



# Webinar Carvão Nacional da Siderurgia

Palestrante

Dr. Juliana Gonçalves Pohlmann (Tecnored, Pós-doc LaSid/UFRGS)

Juliana.pohlmann@tecnored.com.br

Tema: Uso do carvão do Rio Grande do Sul na Siderurgia



#### Overview da utilização de carvão mineral do RS na Siderurgia

Década de 70-início 90 Processo industrial Redução Direta (SL/RN) Década de 90 Prospecção para uso na Coqueificação Anos 2000 Prospecção para uso na injeção em altos-fornos (PCI)











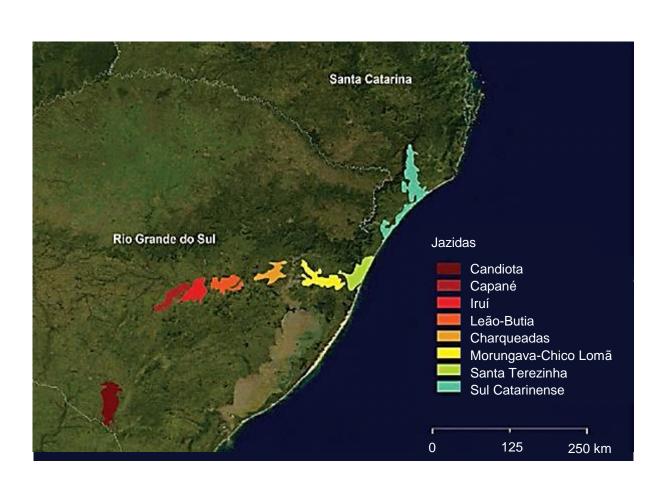




Pesquisa técnico-científicas com formação de recursos humanos

#### O carvão no Rio Grande do Sul





As reservas totais de carvões na Bacia do Paraná podem chegar a 32 bilhões de toneladas

Cerca de 90 % localizado no RS

Aumento do rank em direção Sudoeste-Nordeste

Sub-betuminoso A, R<sub>r</sub>% 0,40 (Candiota) à Betuminoso Alto Volátil A, R<sub>r</sub>% 0,88 (Santa Terezinha)

Teor de cinzas ROM até 55% que pode ser reduzido a cerca de 30% em jigues e a teores mais baixos em ciclones de mejo denso

# Utilização do carvão do RS na Redução Direta



#### Processo de redução direta em forno rotativo - SL/RN

Aços Finos Piratini - Gerdau, Charqueadas, RS Conceito de mini-mill integrada Período: 1973-1992, Produção: 60.000 t/ano

Carvão do Recreio

MV: 29 %, Cz: 33 %, S: 0,7 % ,PC: 4700 kcal/kg

Minério de ferro e pelotas ~ 66 % Fe

Carvão não-coqueificável com alto teor de cinzas utilizado como redutor pela primeira vez em escala industrial



# Utilização do carvão do RS na Redução Direta

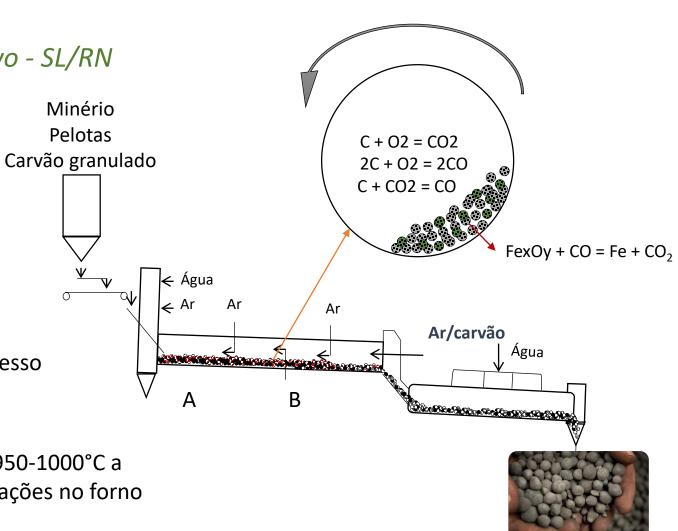


Processo de redução direta em forno rotativo - SL/RN

A redução dos óxidos de ferro ocorre através do CO formado pela reação de Boudouard

Quanto mais alta a reatividade do carvão, mais baixa a temperatura do reator e maior a produtividade do processo

A temperatura máxima deve ser mantida em torno de 950-1000°C a fim de evitar a fusão das cinzas e a formação de incrustações no forno



### Metodologias para o estudo de carvões do RS para PCI



Carvão Beneficiamento para redução do teor de cinzas e enxofre Utilização em misturas

Análise termogravimétrica (Termobalança)

Leito fixo
Taxa de aquecimento: 0,1-100 °C/min
Tempo de residência: min-horas
Regime I (reação química)
Combustão e
Reatividade de chars ao CO<sub>2</sub>



Forno de queda livre (Drop Tube Furnace – DTF)

Regime dinâmico Taxa de aquecimento: 10<sup>4</sup> K/s Tempo de residência: 0,5 - 1 s Variada disponibilidade de O<sub>2</sub>



DTF – INCAR (Espanha)

Simulador de PCI

Regime dinâmico

Taxa de aquecimento: 10<sup>6</sup> K/s Tempo de residência: 20 ms Variada disponibilidade de O<sup>2</sup>

Pressão: 2 - 4 bar



Simulador de PCI LaSid (UFRGS)

Técnicas complementares: petrografia, área superficial, DRX, etc.



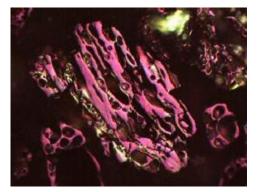
Carvão: Mina do Recreio

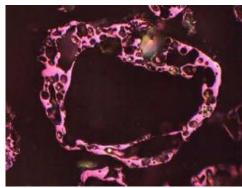
Refletância da vitrinita: 0,45 %

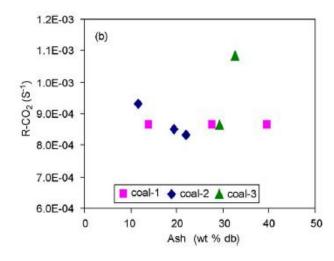
	ROM	Beneficiado indústria	Beneficiado laboratório
Cinzas Enxofre	39,6 %	27,8 %	13,9 %
	1,15 %	0,57 %	0,61 %
Álcalis	0,49 %	0,28 %	0,27 %
Vitrinita	37 %	50 %	66 %
Inertinita	34 %	32 %	18 %
Liptinita	8 %	8 %	9 %

Beneficiamento não teve efeito sobre a combustibilidade e reatividade ao CO<sub>2</sub> dos chars

Chars de estrutura isotrópica porosa, típica de alta reatividade



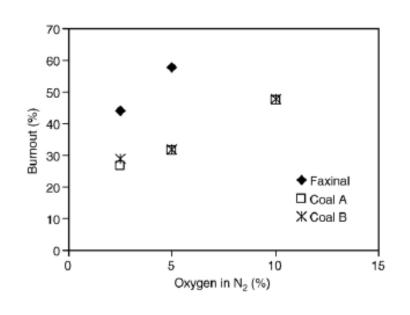


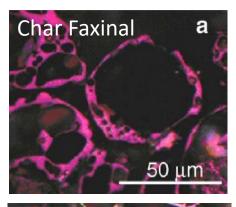


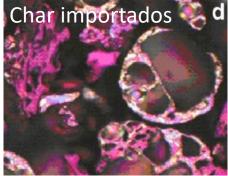
Fonte: Kalkreuth W, Borrego AG, Alvarez D, Menéndez R, Osório E, Ribas M, Vilela ACF, Cardozo Alves T. Exploring the possibilities of using Brazilian subbituminous coals for blast furnace pulverized fuel injection. Fuel 84, 2005, 763-772.

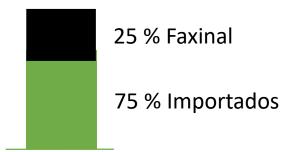


	Faxinal	Importado A	Importado B
Cinzas	17 % (beneficiado)	6,9 %	7,6 %
Matéria volátil	33,1 %	14,4 %	14,7 %
Enxofre	1,30 %	0,49 %	0,67 %
Rr	0,48 %	1,62 %	1,68 %
Vitrinita	91,0 %	51,8 %	58,2 %
Inertinita	< 5 %	48,2 %	41, 8%









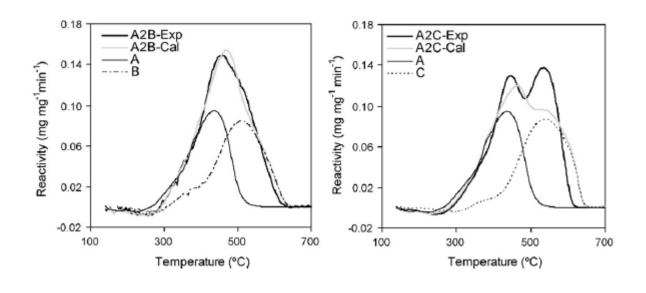


Maior combustibilidade e reatividade ao  ${\rm CO_2}$  do carvão Faxinal em relação aos carvões importados devido ao mais baixo rank e à presença de macerais reativos

Fonte: Osório E, et al. Evaluation of petrology and reactivity of coal blends for use in pulverized coal injection (PCI). Int J Coal Geol 68, 2006, 14-29.



	Faxinal	Importado	Coque de petróleo
Cinzas	15,7 % (beneficiado)	9,5 %	0,1 %
Matéria volátil	33,0 %	11,5 %	11,7 %
Enxofre	0,81 %	0,60 %	0,90 %
Rr	0,48 %	0,90 %	-
Vitrinita	91,0 %	63,3 %	-
Inertinita	< 5 %	32,2 %	-

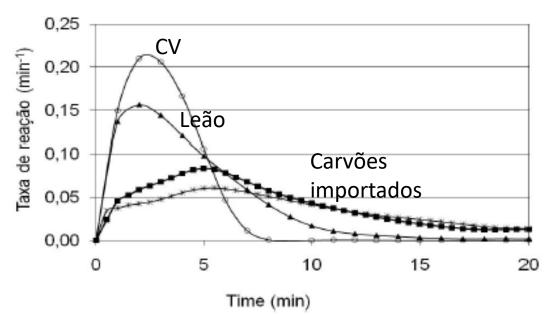


Faxinal + carvão importado: comportamento unimodal e de acordo com o esperado. Faxinal + Coque de petróleo: comportamento bimodal, mas intensificando a reação do CP.

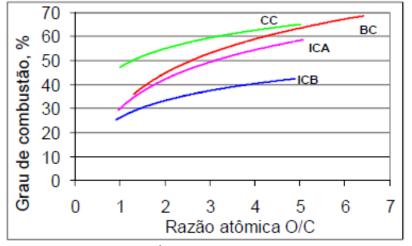
Fonte: Osório E, et al. Non-isothermal combustion behaviour of coal blends in a thermobalance as seen by optical microscopy. Thermochimica Acta 475, 2008, 1-7



	Leão	CV	Importado A
Cinzas	15,7 % (beneficiado)	4,6 %	9,5 %
Matéria volátil	38,7 %	21,8 %	27,7 %
Enxofre	1,0 %	0,1 %	0,6 %
Rr	0,47 %	-	0,92 %
Vitrinita	75,1 %	-	75,5 %



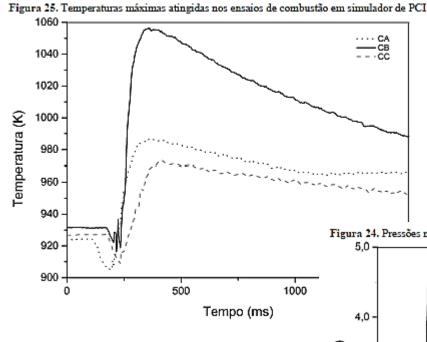
Combustibilidade e reatividade ao CO<sub>2</sub> do carvão do Leão mais próxima do CV do que de carvões importados de médio rank

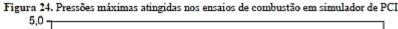


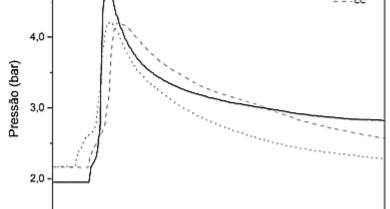
Fonte: Machado J. Estudo de reatividade e combustão de carvões minerais, carvão vegetal e misturas. Tese. PPGEM/UFRGS, 2009.



	Leão	CA	CC
Cinzas	18,9 % (beneficiado)	10,6 %	10,8 %
Matéria volátil	32,3 %	15,4 %	38,0 %
Enxofre	0,7 %	0,8 %	0,9 %
Rr	0,46 %	1,54 %	0,61 %
DT fusib	> 1500 °C	1220 °C	1360 °C







Tempo (ms)

1000

1500

500

Maior aumento de temperatura e de pressão comparados a carvões importados típicos de PCI

Fonte: Barbieri C. Avaliação da combustibilidade de carvão brasileiro para injeção em altos-fornos em simulador de PCI e em termobalança. Tese. PPGEM/UFRGS, 2018.

# Conclusões



### É tecnicamente viável a utilização do carvão do RS na siderurgia?

As perspectivas de emprego do carvão mineral não coqueificável do RS, do ponto de vista técnico, são amplamente favoráveis;
Carvões de elevada reatividade;
Teor de cinzas não inviabiliza o uso em processos de redução direta, como o SL-RN;
Possibilidade do uso em misturas com carvões importados ou outros carbonosos como carvão vegetal e coque de petróleo para injeção em altos-fornos;
Os altos teores de cinzas e enxofre podem ser reduzidos, sobretudo com investimentos em processos de beneficiamento, a fim de viabilizar o uso dos carvões do RS em misturas para PCI.



Obrigada pela sua atenção!