

ELIMINAÇÃO DO LAVADOR DE GASES E O MANUSEIO DAS LAMAS, AUMENTANDO A EFICIÊNCIA DE CAPTAÇÃO DE PARTICULADOS EM CALDEIRAS DE BIOMASSA UTILIZANDO CICLONES DE ALTA EFICIÊNCIA DA ACS



TIAGO COUTO



Controle de
Emissões

Sistemas Hurricane & ReCyclone®

Duas principais necessidades:

CE

CONTROLE DE EMISSÕES

Melhoria Ambiental

- Cada vez mais rigorosos os limites de emissão de partículas (MP) estão sendo aplicados em todo o mundo. A má qualidade do ar é a causa ambiental número 1 de morte prematura na EU*
- A maioria dos processos de combustão está associada às emissões de MP. A limpeza de gases quentes é obrigatória para a recuperação de calor e para melhorar a eficiência da fábrica.
- Muitos outros processos em grandes plantas industriais são fontes de MP: (Aço, Cimento, Papel, Vidro, etc.).

RP

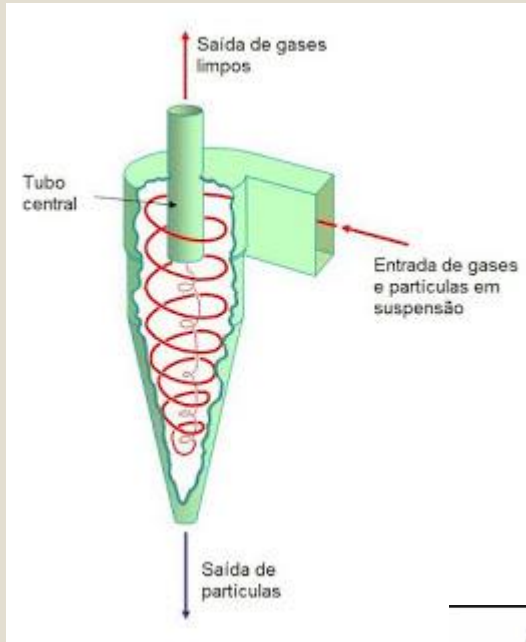
RECUPERAÇÃO DE PRODUTO

Acrescentado Valor Econômico

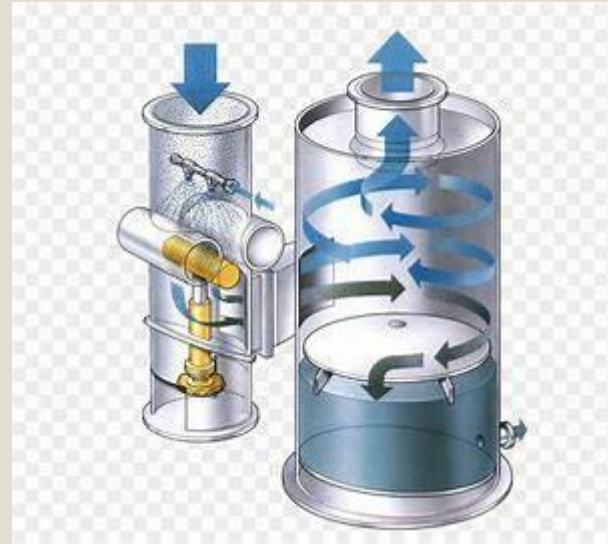
- **60% das indústrias químicas no mundo** lidam com produtos na forma de pó fino.
- Ações significativas também se aplicam às **indústrias Farmacêuticas, de Ingredientes Alimentícios e Minerais**, entre outras.
- Praticamente todas as indústrias de processamento de pó precisam de separação de gás-sólido
- Muitas estão ativamente à procura de otimizar o rendimento de seus processos e reduzir as perdas de pó.

Tecnologias de Filtração e Separação

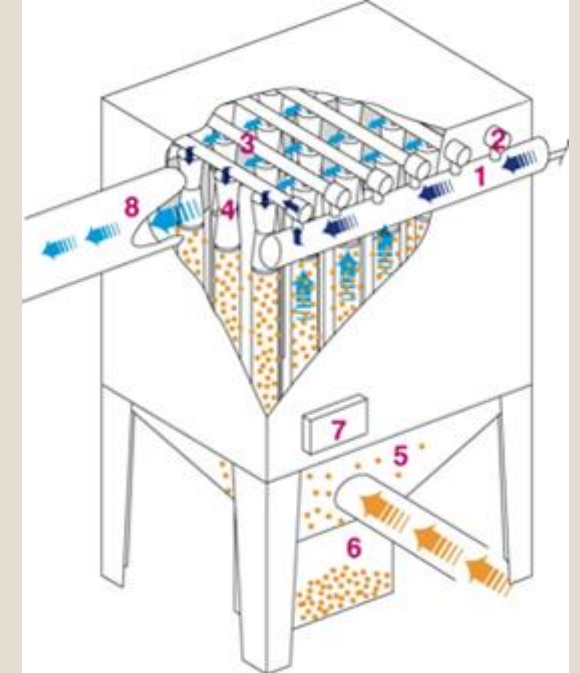
Filtros utilizados em Caldeiras de Biomassa



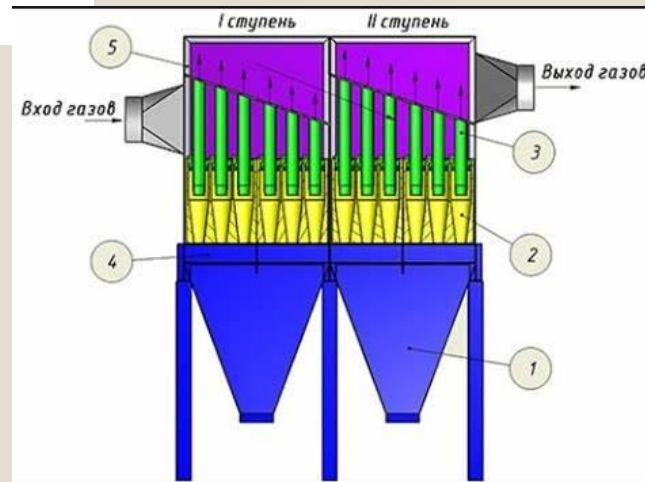
Ciclones



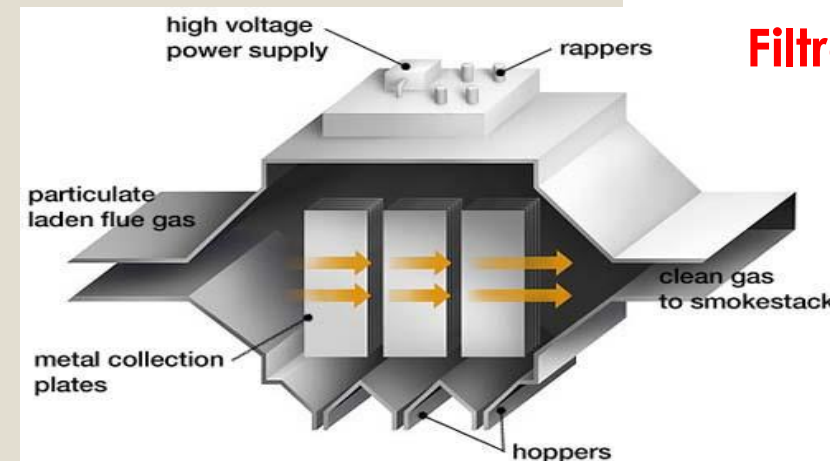
Lavador Venturi



Filtro de Mangas



Multiciclones



Precipitador eletrostático

Ciclones e MC

- Simples operação
- Simples Construção
- Baixa manutenção
- Baixo investimento
- Sem partes móveis
- Sem elementos filtrantes
- Sem consumo de energia elétrica e ar comprimido
- Coleta via seca
- **Baixa Eficiência 200-600 mg/Nm³**

Filtros de Mangas


- **Altíssima eficiência < 30 mg/Nm³**
- Coleta via seca
- **Alto custo operacional**
- **Alto custo de manutenção**
- **Sensível à alta umidade**
- **Sensível à alta temperatura**
- **Sensível à combustão deficiente**

Lavadores de Gases

- Baixo investimento
- Média perda de carga
- **Necessidade de lagoa ou ETALG**
- **Consumo de água alto**
- **Baixa eficiência 200-400 mg/Nm³**
- **Sofre ataque químico. Custo de manutenção**

ESPs

- Alta eficiência < 50 mg/Nm³
- **Baixa perda de carga**
- Coleta via seca
- **Alto investimento**
- **Sensível a alta temperatura**
- **Sensível a monóxido de carbono**
- **Necessita muito espaço**
- **Manutenção especializada**
- **Consome energia elétrica**



A SOLUÇÃO:
CYCLONES NOVOS
E MAIS EFICAZES!

Otimizar a eficiência de um ciclone

Projetando melhor ciclone para cada aplicação.

Desenvolvimento empírico

2 Níveis de factor no experimento

→ $8^2 \cdot 2 = 128$ protótipos

4 Níveis de fator no experimento.

→ $8^4 \cdot 4 = 16384$ protótipos

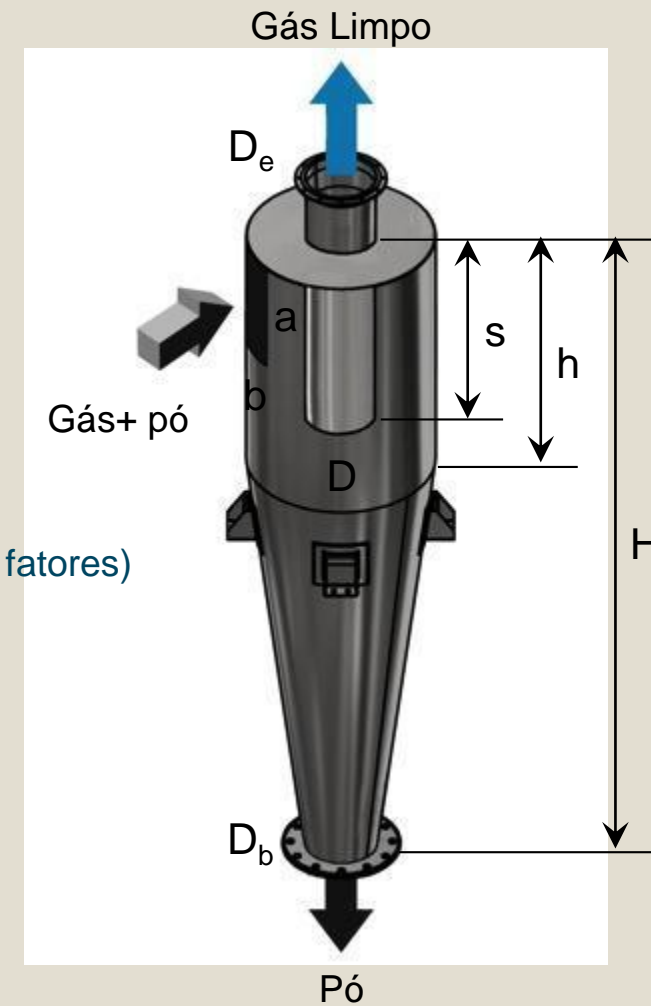
Otimização Numérica

Irã gerar milhões de protótipos

8 dimensões(fatores)

4 axiais

4 radiais



$$F_c = \left(\frac{V^2}{R_r} \right) m_p$$

$$F_g = g \cdot m_p$$

$$F_d = V_g^2 \cdot \rho_g \cdot A_p$$

Otimização das geometrias dos ciclones

Aglomeração nos ciclones

Análise do tamanho de partículas coletadas nos ciclones



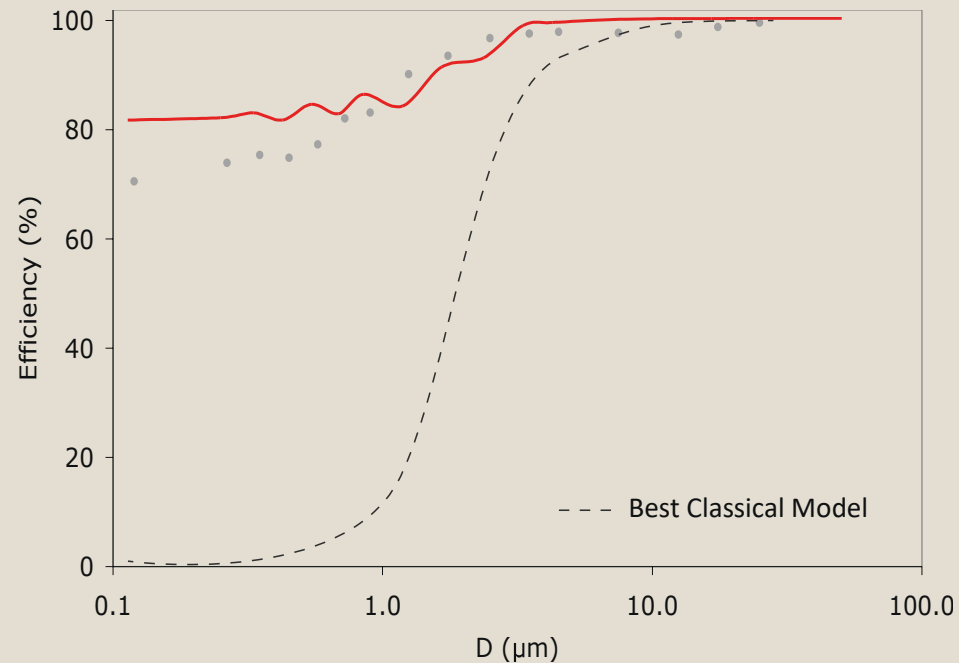
Refutação das curvas de eficiência apresentadas nos modelos clássicos



Formulação de novo modelo de captura de partícula – artigos publicados no *Chemical Engineering Journal*



Novo modelo de Ciclones – MK - que promove a aglomeração de partículas no seu interior

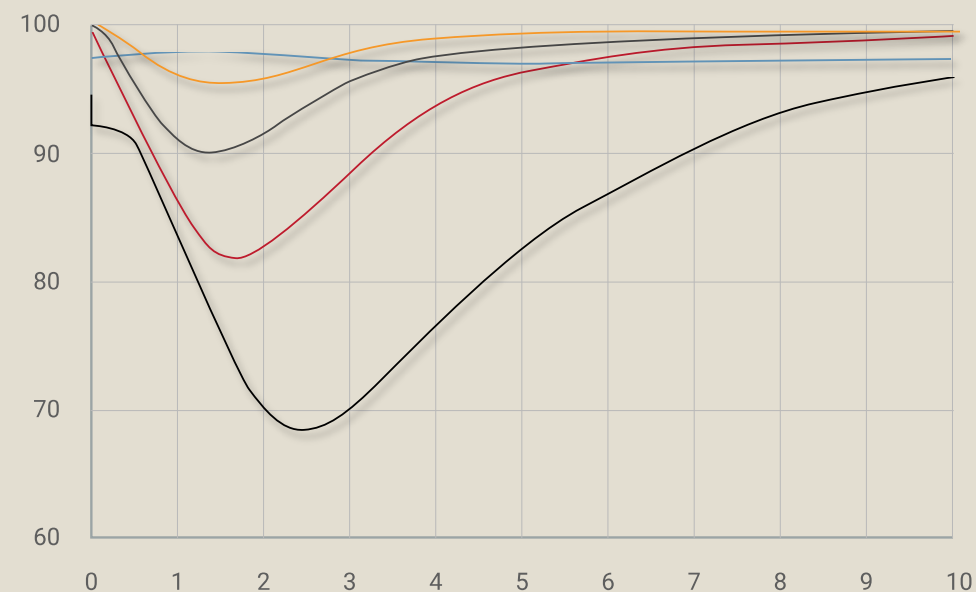
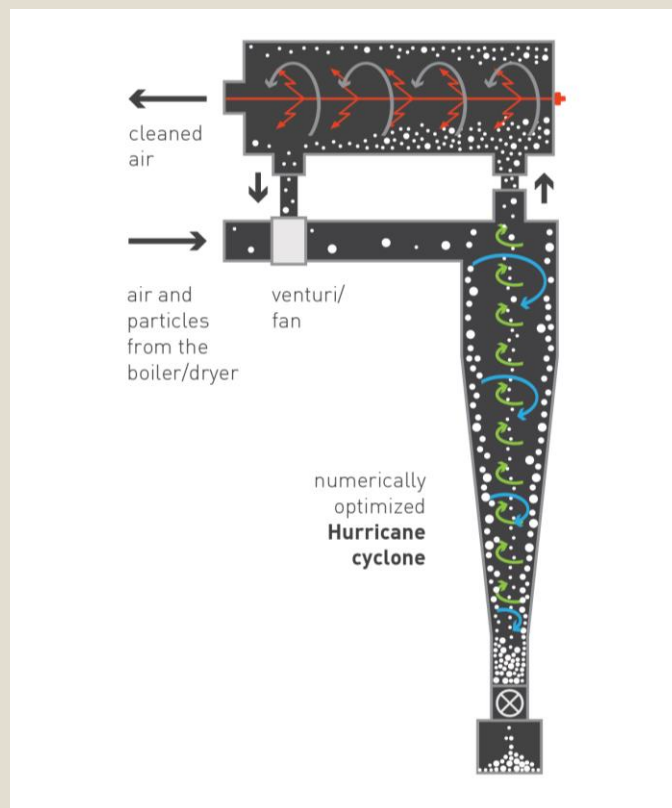


Desenho ACS reduz substancialmente as emissões de particulado

Comparação de eficiências entre os tipos de ciclones ACS com ciclone concorrente e um filtro de mangas.

ReCyclone EH

Para recuperar ácido Sulfanilico



Eficiência global:

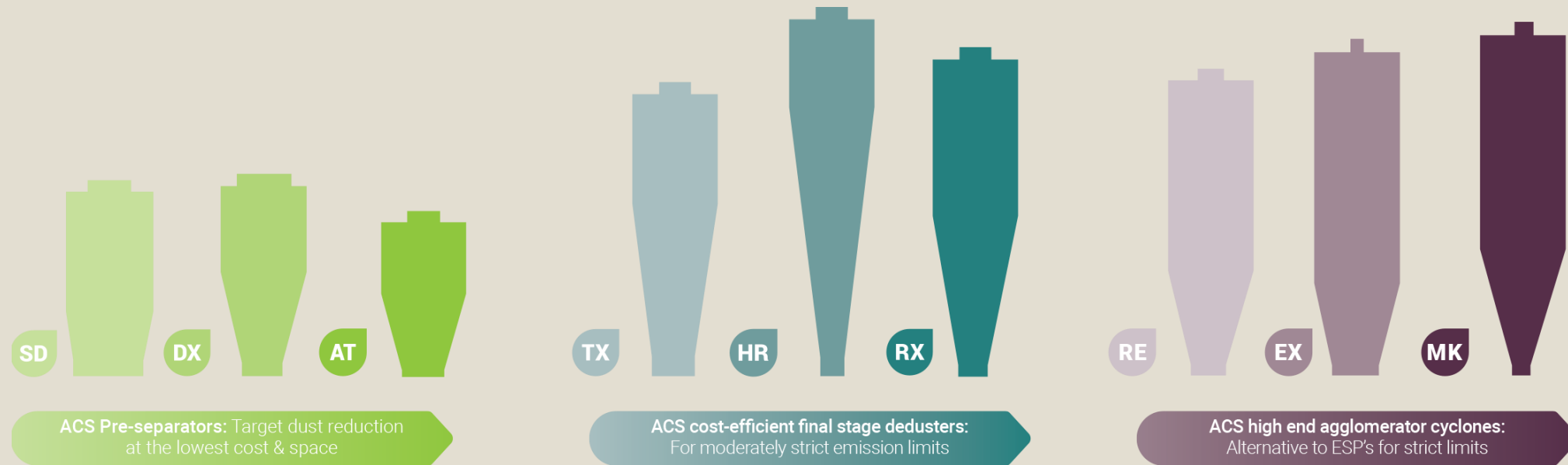
- Filtro de mangas 99.0%
- ACS ReCyclone® MH 99.6%
- Ciclone concorrente 95.0%
- ACS ReCyclone® EH 99.8%
- ACS Hurricane 98.5%

Exemplo de diferentes tipos e tamanhos de ciclones



Otimização da eficiência dos ciclones

Desenho do melhor ciclone para cada aplicação



Creating multiple cyclones for multiple needs

Graças ao modelo PACyc é possível simular milhões de protótipos e buscar o Melhor pela otimização numérica.

Diferentes Industrias tem diferentes necessidades , as quais também dependem da legislação ambiental , espaço disponível para colocação do sistema →

Buscar uma das familias que atenda as demandas ambientais num menor custo..

Otimização da eficiência do ciclone

Desenhando o melhor ciclone para cada aplicação

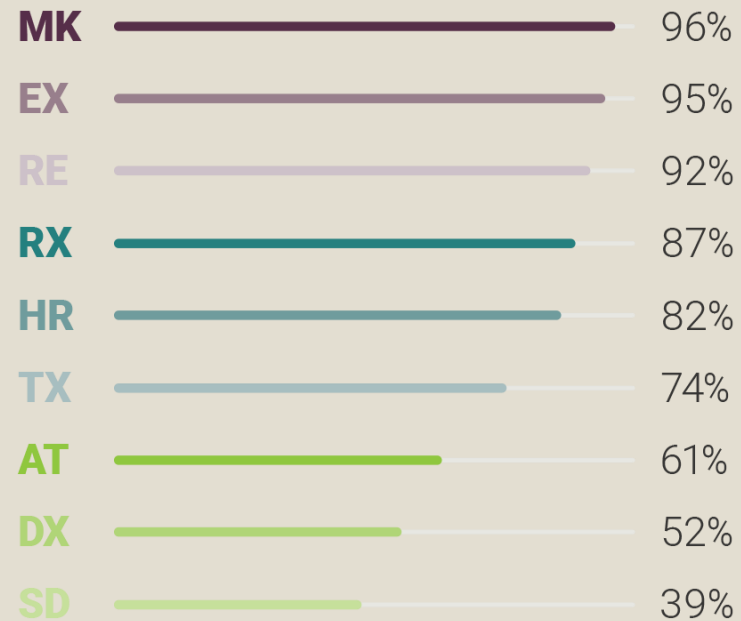
Caso Real → Caldeira de biomassa

Característica → Caldeira de 4MW

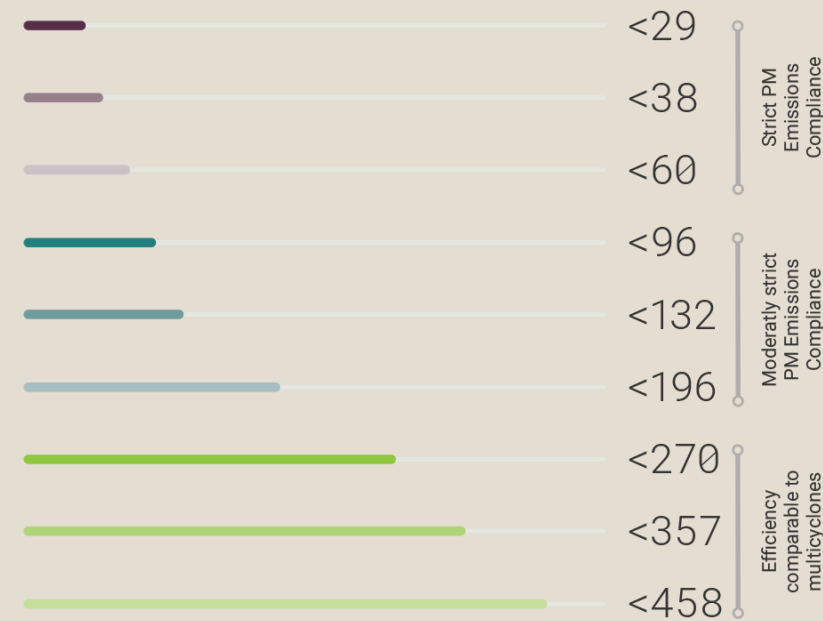
Combustível Cavaco de madeira
PSD Mediana (Base Volume) 11µm
Concentração á entrada 750mg/Nm³_{Dry}

Temperatura Gás 180°C | 356°F
Vazão 18000m³/h | 10594 ACFM
Umidade no gás 8% (v/v)

Global Efficiency (%):


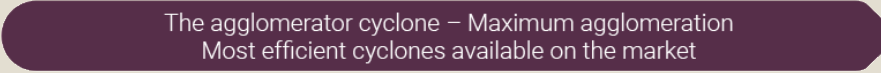



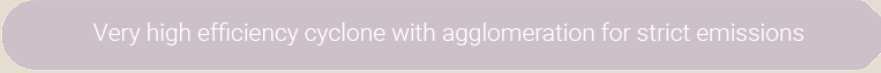

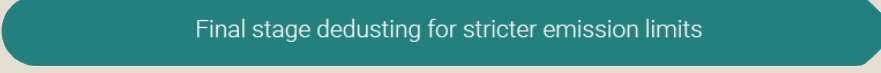

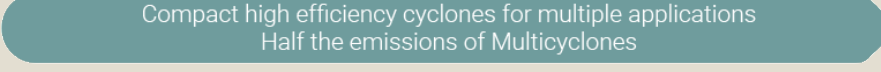

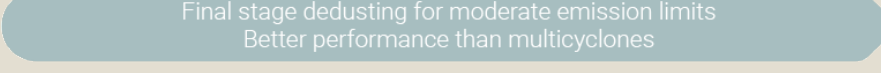

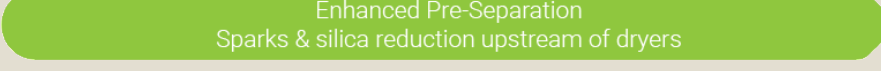

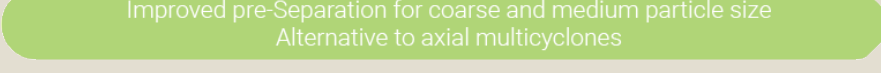

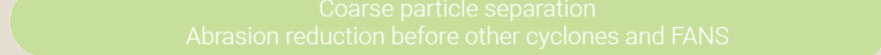


Emissions (mg/Nm³):

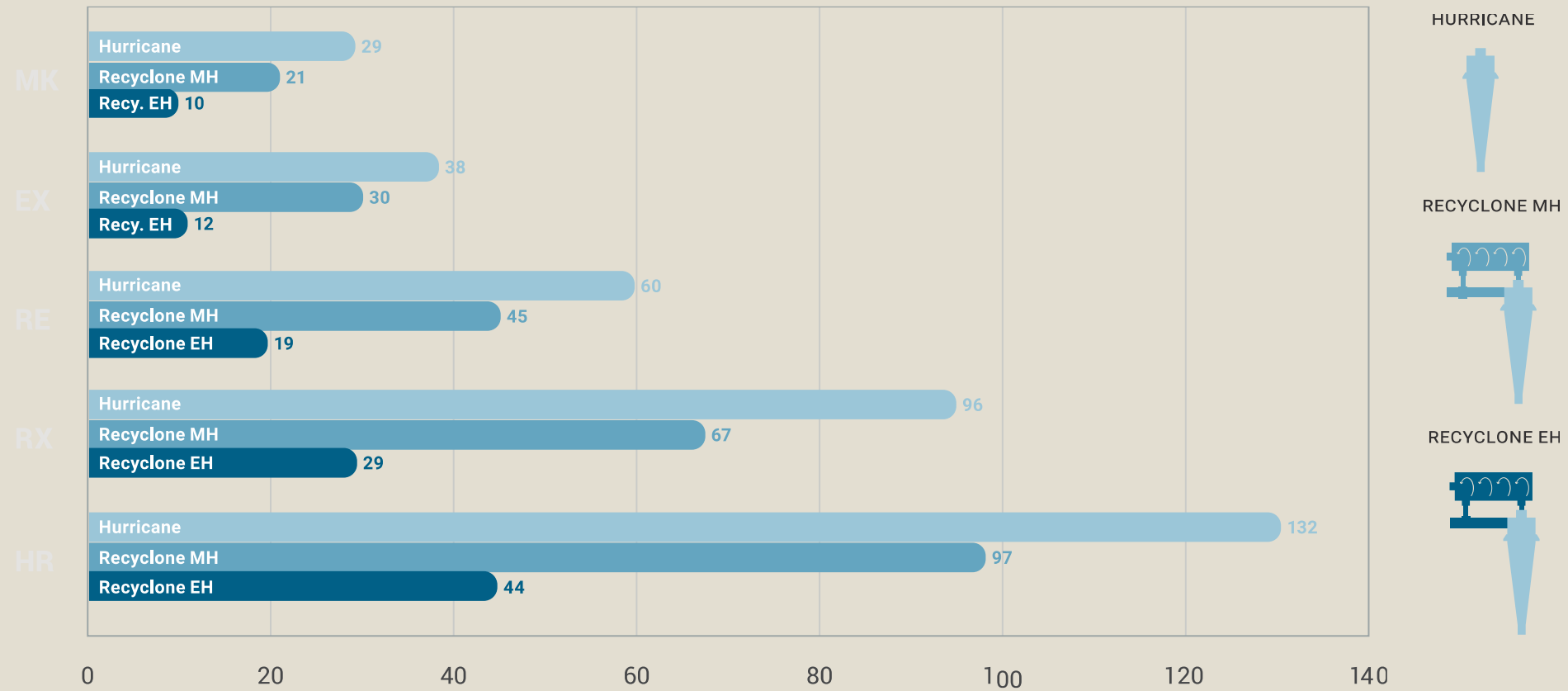


Otimização da eficiência dos ciclones

Desenho do melhor ciclone para cada aplicação

	Cyclones needed (ø1000mm):	System size:	Objectives / Applications:
MK		100%	 <p>The agglomerator cyclone – Maximum agglomeration Most efficient cyclones available on the market</p>
EX		65%	 <p>Ultra high efficiency with agglomeration to compete with ESPs</p>
RE		53%	 <p>Very high efficiency cyclone with agglomeration for strict emissions</p>
RX		33%	 <p>Final stage dedusting for stricter emission limits</p>
HR		23%	 <p>Compact high efficiency cyclones for multiple applications Half the emissions of Multicyclones</p>
TX		15%	 <p>Final stage dedusting for moderate emission limits Better performance than multicyclones</p>
AT		10%	 <p>Enhanced Pre-Separation Sparks & silica reduction upstream of dryers</p>
DX		7%	 <p>Improved pre-Separation for coarse and medium particle size Alternative to axial multicyclones</p>
SD		6%	 <p>Coarse particle separation Abrasion reduction before other cyclones and FANS</p>

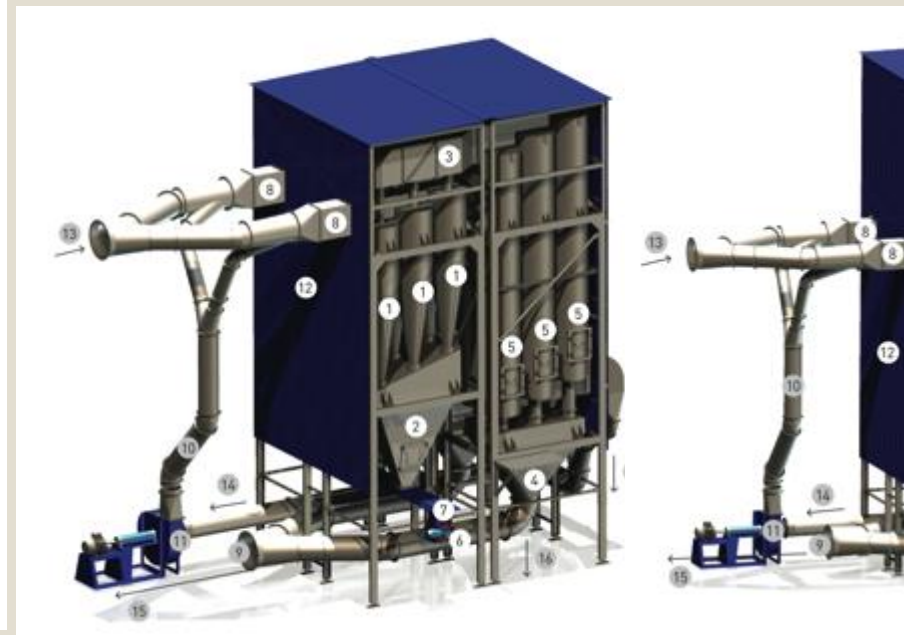
Ciclones ACS reduzem substancialmente a emissão global



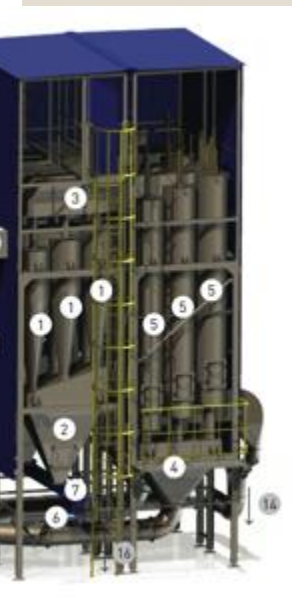
Os sistemas ACS são na sua maioria, fornecidos em grupos de ciclones para uma montagem mais simples.



Ciclones Hurricane



ReCyclone MH



ReCyclone EH

Os sistemas ACS são na sua maioria, fornecidos em grupos de ciclones (baterias) e grupos de recirculadores. São dispostos verticalmente para minimizar o espaço ocupado. Normalmente, o fornecimento inclui estrutura de suporte, isolamento, condutas de alimentação e de exaustão, ventilador de recirculação e painel de controlo.

Estudo de caso comparativo de custos

Dados de Projeto

Vazão de gases de chaminé: 295.575

m³/h Temperatura dos gases: 170 °C

Entrada de Particulado: 600 mg/Nm³

Limite máximo de emissão (Norma ambiental):

<130 mg/Nm³

Garantia Fornecida

Multiciclones e Lavadores não atendem

Ciclones ACS : < 130 mg/Nm³

Filtro de Mangas: < 30 mg/Nm³

ESP<50mg/Nm³

Estudo de caso comparativo de Custos Operacionais- OPEX

Energia Elétrica

	<u>Ciclones ACS</u>	<u>Filtros de Mangas</u>	<u>ESPs</u>
• Potência absorvida pelo Exaustor	120 Kw (130mmca)	138 Kw (150mmca)	41 Kw (50 mmca)
• Consumo de ar comprimido	-	35 Kw	-
• Consumo do campo Eléybatimento	-	-	55 Kw
• Eletrificação total	120 Kw	173 Kw	98 Kw
• Energia consumida anual (350 dias)	1.006.138 Kwh	1.451.160 Kwh	812.650 Kwh
• Custo EE anual (0,25 R\$/Kwh)	R\$ 251.534	R\$ 362.790	R\$ 203.162

Estudo de caso comparativo de custos - OPEX(2019)


Manutenção

	<u>Ciclones ACS</u>	<u>Filtros de Mangas</u>	<u>ESPs</u>
• Substituição periódica de mangas	-	R\$ 337.800	-
• Mudanças pontuais de mangas(Pin Holes)	-	R\$ 112.600	-
• Mudança de válvulas rotativas	R\$ 31.000	R\$ 15.500	R\$ 15.500
• Mão de obra especializada	-	-	R\$ 18.000
• Retrofit / reforma do ESP	-	-	R\$ 143.000
• Custos totais de manutenção	R\$ 31.000	R\$ 465.900	R\$ 176.500

Estudo de caso comparativo de custos(2019)

CAPEX

	<u>Ciclones Otimizados</u>	<u>Filtros de Mangas</u>	<u>ESPs</u>
• Equipamento	R\$ 1.800.000	R\$ 2.200.000	R\$ 3.900.000
• Montagem	R\$ 360.000	R\$ 770.000	R\$ 1.300.000
• Total (Equipamento e Montagem)	R\$ 2.160.000	R\$ 2.970.000	R\$ 5.200.000
• Total (Operação)	R\$ 251.534	R\$ 362.790	R\$ 203.162
• Total (Manutenção)	R\$ 31.000	R\$ 465.900	R\$ 176.500
• Total Geral (total de 5 anos)	R\$ 3.572.670	R\$ 7.113.450	R\$ 7.098.310

The image shows an industrial building with a corrugated metal facade. On the roof, there is a complex structure of metal scaffolding supporting several large, dark, cylindrical tanks or silos. The sky is blue with some light clouds. In the foreground, there are green trees on the left and bare trees on the right. A large, semi-transparent green circle is overlaid on the center of the image, containing white text.

**INOVANDO
PERMANENTEMENTE
E OS NOSSOS
SISTEMAS**

**EXEMPLOS
INDUSTRIAIS**

Bremer | Brazil | 2018

Hurricane Mki

to reduce PM emissions from a biomass boiler (wood chips)

- **Tecnologia**
Hurricane MKi
- **Aplicação**
PM emission control from biomass boiler burning wood chips
- **Dimensão**
40 203m³/h at 170°C
23 663ACFM at 338°F
- **Carga no sistema de ciclones**
≈400mg/Nm³ dry
≈ 0.48lbs/MMBTU
- **Emissões Garantidas**
<65mg/Nm³ dry
<0.078lbs/MMBTU
- **Tecnologia alternativa**
Electrostatic Precipitator (ESP) or
Bag Filter (BF)



Caso de
Estudo

Combio Energia | Brazil |
2014

ReCyclone MH

to reduce PM emissions from a
biomass boiler (wood chips)

- **Tecnologia**
ReCyclone MH
- **Aplicação**
PM emission control in one biomass
boiler burning wood chip
- **Dimensão**
101 206 m³/h at 160°C
59 568ACFM at 320°F
- **Carga no sistema de ciclones**
≈450 mg/Nm³ dry
≈0.54lbs/MMBTU
- **Emissões Garantidas**
<100 mg/Nm³ dry
<0.12 lbs/MMBTU
- **Tecnologia alternativa**
Electrostatic Precipitator (ESP) or
Bag Filter (BF)

Caso de
Estudo





Colcafé | Colombia | 2017

Hurricane HR

to reduce PM emissions from a
coffee grinder

- **Tecnologia**
Hurricane HR
- **Aplicação**
PM emission control in pellet grate
type boiler
- **Dimensão**
457m³/h at 32°C
- **Carga no sistema de ciclones**
≈18mg/Nm³
- **Emissões Garantidas**
<150mg/Nm³
- **Tecnologia alternativa**
Bag Filter (BF)

Amorim Cork Composites | Portugal |
2014

Hurricane MK

PM emission reduction in 2 heat generators
+ 1 boiler burning cork dust

- **Tecnologia**
Hurricane MK
- **Aplicação**
PM emission control in
- **Dimensão**
54 000am³/h at 177°C
- **Carga no sistema de ciclones**
≈1,240mg/Nm³
- **Emissões Garantidas**
<100 mg/Nm³
(measured in 2015: 18mg/Nm³)
- **Tecnologia alternativa**
Electrostatic Precipitator (ESP),
70% more expensive



Nestlé | Portugal | May 2011

Hurricane HR

to reduce emissions from milk powder after spray dryer

- **Tecnologia**
Hurricane HR
- **Aplicação**
to reduce emissions from milk powder after spray dryer
- **Dimensão**
31,100m³/h
- **Emissões Garantidas**
<75 mg/Nm³
(measured in 2013: <50mg/Nm³)

Caso de
Estudo

