





### NANOTUBOS DE CARBONO

"Um caminho para a sustentabilidade dos materiais cimentícios"









### **O CTNanotubos**

- Centro de Pesquisa em produção e aplicação de nanotubos de carbono
- Instalado no **BHTec** e vinculado à Universidade Federal de Minas Gerais **UFMG**
- Áreas de Pesquisa:

**Polímeros** 

Cimentos

Materiais Compósitos

Disposição de Resíduos

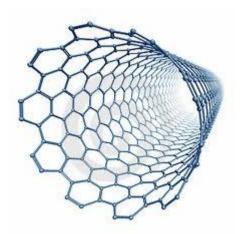
- Equipe multidisciplinar:

Engenheiros

**Físicos** 

Químicos

Biólogos

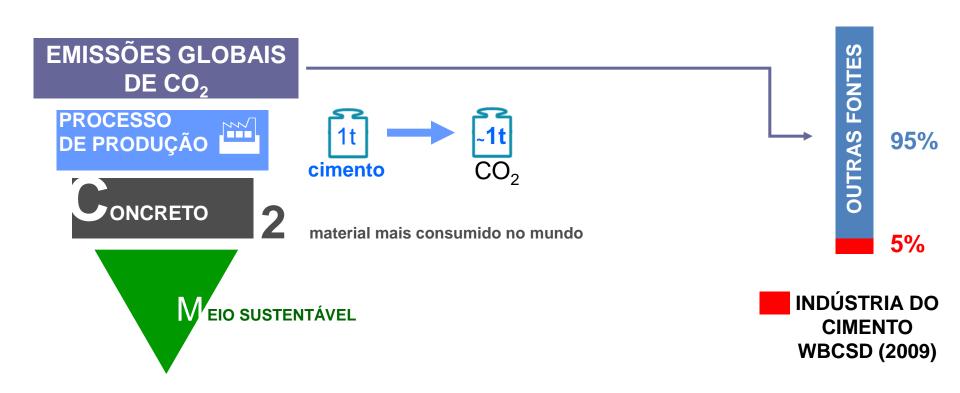








### O impacto ambiental da industria do cimento



O QUE FAZER PARA NÃO PERDER O EQUILÍBRIO?





## O que fazer para não perder o equilíbrio?

#### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### **COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS**

### **ADIÇÕES**

## FERRAMENTAS SUSTENTÁVEIS sustainability tools

MEHTA, P. K., Global Concrete Industry Sustainability - tools for moving forward to cut carbon emissions, Concrete International, fev 2009, pp. 45-48.

**USO DA TECNOLOGIA** 

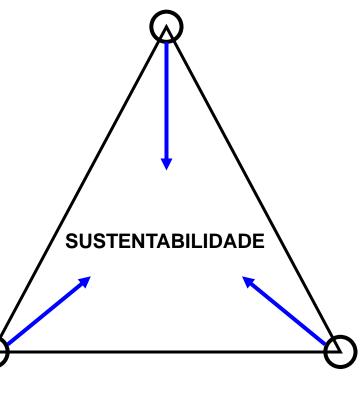




## Ferramentas Sustentáveis (Uso da tecnologia)

Consumir menos concreto (Estruturas otimizadas)

MODELO PROPOSTO POR MEHTA (2009)



Consumir menos cimento (traços otimizados)

Menor Consumo de clínquer







### Uso da nanotecnologia

Desenvolvimento do CTNanotubos:

Processo de síntese de NTCs e NFCs diretamente sobre o clínquer. LADEIRA et al., (2008)

Processo aplicável para a produção em larga escala

Uso de resíduos siderúrgicos como matéria prima

Permite melhor dispersão do material nanoestruturado na matriz de cimento

Resulta em um compósito (pasta, argamassa ou concreto) de alto desempenho:

Melhor comportamento mecânico Modificações benéficas na microestrutura





## Clínquer nanoestruturado

#### Características dos NTCs e NFCs:

Segundo LUDVIG et al. (2011)

- Diâmetro: entre 30 e 100 nm;
- Comprimento: podendo chegar a dezenas de mícrones;
- Morfologia variada;
- O teor em NTCs e NFCs do clínquer nanoestruturado foi da ordem de 10 %.

#### Vantagens:

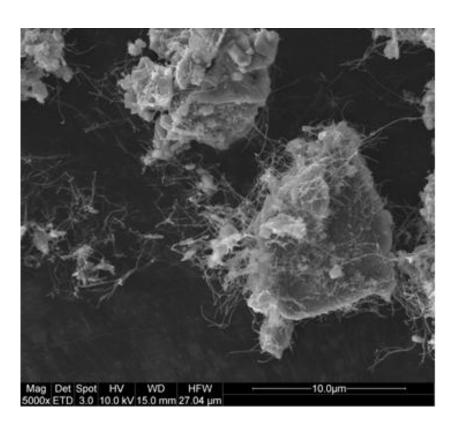
- NTCs com melhor dispersão na matriz cimentícia;
- Desenvolvimento de pontes entre os produtos hidratados, conferindo maior resistência da matriz cimentícia;
- Melhor refinamento dos poros na matriz cimentícia

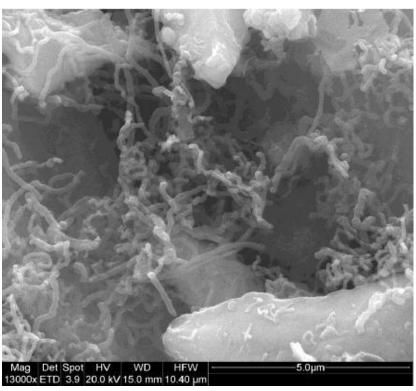




## Clínquer nanoestruturado

Imagens de MEV dos NTCs e NFCs sintetizados nas partículas de clínquer.





Fonte: LUDVIG et al. (2011)

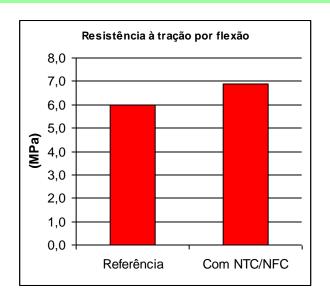




## Investigação científica (Resultados)

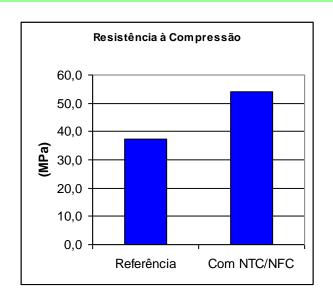
#### Propriedades mecânicas:

- Resultados mostraram ganho de resistência à compressão e à tração das argamassas.



-Tração: Ganho de 15 %.

Valores semelhantes aos obtidos por (MELO *et al.*, 2011).



Compressão: Ganho de 43%.



Aplicação de NTC s de alta qualidade





## Investigação científica (Análise comparativa)

#### Características das argamassas ensaiadas:

- Nanoestruturada: Teor de NTC/NFC do traço foi de 0,3 % com relação ao peso de cimento;
- Referência: sem adição de clínquer nanoestruturado;
- Corpos de prova com idade de 28 dias;

#### Microestrutura da argamassa nanoestruturada:

- Análise de adsorção gasosa mostraram um aumento de 40 % da área superficial específica e uma redução de 20 % do diâmetro médio dos poros;
- Aumento de 2 % da densidade foi observado pela picnometria de hélio;





#### Discussões finais

A adição de clínquer nanoestruturado às argamassas resultou em:

- Ganhos significativos de resistências;
- Refinamento dos poros, propiciando uma matriz com, possivelmente, maior durabilidade;
- Análises mostraram que não ocorreram mudanças no tempo de pega, trabalhabilidade e adensamento.

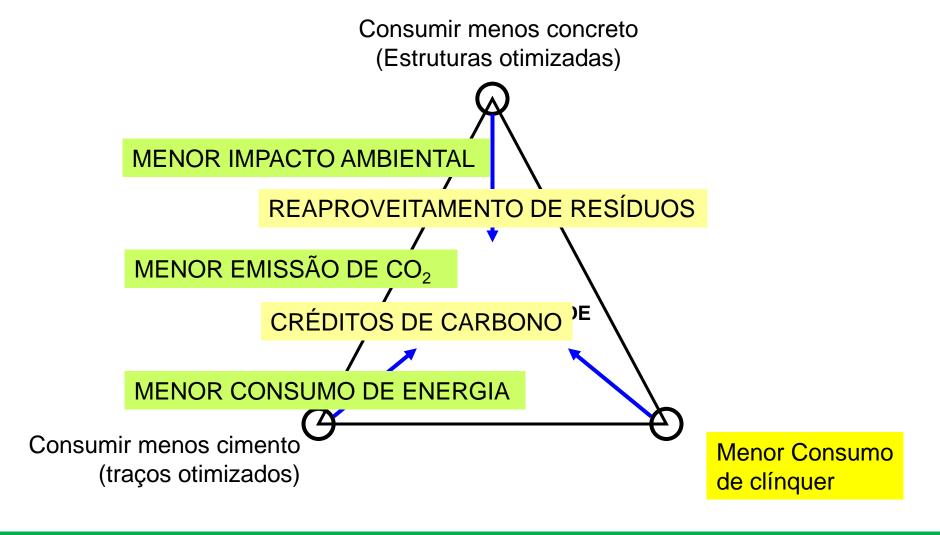
De qual maneira os NTCs podem representar um caminho para a sustentabilidade?

Se voltarmos ao modelo proposto por Mehta (2009)





## Discussões finais (Retornando ao modelo de Mehta (2009))







## **Agradecimentos**

# INTERCEMENT DO BRASIL SA PETROBRÁS

INCT – Instituto Nacional de Carbono

**FAPEMIG** 

CAPES/Procad

Centro Microscopia da UFMG

Magnesita SA

Organização do 6 CBC





## **Agradecimentos**

#### **MUITO OBRIGADO!**

Tarcizo Cruz
Eng. Civil – Mestrando DEMC/UFMG
Pesquisador Assistente - CTNanotubos

tarcizo-cruz@ufmg.br

