



20 a 22 de Junho de 2016
São Paulo/SP



Queimador D-Flame

**A evolução da quarta geração de
queimadores Dynamis**

Realização



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

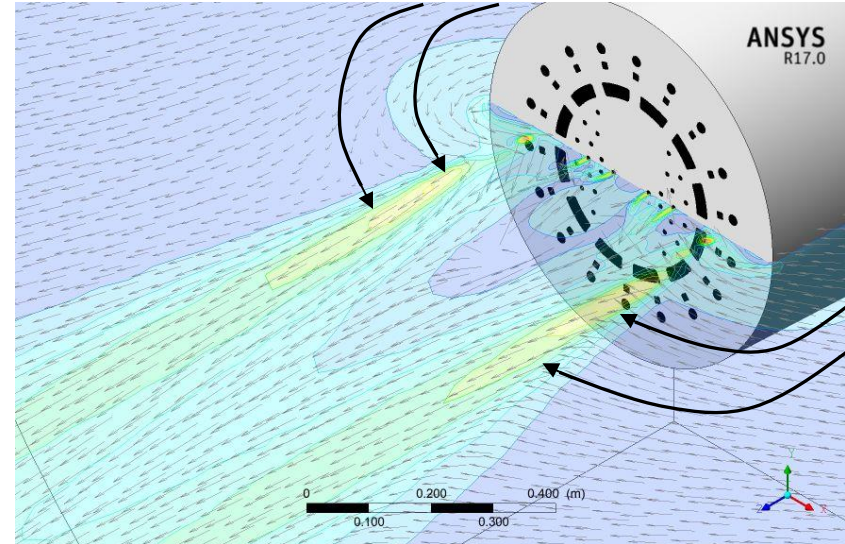
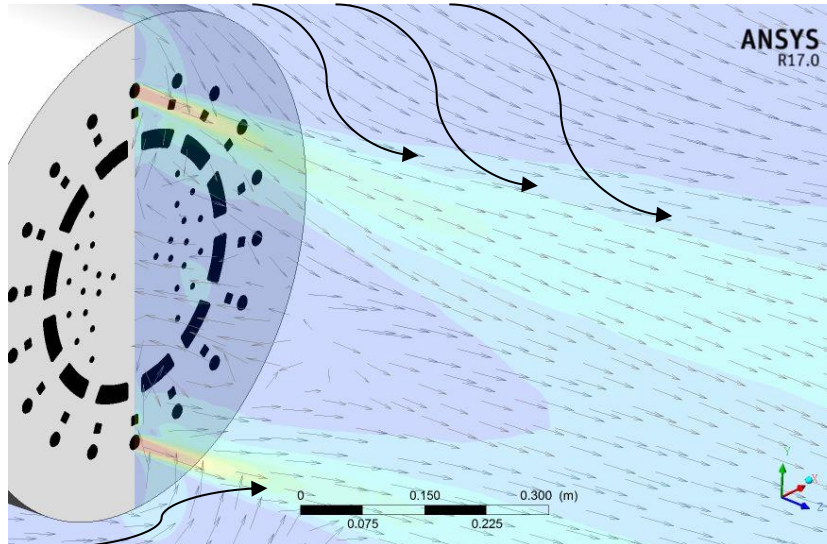


CBC-2014: Apresentação do D-Flame

A FUNÇÃO DO QUEIMADOR NA VISÃO DA DYNAMIS

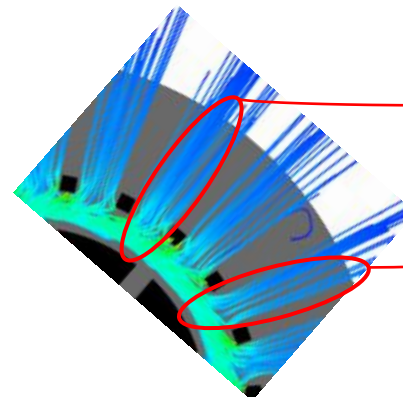
1	Possibilitar a MISTURA do Ar Secundário com o Combustível	Definida tradicionalmente como a principal função do queimador. NOVOS CONCEITOS
2	Apresentar Elevada Flexibilidade Operacional	Aspectos tradicionais, como facilidade para controle de chama. Utilização do queimador como ferramenta de processo. Novos aspectos, relacionados a queima de combustíveis alternativos.
3	Possibilitar Baixas Emissões	Novas Necessidades: Regulamentações mais restritas quanto a emissões de NOx.
4	Possibilitar Elevados Índices de Turbulência e Zonas de Recirculação	Novas Necessidades: Queima de resíduos e baixas emissões de NOx. NOVOS CONCEITOS

Maximização da mistura do ar secundário com o combustível



TURBULÊNCIA

- Altas VELOCIDADES de Injeção
- Elevada PRESSÃO nos fluxos de Ar Primário



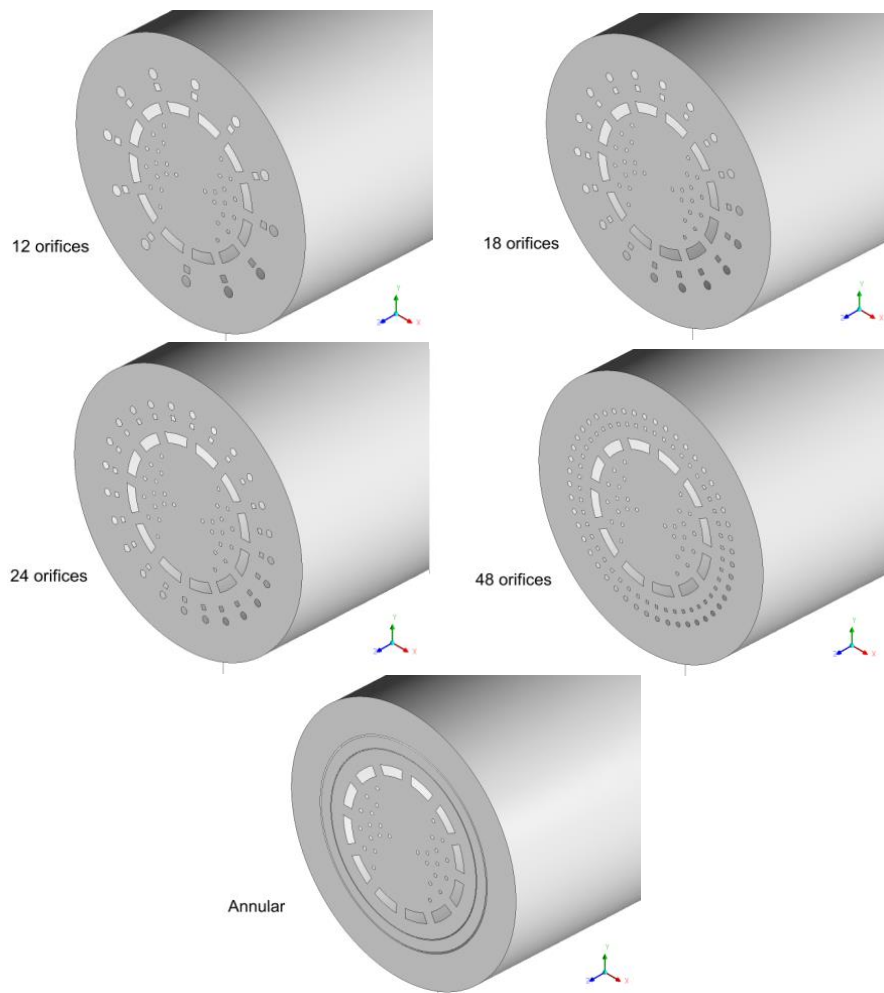
CABEÇA DE QUEIMA

- Injeções DISCRETAS de ar
- **CAMINHOS** para a entrada de ar secundário

Mas qual seria o impacto de diferentes geometrias da cabeça de queima na mistura de ar secundário com o combustível?

Eficiência do queimador D-Flame

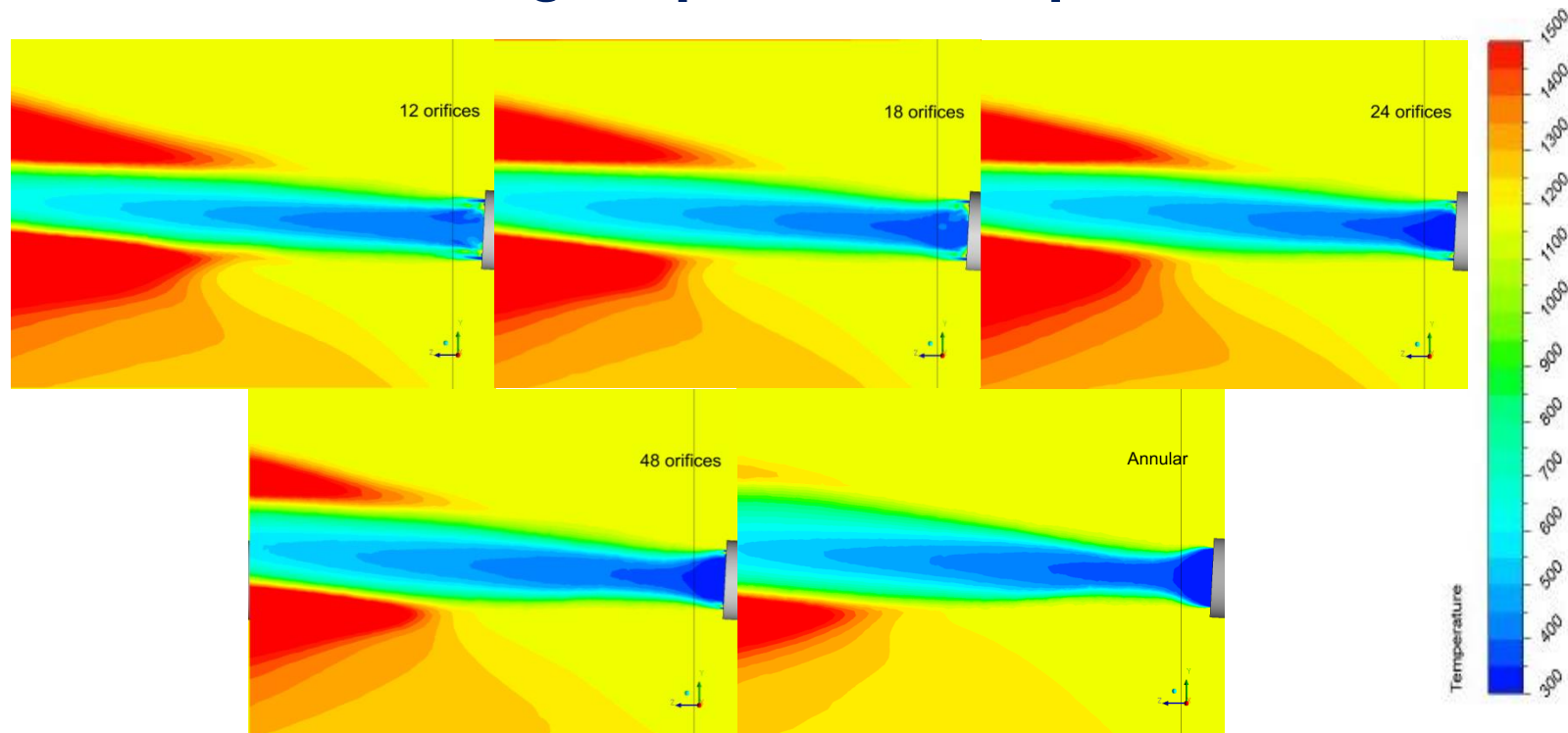
Estudo realizado em 2015. Resultados publicados na *World Cement*, novembro/15



- Mesmas taxas de ar primário e secundário, e portanto mesmos índices de chama.
- Mesma potência: 56,6 MW
- Mesmas condições de contorno e mesmos modelos matemáticos
- Mesmos queimadores?

	Taxa de fluxo [kg/h]	Pressão [mbar]	Temperatura [°C]
Externo	4018	300	56
Tangencial	1100	60	33
Interno	628	60	33
Transporte	2512		50
Petcoke	6582		50
Ar secundário	87230		900

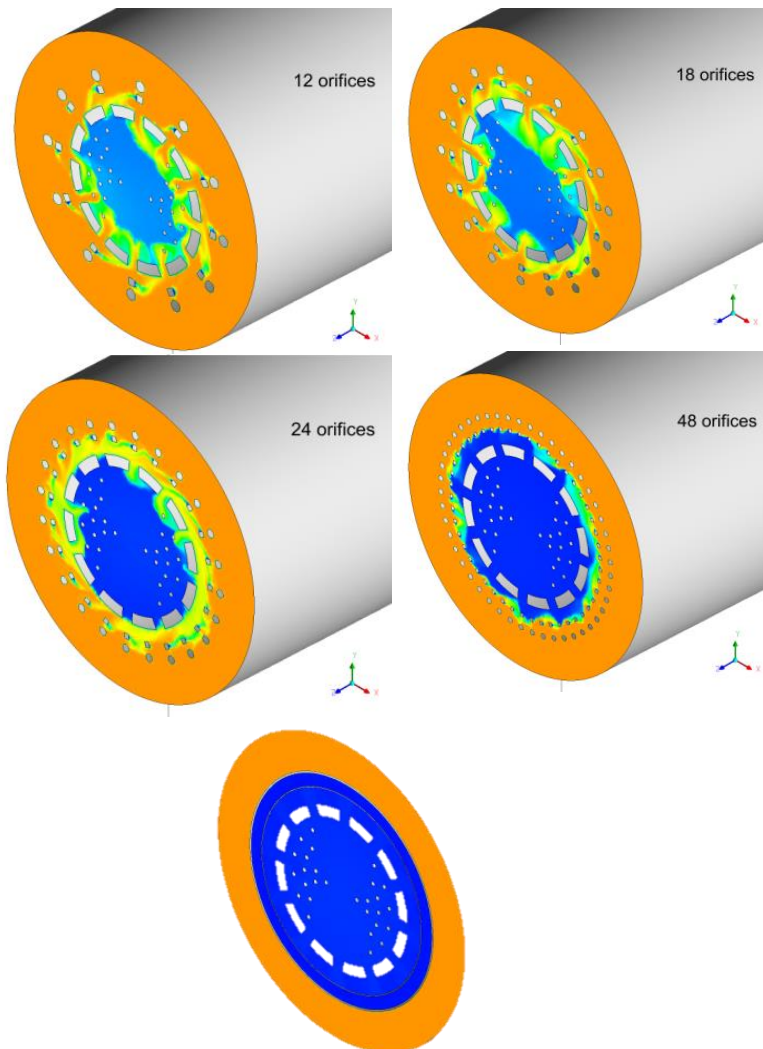
Perfil térmico na região próxima ao queimador



- Evidências da entrada de ar secundário:

Região mais fria perto da cabeça de queima a medida que o número de orifícios aumenta.

Temperatura na cabeça de queima

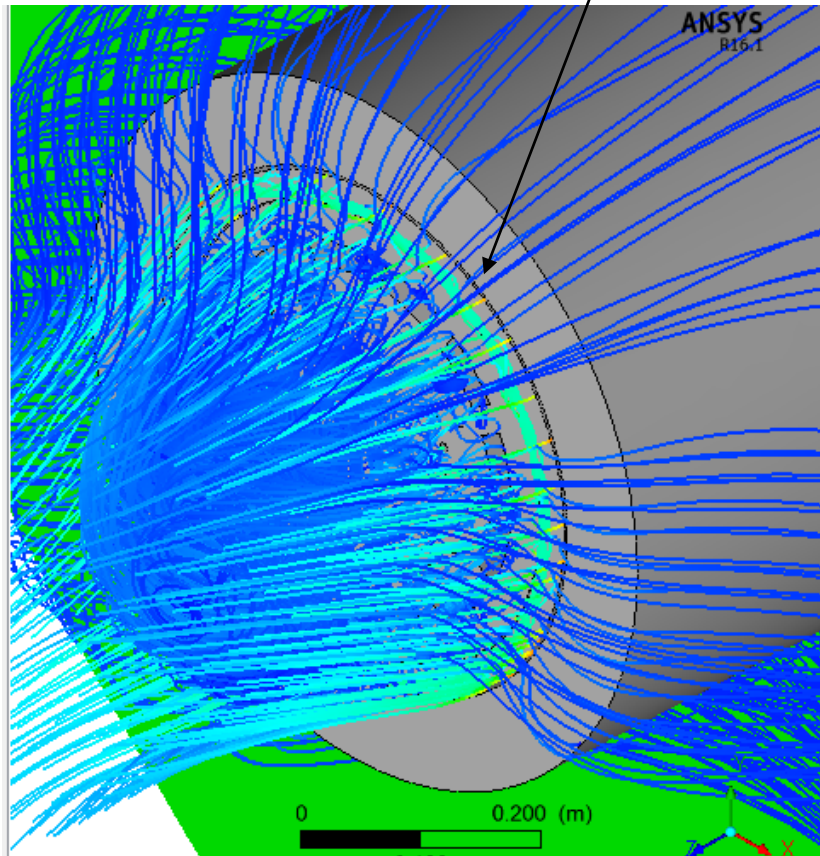


Temperature
1300
1100
900
700
500
300
[K]

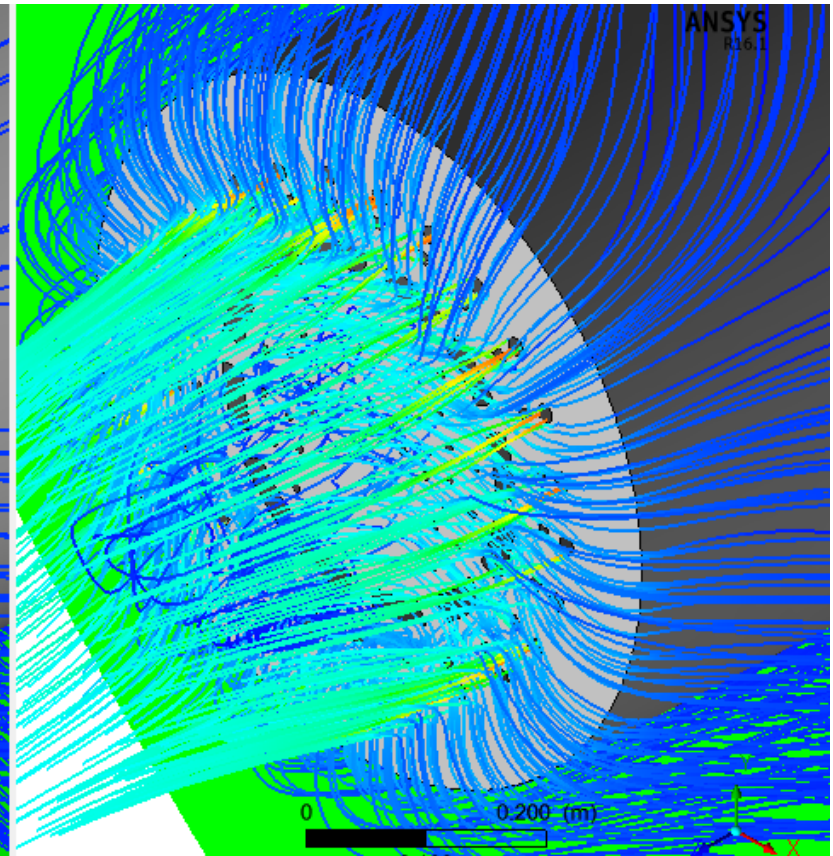
- Evidências da entrada de ar secundário:
 - Cabeça do queimador é adiabática por hipótese
 - Gradientes devidos somente ao ar secundário
 - A configuração com externo anular cria uma barreira, isolando a parte central da cabeça de queima
 - Distância entre batoques permite a entrada de ar secundário na região interna

Linhas de fluxo

Aspiração mais tardia e menor



Seção
Anular



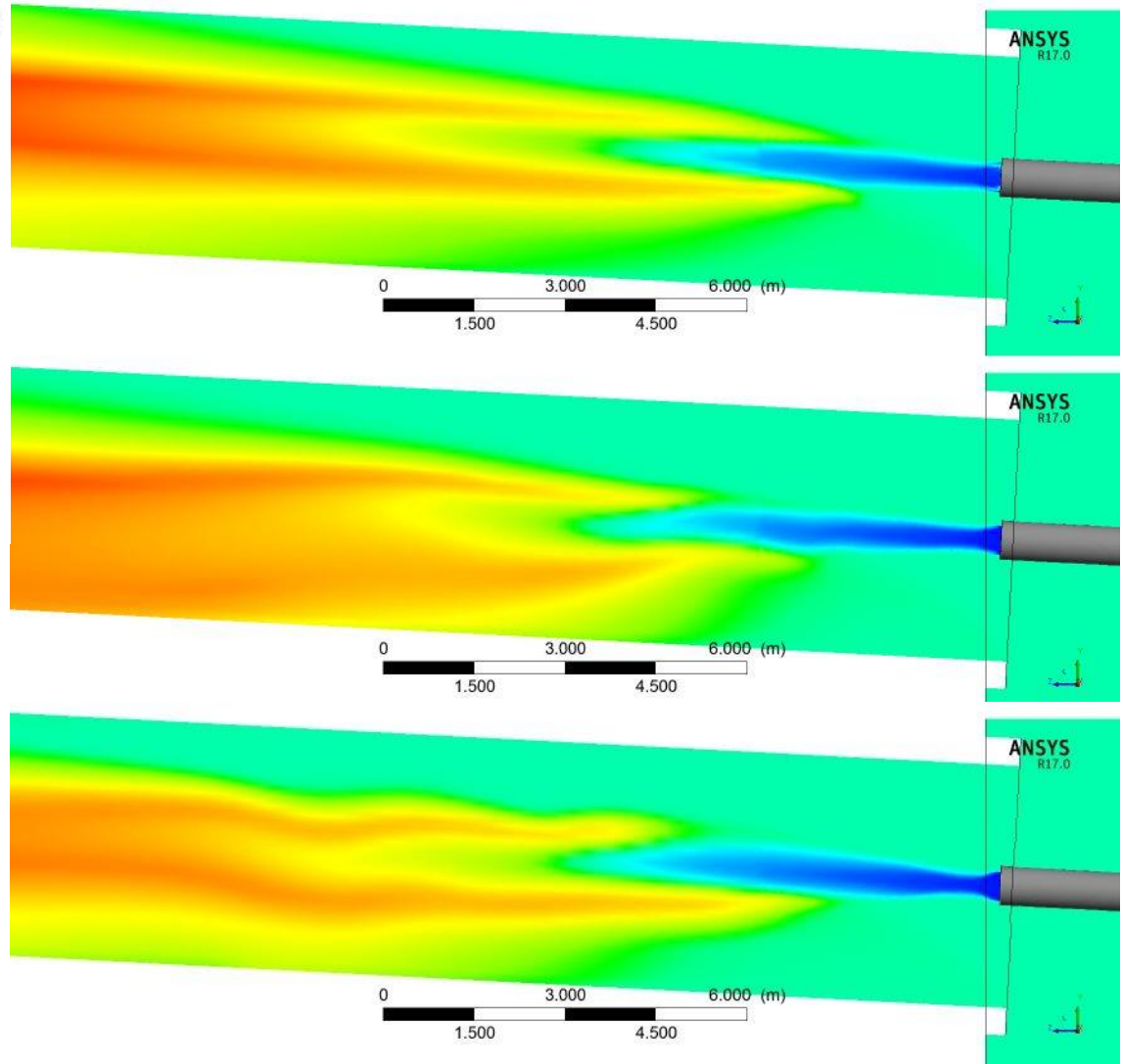
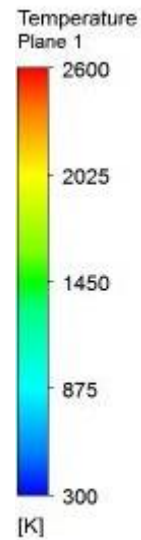
D-Flame

Perfil térmico do forno

D-Flame

Fresta

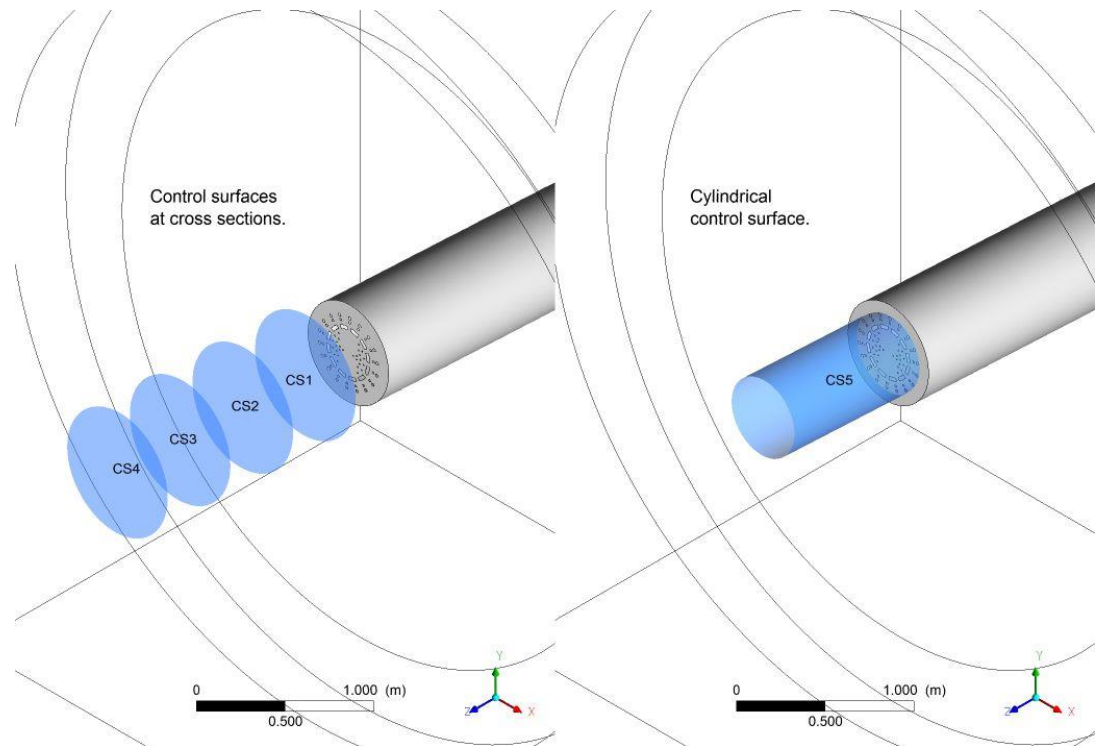
Anular



Superfícies de controle

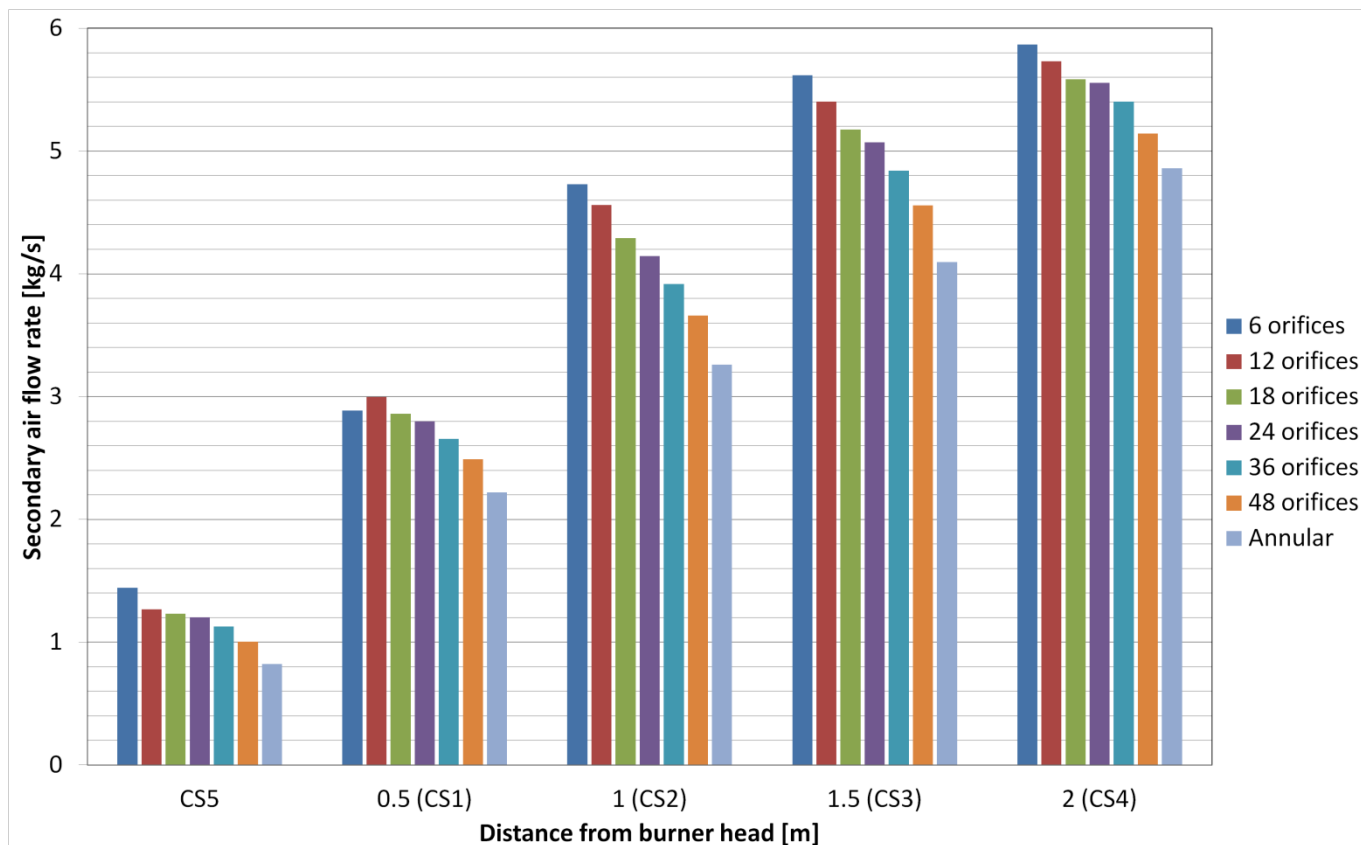
Cálculo da entrada de ar secundário na região mais central do queimador.

- Entrada de ar secundário calculado em 5 superfícies de controle:
- Quatro seções transversais CS1, CS2, CS3 e CS4, localizadas a 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m do queimador.
- Uma superfície cilíndrica – CS5: 1 m de comprimento e 0.5 m de diâmetro.



Entrada de ar secundário

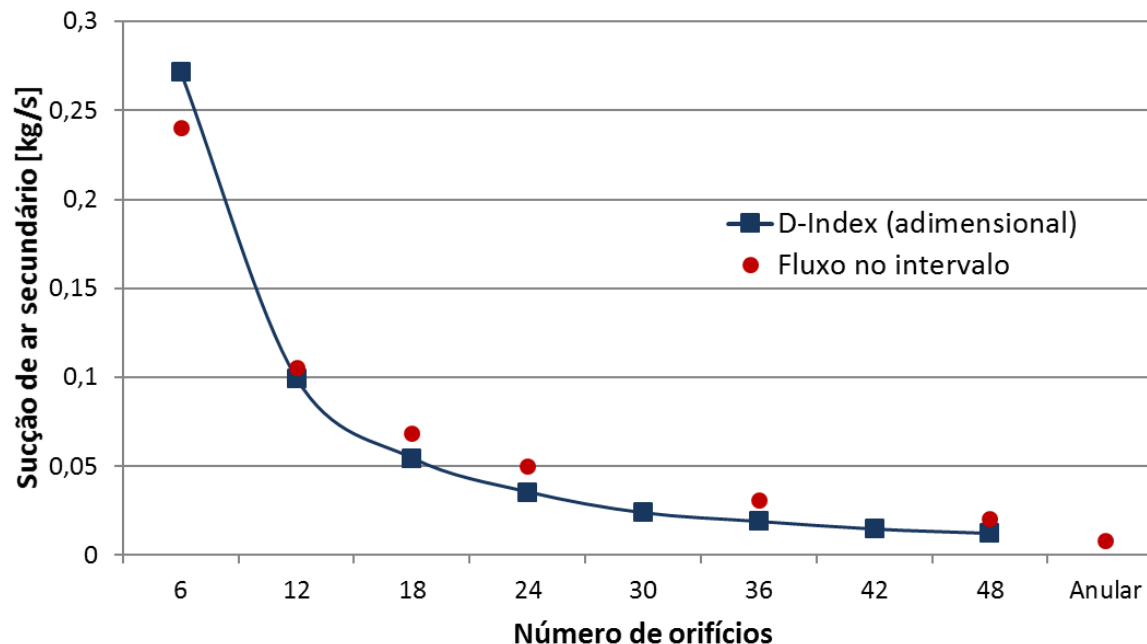
Resultados CFD: enquanto a influência dos jatos de ar externo prevalecer, uma distância maior entre esses orifícios favorece a aspiração de ar secundário



D-Index (Dynamis)

Relação entre a geometria da cabeça de queima e a sucção de ar secundário pelo queimador

$$\text{D-Index} = C \frac{d D_h}{R D_{h_eq}}$$



d : distância entre orifícios do externo

D_h : diâmetro hidráulico do canal de ar externo

R : distância do centro da cabeça de queima ao centro do canal do ar externo

D_{h_eq} : diâmetro hidráulico anular equivalente à área do canal de ar externo

C : constante

Cabeça de queima

A geometria da cabeça de queima é, de fato,
FUNDAMENTAL



≠



Avanços tecnológicos

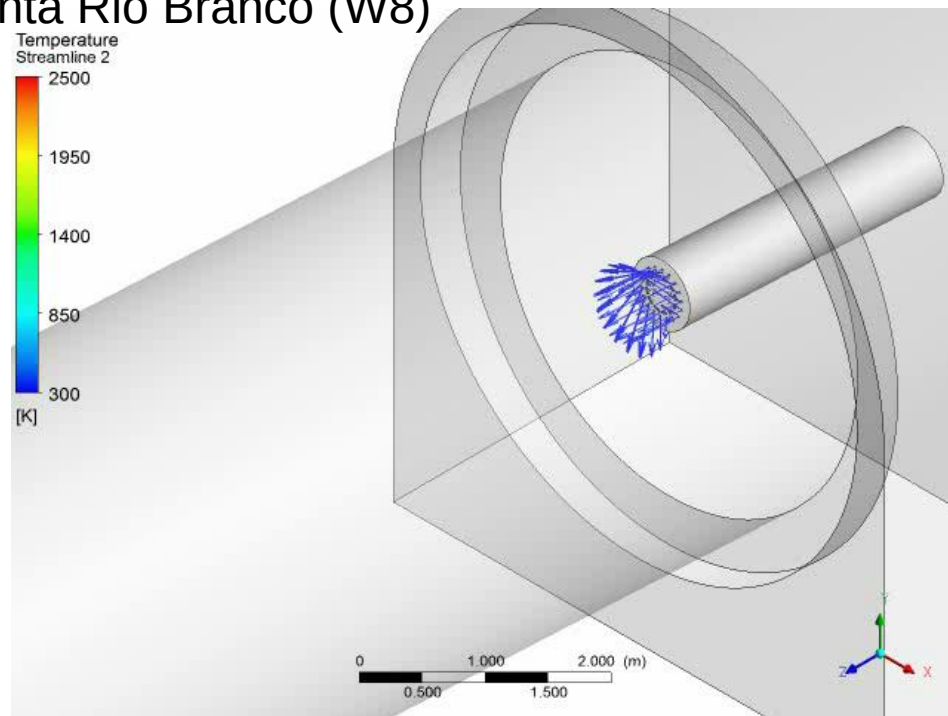
- Cabeça de queima com maximização da entrada de ar secundário desenvolvida com suporte de simulações numéricas da fluidodinâmica computacional – CFD
- Aumento da turbulência (aumento da pressão e da vazão dos fluxos de ar primário)
- Eliminação da fresta do canal de ar externo
- Disponibilidade operação 100% automática



Fornos operando com D-Flame

Queimadores instalados:

- Votorantim Cimentos – Cimesa (W1)
- Votorantim Cimentos – Planta Rio Branco (W8)
- InterCement – Ijaci (W1)
- Cimento Apodi
- Ibar

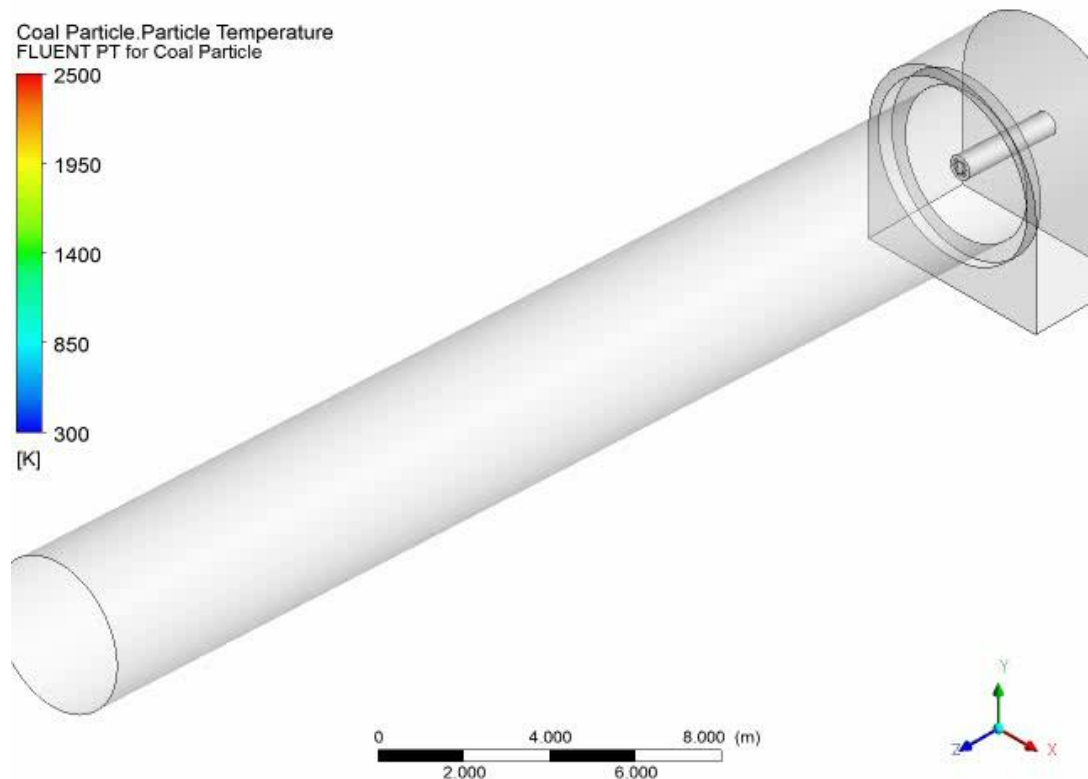


Linhas de fluxo dos ares externo e tangencial

Desempenho do D-Flame

Melhorias no processo:

- Cristais de C_3S menores, portanto maior reatividade do clínquer e aumento da capacidade de moagem
- Maior purga de enxofre, ou seja, menos colagem para combustíveis de alto teor de enxofre (coque de petróleo com 6,5% S)
- Aumento da campanha do refratário (em até 30%)
- Melhoria no desempenho de queima do forno
- Forno com operação mais estável e com resposta mais rápida às alterações de parâmetros pelos operadores



Trajetórias das partículas de combustível dentro do forno

Desempenho do D-Flame no W8 da Votorantim

Relatório técnico elaborado por Ricardo Pupim, fevereiro de 2016 – Rio Branco do Sul, PR

- **Retomada mais rápida** que o habitual, de acordo com os operadores: aquecimento e resposta do forno aos estímulos de aquecimento (4 horas de estabilização para 3800 tpd).

Tabela 1. Partidas pós parada programada



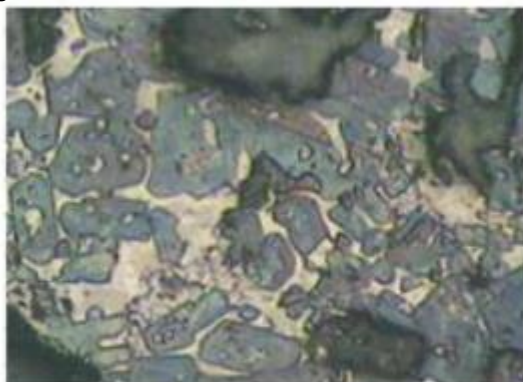
Data	Estabilização da alimentação (ton/dia)	Tempo para estabilização (h)
jan/16	3800	4
jun/15	3600	12
set/14	3600	6,5
jan/14	3420	13,5
mai/13	3220	5,5

- D-Flame propiciou **melhora no desempenho** de queima do W8
- **Aumento de produtividade**
- Indicação potencial de **aumento na reatividade** (no aguardo de testes mais conclusivos, como calorimetria)

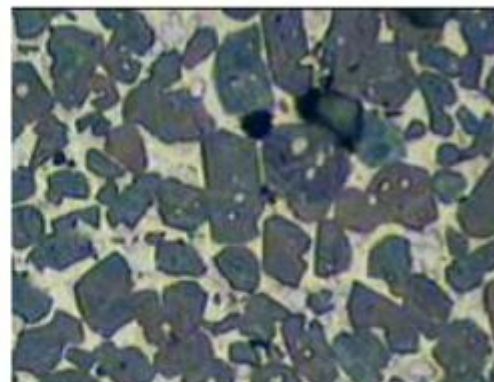
Desempenho do D-Flame no W8 da Votorantim

Relatório técnico elaborado por Ricardo Pupim, fevereiro de 2016 – Rio Branco do Sul, PR

- **Cristais de C_3S** : ~14% menores, idiomórficos, regulares e isentos de imperfeições



(a)



(b)



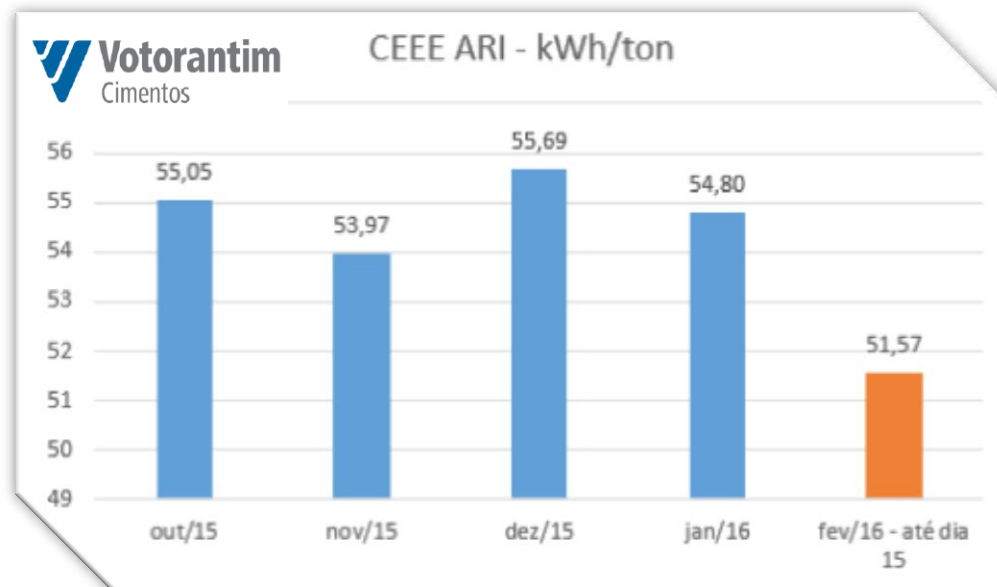
Figura 18. (a) cristais de C_3S de uma amostra de dezembro/2015. Aumento 200x (b) cristais C_3S de uma amostra de janeiro/2016. Aumento 200x

- Testes preliminares indicaram bom desempenho do queimador operando com coque de alto teor de enxofre. Mesmo com evidências de maior circulação de pó dentro do forno (maior porosidade do clínquer), **o aumento do momento do queimador foi capaz de compensar os efeitos negativos do enxofre.** Outros testes serão conduzidos para precisar a eficiência do queimador.

Desempenho do D-Flame no W8 da Votorantim

Relatório técnico elaborado por Ricardo Pupim, fevereiro de 2016 – Rio Branco do Sul, PR

- **Maior produtividade do moinho:** diminuição do CEEE de 55,7 kWh/ton em dez/15 para 51,6 kWh/ton em fev/16



- Injeção **do ar tangencial com 30 graus** possibilitou o uso de maior pressão sem consequências negativas na temperatura do casco
- Se se confirmarem as constatações da microscopia, há possibilidade de **ganhos ainda maiores de performance**



20 a 22 de Junho de 2016
São Paulo/SP



Obrigada

www.dynamis-br.com

Realização



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

