



COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS EM FORNOS CLÍNQUER EM PLANTAS DE PRODUÇÃO DE CIMENTO PORTLAND

Autores: Gustavo Pereira Tavares

Alexandre de Oliveira Lopes

Alessandro Ferreira Alves

Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG



CBC
6^o CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CIMENTO



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

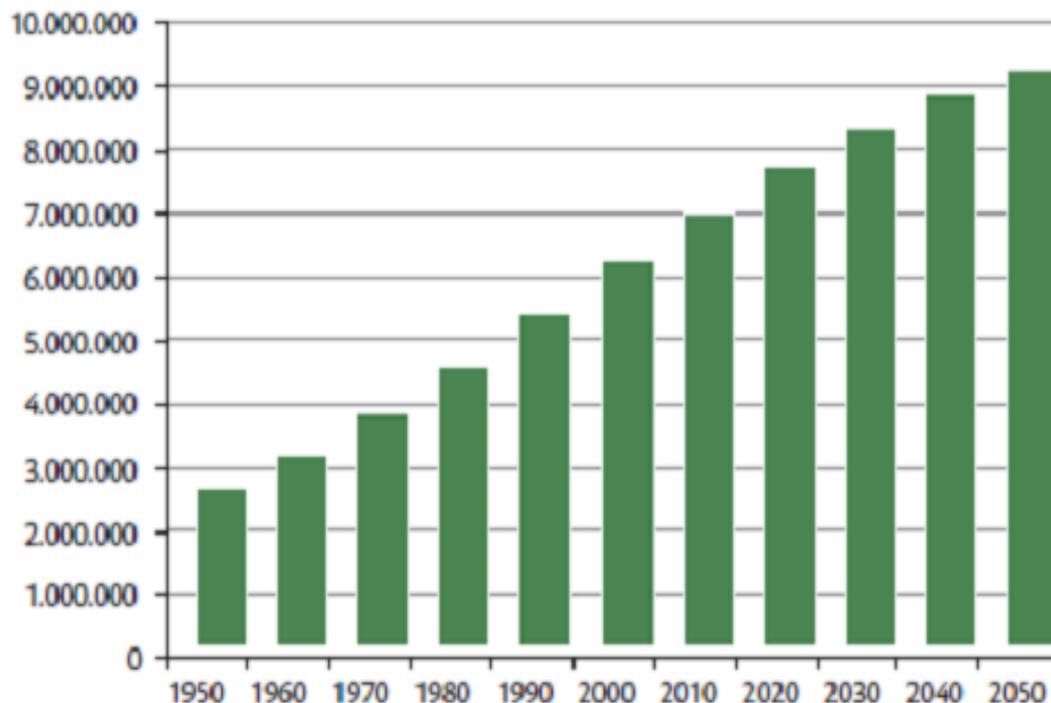


Introdução

- Neste trabalho pretende-se apresentar o processo produtivo do cimento e uma aplicação geral da técnica do coprocessamento, para procurar estabelecer um melhor parâmetro de aplicação da técnica visando o desenvolvimento sustentável.
- O coprocessamento é utilizado atualmente para a redução do consumo de energia térmica através do uso de resíduos como combustíveis alternativos em fornos de clínquer.

Cenário Mundial da Indústria do Cimento Portland

- Entre 1950 a 2010 aumento de 5 bilhões de habitantes;
- Em 2050 seremos 9 bilhões de habitantes;
- Correlação com os volumes de cimento



Fonte: ONU, 2009

Cenário Mundial da Indústria do Cimento Portland



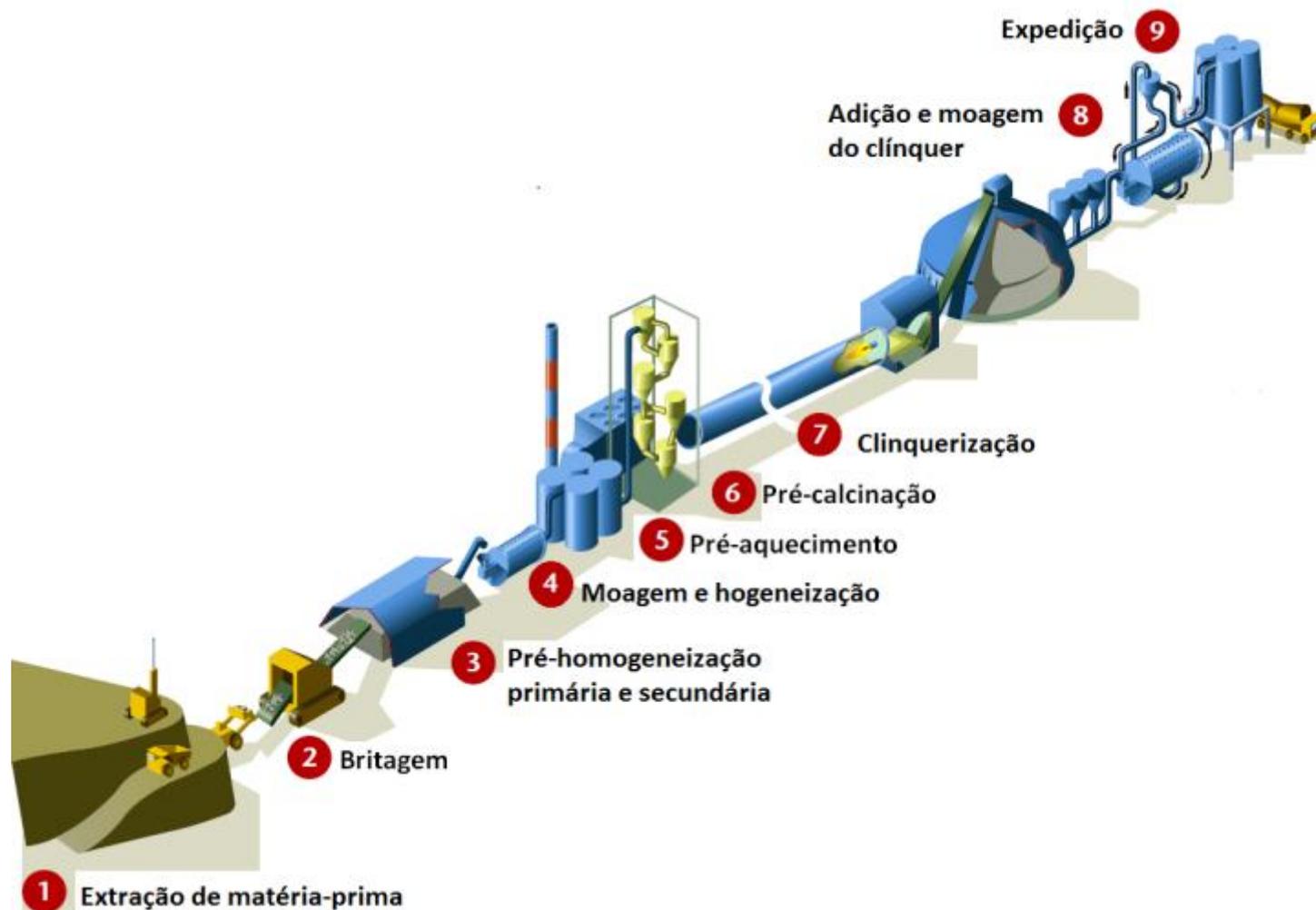
57% da produção e consumo mundial

Maiores Produtores de Cimento (milhões de toneladas)							
Países	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1. China	1.079,60	1.253,50	1.379,00	1.401,20	1.657,10	1.868,00	2.080,00
2. Índia	146,8	162	172,9	186,1	190	215,5	240,5
3. Estados Unidos	99,4	98,2	95,5	86,5	64	64,9	67,9
4. Turquia	45,6	49	50,8	53,4	57,6	62	67,8
5. Irã	32,7	35,3	40	44,4	48,8	61,3	66,4
6. Brasil	39,2	42,4	47,2	52,3	52,1	59,2	64,1
7. Japão	72,7	73,2	71,4	67,6	59,6	54	56,4
8. Rússia	49,5	55,2	60,1	53,5	45,7	50,4	56,1
9. Vietnã	30,8	32,7	35,8	36,3	47,7	55	52
10. Arábia Saudita	26,1	27,1	30,4	37,4	37,8	41	48,4
11. Coreia do Sul	49,1	51,4	54,4	55,1	52,2	47,4	48,3
12. Egito	38,9	39,2	40,1	40,1	46,9	48,2	45,4
13. Indonésia	36,1	38,1	39,9	41,8	39,7	39,5	45,2
14. México	35,4	38,4	39,2	37,7	35,4	34,5	35,4
15. Alemanha	31	33,6	33,4	33,6	30,4	30,2	33,5
Total Mundial	2.344,80	2.608,00	2.797,70	2.841,50	3.033,00	3.345,00	3.638,00

Maiores Consumidores de Cimento (milhões de toneladas)							
Países	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1. China	1.058,30	1.218,10	1.345,30	1.369,90	1.622,20	1.851,00	2.050,00
2. Índia	133,7	152,6	166,4	181,5	185,1	211,8	236,9
3. Estados Unidos	128,3	127,4	114,8	96,8	70,5	68,6	72,2
4. Brasil	37,7	41	45,1	51,6	51,9	60	65
5. Rússia	46,6	52,5	60,5	60,3	44	49,7	57,4
6. Irã	31,3	34,8	40	43,5	47,8	56	56,4
7. Turquia	35,1	41,6	42,5	40,6	41,1	46	55,7
8. Vietnã	30,9	32,7	35,5	40	47,9	50,2	49,2
9. Egito	31,9	34,3	36,8	39,6	47,9	49,6	48,7
10. Indonésia	31,5	32	34,2	38,1	38,5	40,7	48
11. Arábia Saudita	24,7	25	26,6	35	36,6	40	47
12. Coreia do Sul	46,3	48,4	50,8	50,6	48,5	47	44,7
13. Japão	59	58,6	56,8	51,4	44,3	41,8	42,1
14. México	32,7	35,9	36,8	35,1	34,4	33,9	34,4
15. Itália	46,1	46,9	46,4	41,8	36,1	34	32,8
Total Mundial	2.333,70	2.588,20	2.778,80	2.824,00	3.004,70	3.294,00	3.583,00

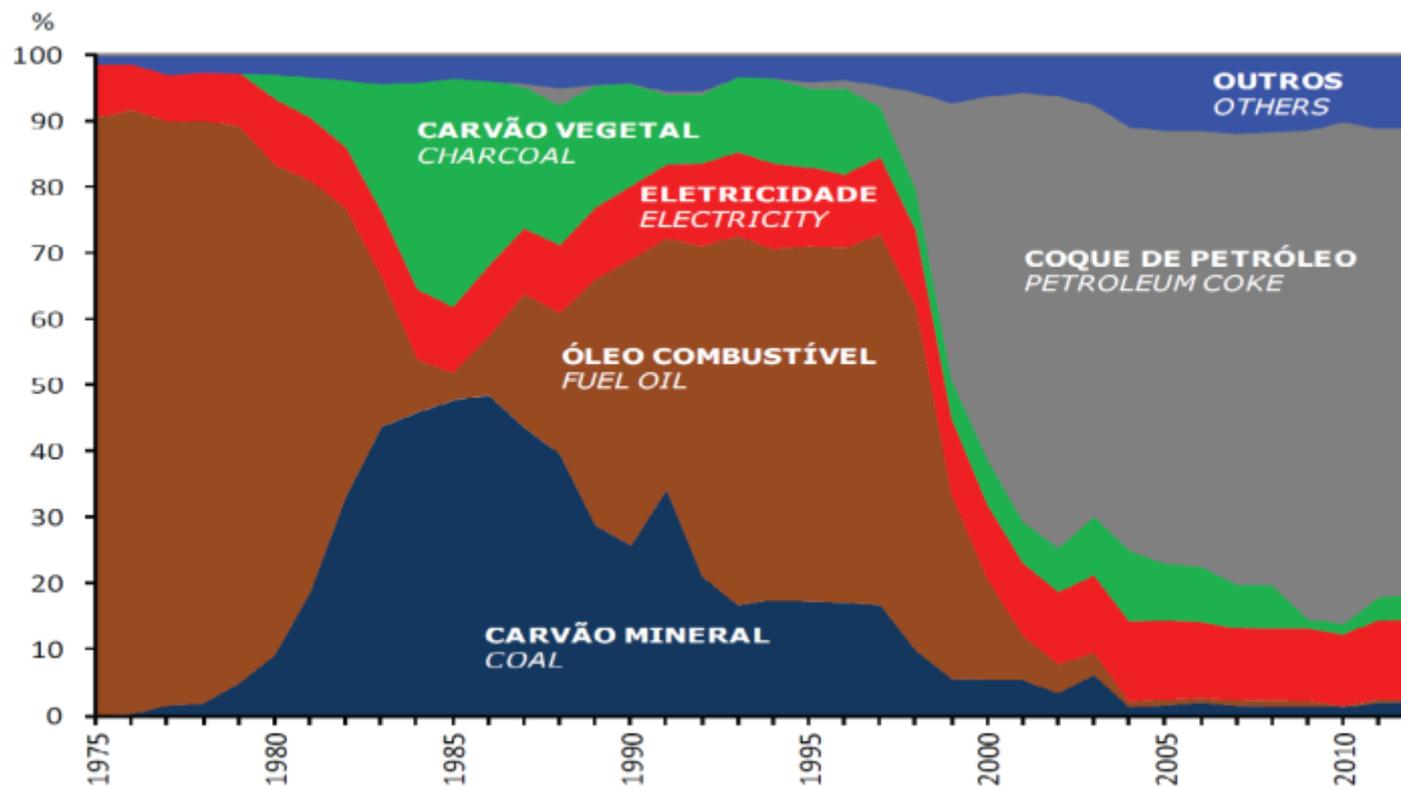
Fonte: SNIC, 2012

Processo de Fabricação do Cimento Portland



Combustíveis da Indústria Cimenteira

- Tipos de combustíveis utilizados no setor cimenteiro.



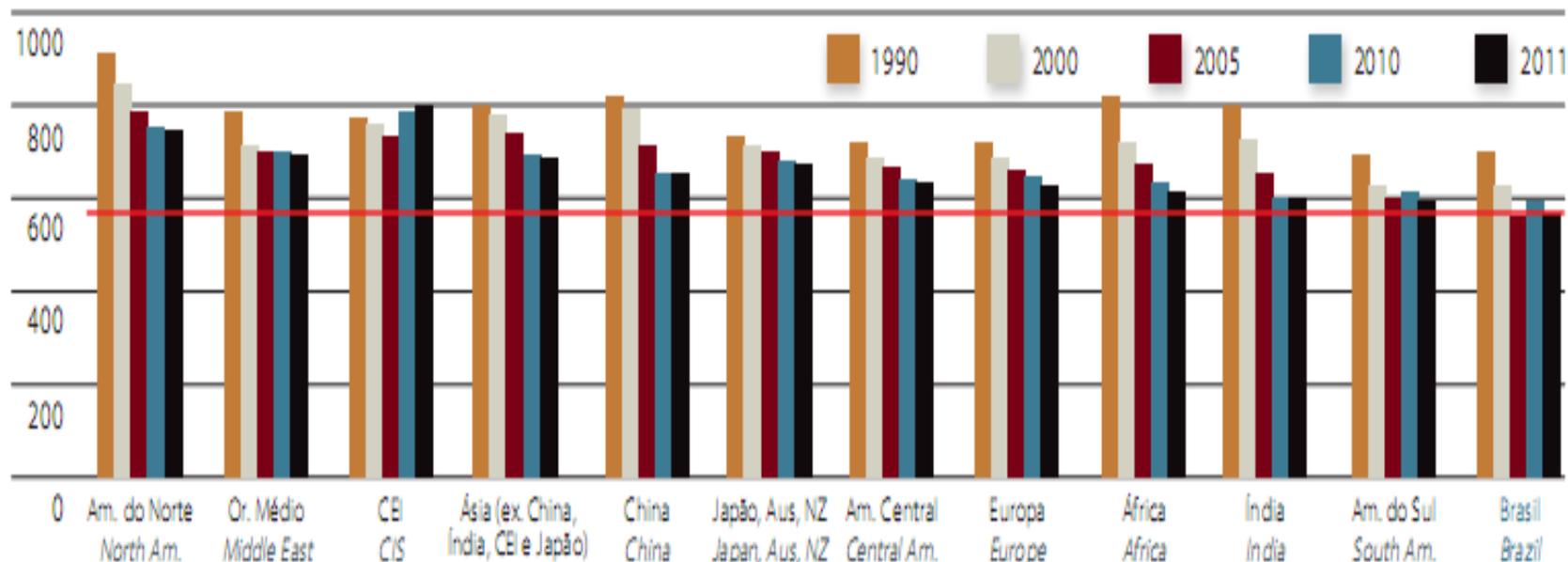
Fonte: EPE(2013)

Emissões de Poluentes da Indústria Cimenteira

- O Brasil é o país que apresentou o menor de índice de emissão de CO₂ por tonelada de cimento no ano de 2011.**

Emissão média de CO₂ por Tonelada de Cimento

CO₂ emissions per tonne of cement



Emissões de Poluentes da Indústria Cimenteira

- No ano de 2009 foi aprovada a Política Nacional de Mudanças Climáticas, mas em 2011 que teve a sua regularização que tinha o seguinte objetivo de redução de 36% a 39% das reduções de emissões de gases do efeito estufa (GEE) até 2020.
- As emissões saem forma de gás e sólido dos seguintes poluentes: monóxido de carbono (CO), oxido de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂) , material particulado e demais metais pesados etc. Estas emissões causa vários tipos de danos ambientais, por exemplo: acidificação, eutrofização, destruição da camada de ozônio etc.

- **Tipos de combustíveis proibidos de serem coprocessados.**

Tipos de Resíduos Proibidos de Serem Coprocessados
Resíduos hospitalares não-tratados;
Lixo doméstico não-classificado;
Explosivos;
Elementos radioativos;
Pesticidas;
Fossas orgânicas;
Materiais com alto teor de metais pesados;
Materiais com alto teor de cloro;
Materiais com baixo poder calorífico ou sem contribuição na substituição de matérias-primas.

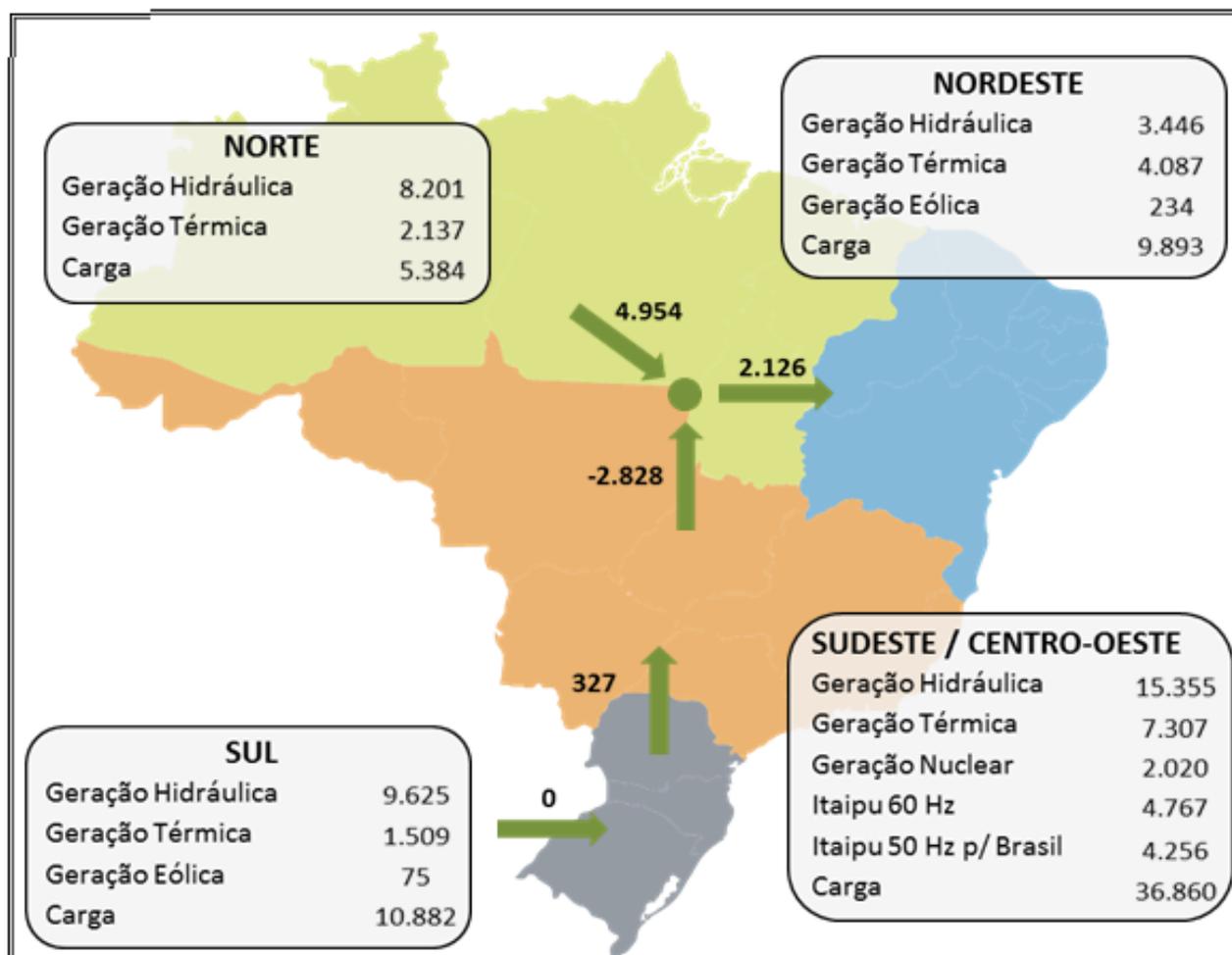
Combustíveis da Indústria Cimenteira

- Matriz energética da indústria cimenteira.

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO SETOR CIMENTEIRO BRASILEIRO (em porcentagem)										
FONTES	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CARVÃO MINERAL	6,1	1,2	1,6	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,9	2
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3,3	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,2	0,4	0,3
ELETRICIDADE	11,8	12,2	12	11,5	11	11	11,1	11	12,2	12,3
CARVÃO VEGETAL	8,9	10,8	8,7	8,5	6,6	6,7	1,5	1,5	3,5	3,6
COQUE DE PETRÓLEO	62,4	64,2	65,5	66	68,3	68,6	74	76	70,9	70,7
OUTRAS	7,4	10,8	11,4	11,4	11,7	11,5	11,3	10	11	11,1
TOTAL	100									

Balanço Diário de Energia – Mwmed

:20/05/2014



Coprocessamento no Brasil



- No ano de 2012 no Brasil das 51 plantas de produção de cimento Portland instaladas apenas 36 estão licenciadas para o coprocessamento de resíduos.

Coprocessamento de Pneus Inservíveis



Pneus inservíveis

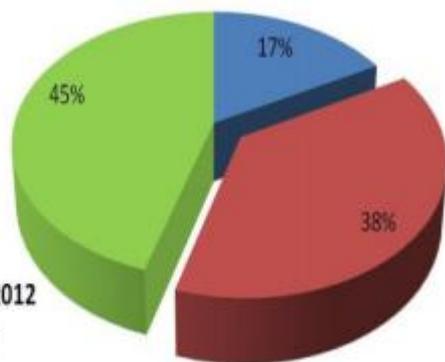
Composição química e PCI do pneu			
COMPOSIÇÃO QUÍMICA		TEORES	
Carbono	(C)	%	80,97
Hidrogênio	(H)	%	7,5
Nitrogênio	(N)	%	N.D.
Enxofre	(S)	%	1,44
Cinzas	(Z)	%	3,49
Umidade	(U)	%	0,28
Poder Calorífico Superior	(PCS)	kcal/kg	8.808
Poder Calorífico Inferior (1)	(PCI)	kcal/kg	8.428
Poder Calorífico Inferior (2)	(PCI)	kcal/kg	6.727

(1) Separação de aço (2) Sem processamento

Coprocessamento no Brasil

- É possível observar que no período de 2001 a 2012 houve um aumento cerca de 1.000 milhões de toneladas de resíduos coprocessados no Brasil.

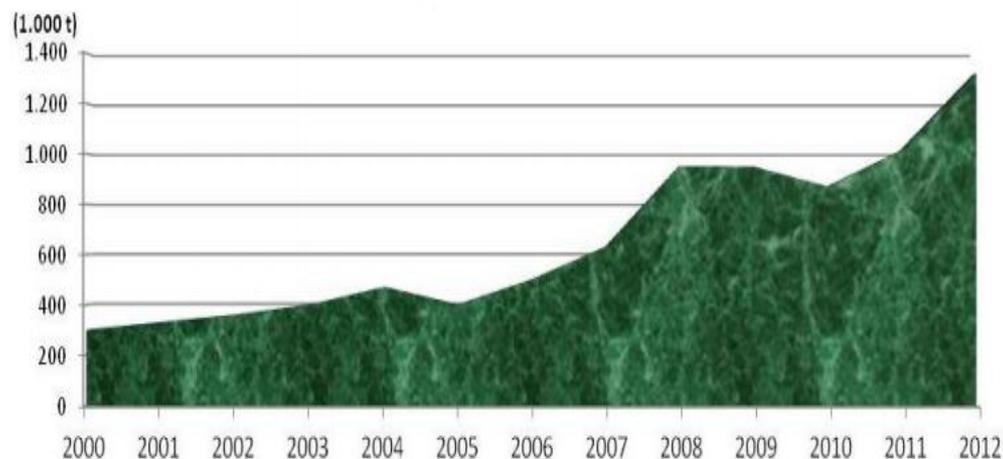
Perfil dos Resíduos Coprocessados
ano base 2012



Resíduos coprocessados 2012
1,32 milhão de toneladas

- Pneus (%)
- Resíduos como substitutos de matéria-prima (%)
- Resíduos co-processados com potencial energético (%)

Resíduos coprocessados no Brasil



Combustíveis da Indústria Cimenteira

- No Brasil durante o ano de 2012, foram cerca de 45 milhões de pneus de automóveis coprocessados (Reciclanip,2013).
- Nos Estados Unidos em 2001 foram gerados cerca de 281 milhões de pneus usados, sendo que 73% destinados aos fornos clínquer (EPA,2012).
- O blend é feito a partir da mistura de diferentes resíduos industriais compatíveis, com o objetivo de formar um produto homogêneo, com suas propriedades físico-químicas constantes.

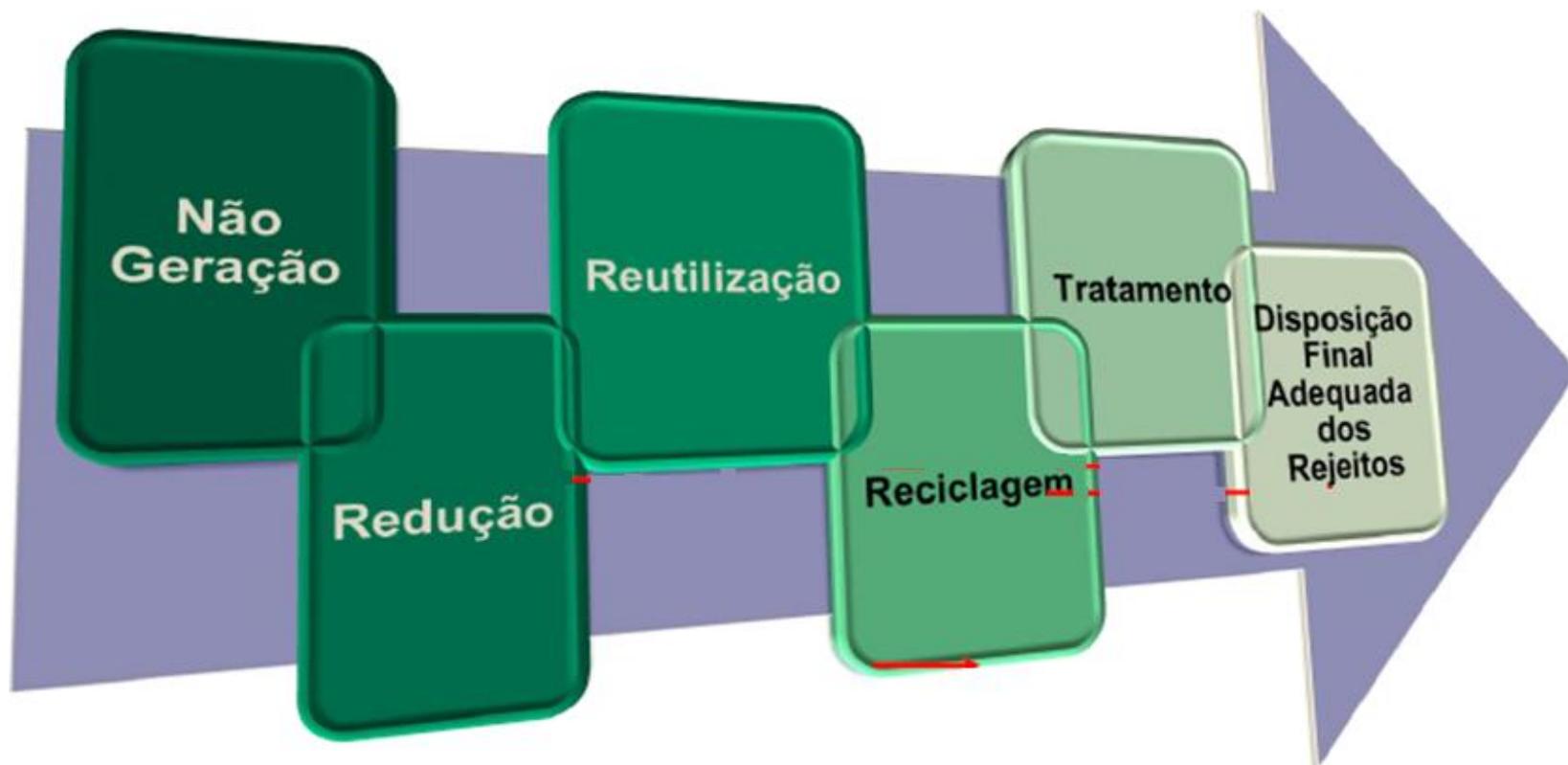
Legislação Ambiental

- A lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece diretrizes relativas a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Desta maneira a indústria cimenteira, se apresenta como alternativa ambientalmente segura para estes resíduos.
- O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos que tem o objetivo de instituir os procedimentos para a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e demais trabalhos

Logística Reversa: Mudança Cultura



HIERARQUIA DAS AÇÕES NO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (ART. 9º)



DESTINAÇÃO FINAL

- **Lei 12.305/2010- Política Nacional de Resíduos Sólidos, PNRS;**
- **CONAMA 416/2009 - Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada;**
- **CONAMA 264/1999 - Dispõe sobre o Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos;**
- **CONAMA 316/2002 - Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos;**
- **NBR 10.004/2004 – Dispões sobre a classificação de Resíduos Sólidos;**

POLUENTE	LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO
HCL	1,8 kg/h ou 99% de redução
HF	5 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
CO*	100 ppmv corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
MP	70 mg/Nm ³ farinha seca corrigido a 11% de O ₂ (base seca)
THC (expresso como propano)	20 ppmv corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)

* As concentrações de CO na chaminé não poderão exceder a 100 ppmv em termo de média horária.

- **A Resolução do CONAMA n 316/2002 estabelece padrões e normas para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. O mesmo estabelece o monitoramento periódico das seguintes emissões: dioxinas e furanos.**

Conclusão

- **Concluimos que avaliando o cenário mundial de produção e consumo do cimento Portland é notório o seu crescimento. Embora houveram avanços significativos na tecnologia de produção garantindo assim um menor consumo por tonelada de cimento produzido, este ramo continua demandando um grande volume energético. Sendo considerado um segmento energo-intensivo.**
- **Na atualidade a principal fonte energética das cimenteiras é o coque de petróleo, assim sendo, sujeito as variações do mercado de petróleo. O coprocessamento de resíduos industriais em fornos de cimento vem reduzir o consumo de coque e viabilizar a destinação ambientalmente correta. Esta participação na matriz energética somente foi viabilizada devido aso avanços ocorridos no monitoramento e controle das emissões associados a automação dos processos.**
- **O coprocessamento vem se firmando dando inicio a um novo ramo denominado blendeiras. Que vem apoiar as cimenteiras a garantir um combustível a partir de resíduos que atendam aos critérios de emissões previsto em lei.**



Muito obrigado a todos!

Email: alexandre.lopes@unis.edu.br

Email: gustavo_tavares99@hotmail.com



CBC
6^o CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CIMENTO



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

