

Biorefinarias associadas ao setor sucro energético

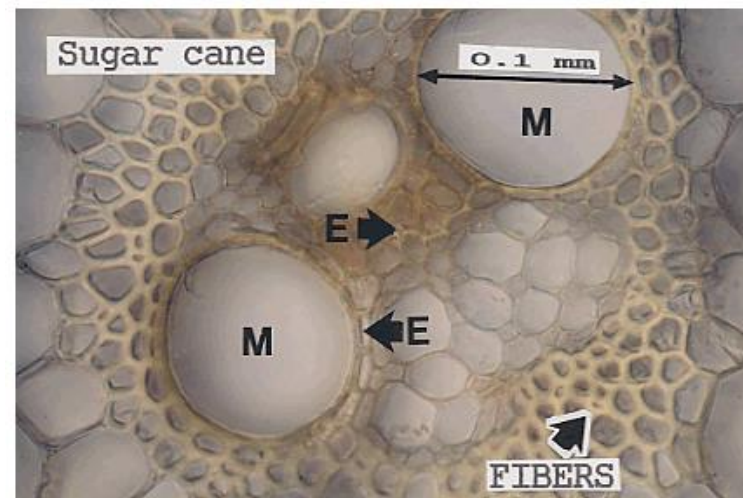
Rotas bioquímicas e rotas termoquímicas

Soluções usadas em escala industrial ou escala ampliada

Produção de açúcar e álcool (e eletricidade)

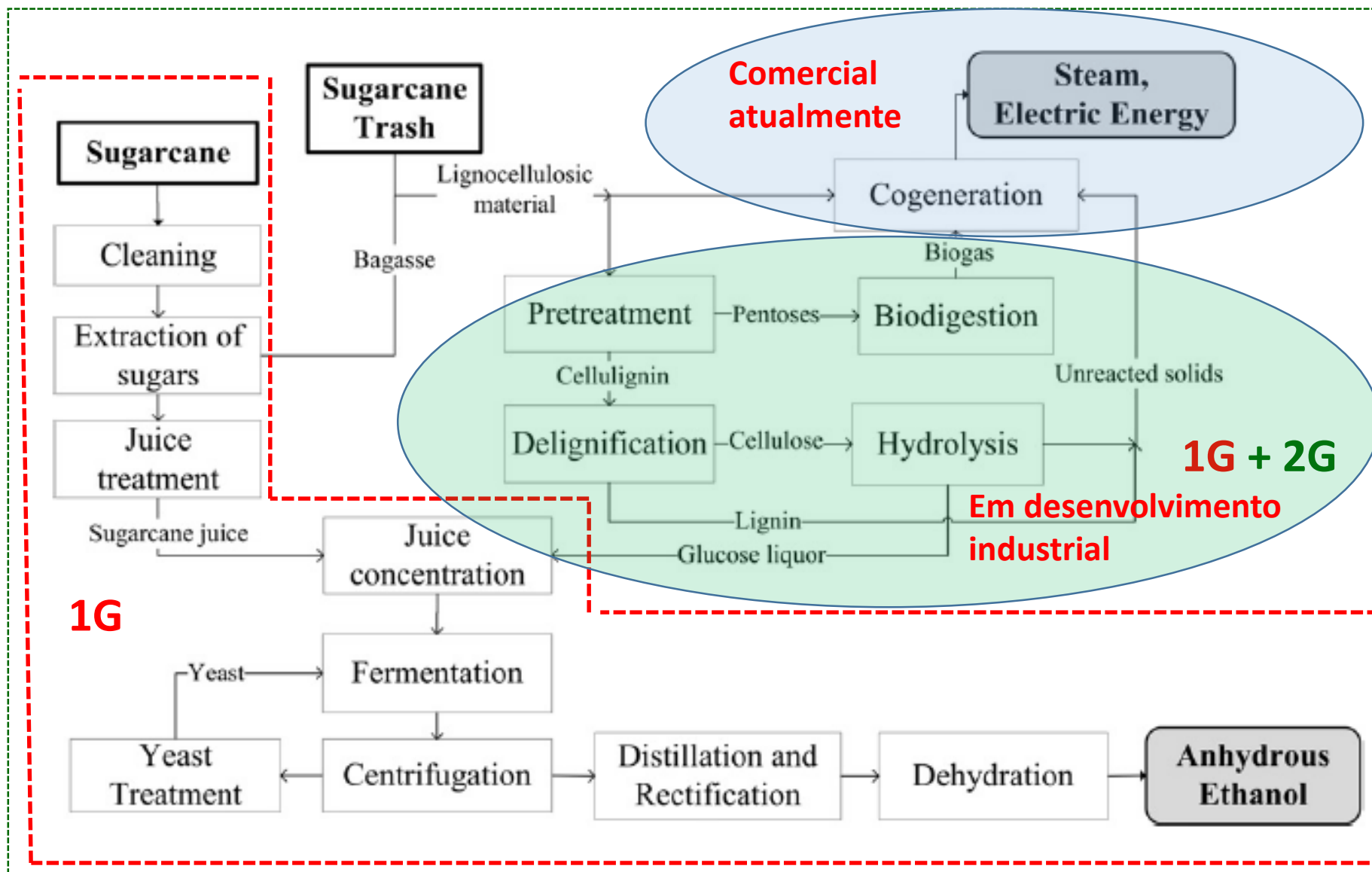
(produz açúcar estocado nas células de parênquima da planta, além de etanol por fermentação de sacarose. Eletricidade é produzida numa termoelétrica abastecida por bagaço da cana)

Diversidade celular em cana de açúcar
(material mais complexo para o processamento)

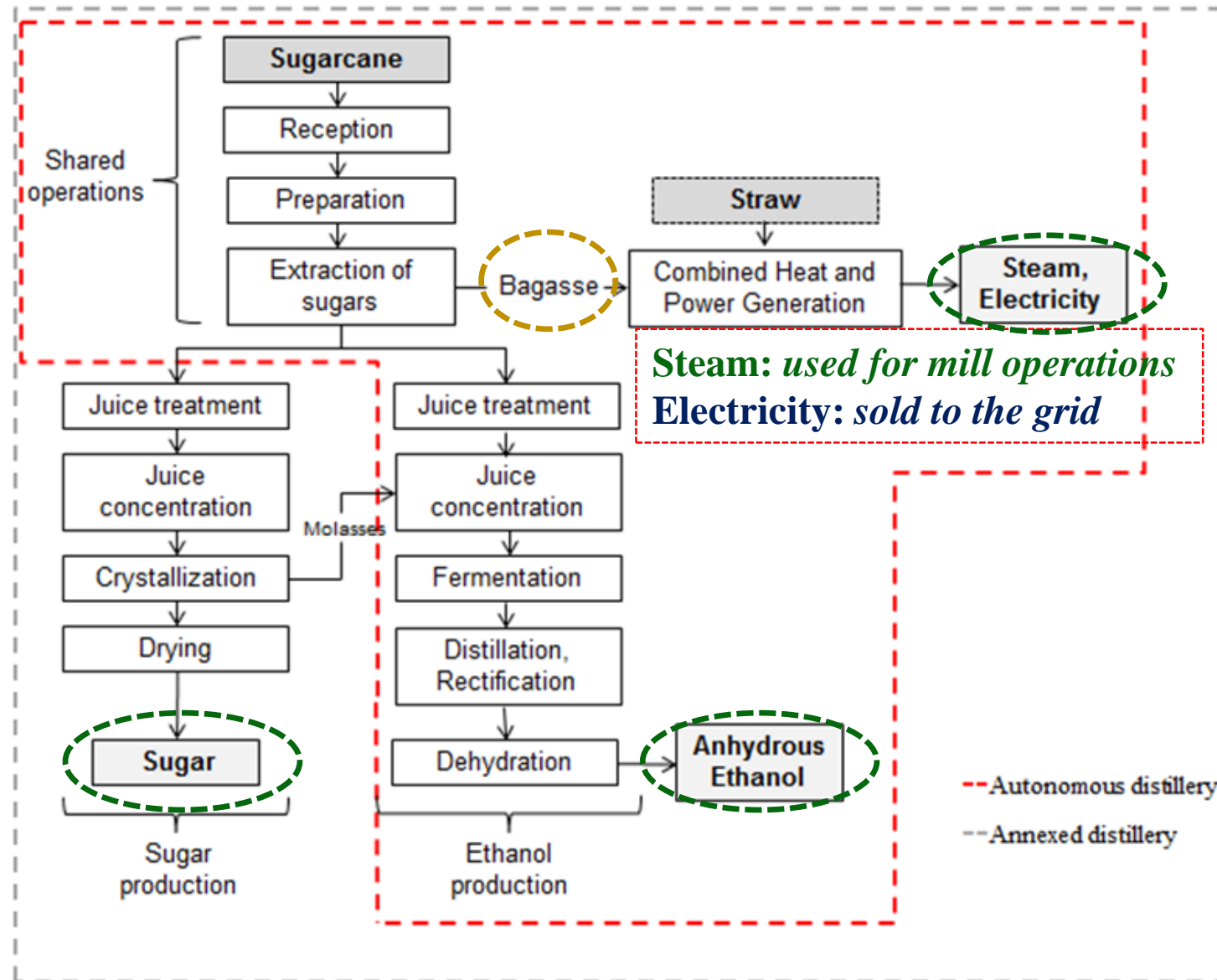


- Uma alternativa é o fracionamento da biomassa lignificada do bagaço para produção de diversos insumos dentro de um conceito de biorrefinaria.

Integração de um processo de produção de etanol desde sacarose (1G) e de celulose e demais polissacarídeos (2G)



Traditional 1G-sugarcane biorefinery



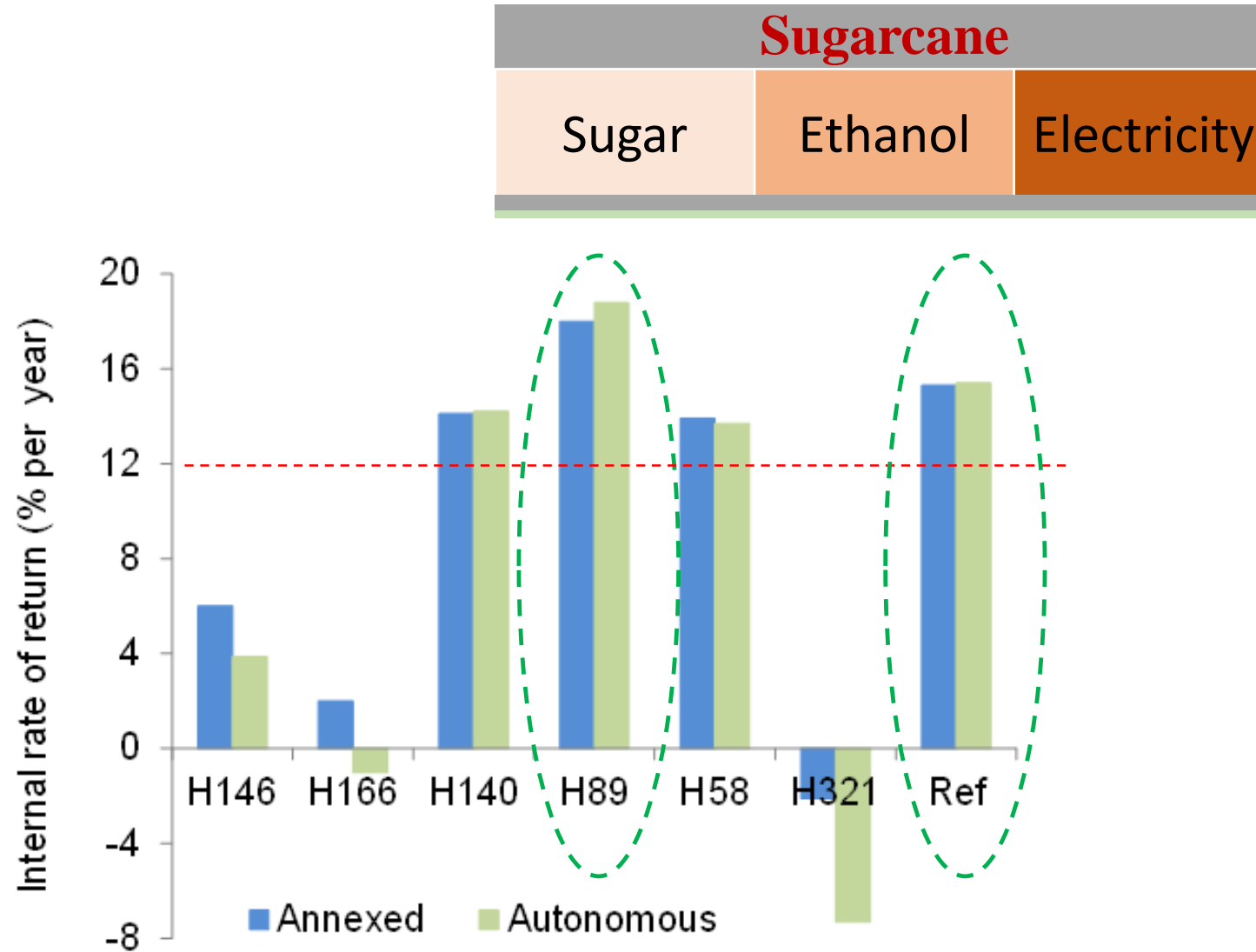
1G-production standards according to the sugarcane cultivar

Simulation results for ethanol, sugar and electricity production for annexed and autonomous distilleries

	Sugarcane sample	Anhydrous ethanol		Sugar		Surplus electricity	
		L/TC ^a	L/ha	kg/TC ^a	kg/ha	kWh/TC	MWh/ha
Annexed distillery	H146	55.8	2662	53.5	2816	129	6.8
	H166	52.7	2662	50.4	2546	163	8.2
	H140	46.8	4121	44.6	3927	247	21.7
	H89	52.4	5303	51.7	5235	243	24.6
	H58	49.8	4235	47.5	4038	200	17.0
	H321	45.7	2485	43.2	2350	166	9.1
	Reference	53.0	4508	50.8	4318	189	16.1
Autonomous distillery	H146	88.7	4669	-	-	132	7.0
	H166	83.7	4230	-	-	166	8.4
	H140	74.0	6545	-	-	249	21.9
	H89	85.5	8656	-	-	244	24.7
	H58	78.9	6703	-	-	200	17.0
	H321	72.2	3931	-	-	166	9.0
	Reference	84.3	7167	-	-	193	16.4

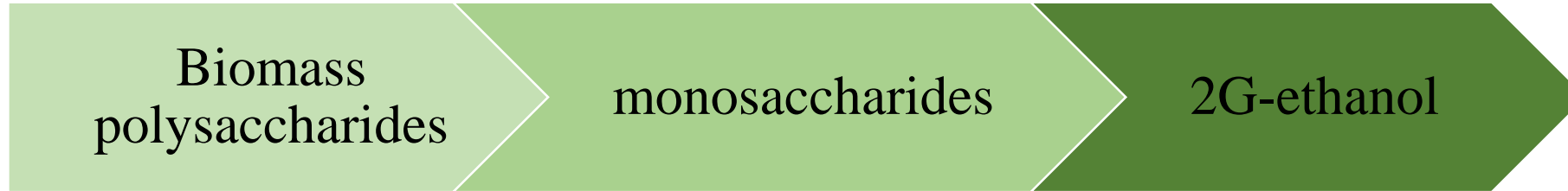
(a) TC means ton of sugarcane stalks as harvested in the field (wet basis)

Internal rate of return for **traditional 1G-processing**



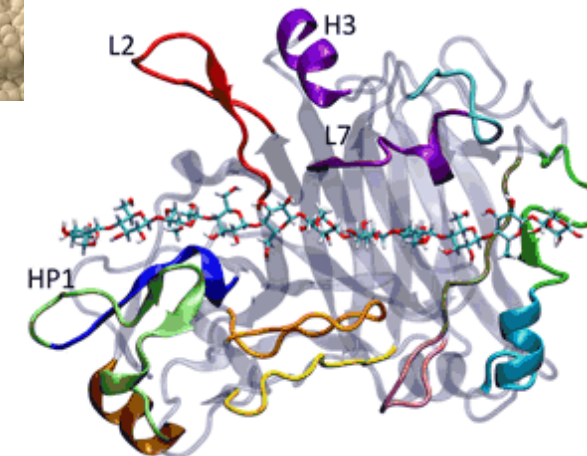
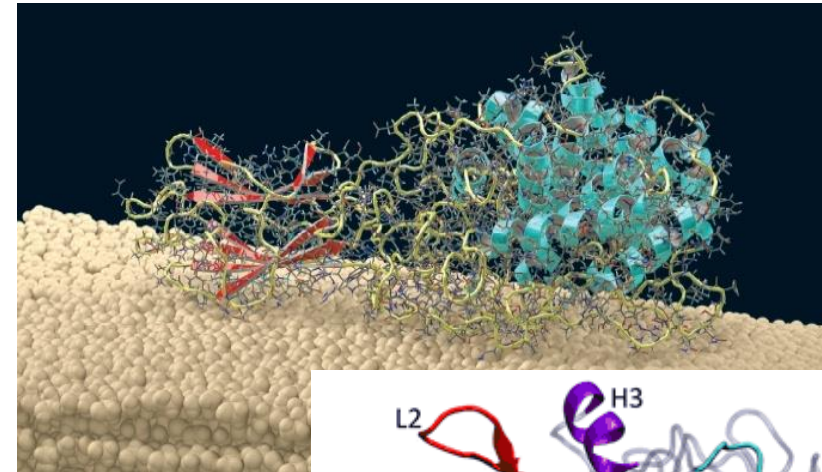
Using sugarcane bagasse for “new products”

1G-2G integration is the natural choice

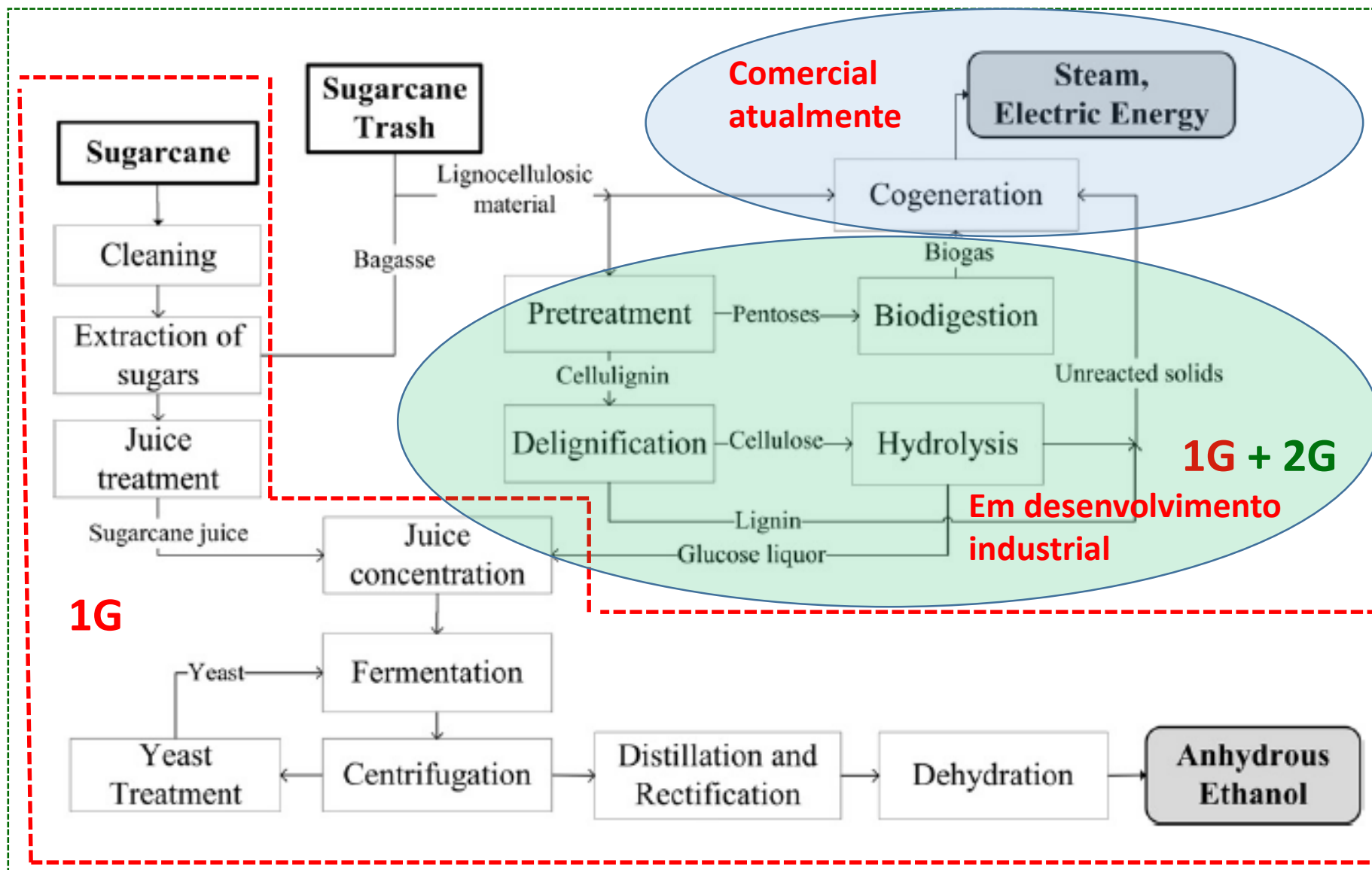


However, lignin and hemicellulose involve cellulose causing recalcitrance

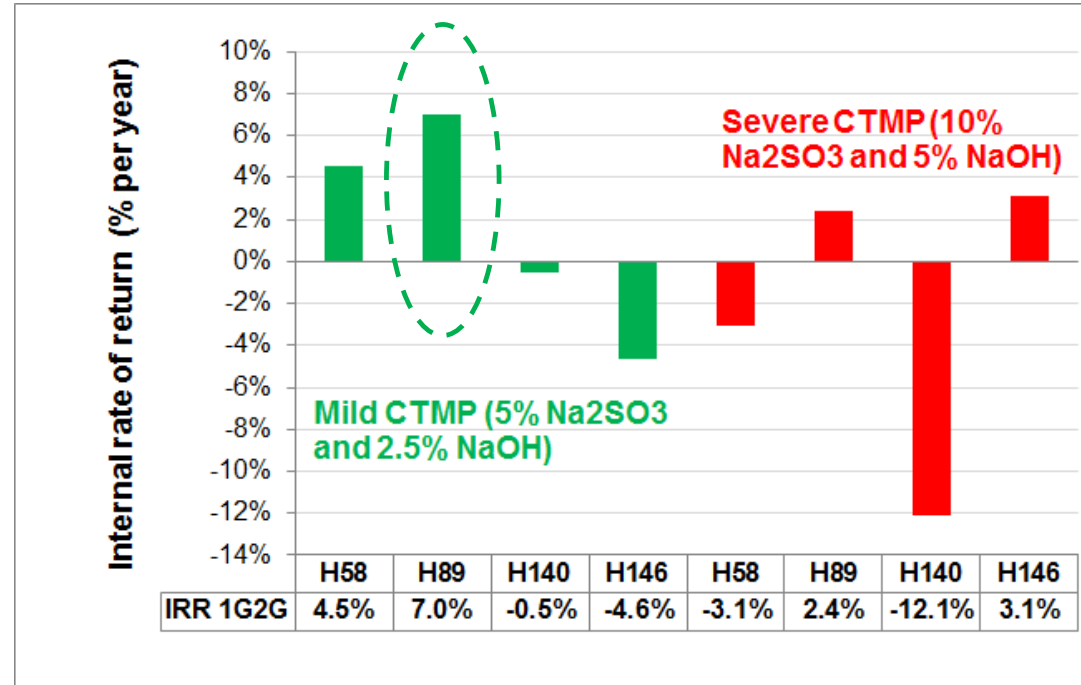
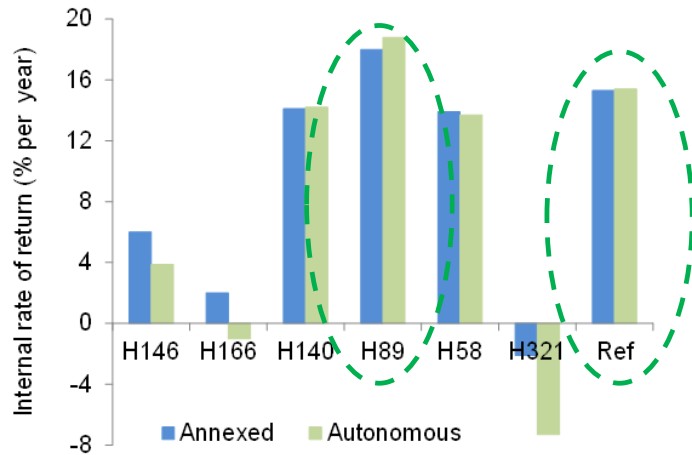
➔ Pretreatment is required



Integração de um processo de produção de etanol desde sacarose (1G) e de celulose e demais polissacarídeos (2G)

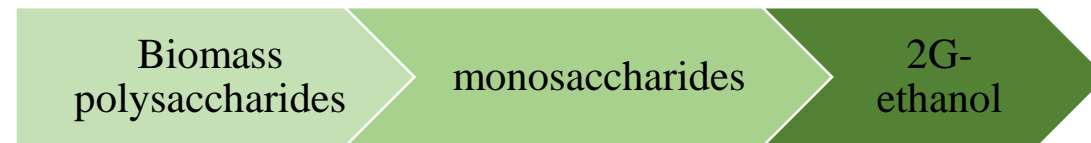


Internal rate of return for 1G-2G integrated sugar and ethanol production *(avoiding exciding electricity)*



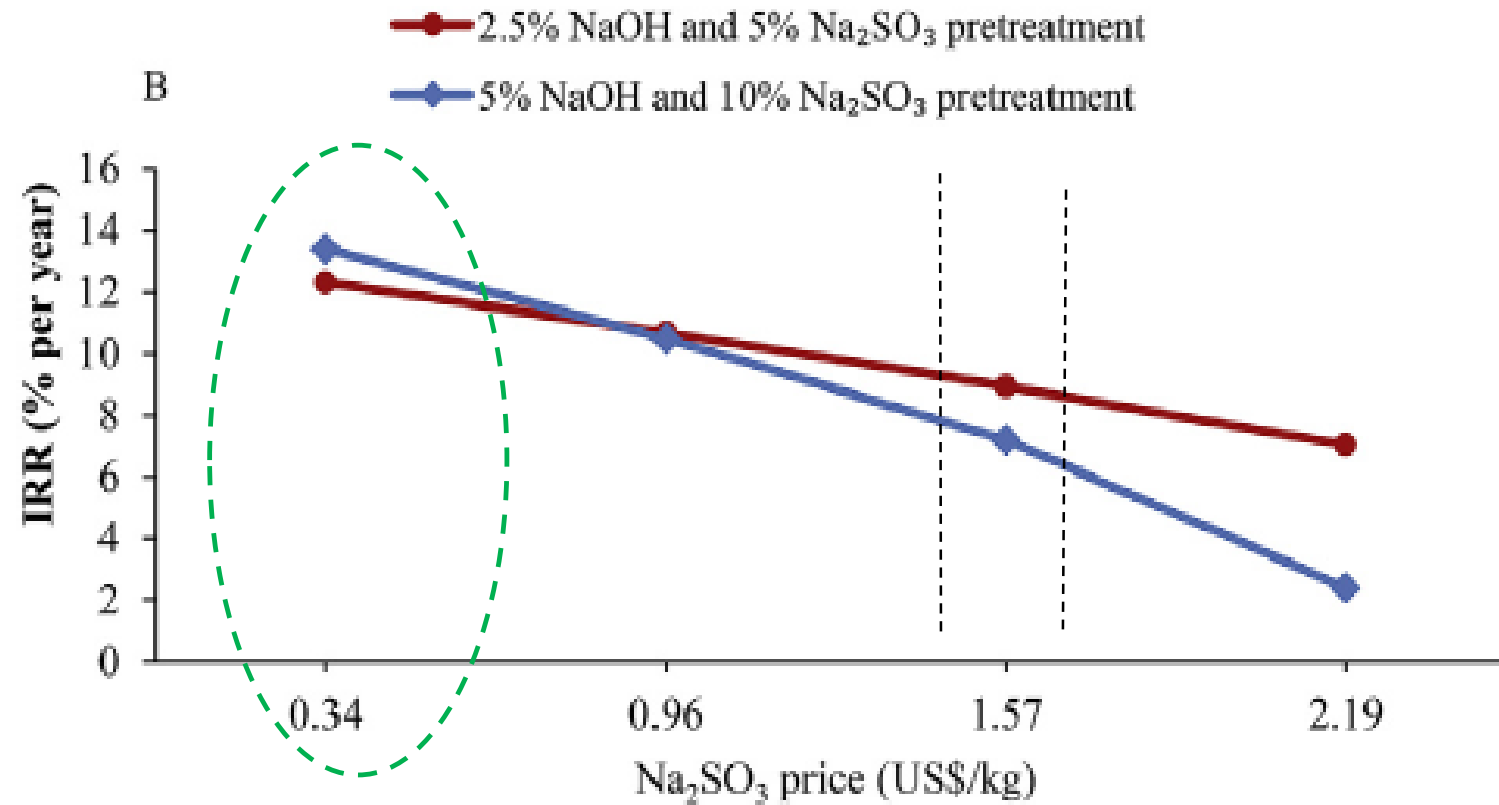
alkaline pretreatment:
similar to CTMP pulping

Integrated 1G-2G (for sugar and ethanol production)



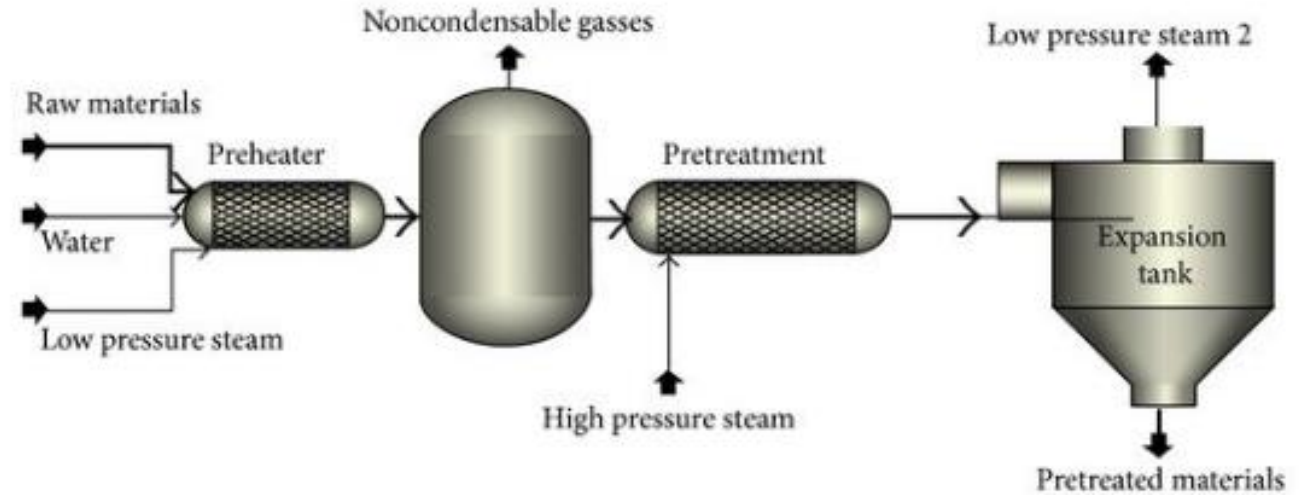
Integrated 1G-2G

(for sugar and ethanol production): Technology is dependent on the pretreatment cost (CTMP pretreatment)



Pré-tratamento em meio ácido, autohidrólise, ou explosão a vapor

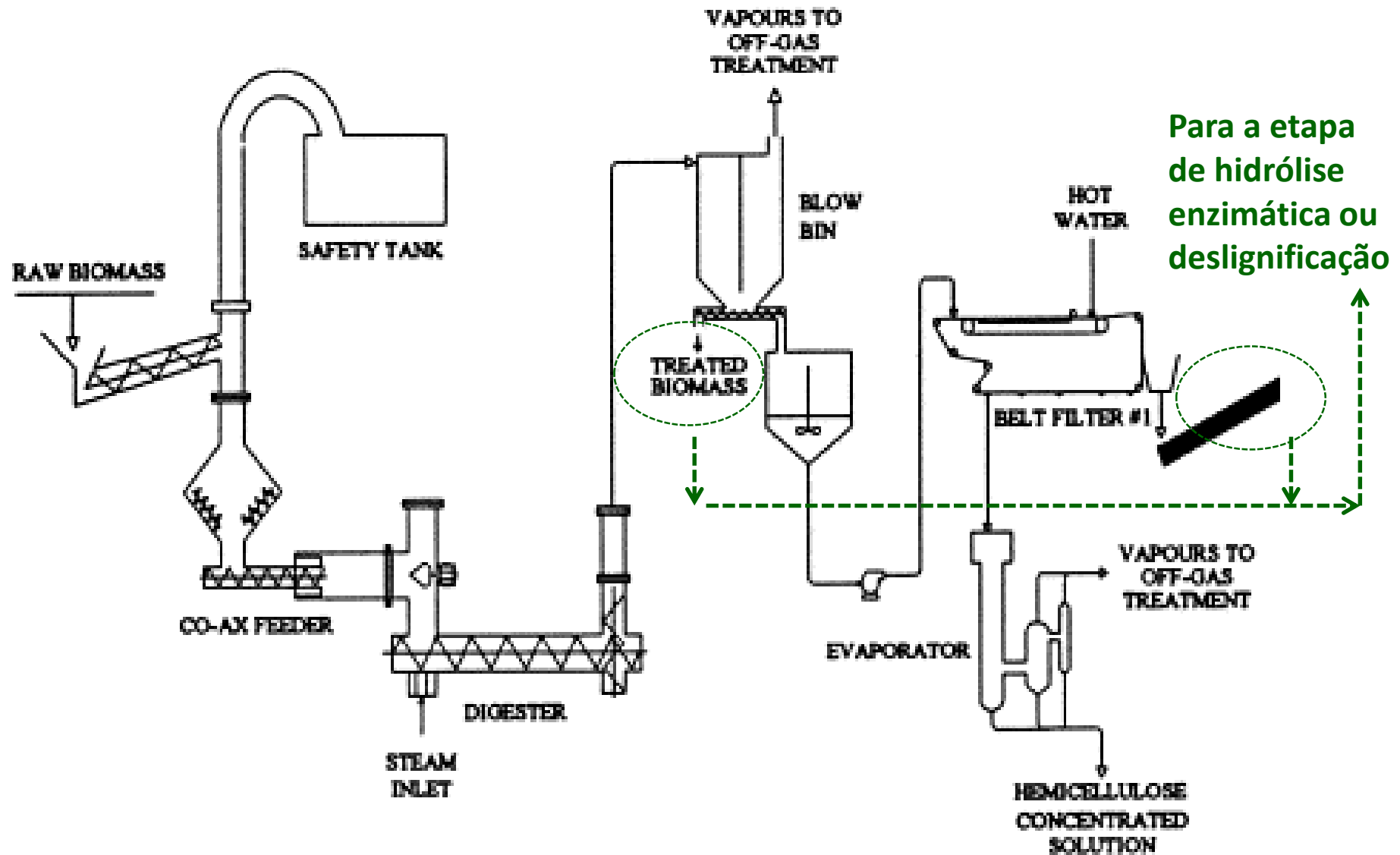
- O objetivo básico nesses sistemas é **remover a hemicelulose seletivamente** a partir de um processo de hidrólise “branda”. O licor gerado contém os monômeros ou oligômeros oriundos da hemicelulose. O resíduo sólido, contendo celulose e lignina, pode ser fracionado por deslignificação alcalina.



Fração aquosa: Rica em açúcares C5, provenientes da hemicelulose

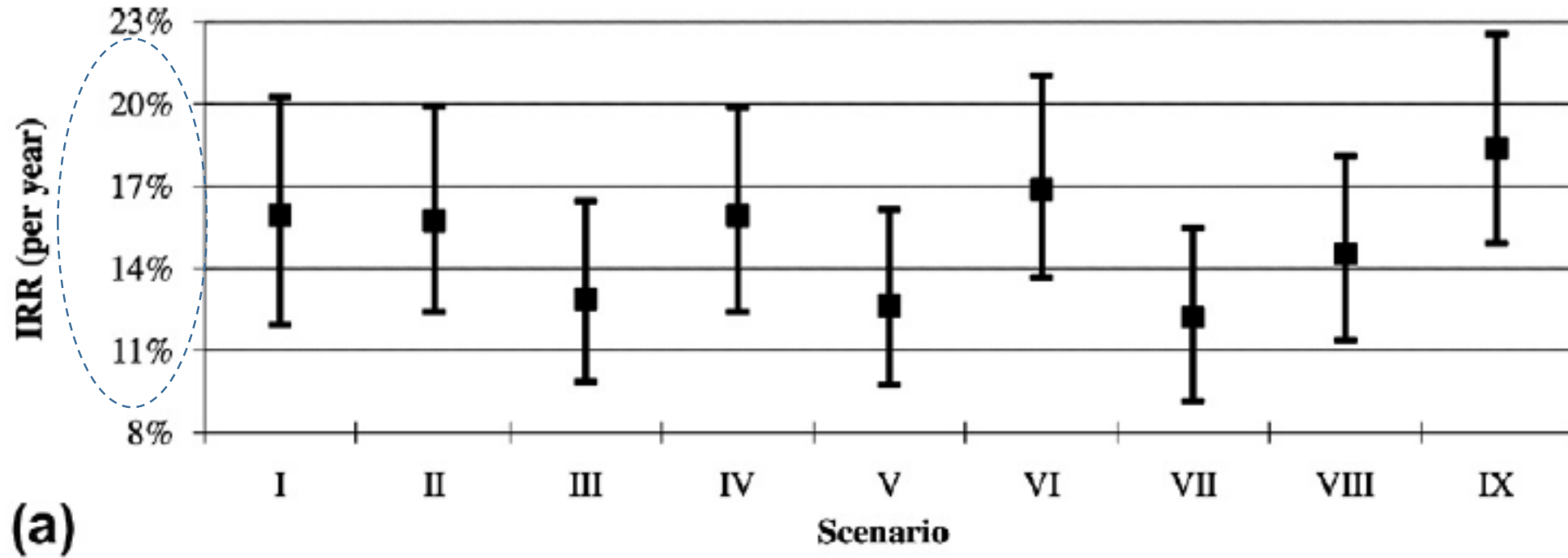
Fração sólida: Praticamente toda a celulose e lignina, porém com digestibilidade à enzimas aumentada

Planta piloto comercializada pela Stake Technologies - Canadá



Integrated 1G-2G

(for sugar and ethanol production): Technology is dependent on the pretreatment cost (Steam explosion pretreatment)



Etanol do milho

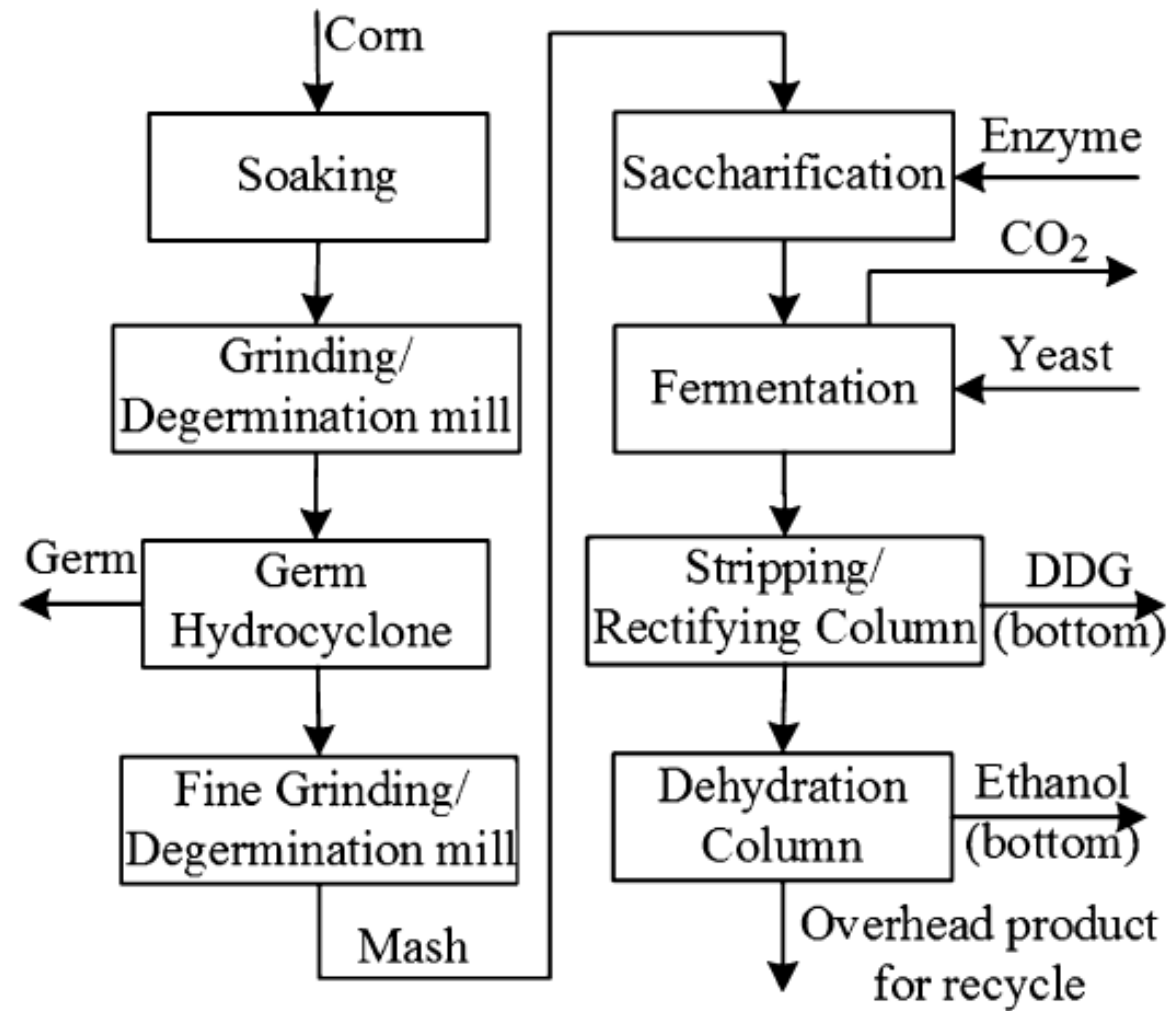
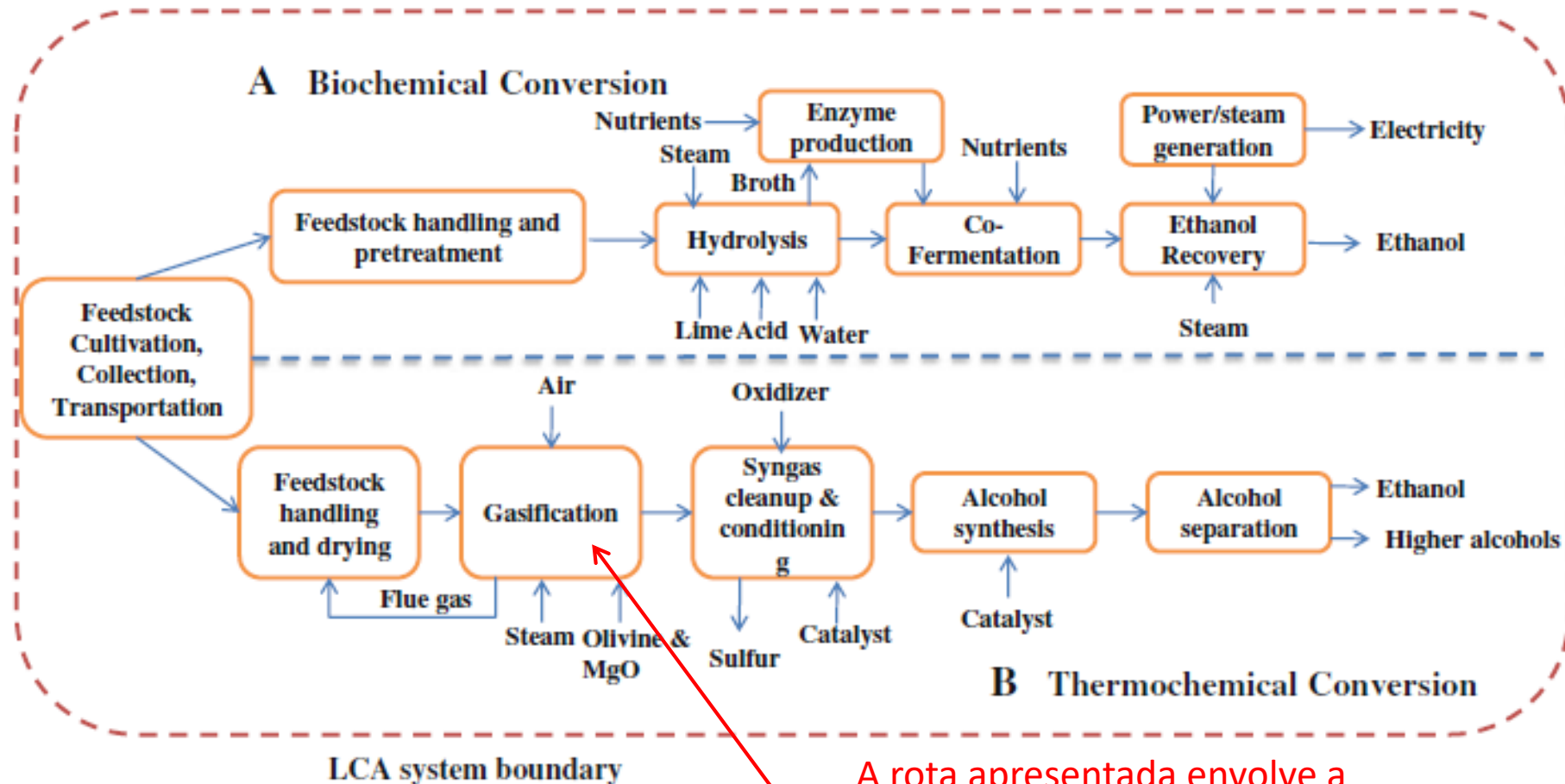


Fig. 1. Modified corn dry-grind ("Quick Germ") process [3].

Rotas termoquímicas e bioquímicas comparadas

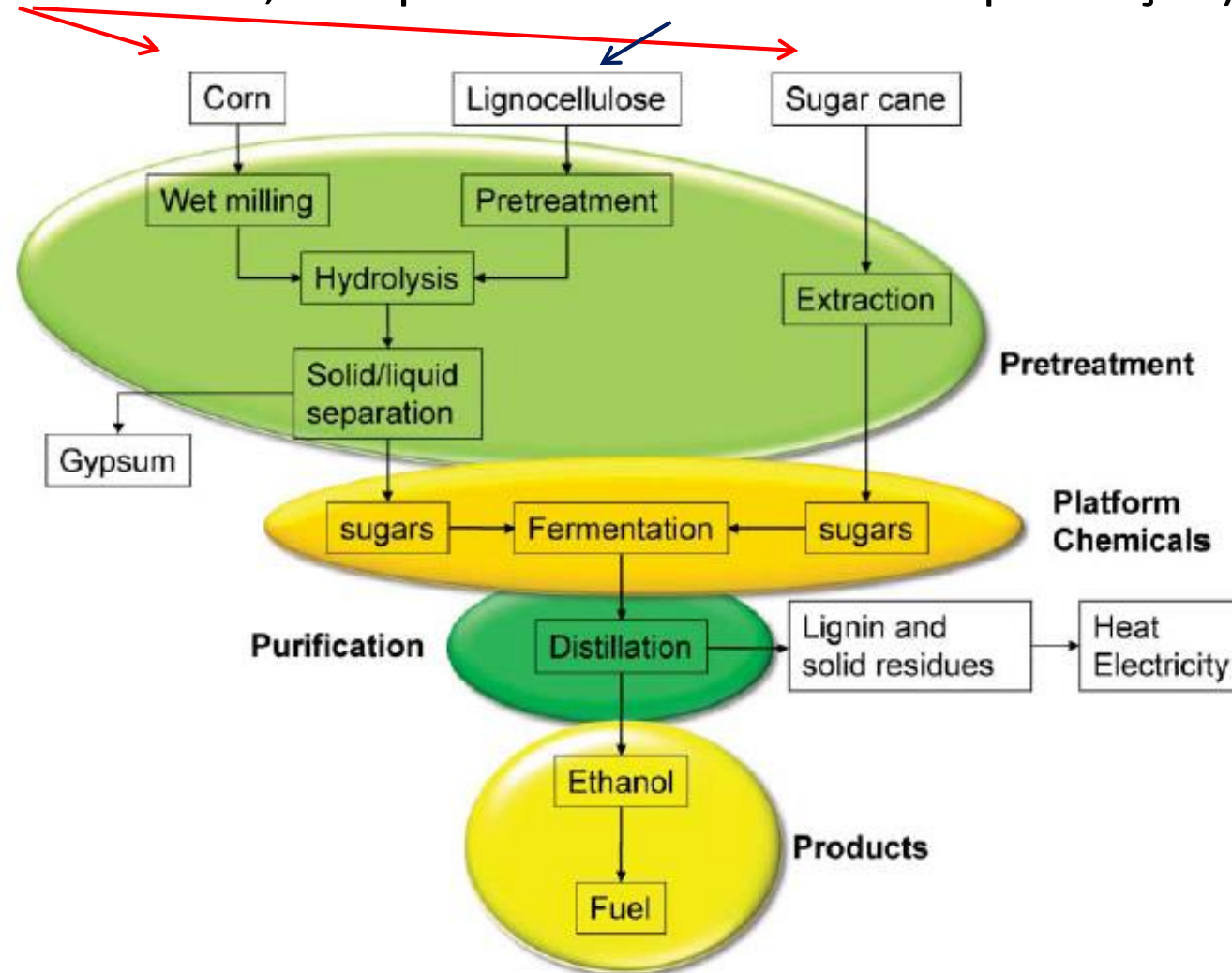


A rota apresentada envolve a maximização da gaseificação. Há outras vias possíveis, incluindo bio-óleo e carvão

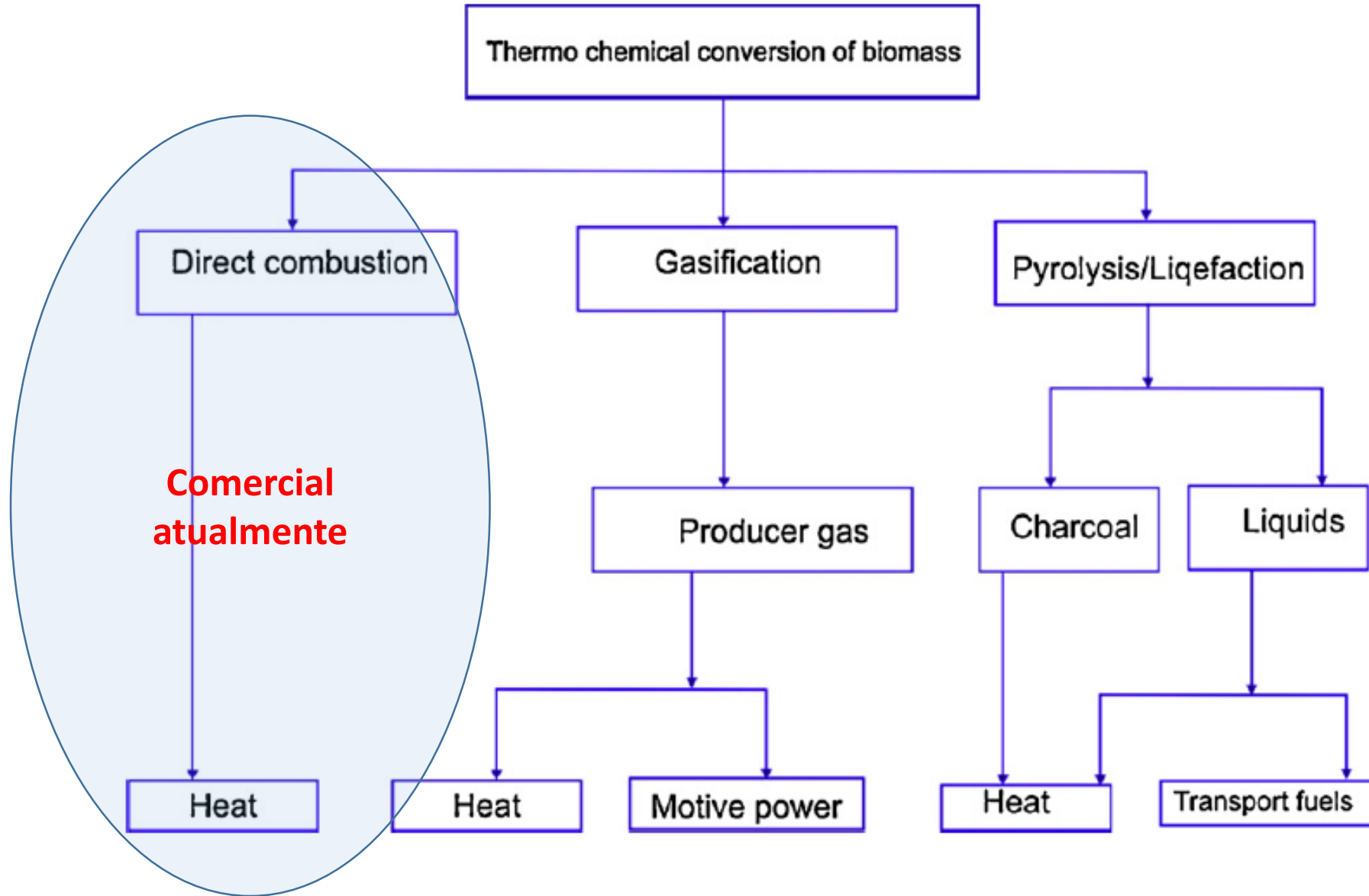
Biorefinarias

Rotas bioquímicas

(plantas comerciais; complexos industriais em implantação)



Rotas termoquímicas possíveis



Combustão (co-geração de energia elétrica) >> tecnologia que se estabeleceu no setor sucro-energético

recaptulando

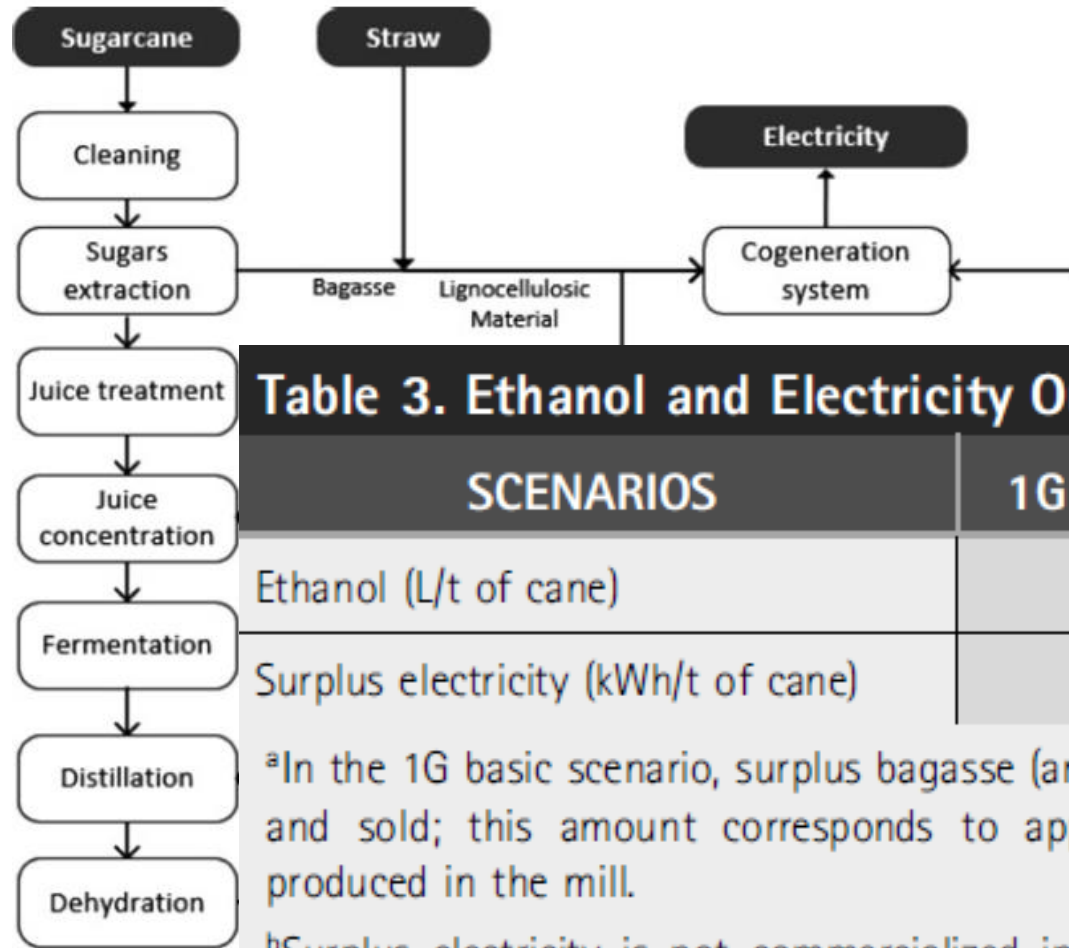


Table 3. Ethanol and Electricity Outputs for 1G Scenarios

SCENARIOS	1G BASIC ^a	1G OPTIMIZED
Ethanol (L/t of cane)	85	85
Surplus electricity (kWh/t of cane)	12 ^b	186

^aIn the 1G basic scenario, surplus bagasse (around 24 kg/t of cane) is generated and sold; this amount corresponds to approximately 10% of the bagasse produced in the mill.

^bSurplus electricity is not commercialized in the 1G basic scenario since this amount would not justify the investment in production and transmission lines.



Combustão >>
produtos finais
são CO_2 e H_2O



A BIOELETRICIDADE DA CANA EM NÚMEROS – JANEIRO DE 2016

CAPACIDADE DE GERAÇÃO DA BIOELETRICIDADE

Atualmente, no Brasil, a fonte biomassa já representa quase 10% da potência outorgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na matriz elétrica do país, conforme tabela na sequência.

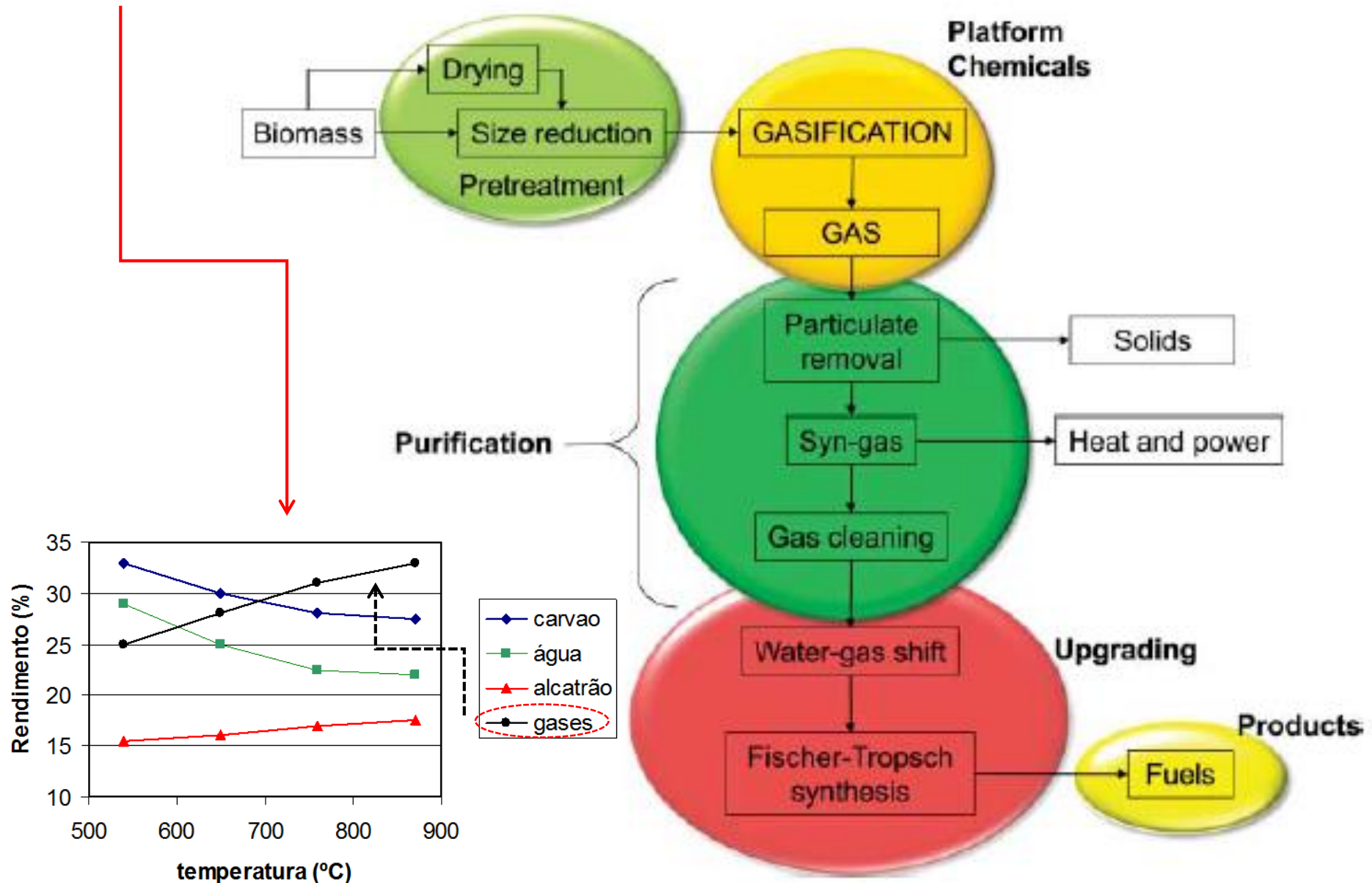
Fontes utilizadas no Brasil - Unidades em Operação		
Origem	Potência Outorgada (kW)	% Potência Outorgada
Hídrica	94.772.669	65,05
Fóssil	27.287.933	18,73
Biomassa	13.922.849	9,56
Nuclear	1.990.000	1,37
Eólica	7.684.053	5,27
Solar	25.336	0,02
Total	145.682.840	100

Fonte: ANEEL (2016). Elaboração: UNICA (2016).

Fontes de biomassa utilizadas no Brasil - Unidades em Operação		
Origem	Potência Outorgada(kW)	% Potência Outorgada
Biomassa de Cana de Açúcar	10.945.941	78,62
Floresta	2.779.647	19,96
Resíduos sólidos urbanos	78.231	0,56
Resíduos animais	1.924	0,01
Biocombustíveis líquidos	4.350	0,03
Casca de Arroz	45.333	0,33
Biogás-Agroindustrial	1.722	0,01
Capim Elefante	65.700	0,47
Total	13.922.848	100

Fonte: ANEEL (2016). Elaboração: UNICA (2016).

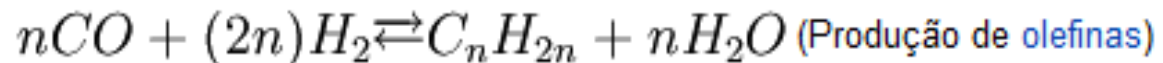
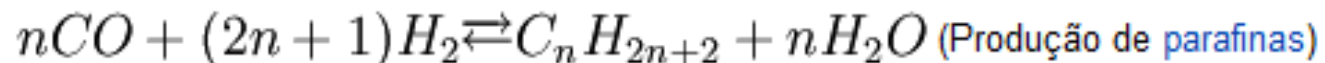
Gaseificação maximizada como rota de conversão termoquímica



Processo de Fischer-Tropsch

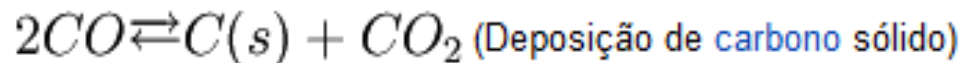
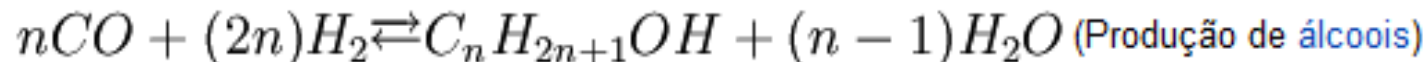
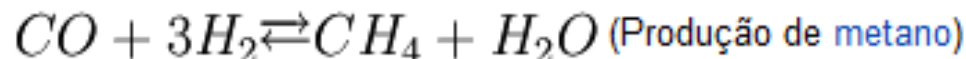
Reações

As reações principais são:



Se trata em ambos os casos de reações muito **exotérmicas**, ou seja, que liberam uma grande quantidade de **calor**.

Reações secundárias, indesejadas:



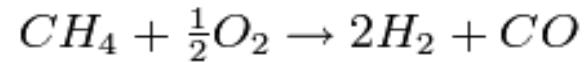
Há situações onde as reações secundárias podem ser otimizadas para predominar e produzir álcoois e não alcanos

A reação depende de catalisadores de cobalto ou ferro.

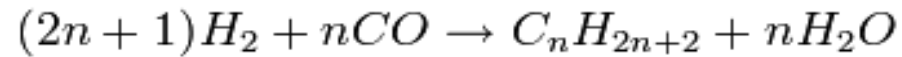
Para um bom rendimento se requer alta pressão (tipicamente 20 - 30 bar) e temperatura (200 - 350°C).

Processo de Fischer-Tropsch em uma refinaria de biomassa >> a gaseificação deveria maximizar CO e H₂

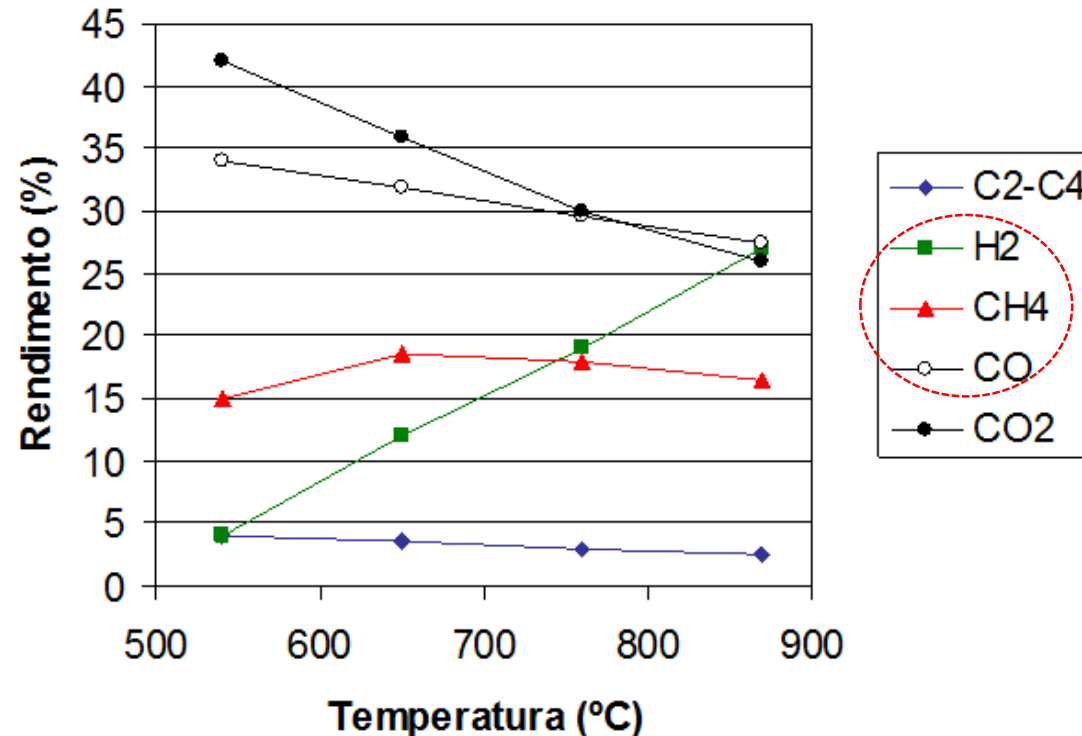
Reação do metano com oxigênio, formando o monóxido de carbono:



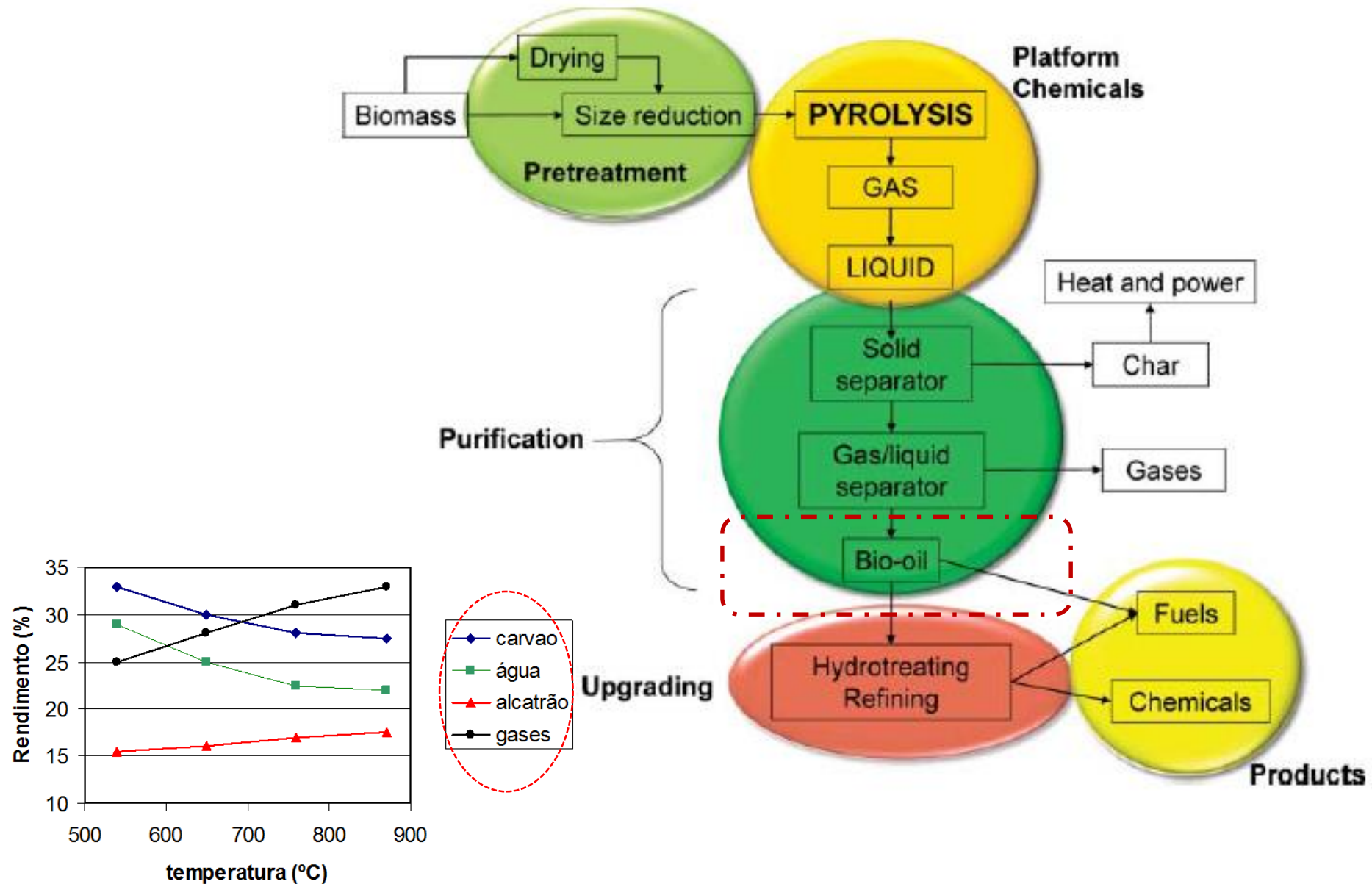
Reação do hidrogênio com o monóxido de carbono, formando o hidrocarboneto:



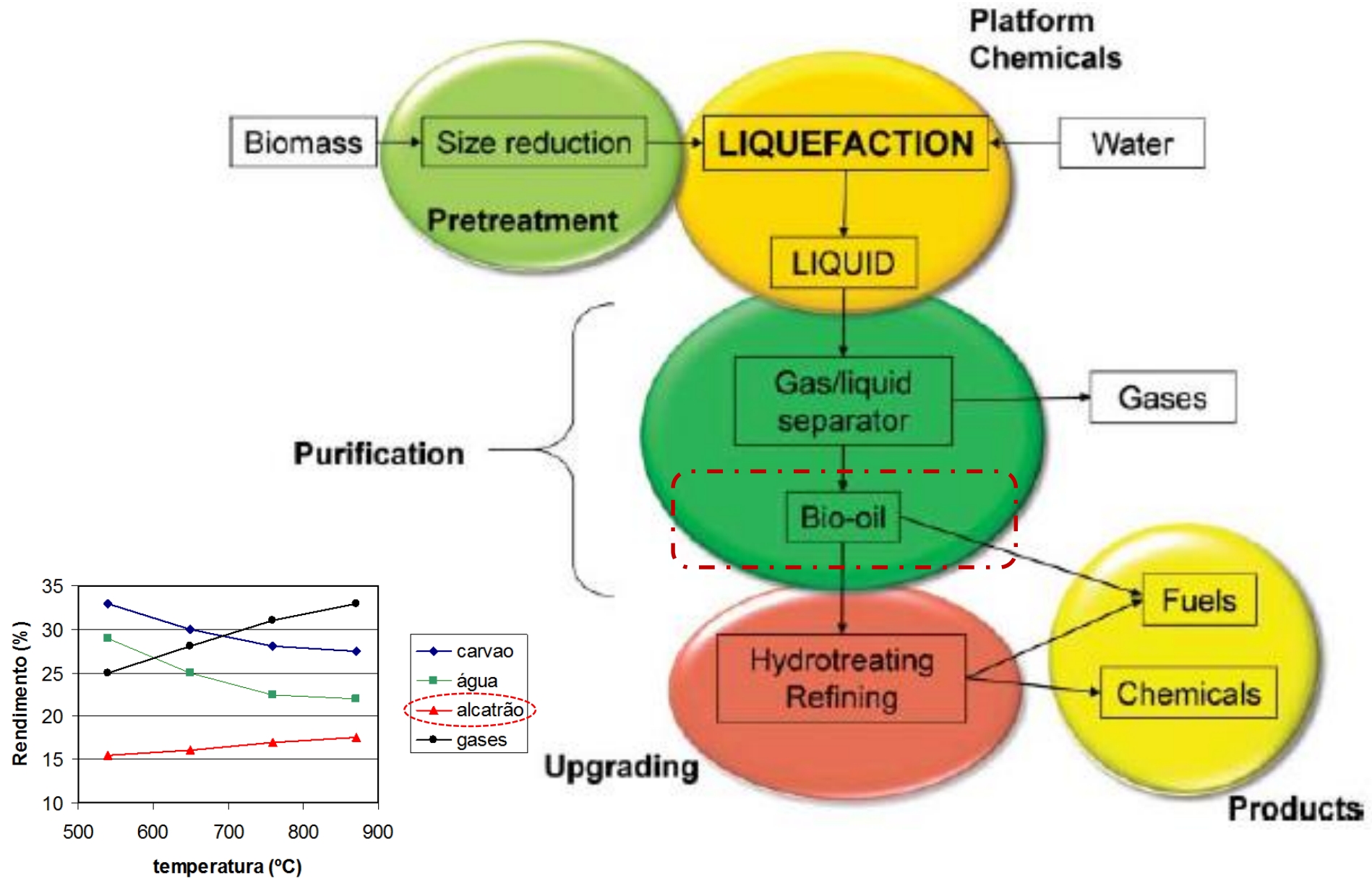
Termodegradação
de biomassa



Pirólise maximizada como rota de conversão termoquímica



Liquefação maximizada como rota de conversão termoquímica



Bio-óleo *versus* Petróleo

Comparison between bio-oil and crude oil. Data are from Refs. [10,11,28].

	Bio-oil	Crude oil
Water [wt%]	15–30	0.1
pH	2.8–3.8	–
ρ [kg/l]	1.05–1.25	0.86
$\mu_{50^\circ\text{C}}$ [cP]	40–100	180
HHV [MJ/kg]	16–19	44
C [wt%]	55–65	83–86
O [wt%]	28–40	<1
H [wt%]	5–7	11–14
S [wt%]	<0.05	<4
N [wt%]	<0.4	<1
Ash [wt%]	<0.2	0.1