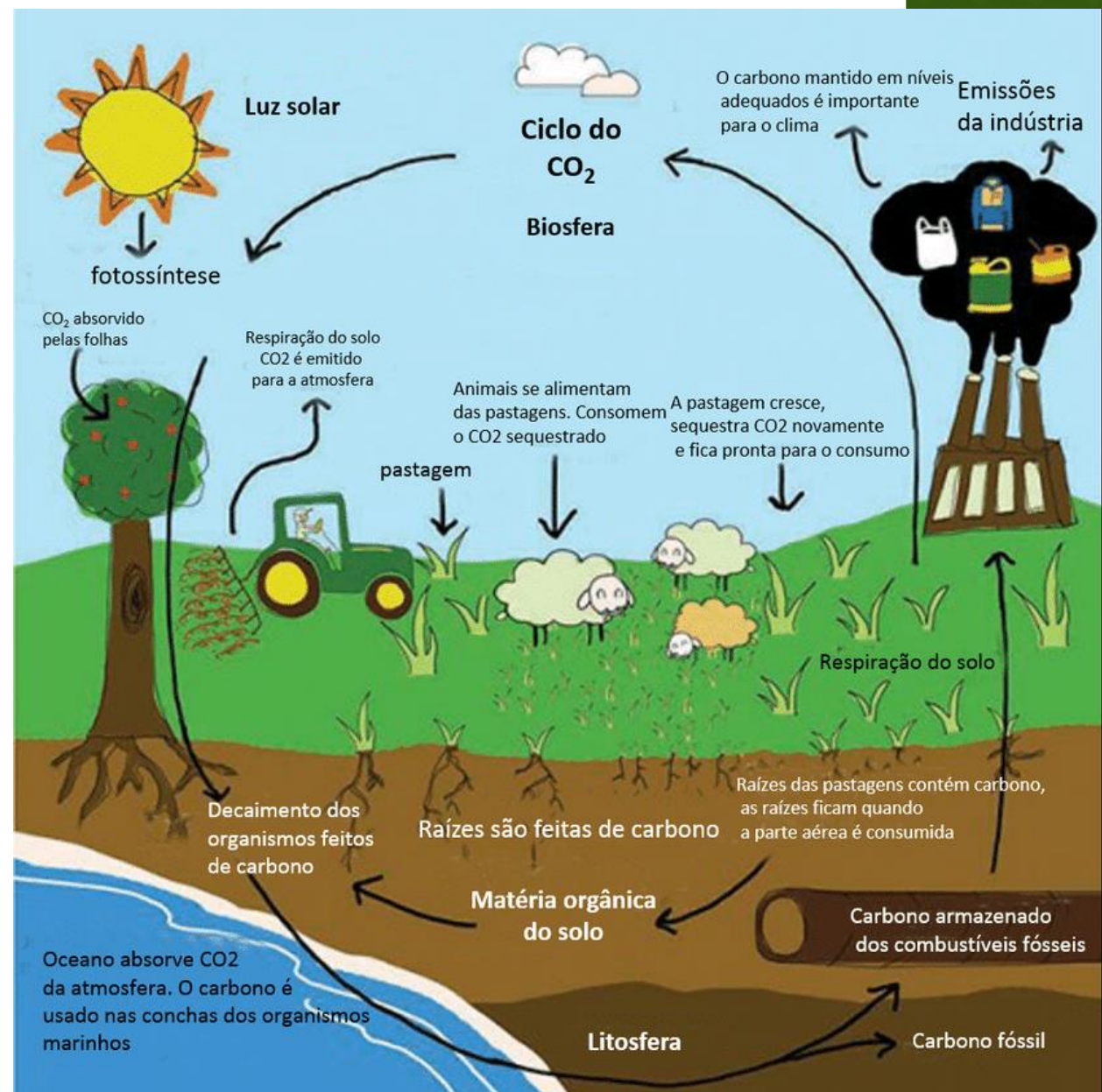
apesar de
serem
derivados da
vida vegetal

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Caráter renovável da biomassa se dá por meio do ciclo do carbono:



“A queima de biomassa leva à um balanço de emissões de CO₂ nulo.”



1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

FOGO
(500 mil
anos atrás)

Qual a biomassa era utilizada?



- ✓ Aquecimento em períodos frios
- ✓ Proteção contra predadores
- ✓ Iluminação de caminhos e moradias
- ✓ Cocção de alimentos
- ✓ Fabricação de utensílios
- ✓ Desenvolvimento da humanidade

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS



LENHA



1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS



Há 50 anos atrás 50 % da energia consumida no Brasil provinha da madeira

Mais da metade da população mundial usava este energético

1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Novas energias renováveis

BIOMASSA MODERNA

Para geração de calor e eletricidade e para o setor de transportes

Uso sustentável de resíduos

Agrícolas

Florestais

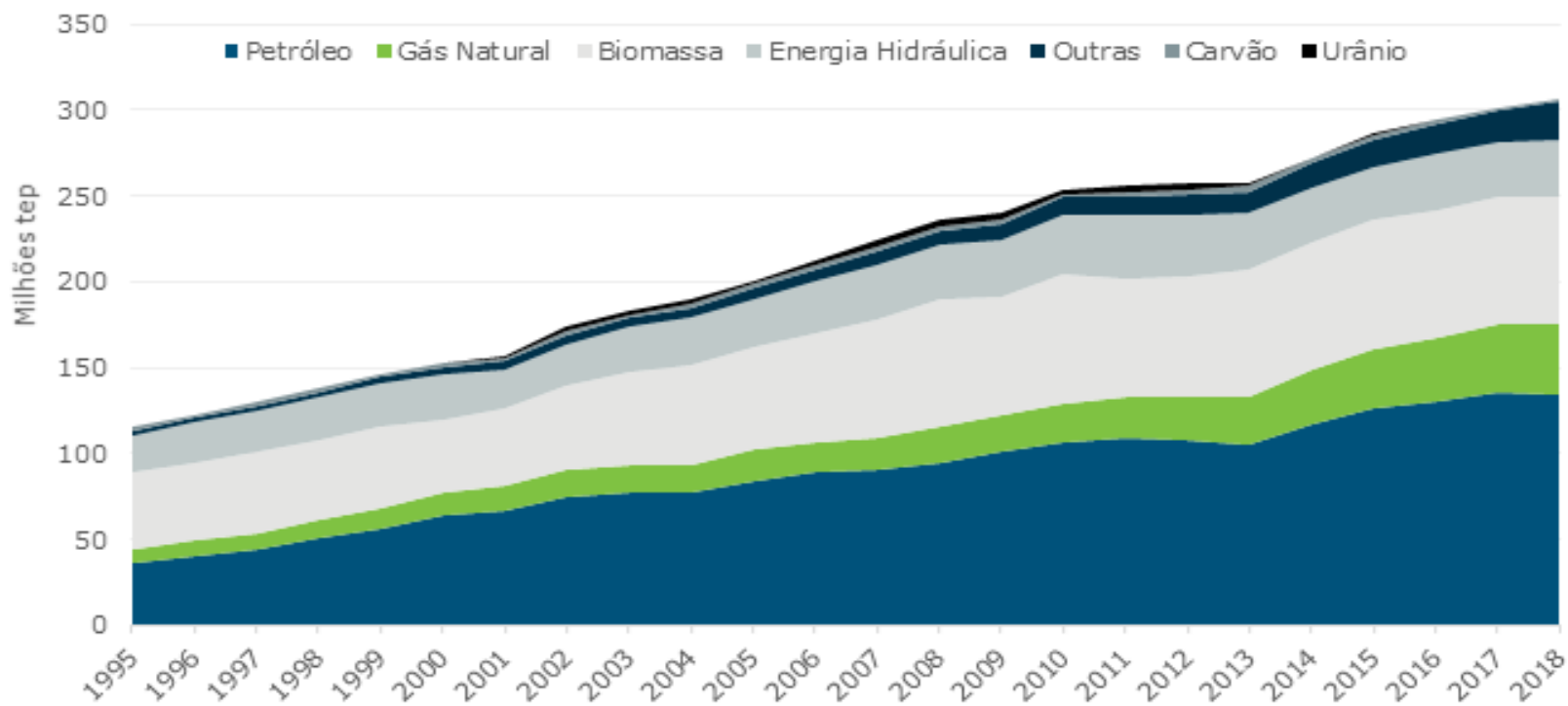
urbanos

rurais

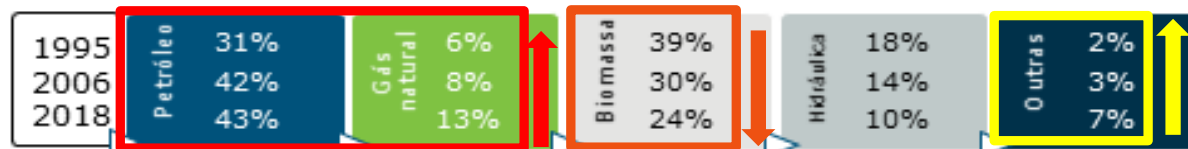
1. fertilização dos solos para agricultura

2. produção de energia primária → Energia primária: é toda a forma de energia disponível na natureza antes de ser convertida ou transformada (e.g. combustíveis crus, a energia solar, a eólica, a geotérmica...)

Produção primária de energia no Brasil



PARTICIPAÇÃO NA PRODUÇÃO PRIMÁRIA



tep = tonelada equivalente de petróleo
Atualização - Maio 2019

Fonte: Elaboração IBP com dados da EPE

(tep): é uma unidade de energia definida como o calor liberado pela combustão de uma tonelada de petróleo cru (≈ 42 GJ - gigajoules)



- **Petróleo e gás natural** na produção primária de energia avançou de **37% para 57%**, tendo o gás natural sozinho dobrado sua participação.
- Por outro lado, houve redução **39% para 24%** da participação da produção de fontes como **biomassa (lenha e produtos da cana)** no mesmo período.
- A fonte "outras", que inclui eólica e solar, além de outras renováveis e não renováveis, vem crescendo consistentemente ao longo dos anos, mas representa ainda **7%** da produção primária no país.

2 QUESTÕES SÓCIO-AMBIENTAIS

- Desenvolvimento industrial
 - Efeito estufa, Aquecimento global, Alterações climáticas etc.
- Crescimento da população
- Biocombustíveis de 1ª Geração
- Eventos internacionais para discutir questões ambientais e energéticas

ENERGIA X AMBIENTE



<https://ownnt.wordpress.com/2013/08/>

1972 - CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO

Conferência de Estocolmo
Direito do Ambiente



1972



Modelo de desenvolvimento vigente na sociedade, visava à exploração máxima dos recursos naturais para obtenção de lucro.

Preservação da fauna e da flora como atitude essencial.

Redução do uso de resíduos tóxicos.

Apoio ao financiamento do desenvolvimento para que países subdesenvolvidos atinjam o progresso esperado.

Reuniu líderes de 113 países e 250 organizações internacionais

Estocolmo - Suécia

Objetivos

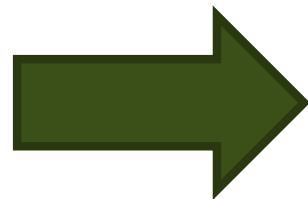
reduzir as emissões de gases poluentes (GEE)

2 QUESTÕES SÓCIO-AMBIENTAIS

BIOMASSA MODERNA

Governo Giesel (1975 - 1979)
estratégias desenvolvimentistas nacionais

Programas de sucesso



Desde 1975
45 anos

Converte
cana-de-açúcar → etanol combustível



1992 - ECO 92 / RIO 92



Principais propostas

Cooperação dos países desenvolvidos para acelerar o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento;

Combate à pobreza;

Mudança nos padrões de consumo;

Combate ao desmatamento;

Conservação da diversidade biológica;

Rio de Janeiro - Brasil

Objetivos

reduzir as emissões de gases poluentes (GEE)

Reuniu líderes de 172 países e 1440 organizações

1997 - PROTOCOLO DE KIOTO



Discutido e negociado (1997) na cidade de Kyoto (Japão)

Sugestões

Objetivos

reduzir as emissões de gases poluentes (GEE)

I. Aumento no uso de fontes de energias limpas (biocombustíveis, energia eólica, biomassa e solar);

II. Proteção de florestas e outras áreas verdes;

III. Otimização de sistemas de energia e transporte, visando o consumo racional;

IV. Diminuição das emissões de metano, presentes em sistemas de depósito de lixo orgânico;

V. Definição de regras para a emissão dos créditos de carbono.

2002 - RIO+10 CÚPULA DE JOANESBURGO CONFERÊNCIA MUNDIAL SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



CUMBRE DE JOHANNESBURGO
RIO+10 2002
DESARROLLO SOSTENIBLE

Joanesburgo -
África do Sul

Destaques

Retomou

Compromissos firmados
na ECO-92

Necessidade de proteger a biodiversidade.

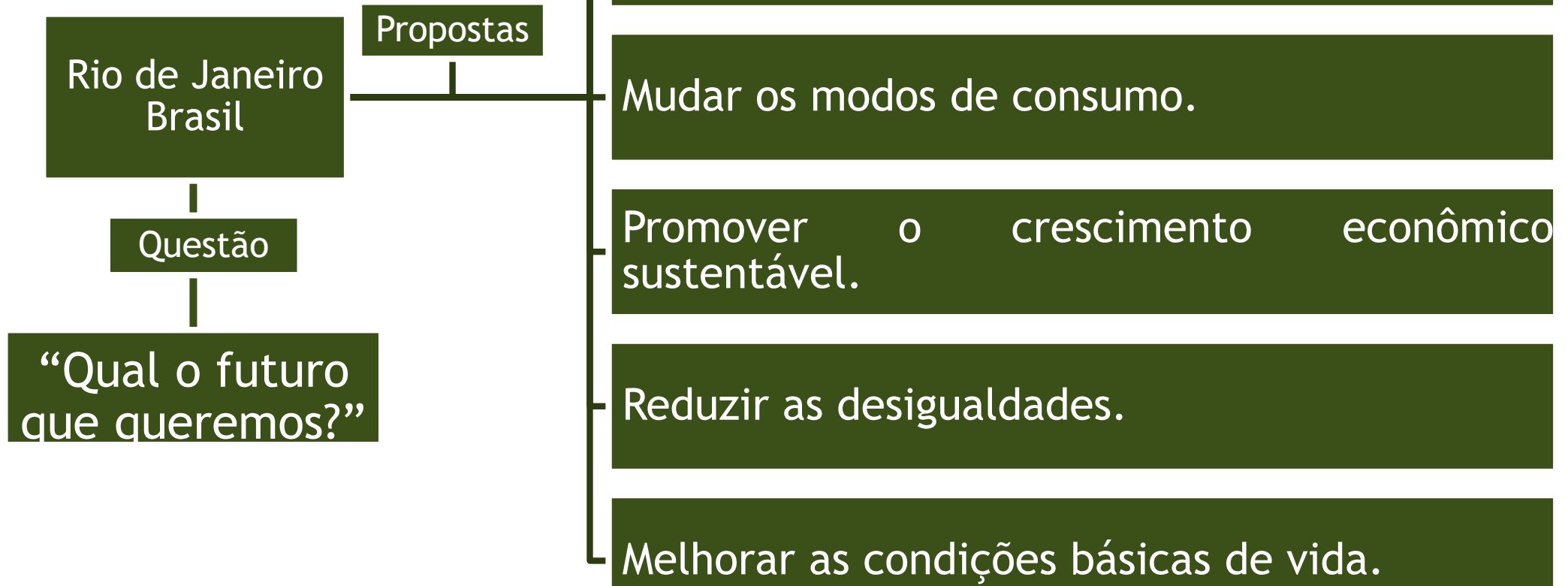
Promoção do acesso à água potável.

Melhoria do saneamento básico para atender às populações.

Acesso à energia e à saúde.

Combate à fome, aos conflitos armados, ao narcotráfico e ao crime organizado.

2012 - RIO +20



2015 - ACORDO DE PARIS



Paris -
França

Objetivos

Tratado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change)
Rege medidas de redução de emissão dióxido de carbono a partir de 2020

Assegurar que o aumento da temperatura média global fique abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir os esforços para limitar o aumento da temperatura a até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isto vai reduzir significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas.

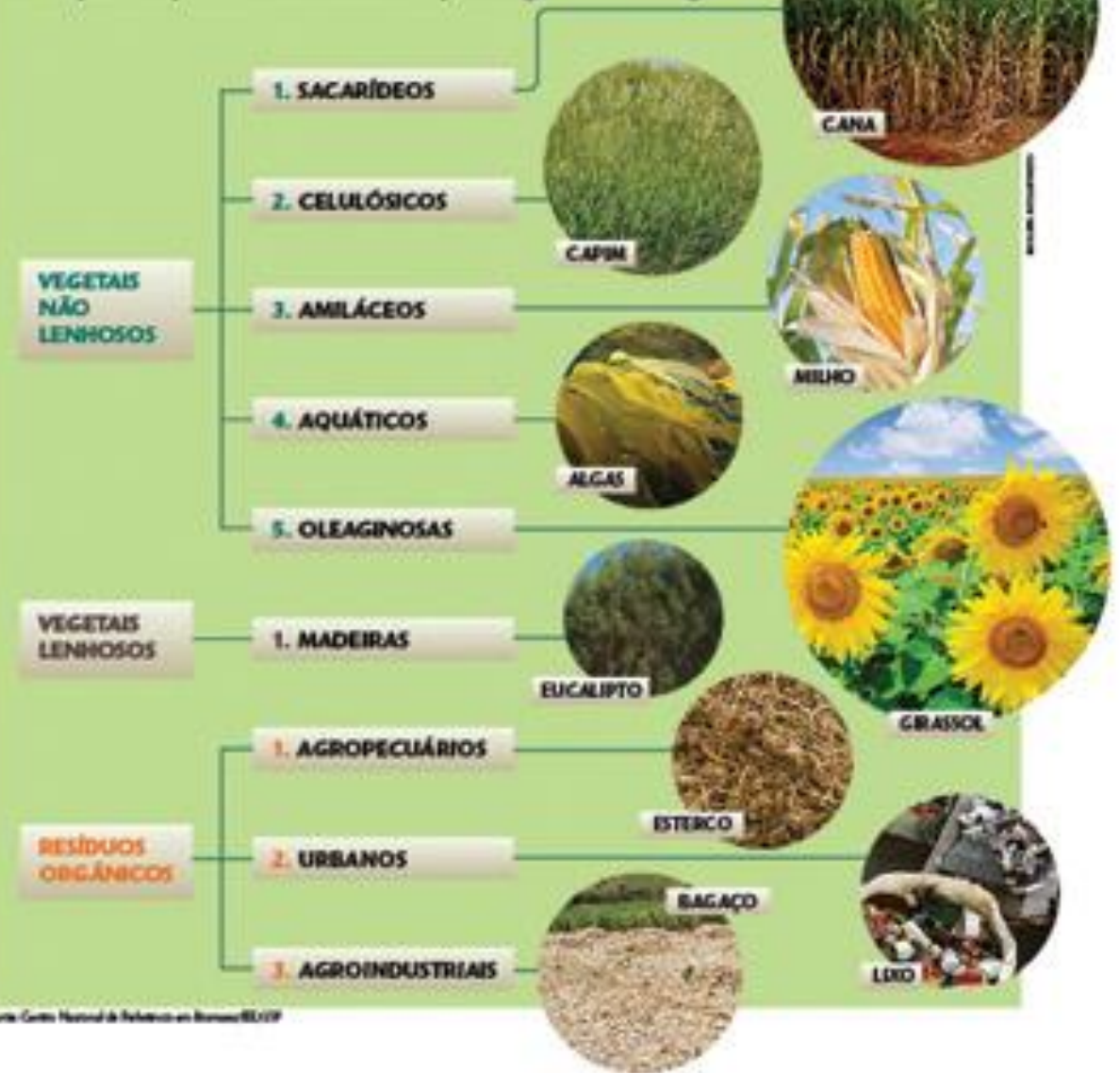
Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e promover a resiliência do clima e o baixo desenvolvimento de emissões de gases do efeito estufa, de maneira que não ameace a produção de alimentos

Criar fluxos financeiros consistentes na direção de promover baixas emissões de gases de efeito estufa e o desenvolvimento resistente ao clima. (e.g. H2020)

3 FONTES DE BIOMASSA

➤ Definida de acordo com sua origem.

Principais tipos de biomassa para gerar energia



Fonte: Centro Nacional de Referência em Biomassa (CNRB)

3 FONTES DE BIOMASSA

➤ Definida de acordo com seu estado físico.

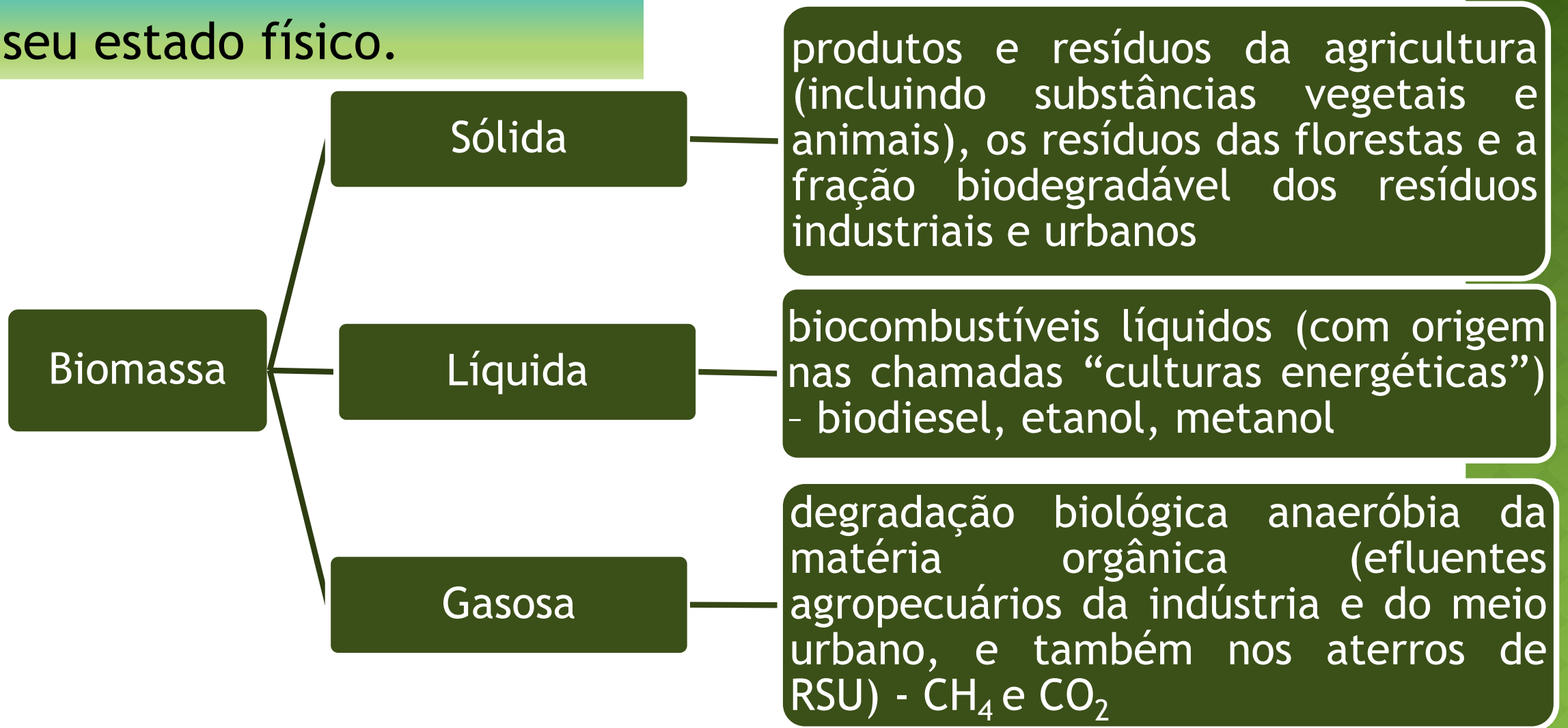


Figura - Classificação das fontes de biomassa - Estado físico.

3 FONTES DE BIOMASSA

Classificação das biomassas

Dificuldade de classificação

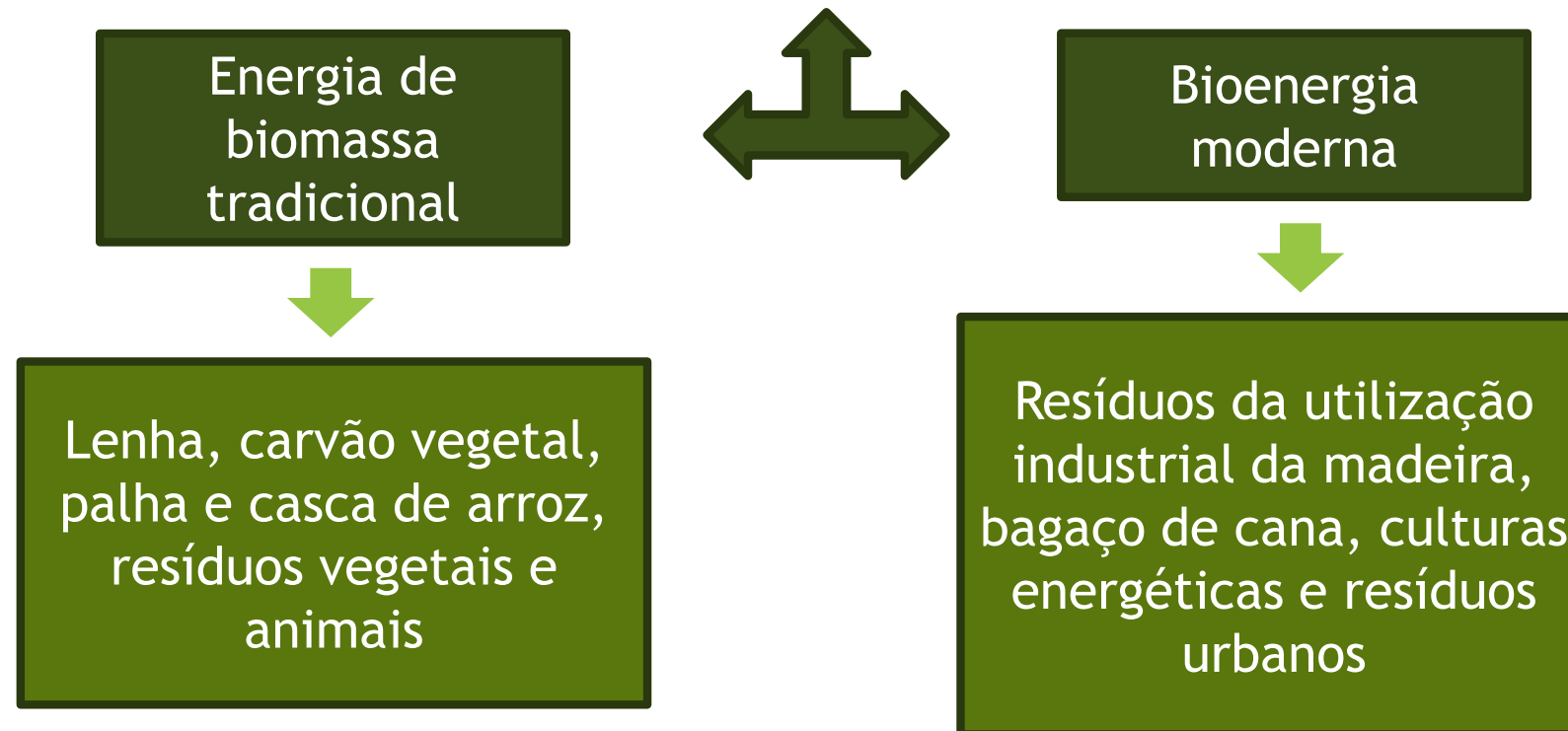
A) Resíduos vegetais na etapa inicial de transformação



Ex: óleos vegetais produzidos a partir de produtos de árvores como o dendê - classificação dendrocombustível ou agrocombustível.

3 FONTES DE BIOMASSA

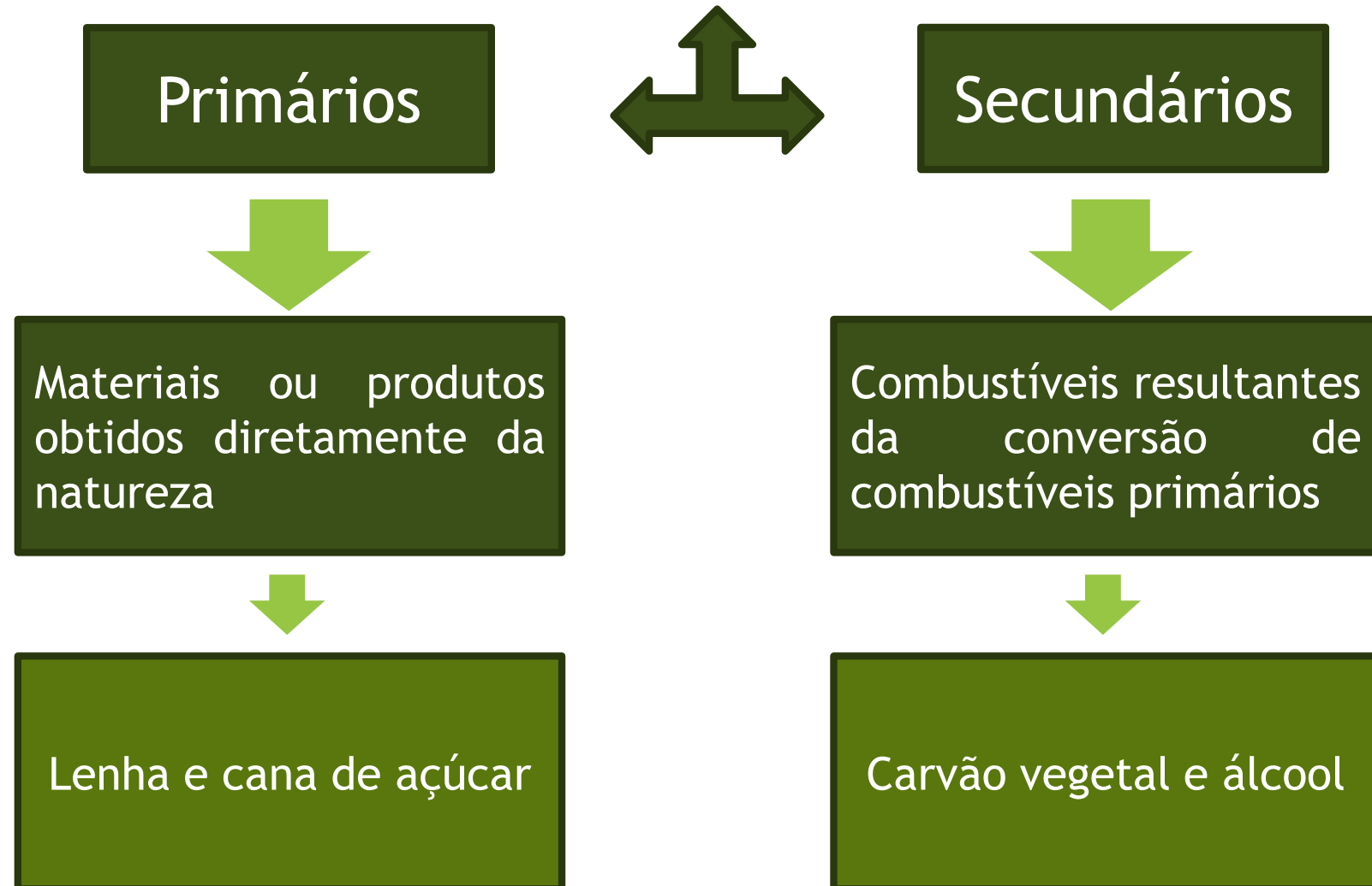
B) Classificação segundo rotas tecnológicas e seu nível de desenvolvimento tecnológico



Obs: mais importante que classificar é conhecer a origem e utilização de um biocombustível e os impactos e potencialidades deste.

3 FONTES DE BIOMASSA

Classificação dos energéticos



4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

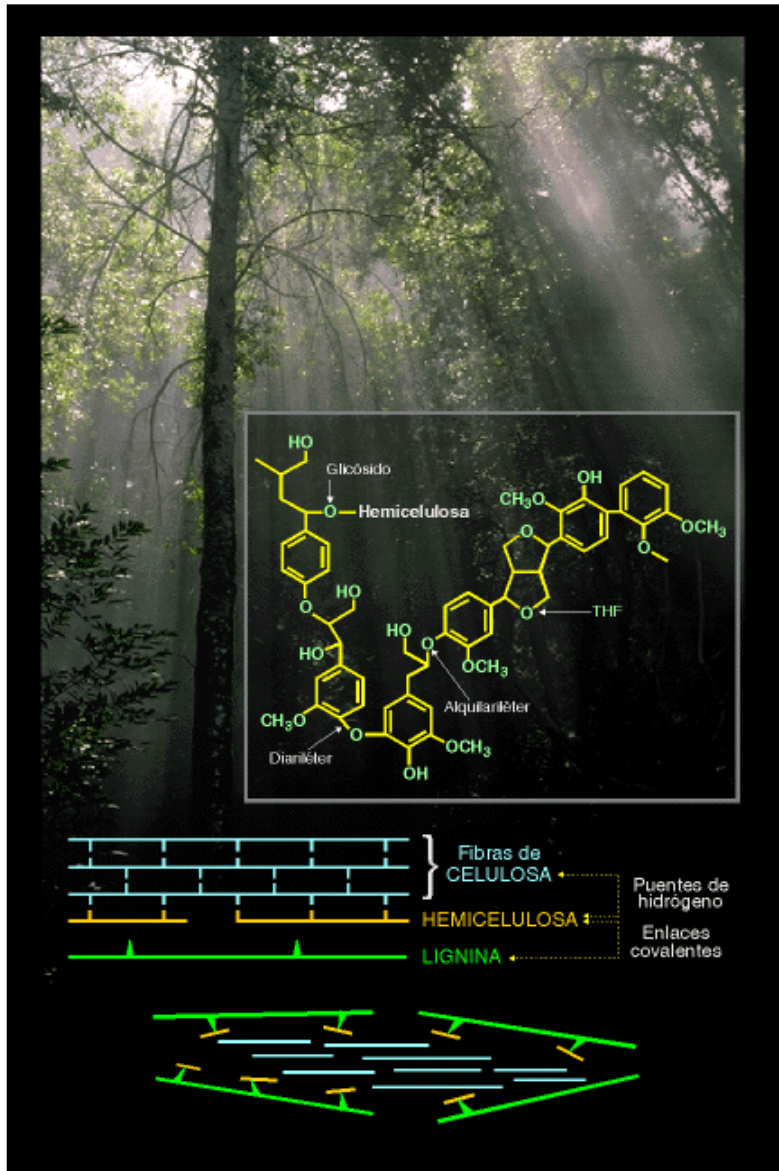
Devido à grande diversidade de biomassa disponível, é necessário e essencial realizar estudos analíticos para melhor compreender a composição química da mesma, além das suas propriedades físico-químicas.

- ◉ Características mais importantes da biomassa como fonte de energia:



- ✓ Composição química (elementar e imediata)
- ✓ Umidade
- ✓ Poder calorífico

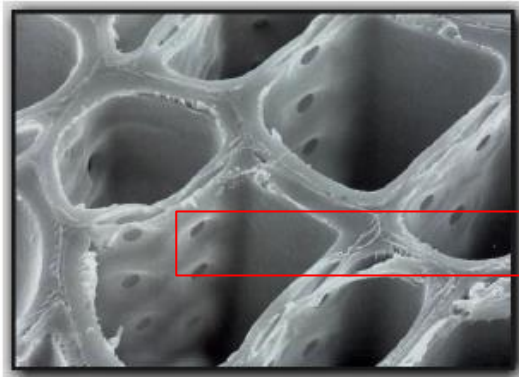
4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA



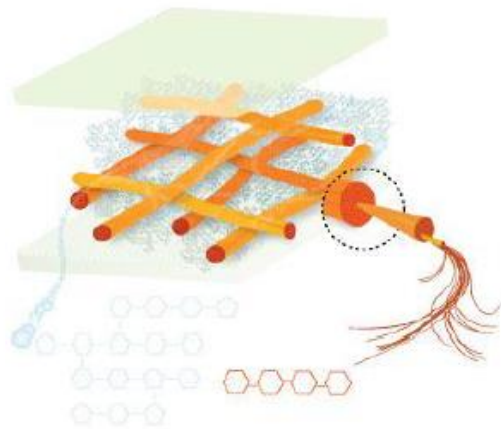
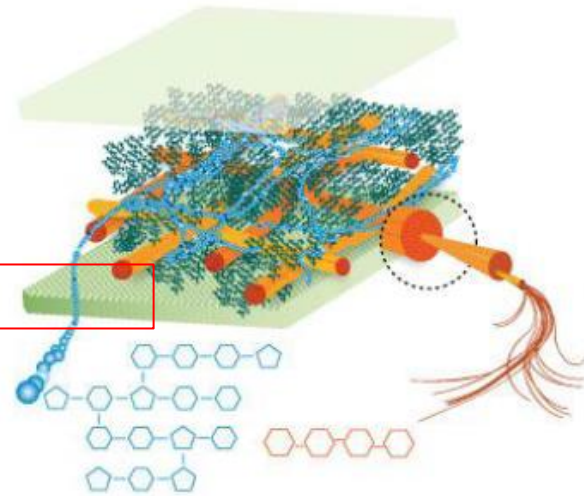
- ✓ Componente estrutural →
CELULOSE
- ✓ Componentes sub-estruturais →
POLIOSES (hemiceluloses), e →
LIGNINA
- ✓ **Materiais acidentais** → material orgânico e inorgânico existentes na madeira Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e outros.

Figura: Composição química da madeira.

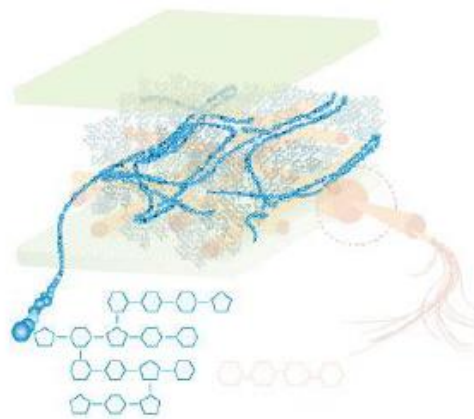
4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA



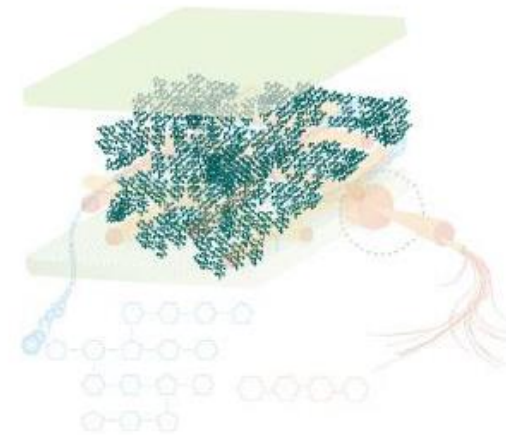
Parede celular



Celulose



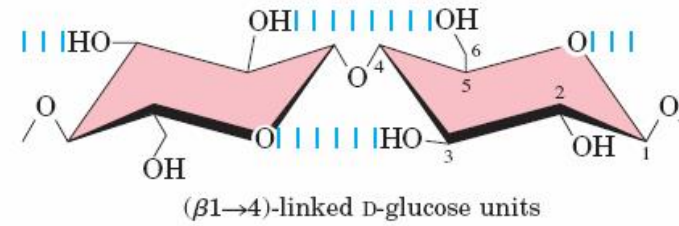
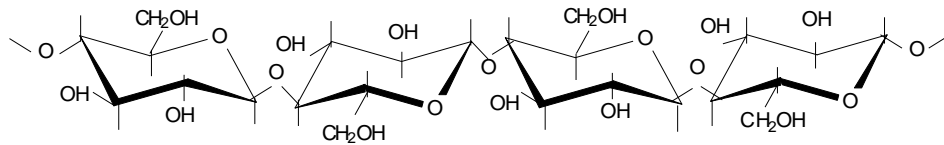
Polioses



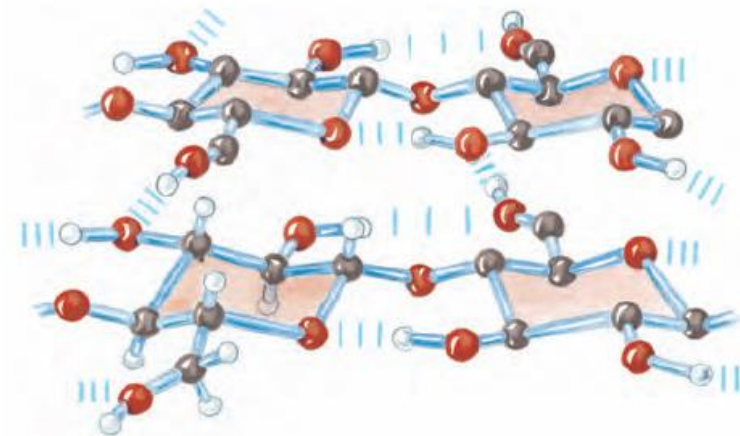
Lignina

4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Celulose



(a)



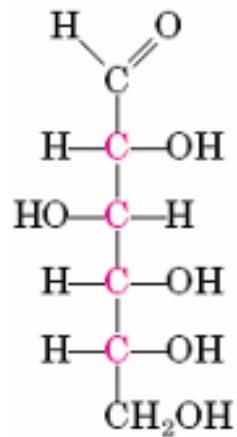
(b)

(beta1-4)

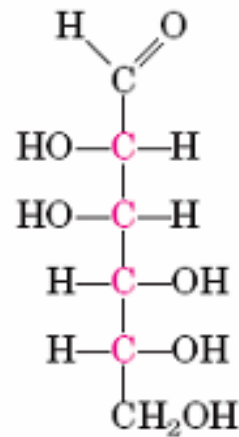
4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Polioses (hemiceluloses)

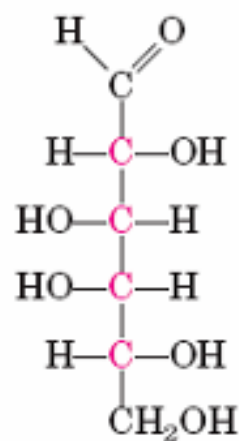
- Estão em estreita associação com a celulose na parede celular. Cinco açúcares neutros, as hexoses: glucoses, manose e galactose; e as pentoses : xilose e arabinose, são os principais constituintes das polioses.



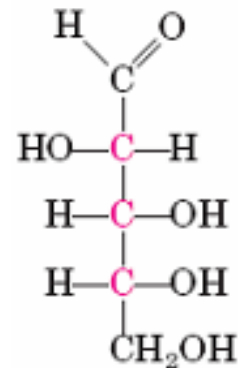
D-Glucose



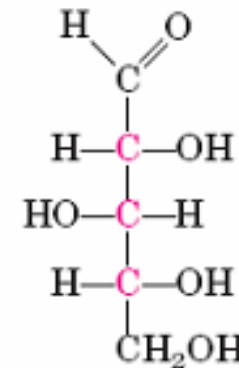
D-Mannose



D-Galactose

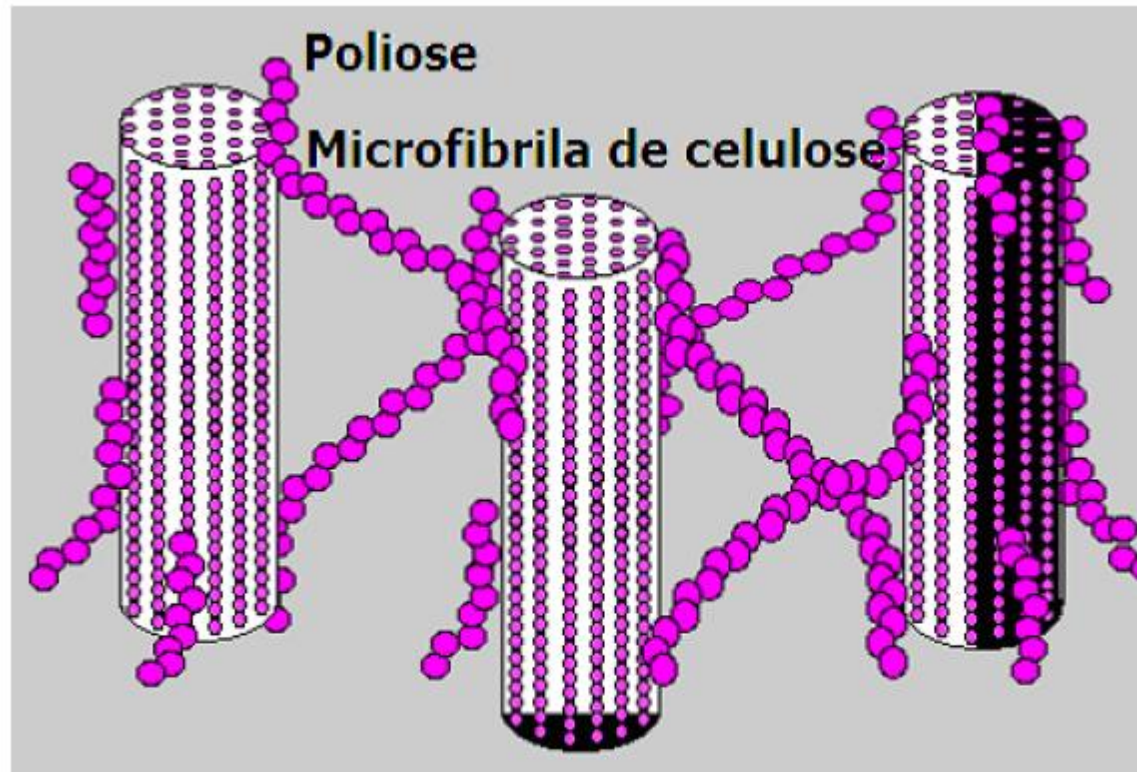
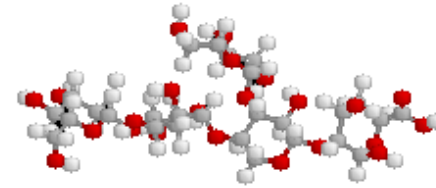


D-Arabinose



D-Xylose

4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA



– Ligações Polioses (Hemiceluloses) com Celulose (microfibrilas).

4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

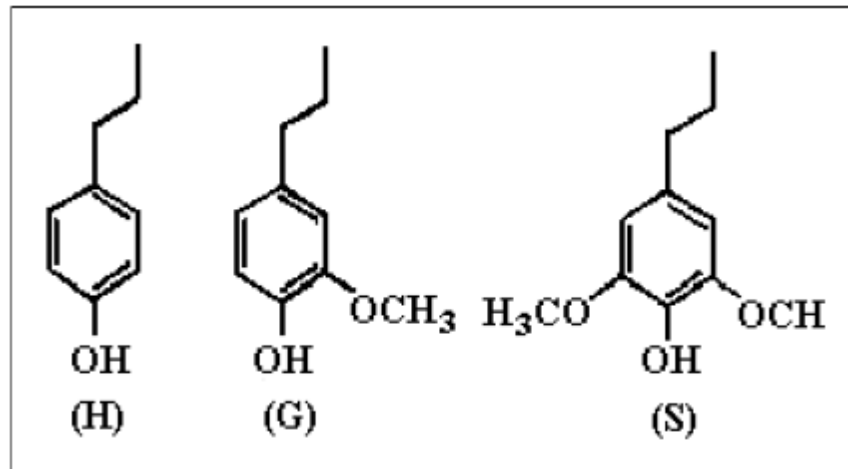
Lignina

- É a terceira substância macromolecular componente da madeira.
- As moléculas de lignina são formadas completamente diferente dos polissacarídeos, pois são constituídas por um sistema aromático composto de **unidades de fenil-propano**.

H: p-hidroxifenila

G: guaiacila

S: siringila



5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

✓ Composição química (elementar)



Base para cálculos de combustão

Percentual em massa dos principais elementos que constituem a biomassa - base massa seca.

⦿ Carbono (C), Hidrogênio (H), Enxofre (S), Oxigênio (O), Nitrogênio (N) e Cinzas (A).

Normas Americanas: ASTM E 870-82 (1992) - *Standard test methods for analysis of wood fuel*, ASTM E 778-87 (1992) - *Standard test methods for nitrogen in the analysis sample of refuse derived fuel*, e ASTM E 777-87 (1992) - *Standard test methods for carbon and hydrogen in the analysis sample of refuse derived fuel*.

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

✓ Composição química (imediata)



Percentual baseado na massa do combustível.

- Carbono fixo (F), Materiais voláteis (V), Cinzas (A) e eventual umidade (W).
- **Conteúdo de voláteis** - expressa a facilidade de se queimar um material e se determina como fração em massa do combustível que volatiliza durante o aquecimento de uma amostra em atmosfera inerte até temperatura de 850°C, por 7 minutos.
- A fração de carbono que permanece é o **carbono fixo** ou coque.

Normas: ASTM D 1102-84 (1995) - *Standard* test methods for ash in wood, ASTM E 872-82 (1992) - *Standard* test methods for volatile matter in the analysis of particulate wood fuel.

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

✓ Umidade



É a medida da quantidade de água livre na biomassa e que pode ser avaliada pela diferença entre os pesos de uma amostra, antes e logo após à secagem.

✓ Umidade base seca:

$$H_s = (P_u - P_s) / P_s \quad (\text{kg água} / \text{kg material seco})$$

✓ Umidade base umida:

$$H_u = (P_u - P_s) / P_u \quad (\text{kg água} / \text{kg material nas condições de trabalho})$$

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

✓ Poder calorífico



É a quantidade de calor (energia térmica) que se libera durante a combustão completa de uma unidade de massa ou de volume de combustível (kJ/kg ou kJ/m^3)

✓ PCS (Poder Calorífico superior)

Se condensam os vapores de água presentes nos gases de combustão

✓ PCI (Poder Calorífico inferior)

Não se condensam os vapores de água presentes nos gases de combustão

✓ PCU (Poder Calorífico útil)

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

- amostras
 - moídas, secas e peneiradas em peneira ABNT 70, segundo norma ABNT - NBR 8633;
 - prensadas na forma de pastilhas com aproximadamente $1 \pm 0,0001\text{g}$ cada uma;
 - secas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até a estabilização do peso;
 - pesadas e queimadas em bomba calorimétrica.

OBS: Para calorímetro que tem como unidade de calor kcal/kg, transformar para kJ/kg (Sistema Internacional de Medidas), multiplicando-se os valores determinados nas equações para PCS, PCI e PCU por 4,18.

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA



Bomba calorimétrica
Automática, marca IKA
WORKS, modelo C-2000,

5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

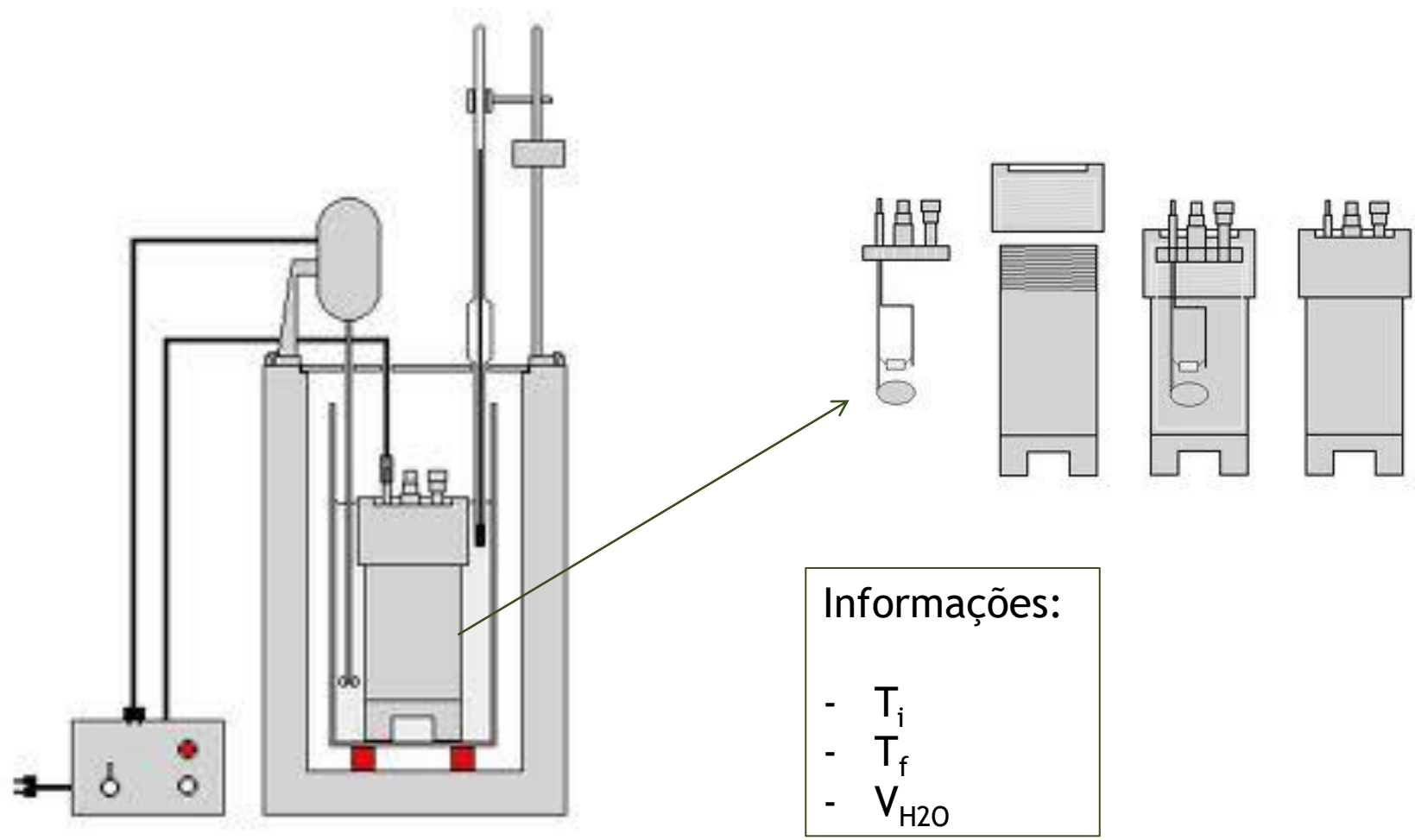
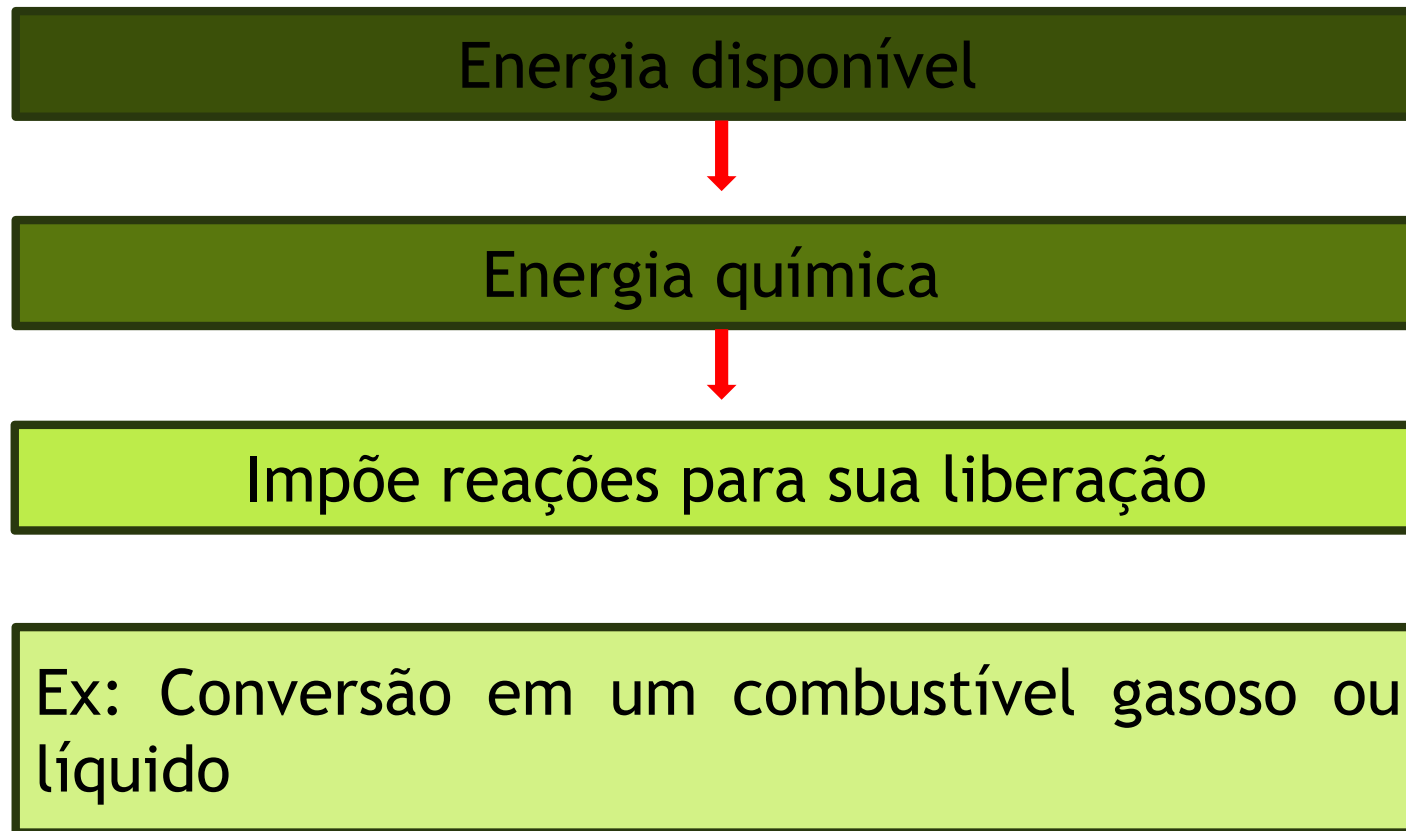


Figura: Esquema de funcionamento da bomba calorimétrica.
<http://www.youtube.com/watch?v=z7Nlvdx-2LQ>

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA



Os processos de conversão energética da biomassa podem ser classificados em três grupos:

- processos físicos, termoquímicos e biológicos.



6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

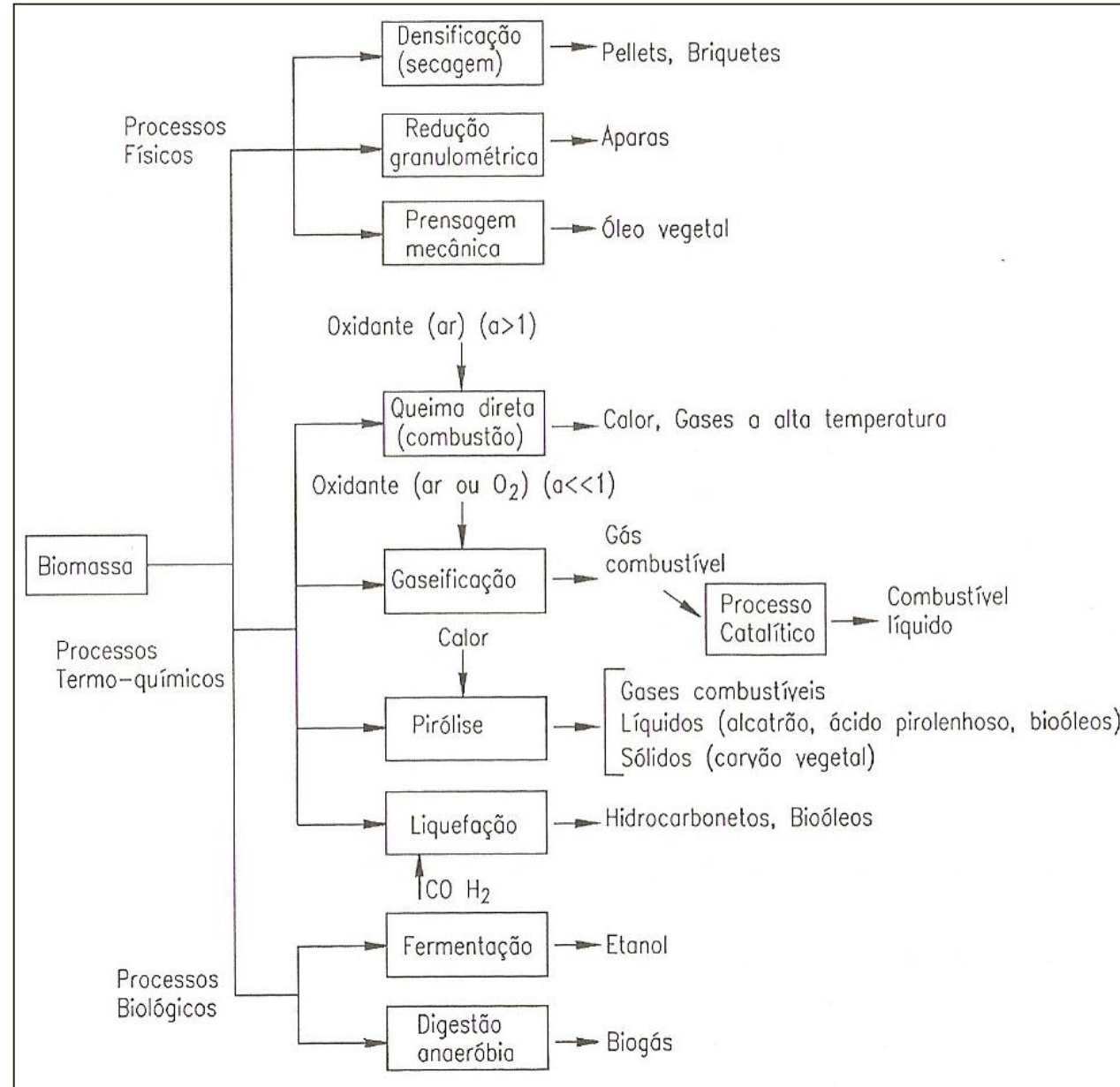


Figura: Processos de conversão energética da biomassa. (NOGUEIRA; LORA, 2003)

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

Queima direta ou combustão



Tecnologia de conversão mais antiga e difundida.



A biomassa é um combustível rico em voláteis \longrightarrow $\frac{3}{4}$ de seu peso.

A combustão transcorre em 6 etapas consecutivas:

1. Secagem
2. Emissão de voláteis
3. Ignição dos voláteis
4. Queima dos voláteis em chama
5. Extinção da chama de voláteis
6. Combustão do resíduo de carbono (coque)

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

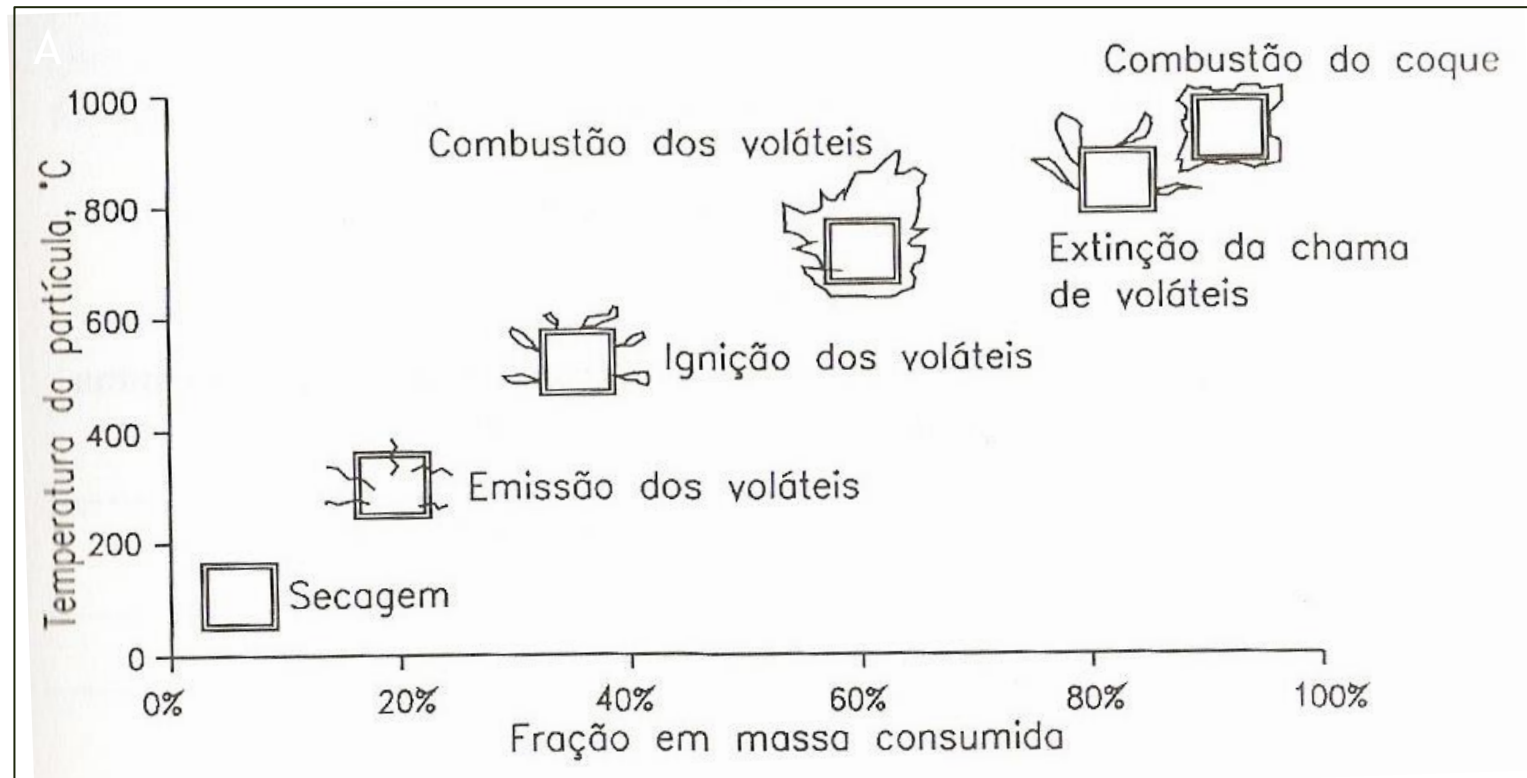


Figura: Etapas de combustão da biomassa.
(HELLIWIG, 1982 *apud* NOGUEIRA; LORA, 2003)

VELOCIDADE

Etapa homogênea: queima de voláteis

Etapa heterogênea: combustão do resíduo de carbono - coque

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

- ✓ Voláteis se desprendem e são queimados sobre o leito.
- ✓ Fluxo de ar:
 - Primário - coque
 - Secundário - combustão de voláteis

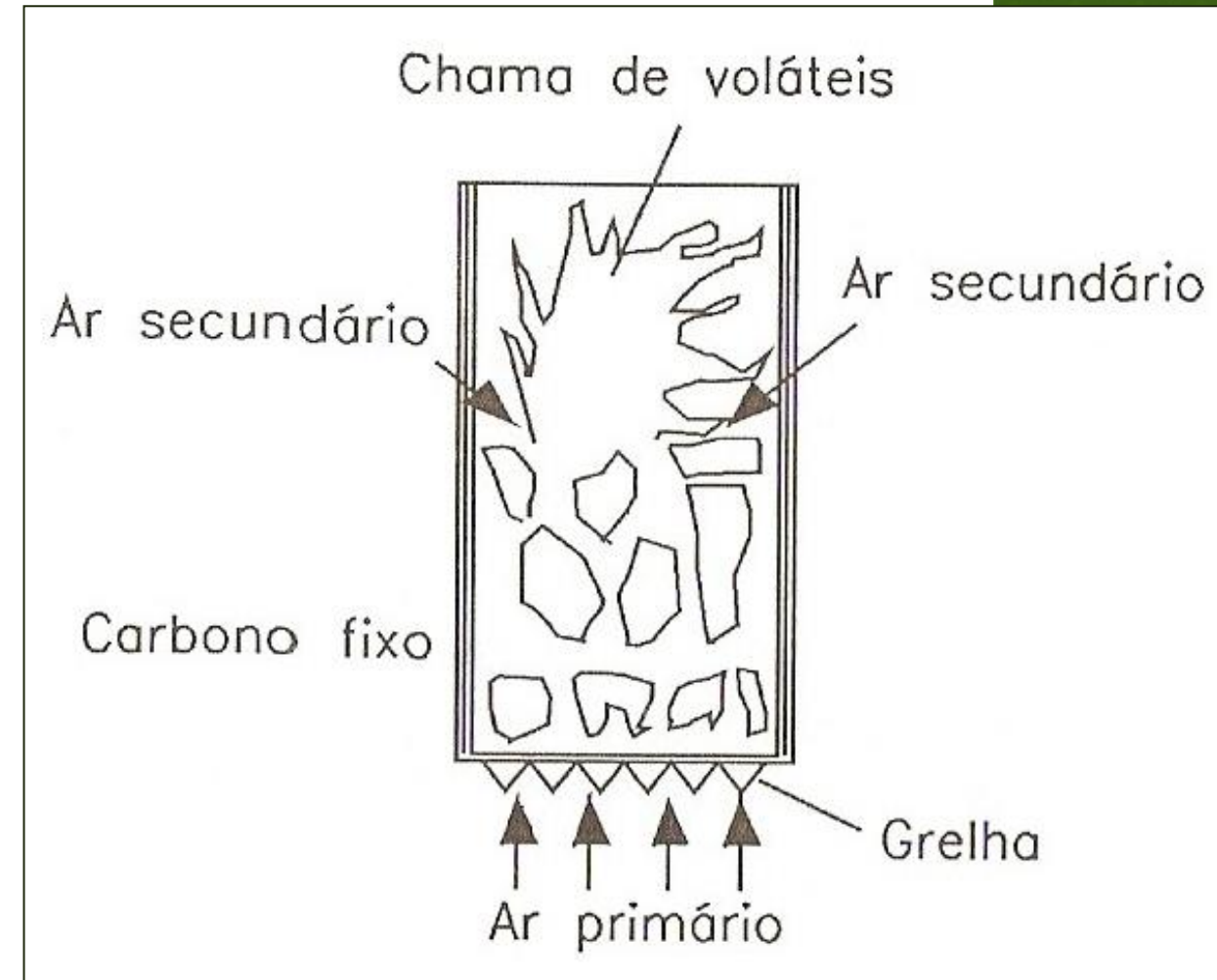


Figura: Queima da Biomassa em leito fixo.
(NOGUEIRA; LORA, 2003)

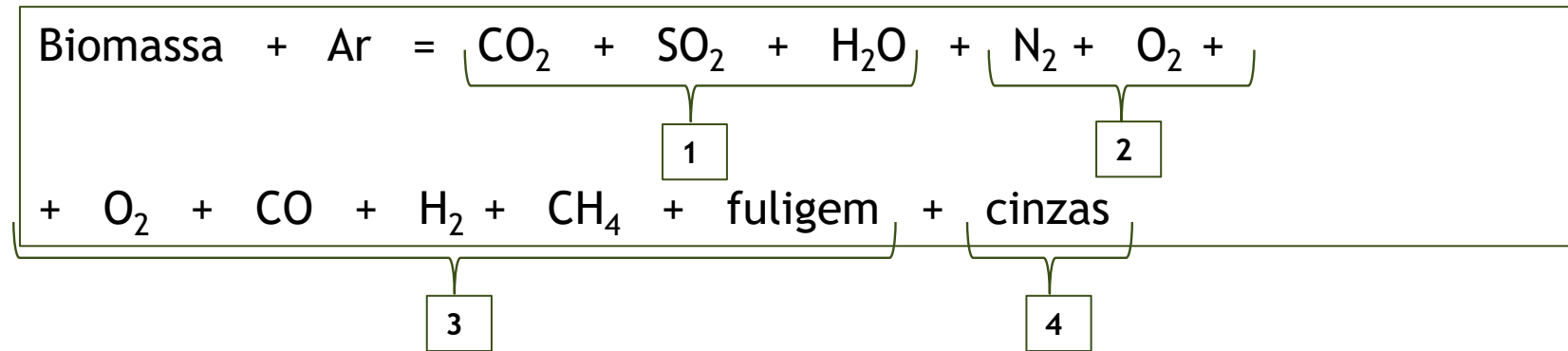
6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

Distribuição do ar	Ar estequiométrico para a combustão (m ³ /Kg)	
	C → CO ₂	C → CO
Ar secundário	2,62 (67%)	3,27 (83%)
Ar primário	1,31 (33%)	0,66 (17%)
Total	3,93 (100%)	3,93(100%)

Figura: Relação de ar primário e secundário durante a combustão da madeira (HELLIWIG, 1982 *apud* NOGUEIRA; LORA, 2003)

- ✓ Em alguns sistemas o C se queima no leito até CO, concluindo sua queima até CO₂ juntamente com os voláteis - ar secundário 83% do ar total.
- ✓ No caso da combustão completa - ar secundário 67% do ar total.

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA



- 1 - Produtos de oxidação completa - %SO₂ quase desprezível
- 2 - Ar em excesso - umidade do combustível e do ar
- 3 - Produtos gasosos - sólidos (fuligem) de combustão incompleta
- 4 - Fração mineral não combustível

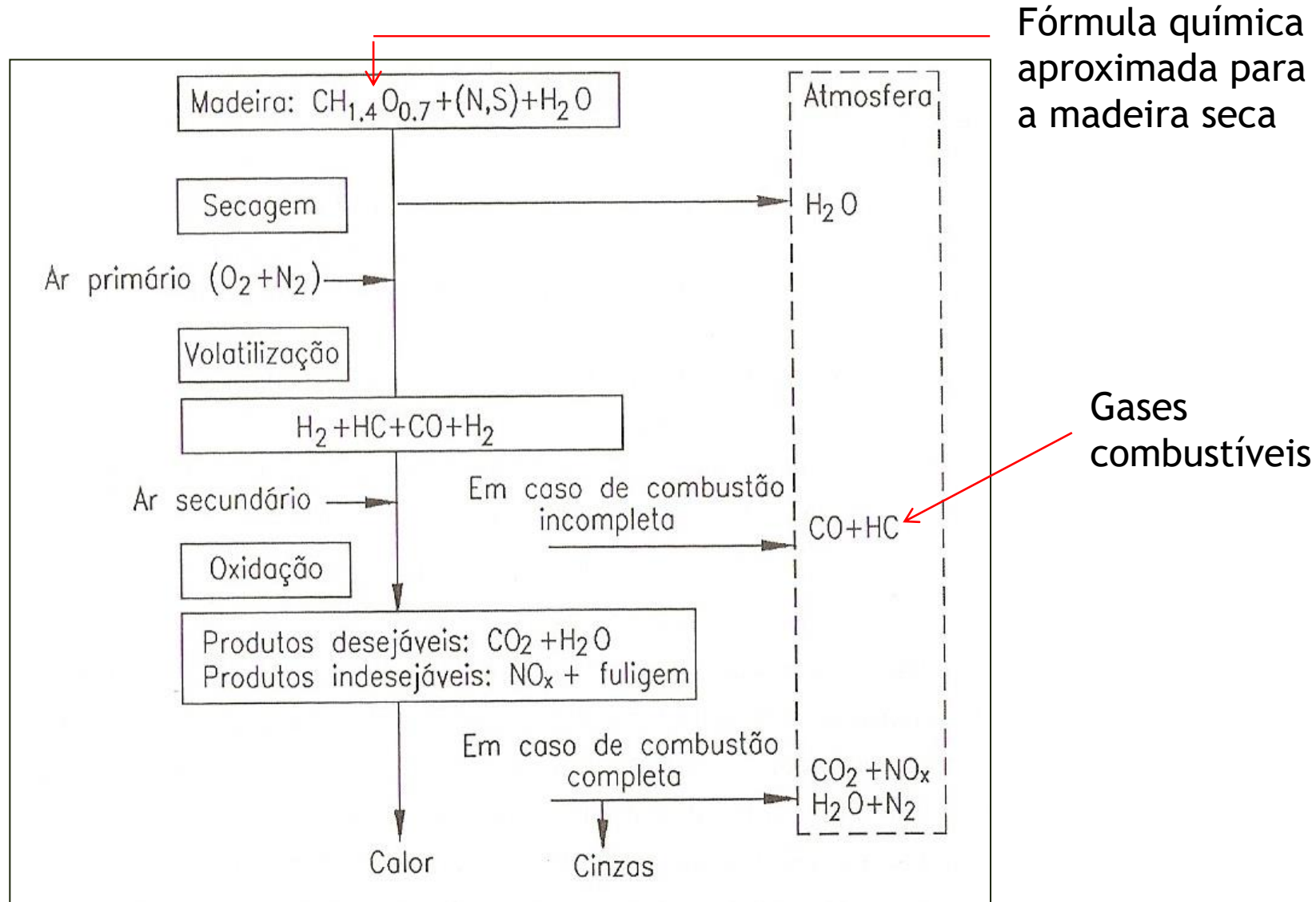
Combustão da madeira em termos físico-químicos



3 processos

- Secagem
- Volatilização
- Oxidação

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA



6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

GASEIFICAÇÃO

Processo de conversão de um material de caráter sólido ou líquido, que contenha carbono em sua composição em gases combustíveis

Oxidação parcial da biomassa (a água, oxigênio ou mistura dos dois)

Temperatura 800 a 1000 °C
pressão de 33 bar

Biomassa, RSU, plástico, madeira, licor negro, lodo de esgoto

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

- Os reatores de gaseificação podem ser classificados de acordo com o seu tipo de leito como reatores de leito fixo ou móvel, reatores de leito fluidizado e reatores de leito de arraste.

Shell
GE
Lurgi

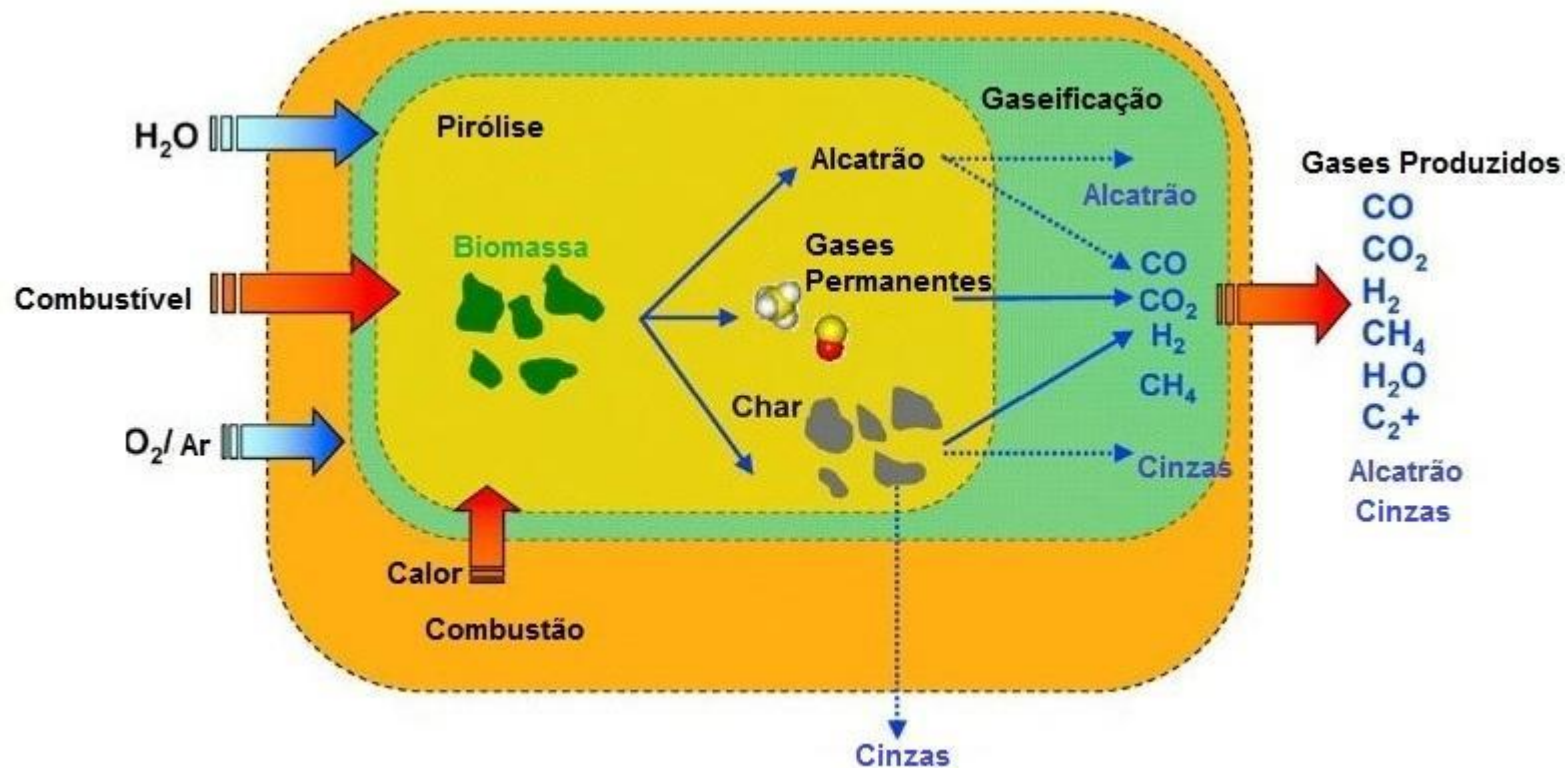


Figura: Gaseificação de uma partícula de biomassa (apud Pinho et al. 2012 adaptada de Gómez-Barea e Leckner, 2010).

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

- Relação entre o agente gaseificador, os produtos dos respectivos processos e a possível aplicação.

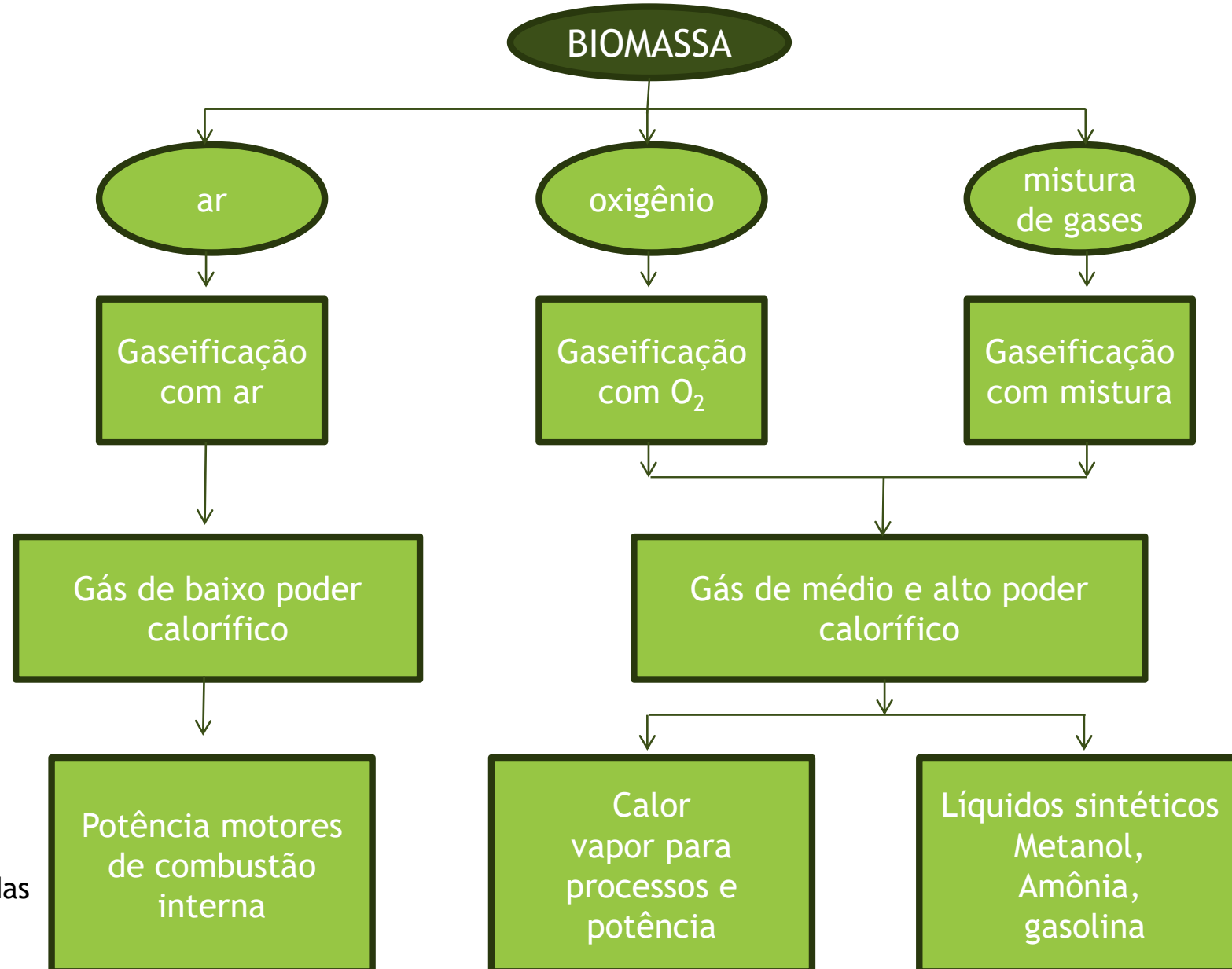


Figura: Rotas de gaseificação baseadas no tipo de agente oxidante. (CORTEZ; LORA; GOMES, 2009)

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

As reações que ocorrem na gaseificação podem ser separadas em:

Secagem

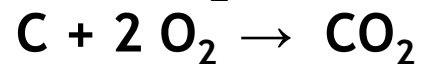
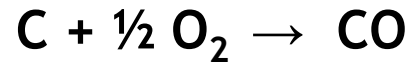
I - Pirólise

ou decomposição térmica < 600°C

Biomassa + calor → coque + gases + alcatrão + condensáveis

II - Oxidação do carbono

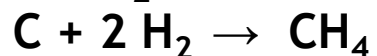
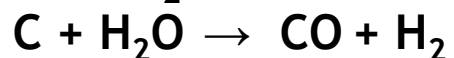
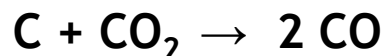
Fonte de energia térmica para a volatilização e gaseificação



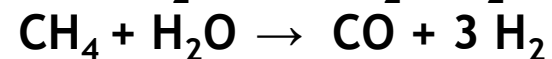
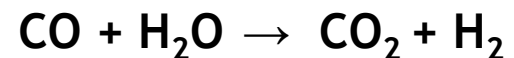
III - Gaseificação

Reações heterogêneas entre os gases e o coque residual e homogêneas entre os produtos já formados

Reações Heterogêneas



Reações Homogêneas



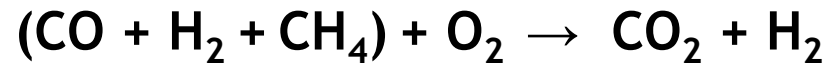
6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

IV - Craqueamento do alcatrão

Destruição térmica dos componentes do alcatrão



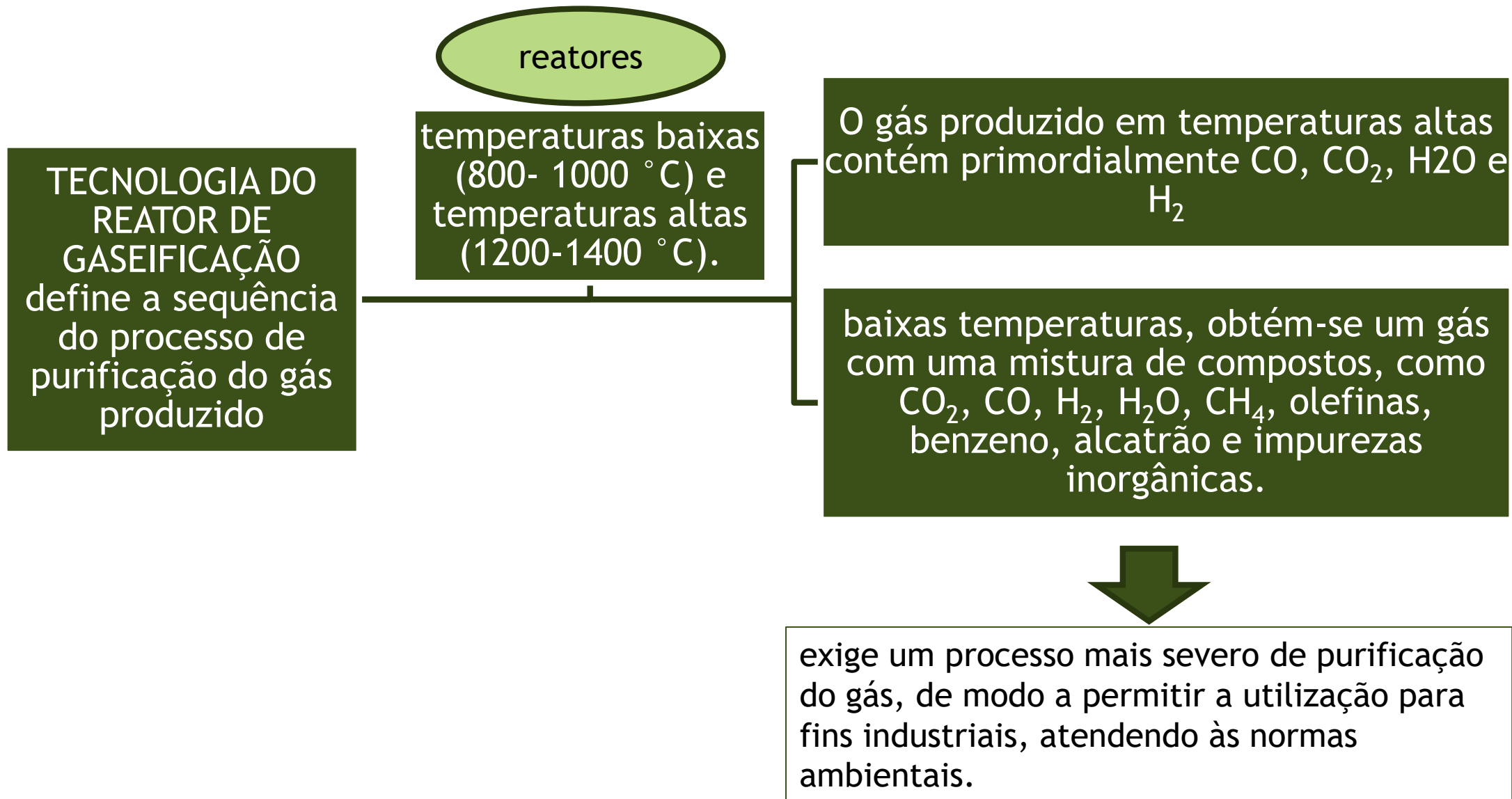
V - Oxidação parcial dos produtos da pirólise



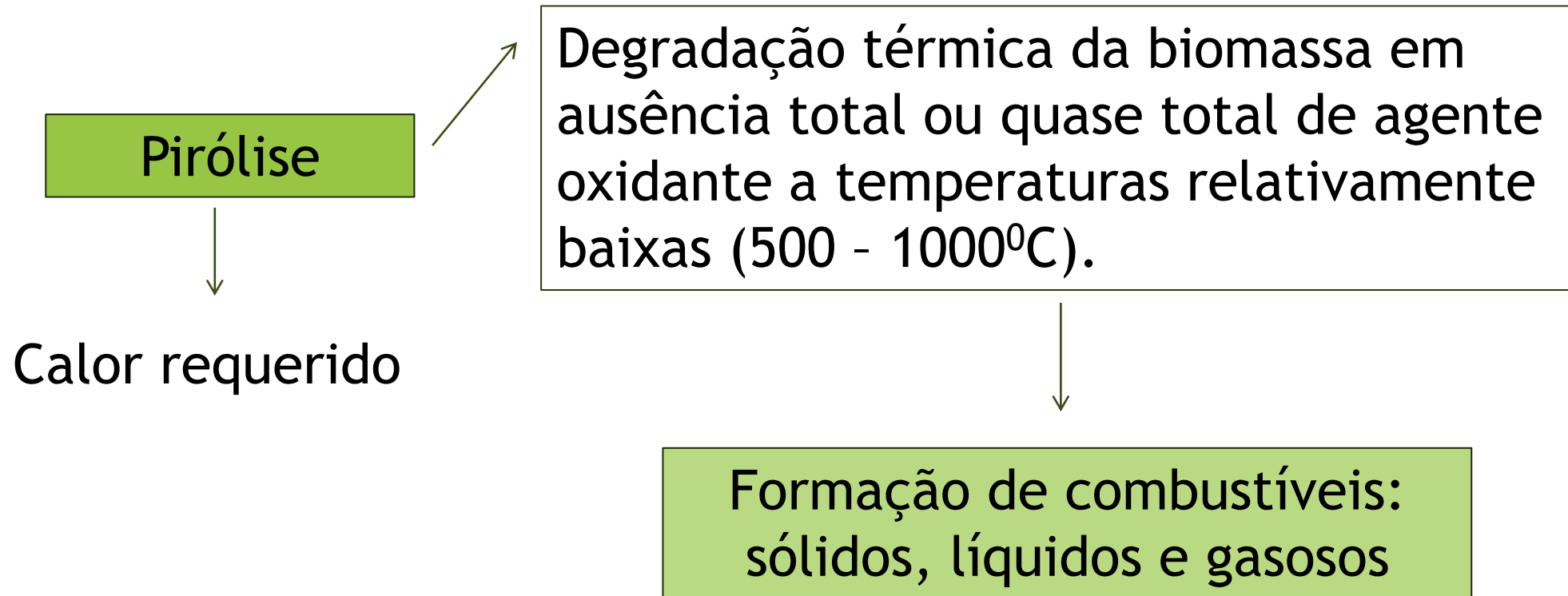
Obs:

- 1) Adição de vapor de água ao ar de gaseificação até aproximadamente 30% aumenta o conteúdo de H e CO no gás obtido;
- 2) O aumento da pressão favorece a formação de CH₄.

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA



6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA



O PRODUTO FINAL NÃO RESULTA DA COMBUSTÃO, MAS SIM DA AÇÃO TÉRMICA .

6 PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

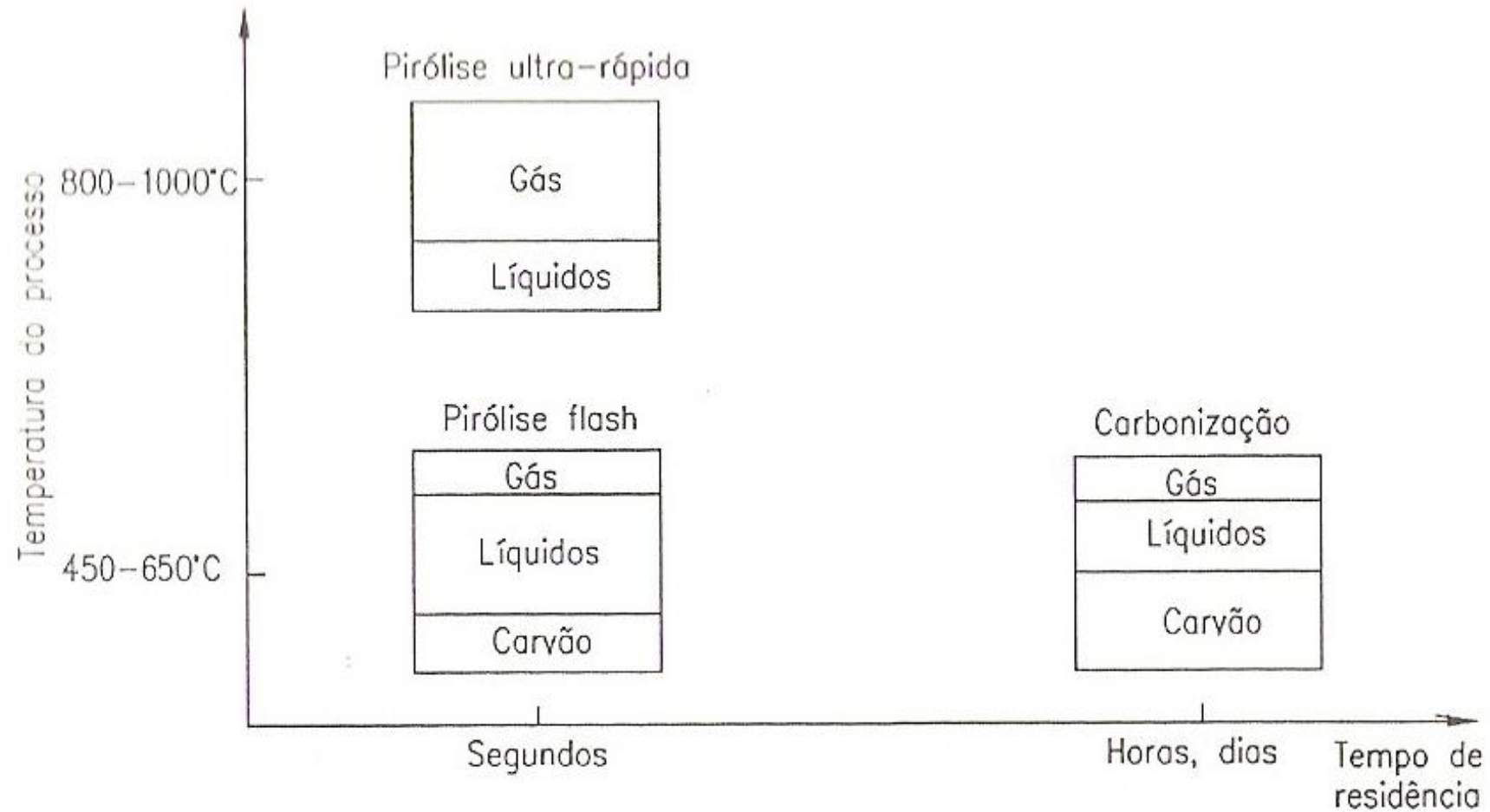


Figura: Tecnologias para Pirólise da Biomassa
(NOGUEIRA; LORA, 2003)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

desvantagens

vantagens

Eficiência energética da cadeia produtiva

Dificuldade de transporte e armazenamento

Baixo custo maior produção de material particulado e cinzas

Menos poluente que outras formas de energias

Proveniência renovável

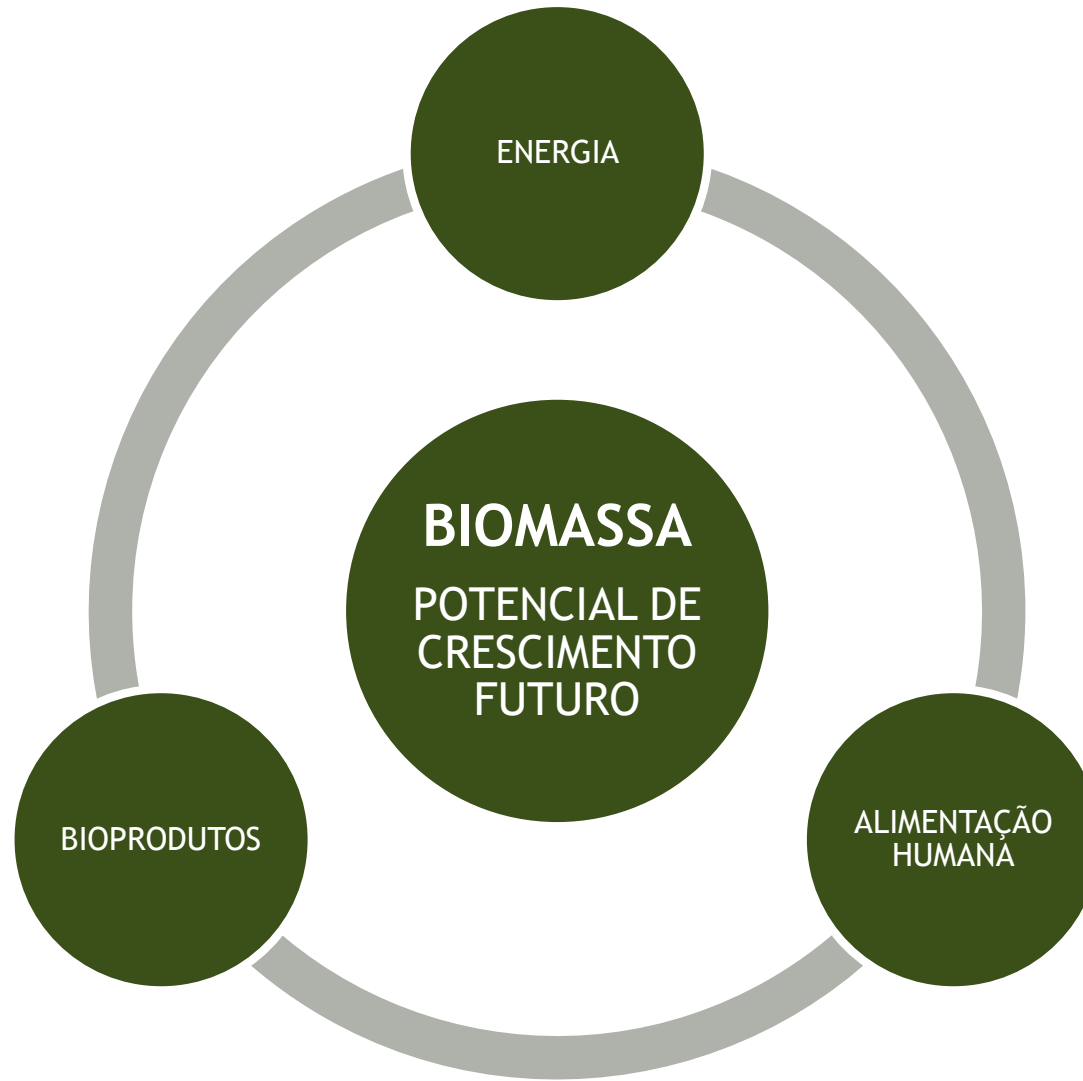
Permite o reaproveitamento de resíduos

Baixo custo

BIOMASSA



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEN - Balanço Energético Nacional.2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.
- Biocombustíveis, Vol. 1e Vol. 2. Ed. Interciência, 2012.
- Cortez, L.A.B.; Lora, E.E.S.; Olivares Gómez, E. Biomassa para energia. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2008.
- FAO - Statistic Pocket 2019. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/anuario-estadistico/es/#.X1Pt_XlKjIV>. Acesso em: Acesso em: 07 set. 2020.
- KLOCK, U. **Química da Madeira**. Curitiba, 1995. 65 p. Universidade Federal do Paraná. Disponível em:<<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ◉ Nogueira, L.A.H. Dendroenergia: fundamentos e aplicações, 2ª Ed., 2003
- ◉ SANTANA, et al. Biomassa para química verde. - Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013. Disponível em: <http://files.download-de-livros-gratis.webnode.com/200000179-582f05a1fb/livro_biomassa.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.
- ◉ SANTOS, F., COLODETTE, J. QUEIROZ, J. H. Bioenergia e Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar e Espécies Florestais. Viçosa, MG: Os Editores, 2013.
- ◉ OKAMURA, Layssa Aline et al. Obtenção sustentável de gás de síntese: prospecção das tecnologias disponíveis baseada em patentes e artigos. Cadernos de Prospecção, Curitiba, v. 6, n. 1, p.27-35,2013.
- ◉ QUITETE, C. P. B.; SOUZA, M. M. V. M. Remoção do alcatrão de correntes de gaseificação de biomassa: processos e catalisadores. Química Nova, Vol. 37, No. 4, 689-698, 2014.