



CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA

Aproveitamento da Palha de Cana de Açúcar

Planta CTC – Palha Flex



16° SBA – Seminário Brasileiro Agroindustrial
A Usina da Recuperação

Francisco Linero

Ribeirão Preto – 29 de outubro de 2015

Agenda – Recuperação da Palha de Cana

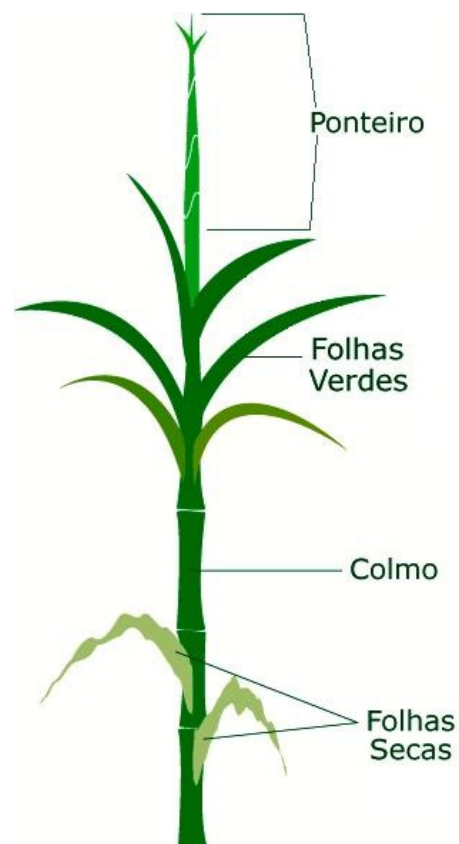


- Potencial
- Disponibilidade
- Rotas de Recolhimento
- SLS
- Enfardamento
- Características das Biomassas (Palha e Bagaço)
- Impactos nas Caldeiras
- Planta CTC – Palha Enfardada
- Custos e Viabilidade





Potencial: Energia da Cana-de-Açúcar



1 tonelada de cana (COLMOS)	Energia (MJ)
140 kg de açúcar	2.300
250 kg de bagaço (50% umidade)	2.000
280 kg palha (50% umidade)	2.100
TOTAL	6.400

140 kg palha (bs) / ton colmo

0,33 BEP
0,05 tep

632 milhões de ton. de cana (Brasil-14/15 - Única)

32 10⁶ tep/ano

Produção de energia primária no Brasil é de
(Síntese BEN 2015-Ano base: 2014)

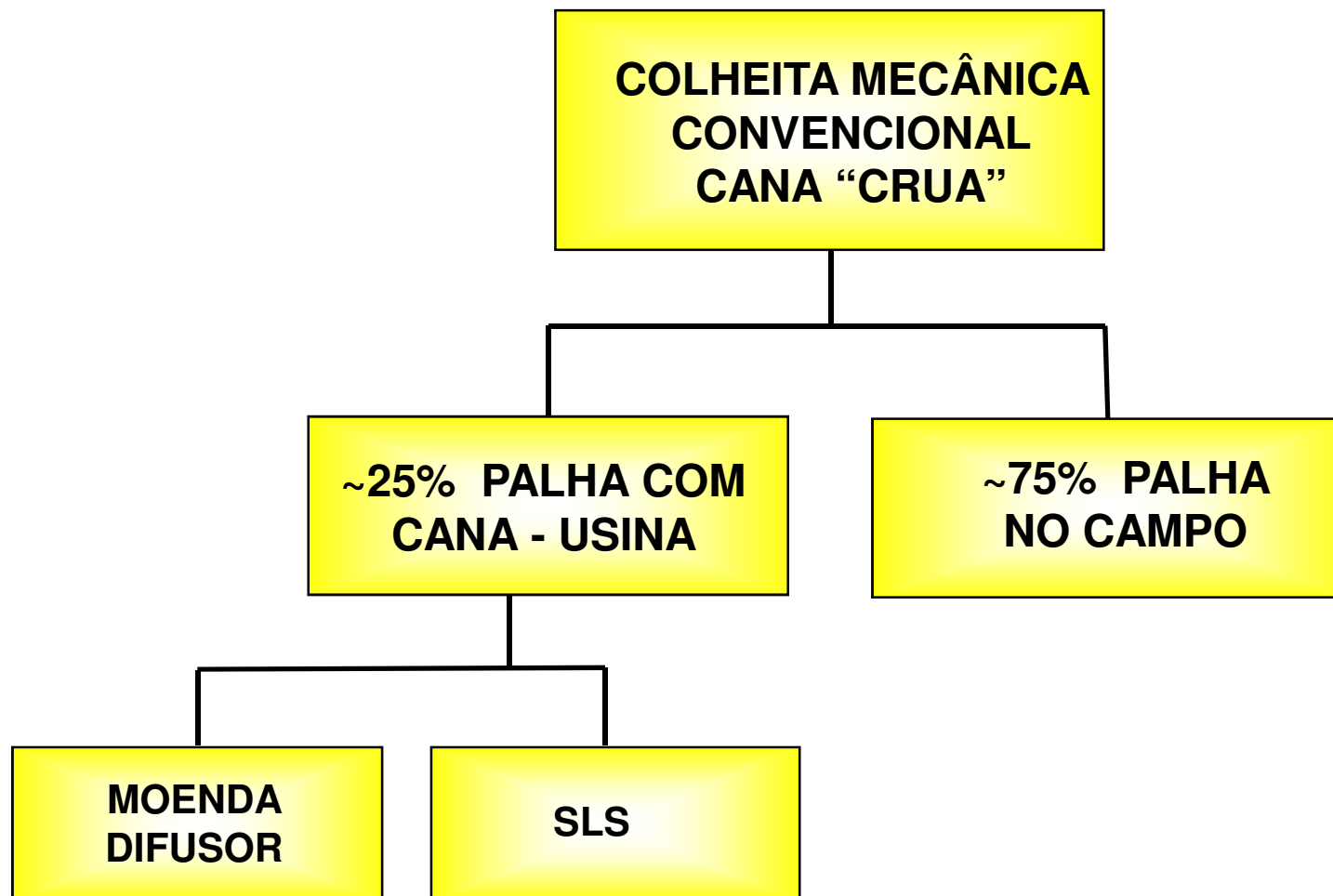
266 10⁶ tep/ano

Disponibilidade e Potencial da Palha

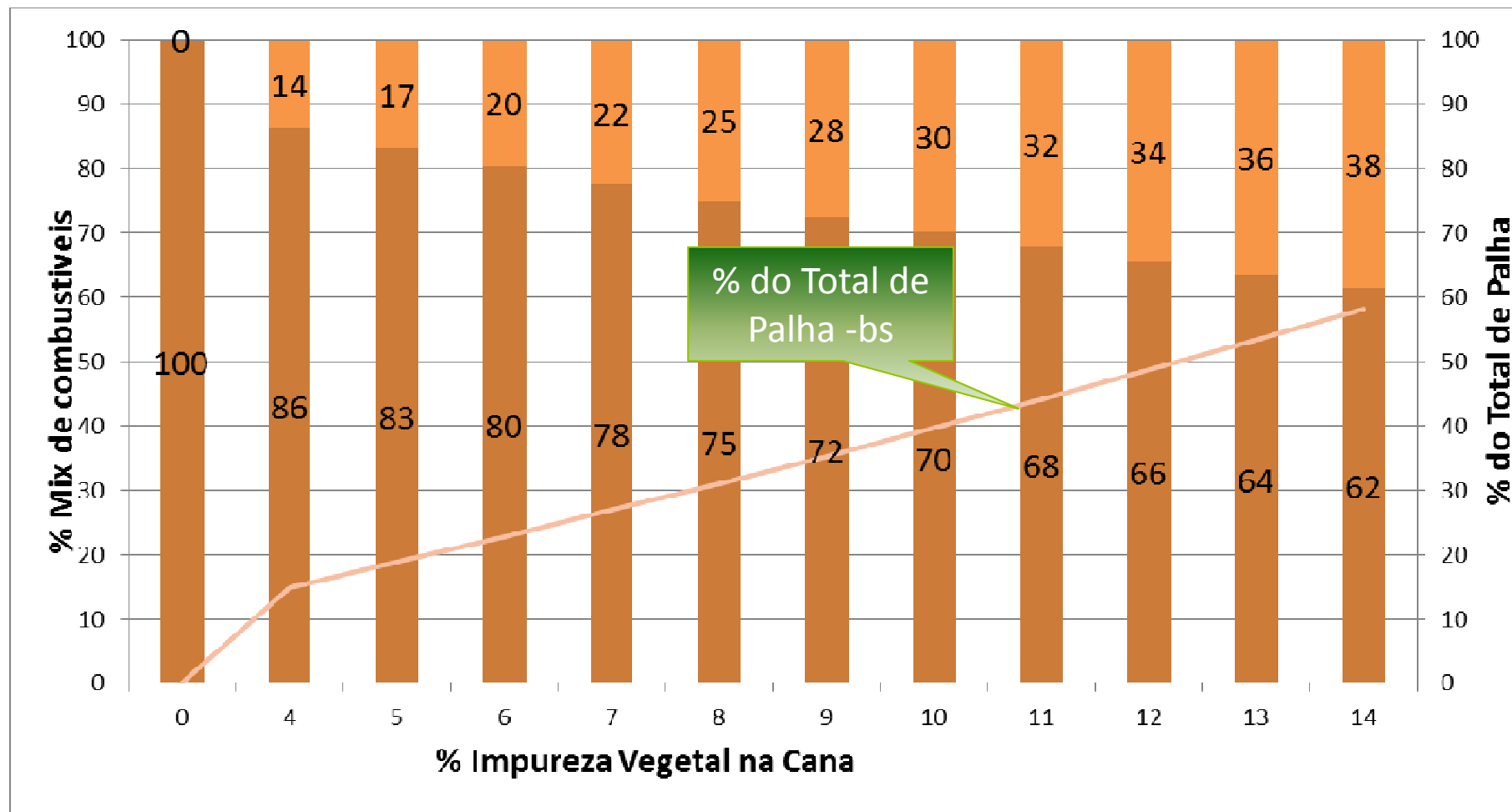
Moagem anual (Unica 2014)	632.000.000	tc/ano
Palha BS	14%	
Palha total BS	88.480.000	tp seca/ano
Palha com a cana	25%	
Palha no campo	75%	
Palha a enfardar - 50% Disponível Solo	37,5%	
Total de fardos w=15%	39.035.294	t fardos / ano
PCI palha w=15%	3,6	MWh térmico/t
Eficiência elétrica	23%	
Eletricidade gerada líquida	0,828	MWh elétrico/t fardo

Potencial Palha	32.321 GWh/ano		
Consumo de Eletricidade Residencial	GWh/2014	EPE	%
Brasil	132.014		
SP	39.412		30
RJ	13.717		10
MG	10.699		8
RS	8.518		6
PR	7.363		6

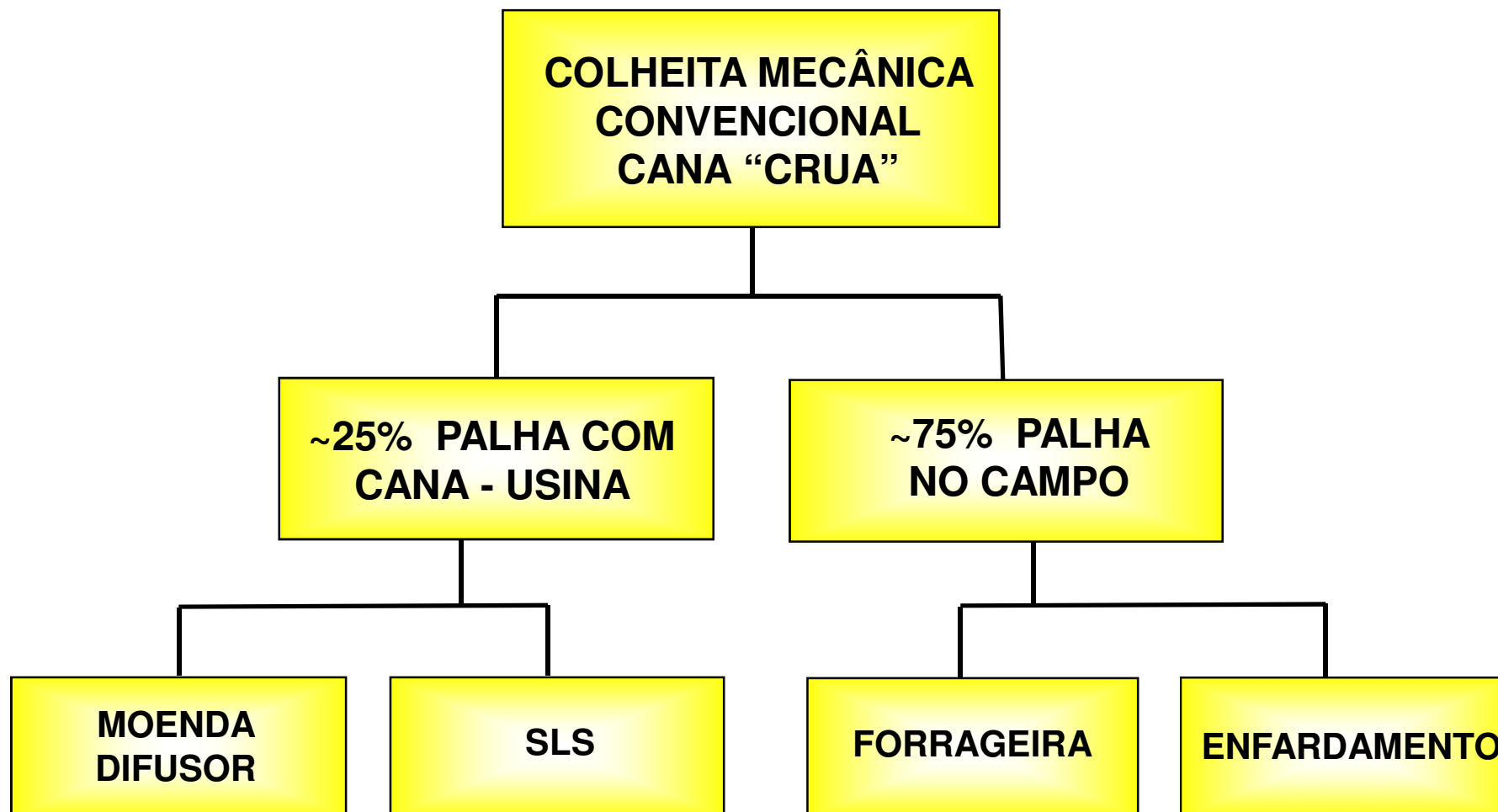
Rotas de Recolhimento



Composição da Biomassa (“bagaço”) - bu



Rotas de Recolhimento





Limpeza a Seco de Cana - SLS

Limpeza a Seco de Cana – Principais Objetivos



- Redução de impurezas vegetais e minerais na cana processada
 - Aumento da capacidade de moagem
 - Aumento da extração
 - Diminuição do desgaste em equipamentos
 - Melhora da qualidade do caldo
- Aproveitamento da Palha → Energia Elétrica ou E2G

Impactos da Impureza Vegetal no Processo

Fonte: Geoff A. Kent

Capacidade de Processamento



1 ponto % na palha



2,3% na capacidade de moagem

3,1% na capacidade do difusor

Extração



1 ponto % na palha



0,1 ponto na extração da moenda

0,01 ponto na extração em difusores

Pureza do Caldo



1 ponto % na palha



0,30 unidades na pureza do caldo

Umidade Bagaço

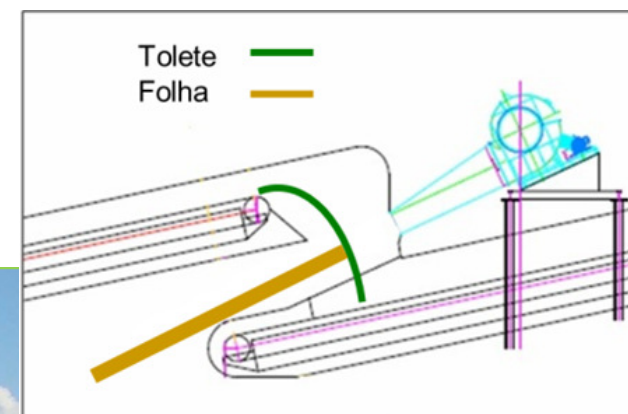


1 ponto % na palha



0,12 unidades na umidade do bagaço

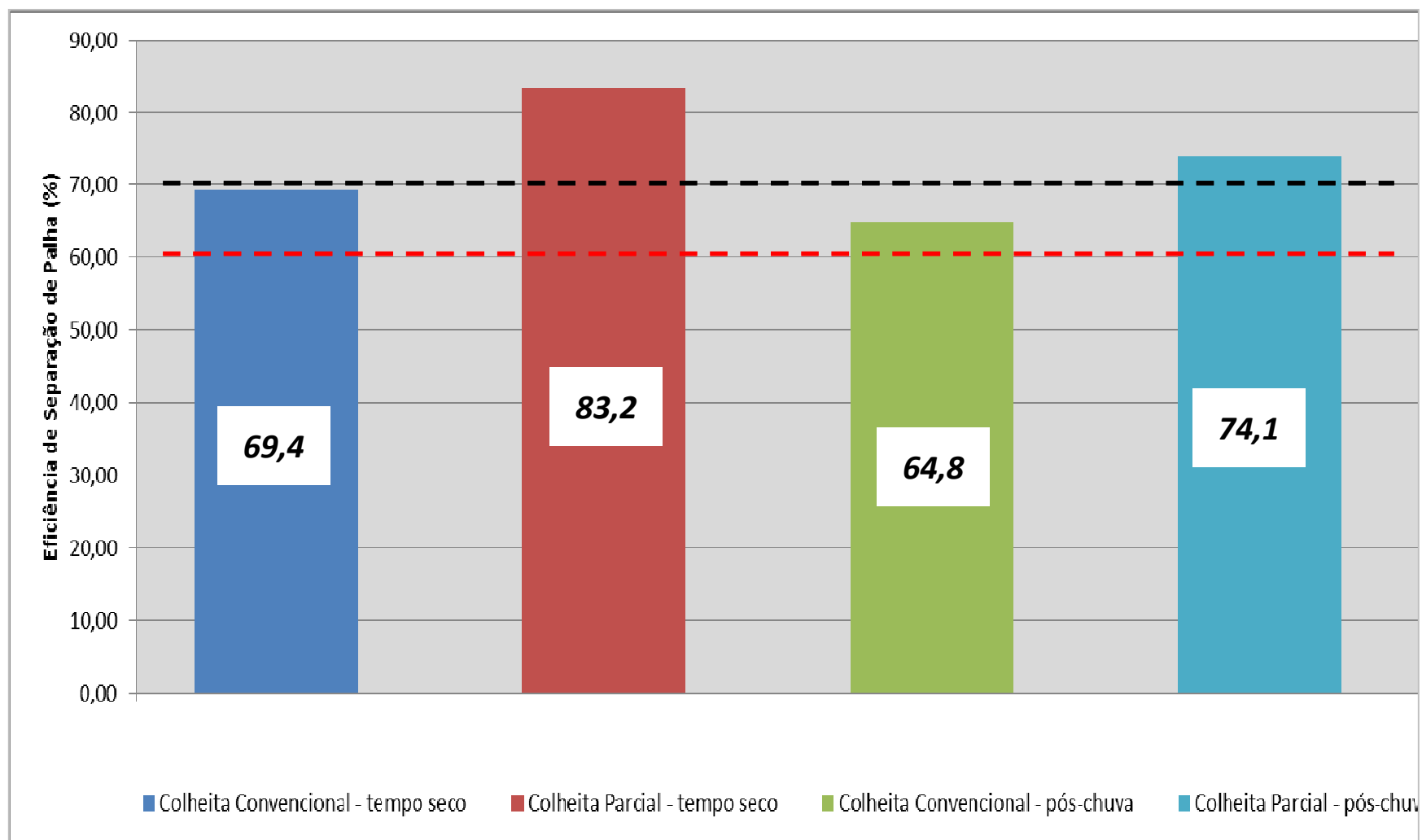
Alternativas SLS



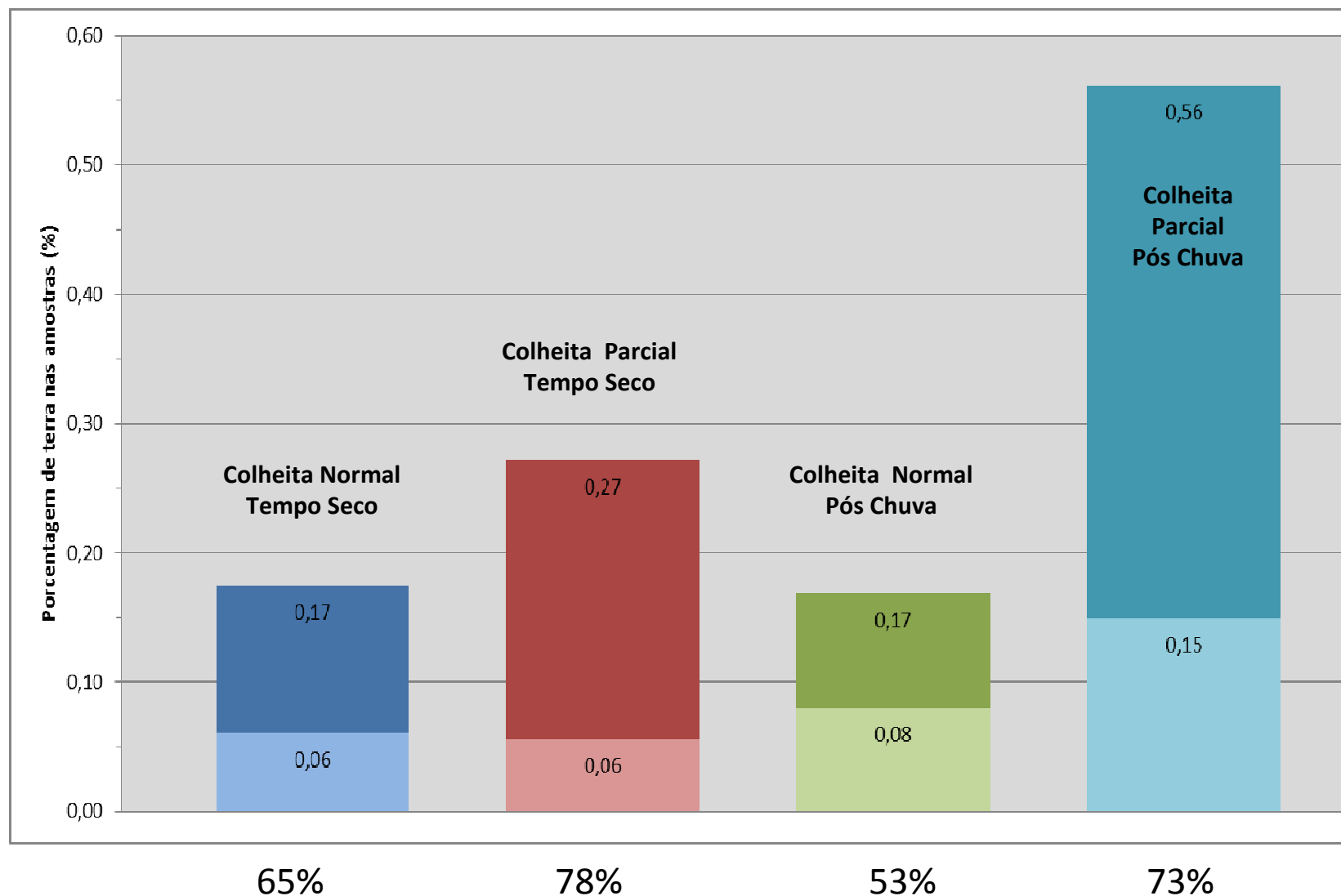
LIMPEZA A SECO - 2ª Geração CTC - SLS



Resultados – Eficiência de Separação Vegetal



Resultados – Eficiência de Separação Mineral





Enfardamento

Enfardamento



- Aleiramento
- Enfardamento
- Carregamento

Lavoura



- Transporte
- Recebimento
- Condicionamento

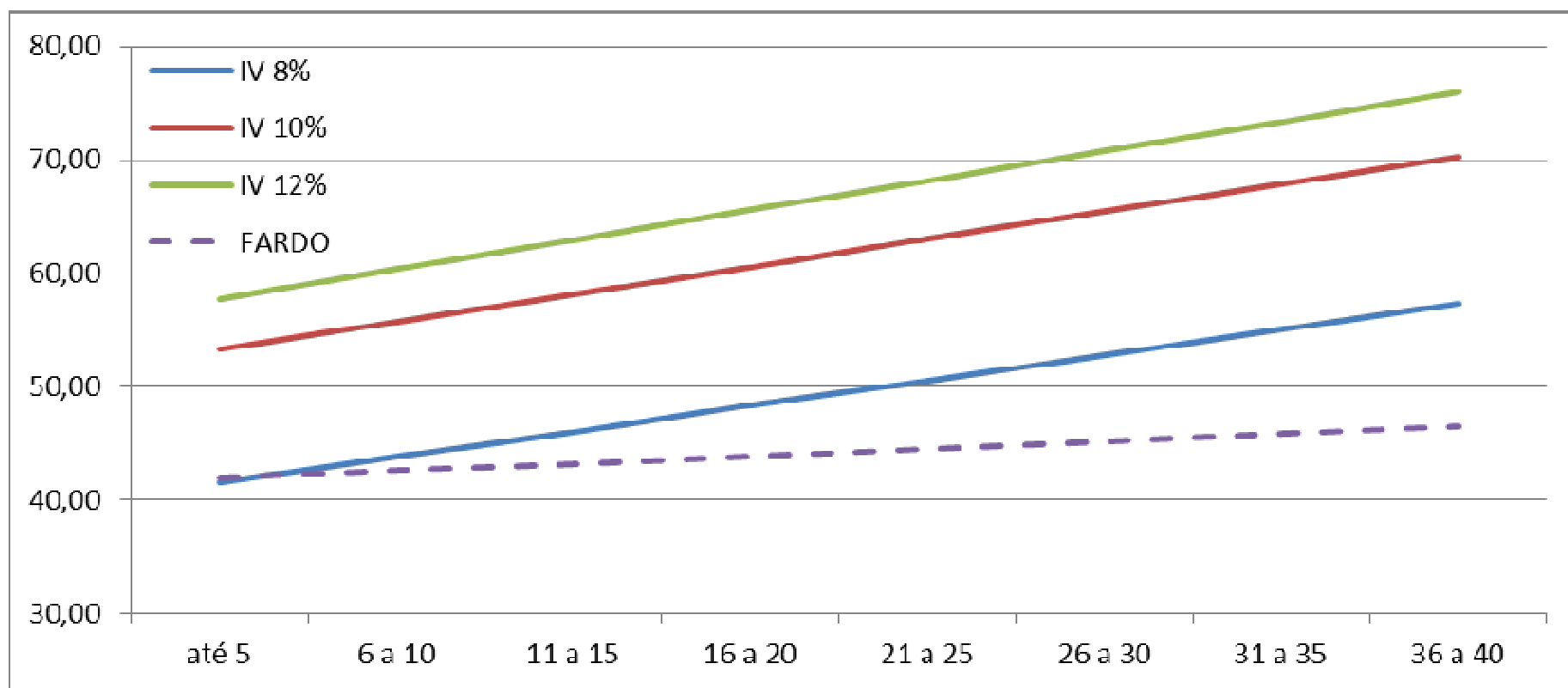
Indústria



Sistemas Híbridos



SLS x Enfardamento ?





Características das Biomassas

Análise Imediata / Elementar

Imediata (%)	Umidade	Cinzas	C Fixo	Voláteis
Palha	15,0	9,0	15,8	75,2
Bagaço	50,0	3,2	13,7	83,1

Elementar (%)	C	H	N	O	S	Cl
Palha	47,9	6,4	0,6	44,7	0,1	0,2
Bagaço	45,6	5,8	0,4	48,2	-	0,02

Massa Específica (kg/m ³)	Bruta	Triturada
Palha	15	65
Bagaço	130	

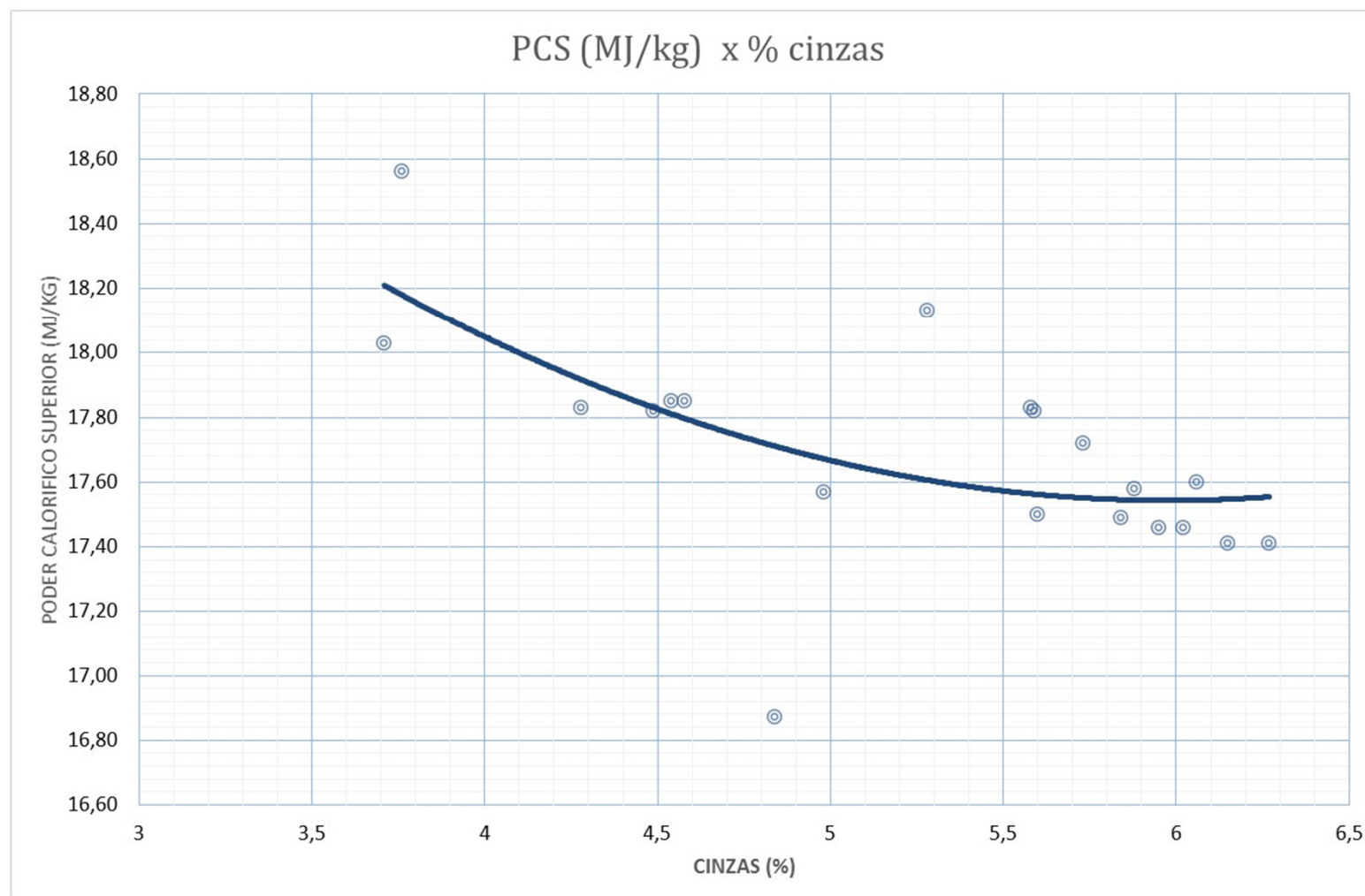
Energia

	PCS ^(*) (bs) MJ/kg	Umidade (%)	PCI ^(**) MJ/kg	kcal/kg
Palha	17,0	15	12,9	3.000
Palha	17,0	35	9,4	2.250
Bagaço	18,0	50	7,2	1.710

(*) PCS – Poder Calorífico Superior

(**) PCI – Poder Calorífico Inferior

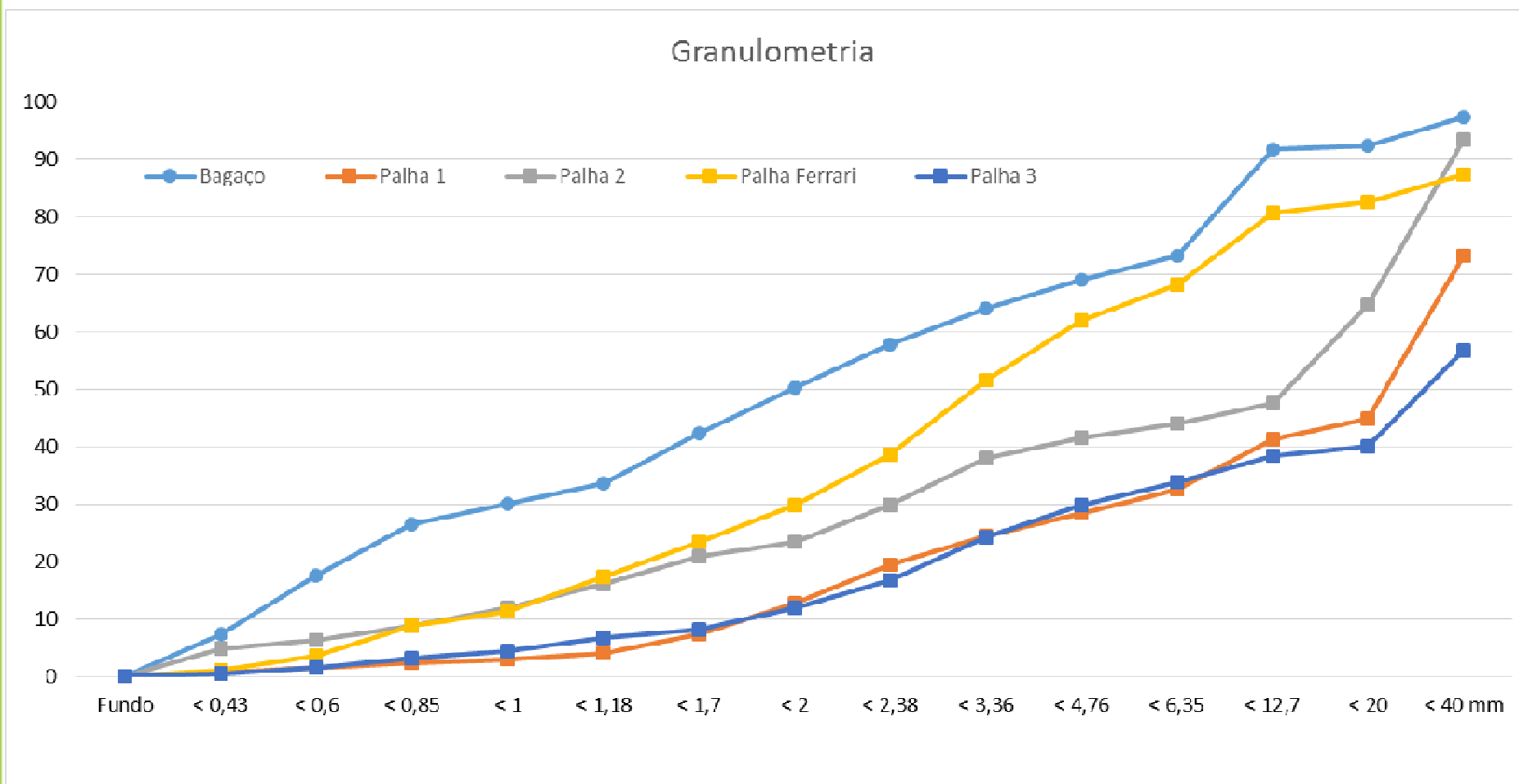
PCS x Cinzas na Palha



Temperatura Fusão Cinzas

Temper. (°C)	Início Deformação	Fluido
Palha	1160	1260
Bagaço	1260	1330

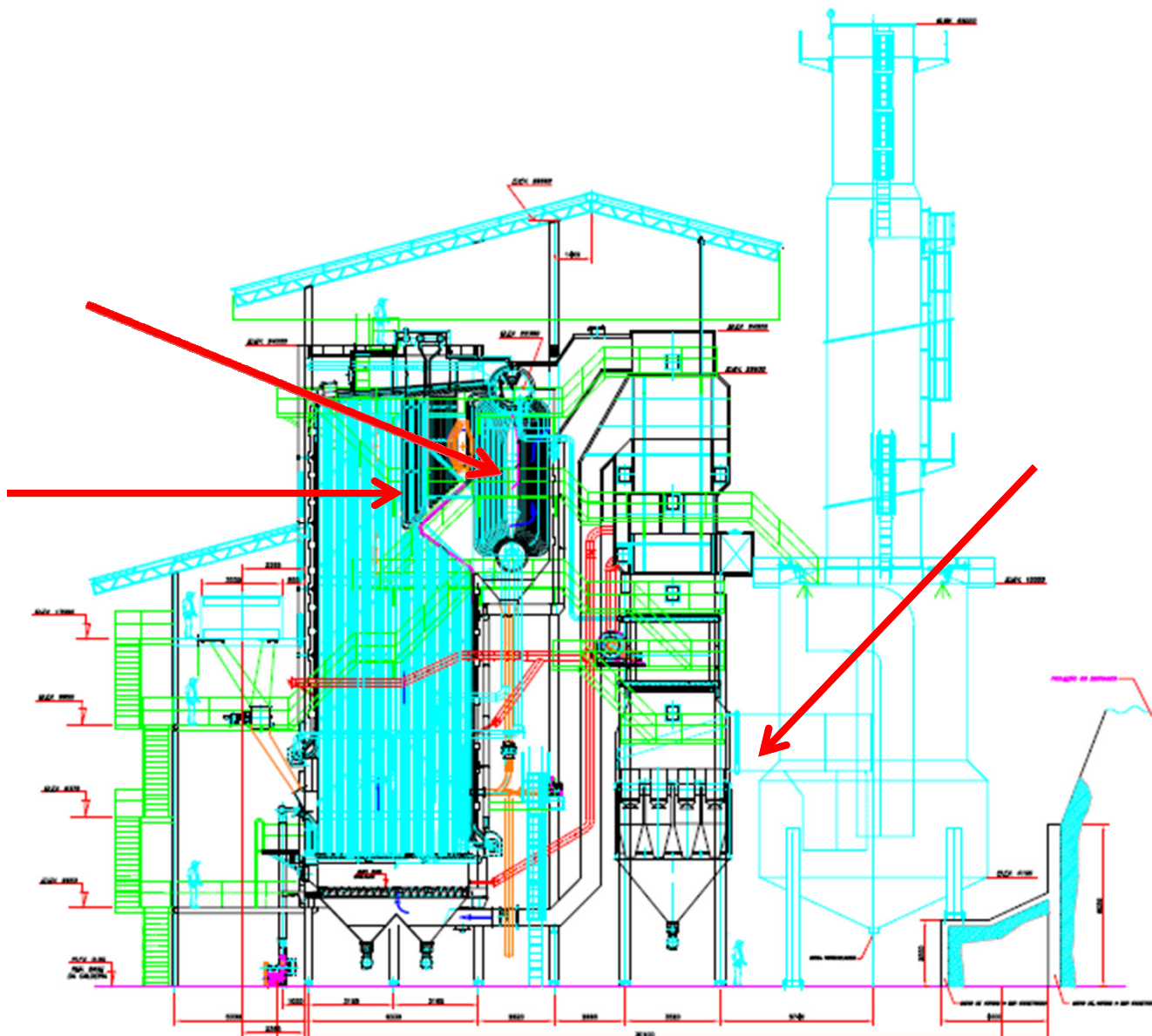
Granulometria





Impactos nas Caldeiras

Impactos nas Caldeiras



Impactos nas Caldeiras

- % mistura de palha do bagaço: $< 3,5\%$ em base úmida
- % cinzas na palha: $5\% < \text{cinzas} < 10\%$
- Não observamos desgastes excessivos no feixe tubular
- Corrosão na seção pós caldeira (por safra):
 - Até $\sim 10\%$ nos CP de Aço Carbono 1045
 - $\sim 0,2\%$ nos CP em Inox 410
- Corrosão no superaquecedor
 - Observou-se depósitos (incrustações) com presença de S
 - Observou-se corrosão no CP (não conclusivo)



Planta CTC – Palha Flex

Palha Flex – Principais Diferenciais



- Integração entre Atividades: Agronômica, Agrícola, Transporte e Indústria ✓
- Grandes Capacidades de Processamento ✓
- Celeridade no Descarregamento e Movimentação ✓
- Armazenamento Coberto na Indústria ✓
- Processo Automatizado ✓
- Retirada de Barbantes Automatizado ✓
- Redução das Impurezas Minerais e Eliminação Metais ✓
- Sistema de Despoeiramento ✓
- Combate a Incêndio Independente ✓
- Granulometria Adequada para Alimentação Caldeiras ✓

Solução CTC

Processamento de Palha Enfardada



- Premissas – us. Ferrari
 - Moagem: 3.000.000 t cana
 - Cana “Crua”: 100%
 - IV: 6%
 - Recolhimento Palha Enfardada: ~30% (do material restante no solo)
 - Palha Recolhida: 100.000 t /safra
 - Tempo Processamento Palha: 4.000h
 - Disponibilidade Industrial: 90%
 - Período: 185 dias
 - Capacidade Industrial: 25 t/h

Solução CTC

Processamento de Palha Enfardada



Solução CTC

Processamento de Palha Enfardada



Solução CTC

Processamento de Palha Enfardada

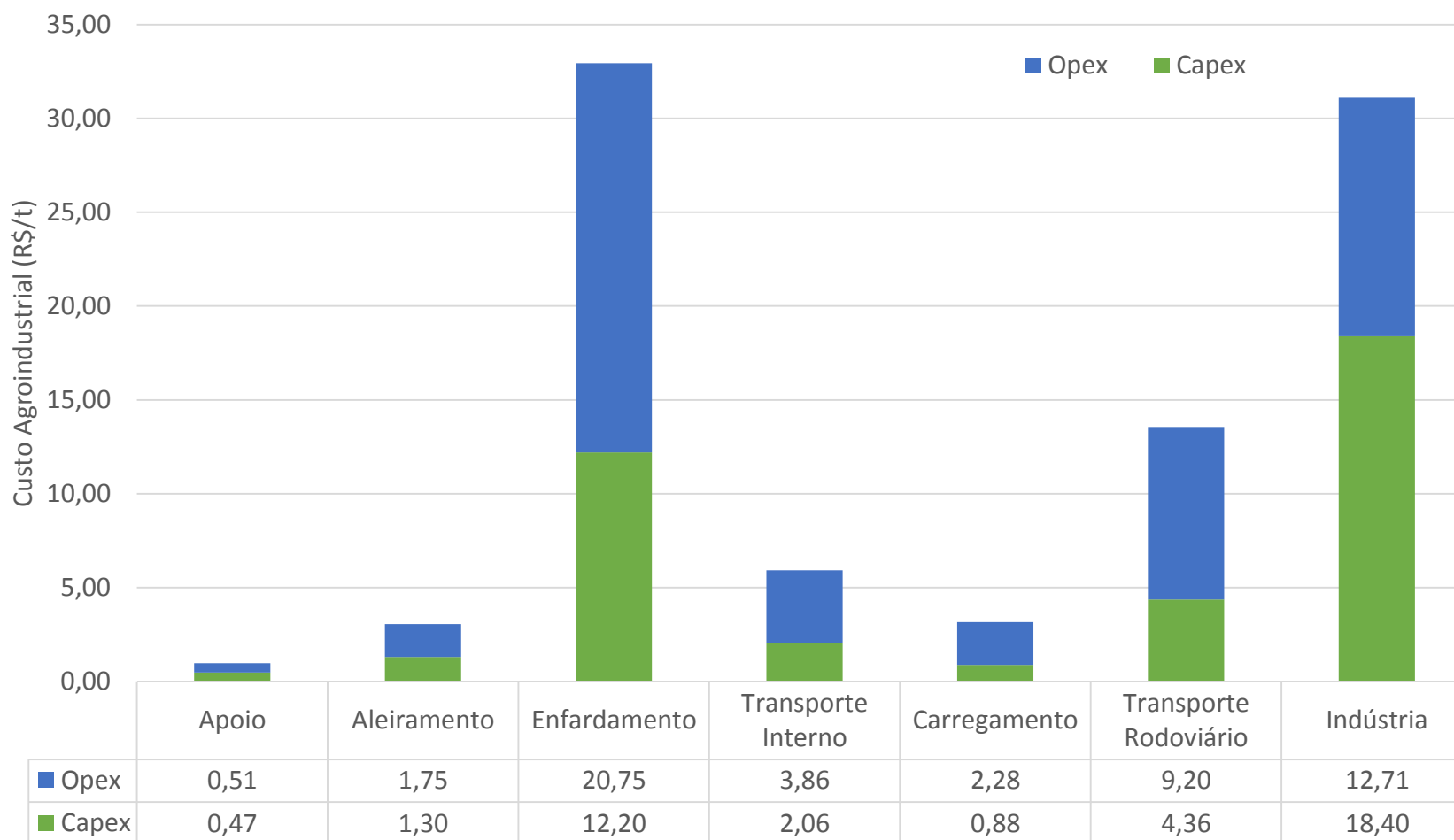


Solução CTC

Processamento de Palha Enfardada



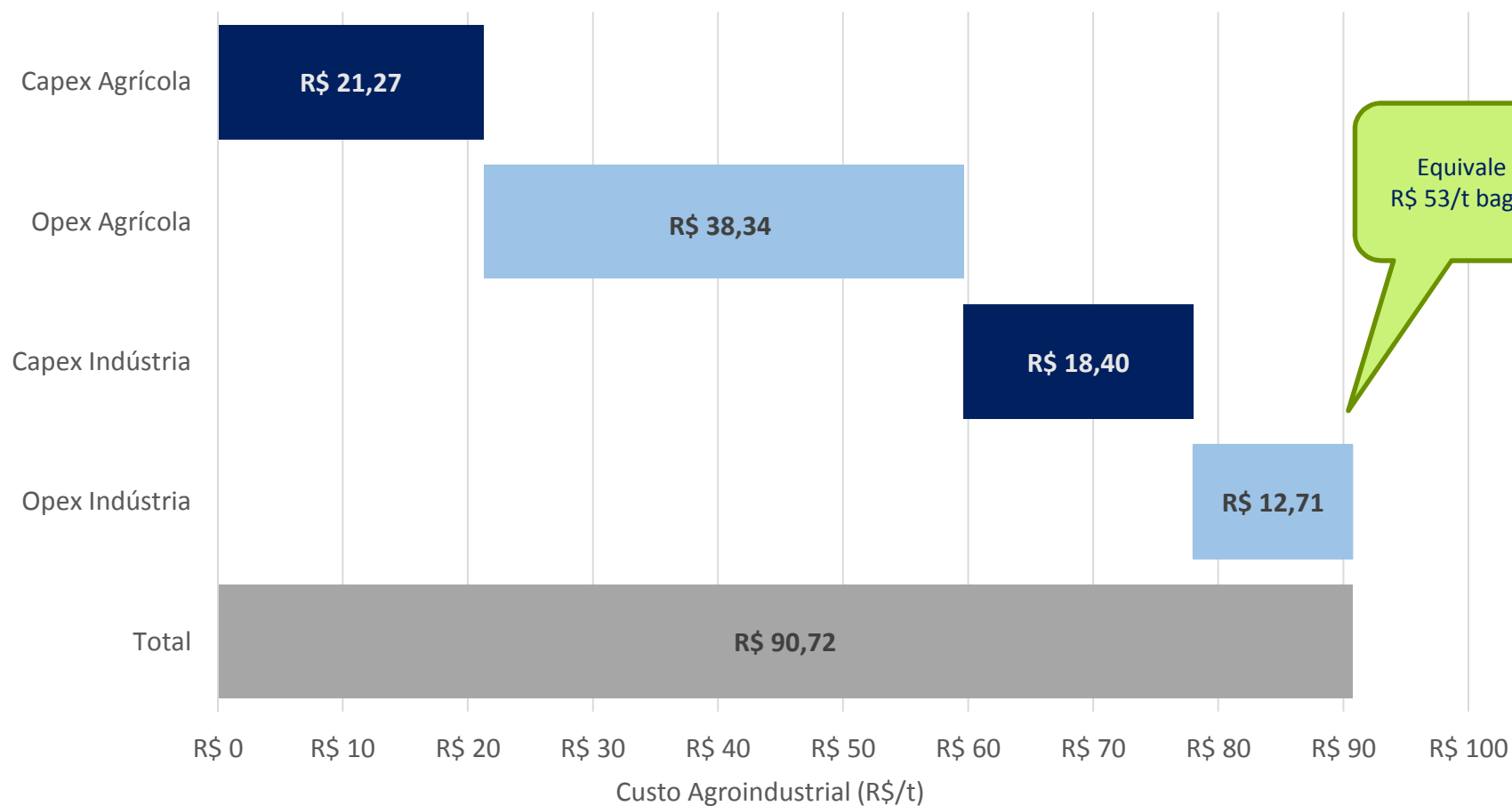
Custos Agroindustriais (R\$/t)



Custo Final da Palha



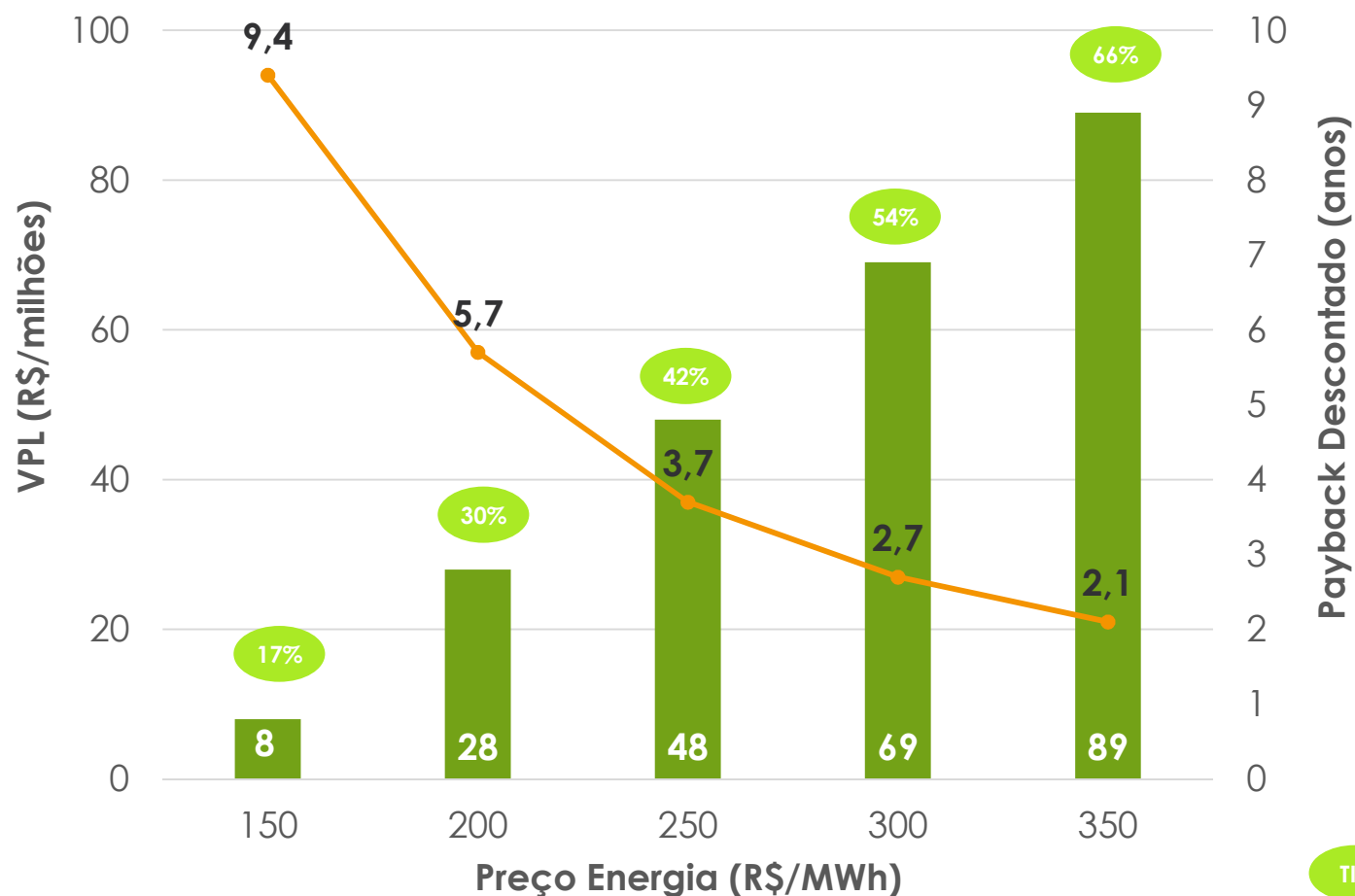
Componentes do Custo da Palha Disponibilizada na Indústria (Capex + Opex)



Caldeiras – Pressão x Temperatura

Pressão	Bar	42	64	100
Temperatura	°C	420	510	540
Combustível	Palha de cana enfardada com w = 15%			
MWh / t palha		0,74	0,82	0,86
Custo Palha Enfardada		R\$ 90 / t palha		
Parcela Relativa ao Combustível	R\$ / MWh	122	110	105

Viabilidade



✓ Usa com capacidade adicional para **Exportação de EE**

✓ Custo da palha **R\$ 90/t (Capex e Opex)**

✓ Conversão Cogeração - **0,75 MWh/t palha**

✓ Quantidade palha - **100.000 t/safra**

✓ Wacc **11%**



CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA



**PALHA
FLEX**

Para cada desafio, uma solução.

Obrigado!

Francisco Linero
(19) 3429-8229
linero@ctc.com.br

www.ctc.com.br