



Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto

CONS
TRUINDO
CONHECIMENTO
by CONCRETESHOW

TECNOLOGIA ULTRASSÔNICA APLICADA À PRODUÇÃO DE CONCRETO VISANDO A REDUÇÃO DE EMISSÕES E CUSTOS

Prof. Dr. Ricardo Couceiro Bento

19-21 AGO 2025 • SÃO PAULO EXPO • BRASIL

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA EM CONCRETO

Especialmente na produção de concreto pré-fabricado é imprescindível uma **alta resistência inicial** para a manutenção dos ciclos de produção

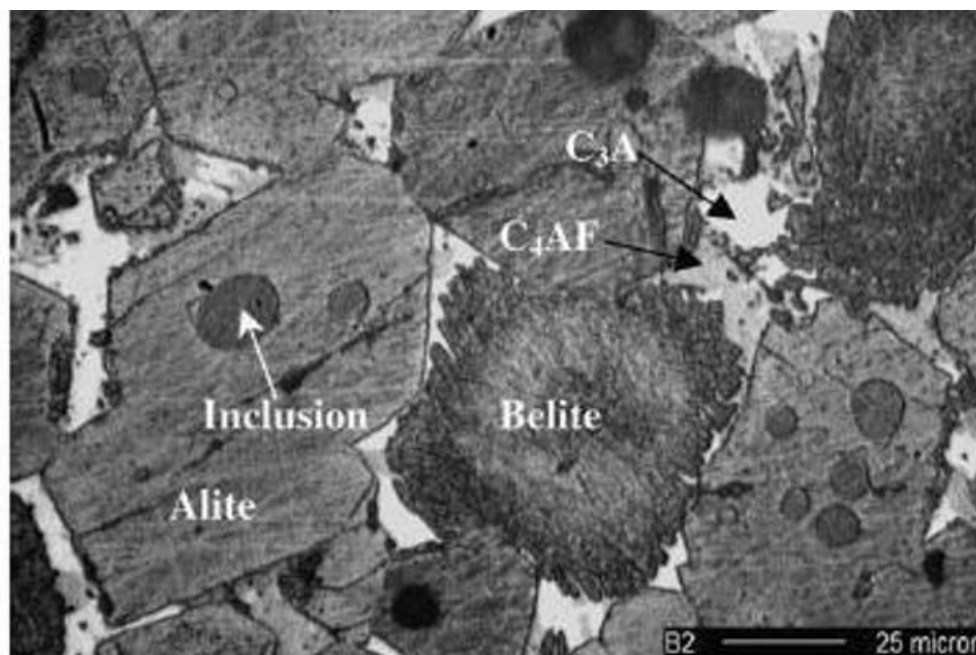


Métodos utilizados para acelerar a velocidade de hidratação do cimento

- Cimentos com alto teor de clínquer (CP V)
- Maiores consumos de cimento
- Aplicação de aditivos químicos
- Tratamento térmico

Em termos de mineralogia, o cimento Portland comum (CPC) é composto por:

- 50 a 70% de silicato tricálcico impuro (alita: C_3S) como mineral principal,
- 15 a 30% de silicato dicálcico (belita: C_2S),
- 5 a 15% de tricálcio aluminato (aluminato: C_3A) e
- 5 a 10% de tetracálcio aluminoferrita (ferrita: C_4AF) e uma pequena quantidade de gesso.



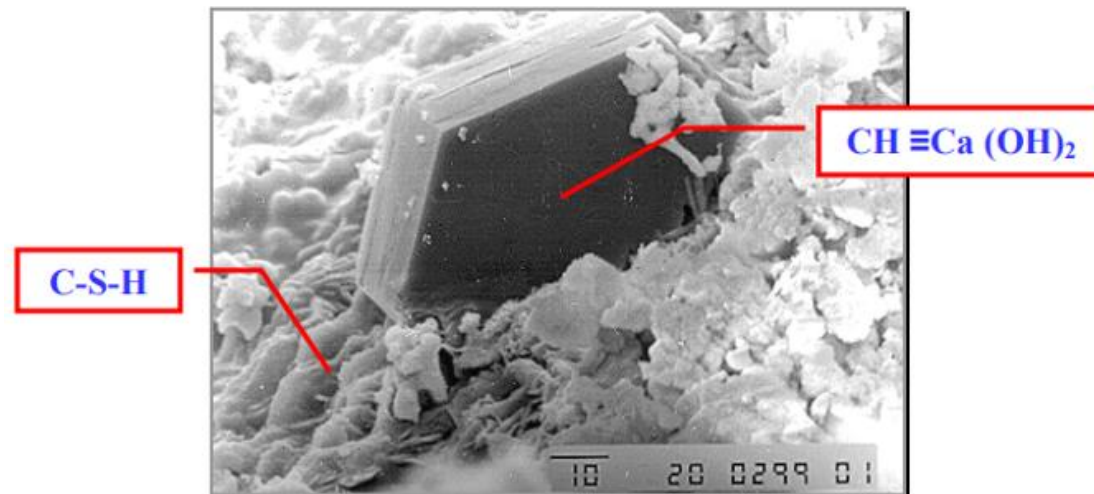
Micrografia ótica do clínquer, com a presença dos principais componentes do cimento Portland. Fonte: Ballim & Graham (2004).

O principal produto da hidratação da alita (**C3S**) são os silicatos de cálcio hidratados (**C-S-H**), em uma fase quase amorfa e Portlandita.

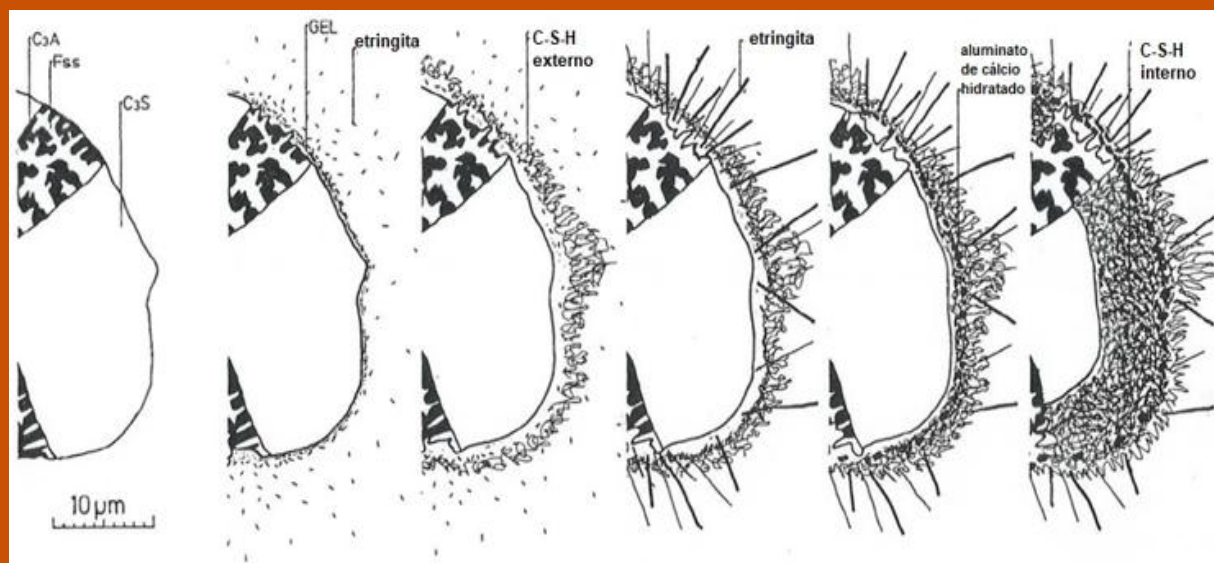
A formação do **C-S-H** ocorre em um processo de **precipitação** da solução.

A cristalização pode ser descrita como **nucleação heterogênea e subsequente crescimento da nucleação**.

Estudos indicam fortes evidências de que o processo é **autocatalítico**, de modo que o produto em gel **C-S-H estimula a sua própria formação**.



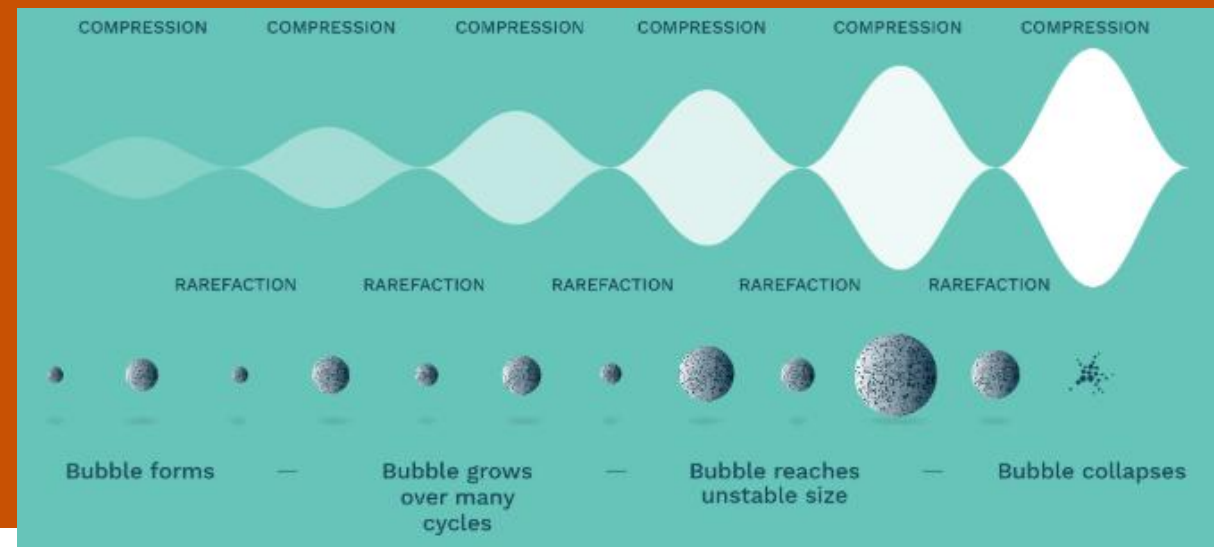
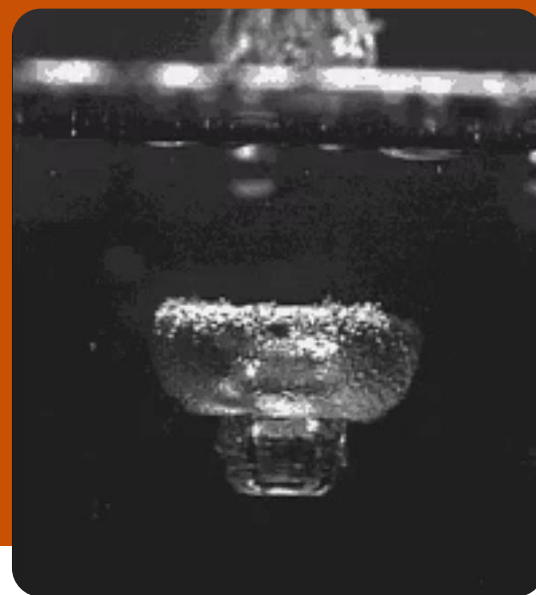
Desenvolvimento da microestrutura do grão de cimento com a hidratação

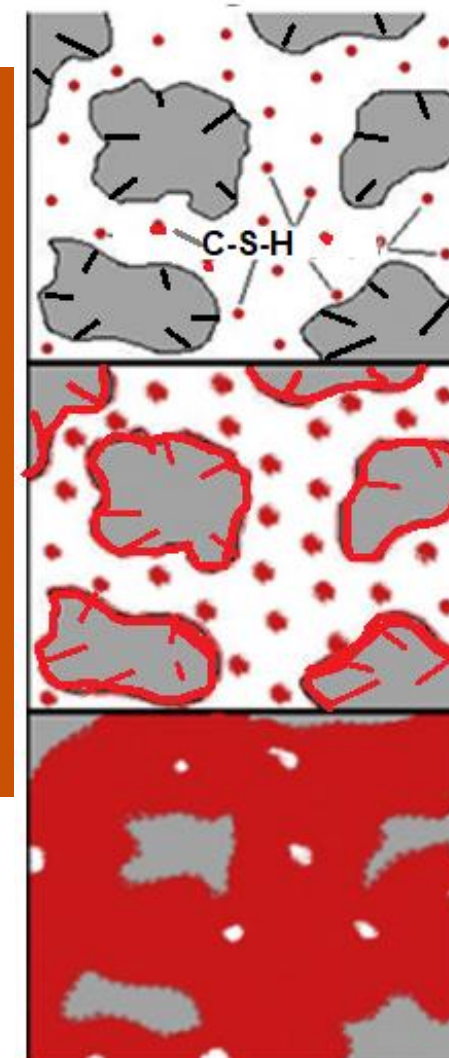
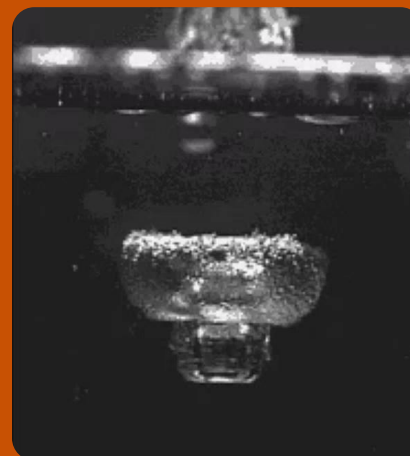
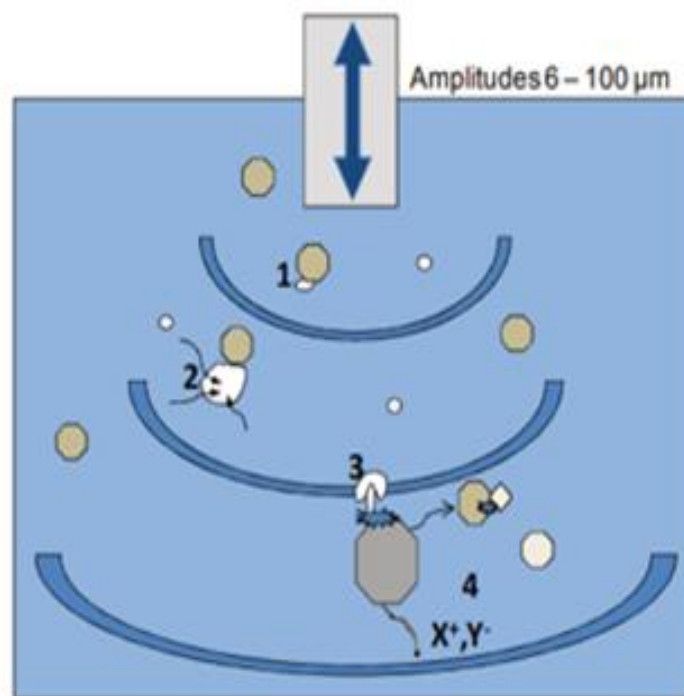


Cavitação Acústica

Formação, crescimento e colapso de microbolhas de gases na fase líquida.

O ultrassom é transmitido através de um material da mesma forma que uma onda sonora por meio de uma série de ciclos de compressão e rarefação





Cavitação em suspensões cimentícias:

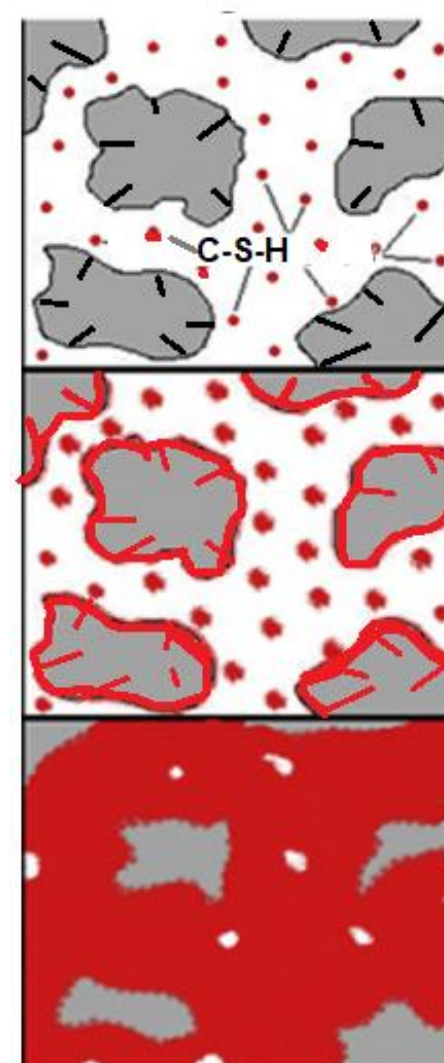
A implosão das bolhas de cavitação gera áreas localizadas de **altas temperaturas** e **pressão** e deriva a formação de “**ondas de choque**” e “**correntes de jatos**”, resultando em:

- **Redução do tamanho das partículas,**
- **Colisões de partículas**
- **Ativação de superfícies**

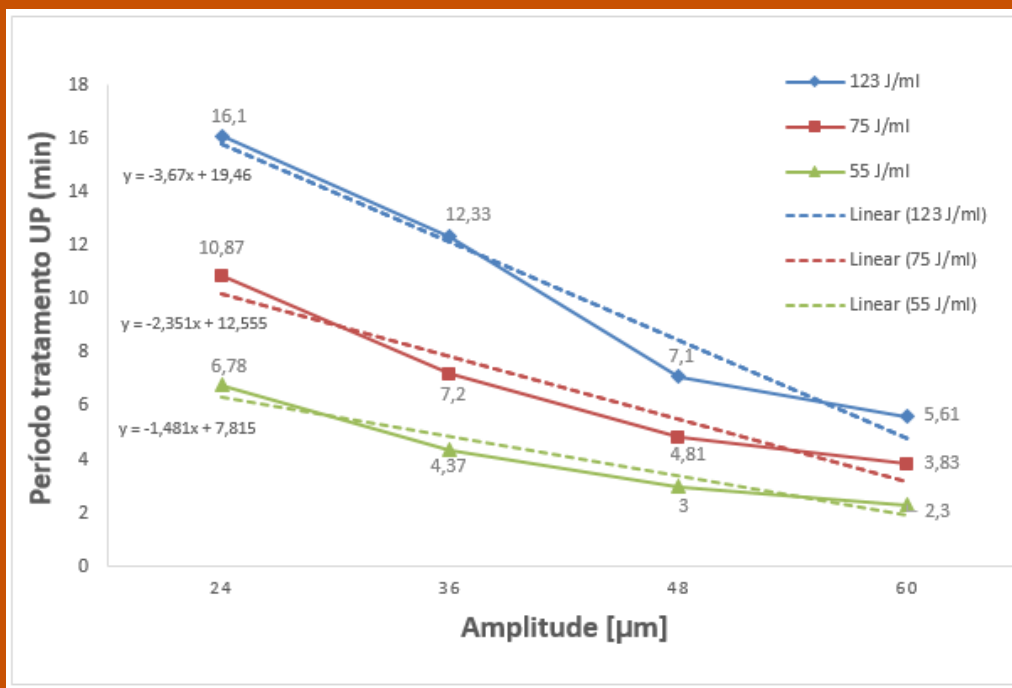
Hidratação do grão de cimento convencional

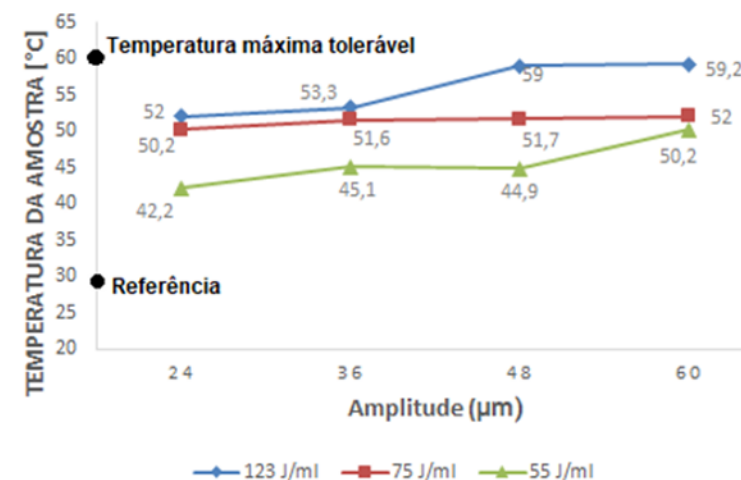
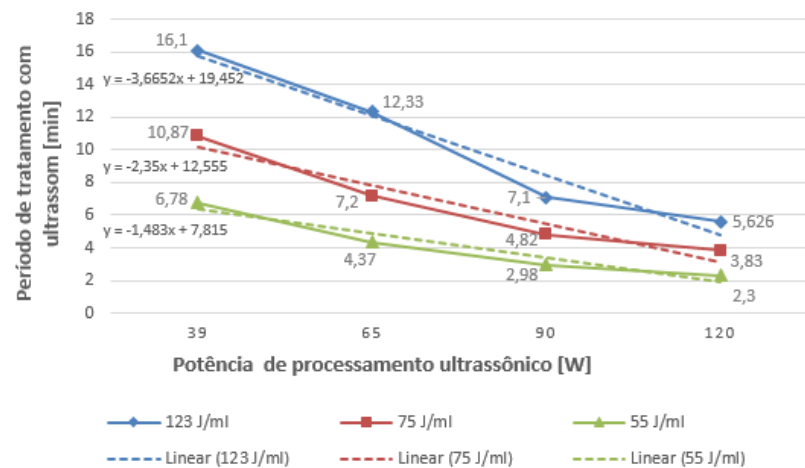


Hidratação do grão de cimento ultrassonicado



Projeto de pesquisa Pós-Doutorado







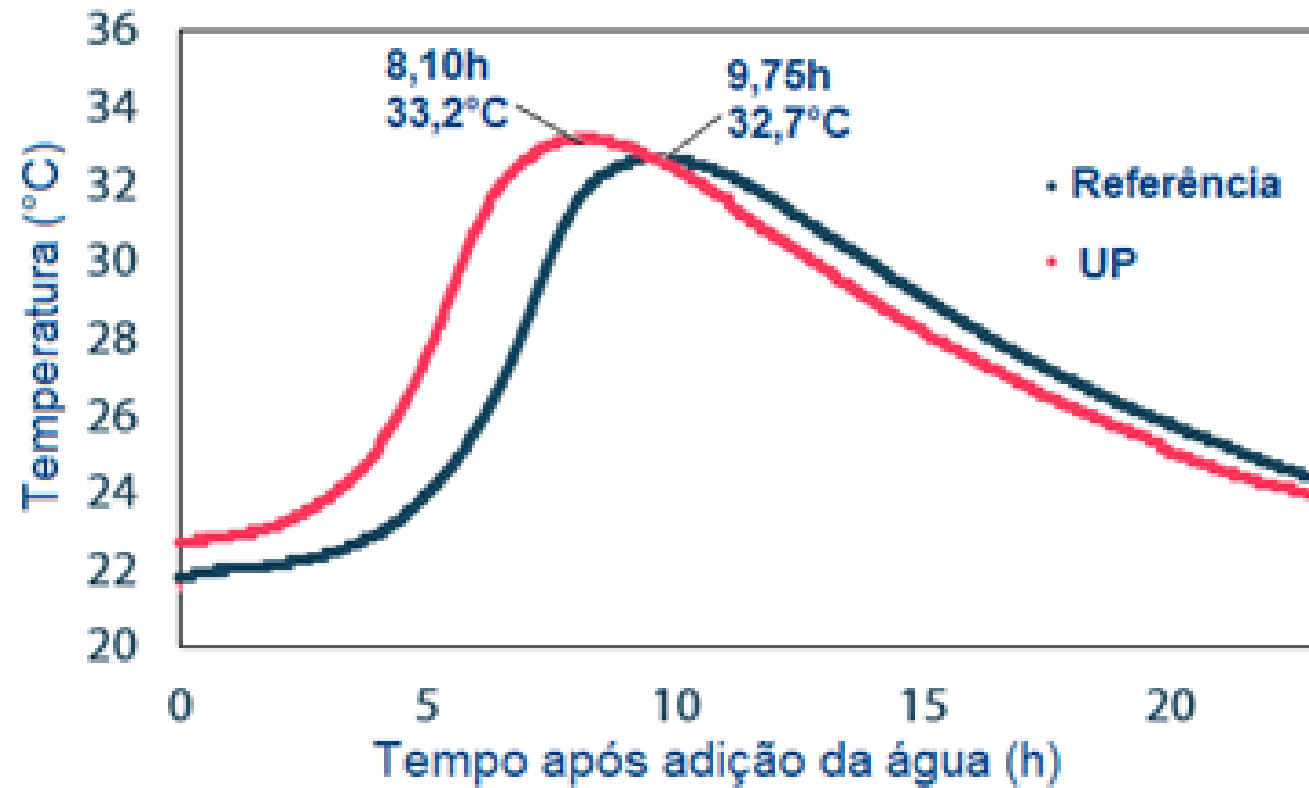




PostDoc R. Bento	2138_WA04_01	1	☒	99,8967	100,3
PostDoc R. Bento	2138_WA04_01	2	☒	99,86	100,0
PostDoc R. Bento	2138_WA04_01	3	☐	99,7	100,1
PostDoc R. Bento	2138_WA04_01	4	☐	99,7	100,2

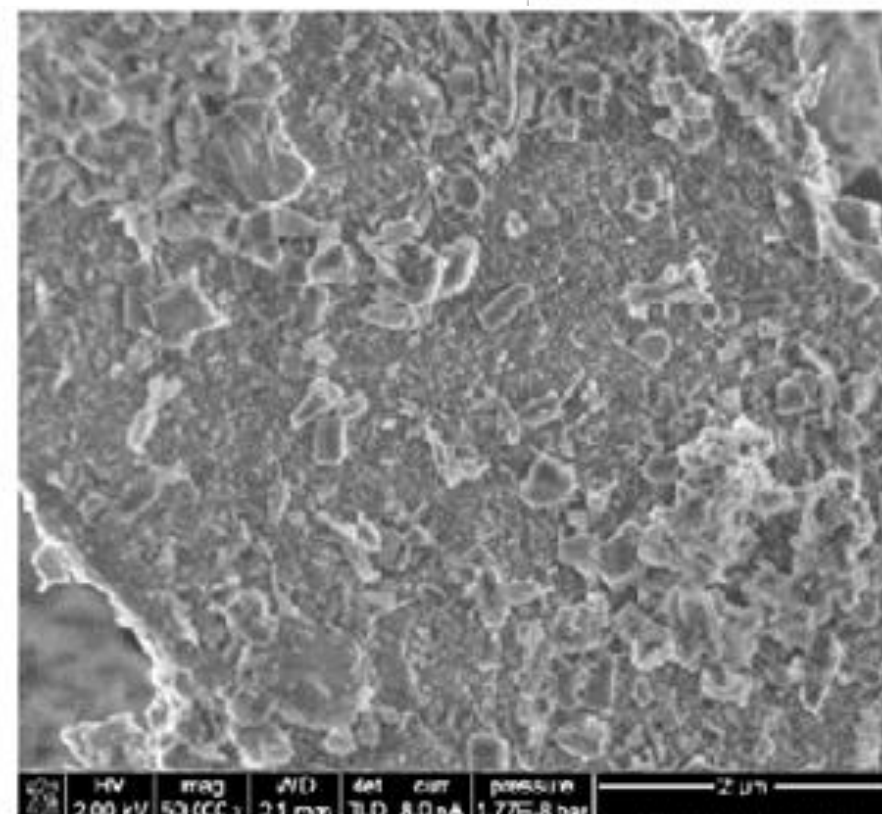
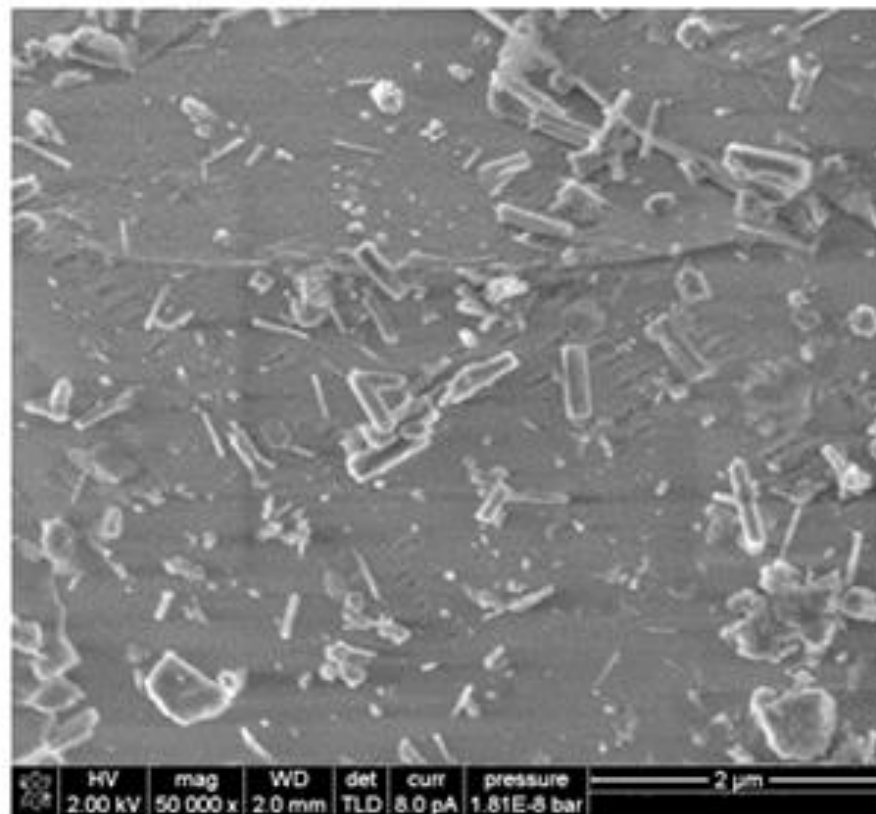




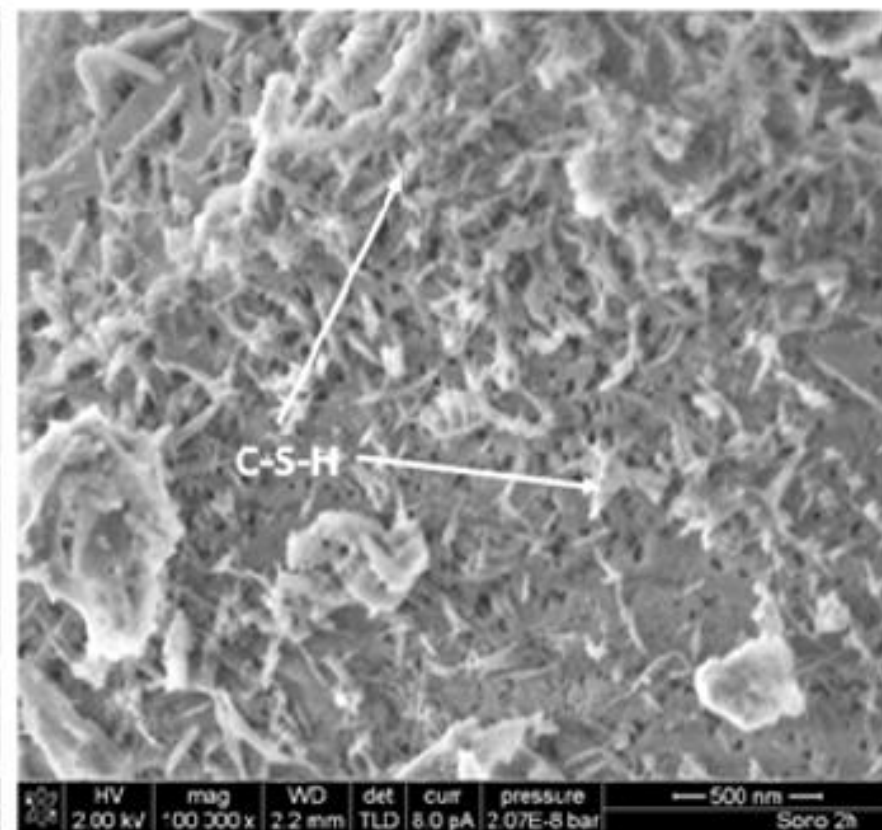
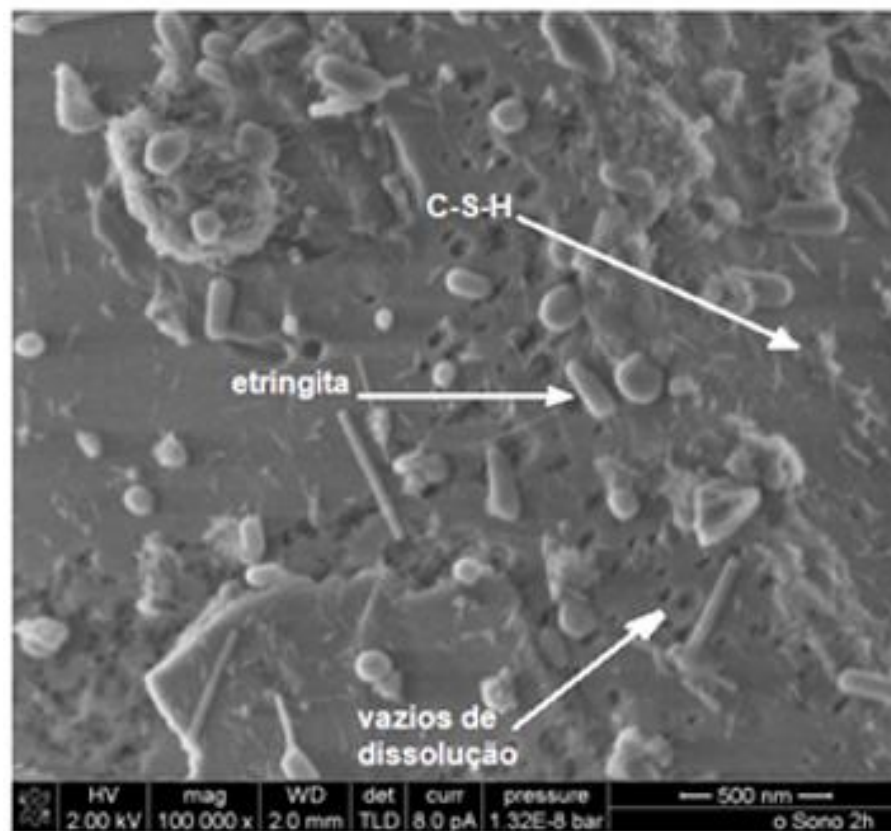


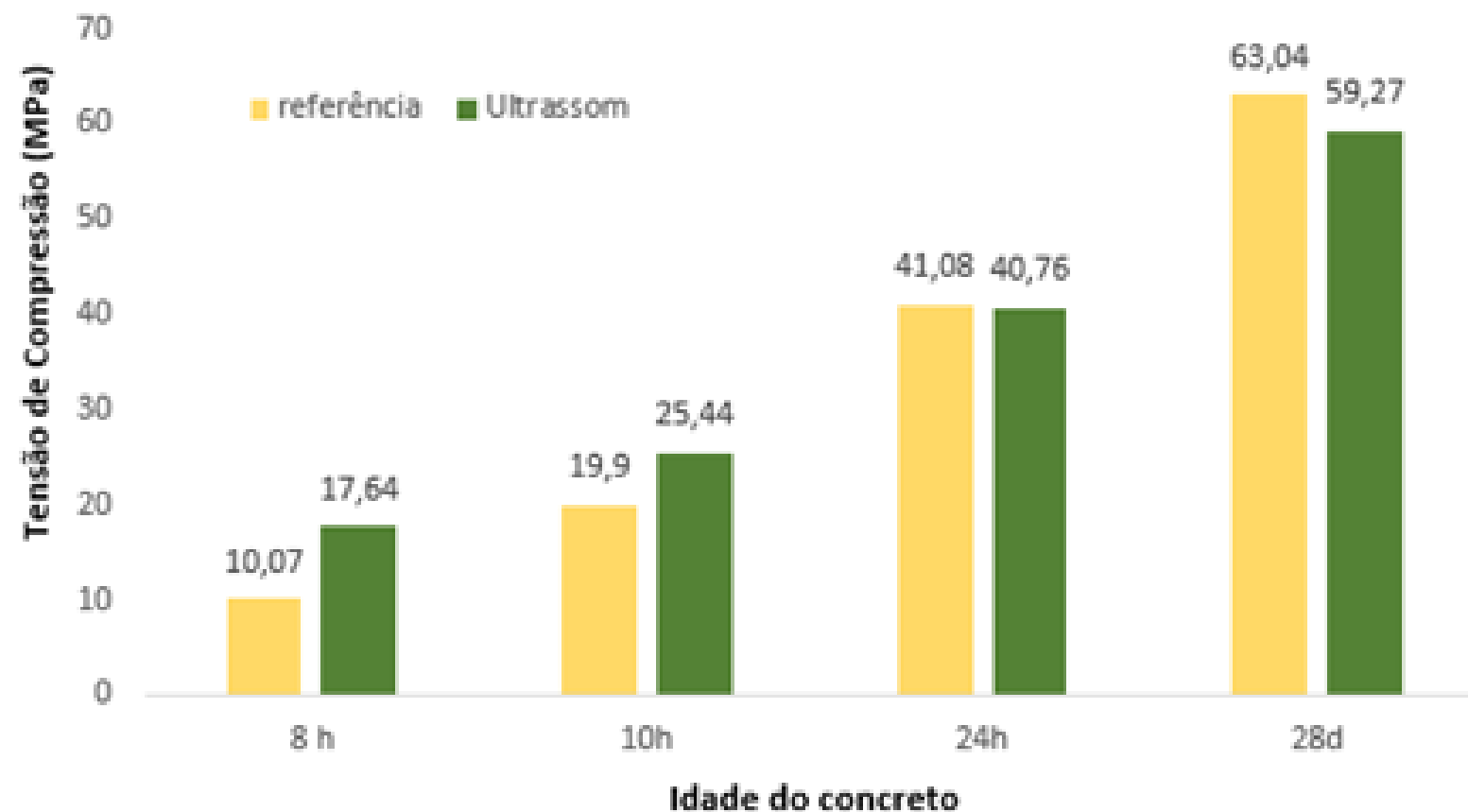
Desenvolvimento da temperatura dos concretos de referência e ultrasonificado (UP)

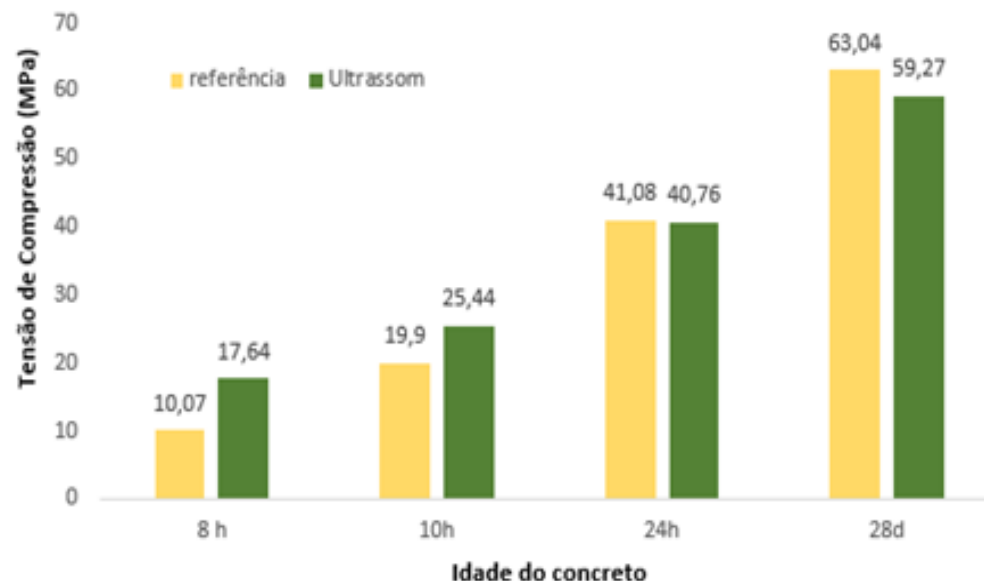
Microestruturas de C3S hidratado obtidas no MEV após 1 hora de hidratação para a amostra de referência (esquerda) e a amostra sonificada (direita), aumento 50.000 x



Microestruturas de C3S hidratado obtidas no MEV após 2 horas de hidratação para a amostra de referência (esquerda) e a amostra sonificada (direita), aumento 100.000x.

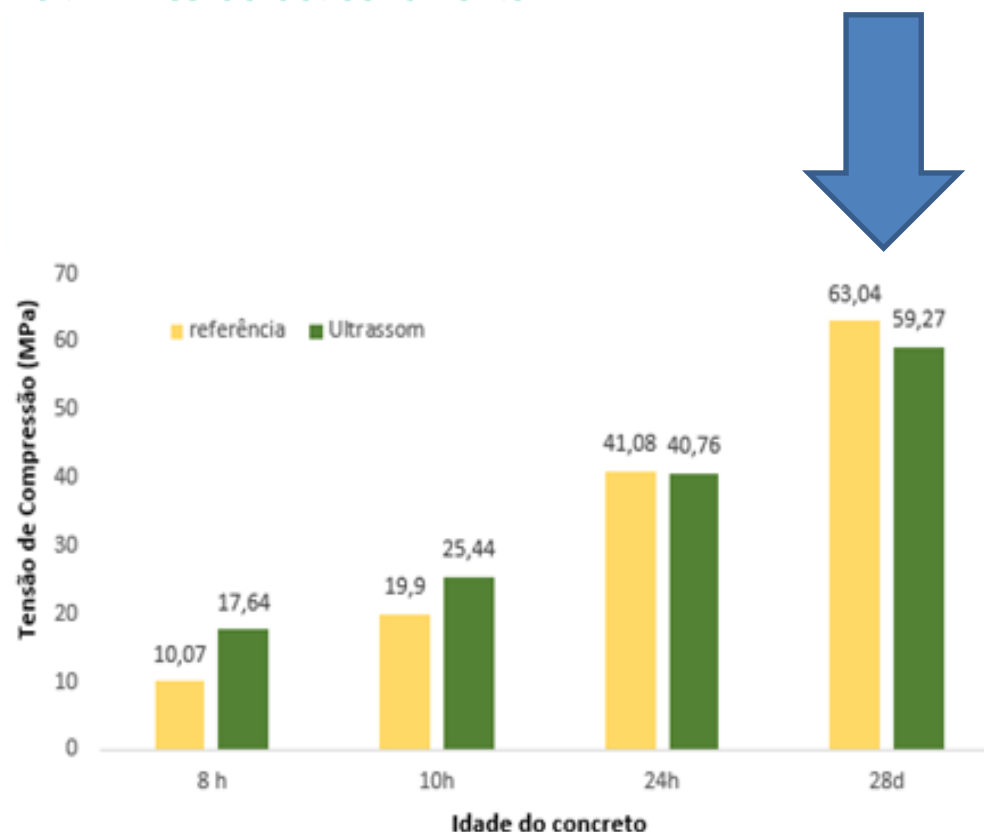






Com a idade de 8 horas o concreto tratado com UP apresentou uma tensão à compressão de **17,64MPa**, um valor **75,17%** maior que o de referência de **10,07MPa**.

Após 10 horas a tensão de compressão do concreto com UP foi de **25,44MPa**, um valor **27,84%** maior em relação ao de referência de **19,9MPa**



A tensão à compressão do concreto tratado com UP aos 28 dias apresentou um valor 5,98% inferior ao de referência.

O que explica este esse comportamento?

ULTRASSOM DE POTÊNCIA (UP) NA PLANTA DE PRÉ-FABRICADOS



O conceito da unidade é de um sistema **by-pass** onde parte do cimento e da água é pré-misturado e tratado com o UP podendo ser instalado em qualquer usina de pré-fabricados.

A configuração de produção não precisa ser alterada, o sistema é apenas uma adição à configuração atual da planta de pré-fabricação.

O sistema consiste em dois cubos empilhados:

O superior abriga a tecnologia ultrassônica,

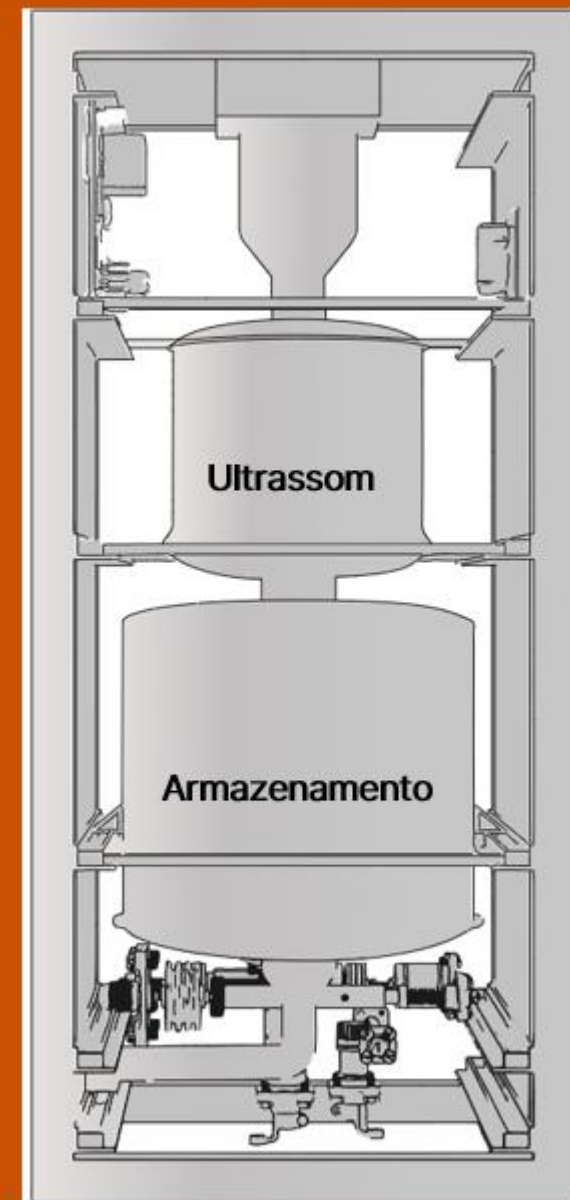
O inferior, o tanque de armazenamento para a suspensão.

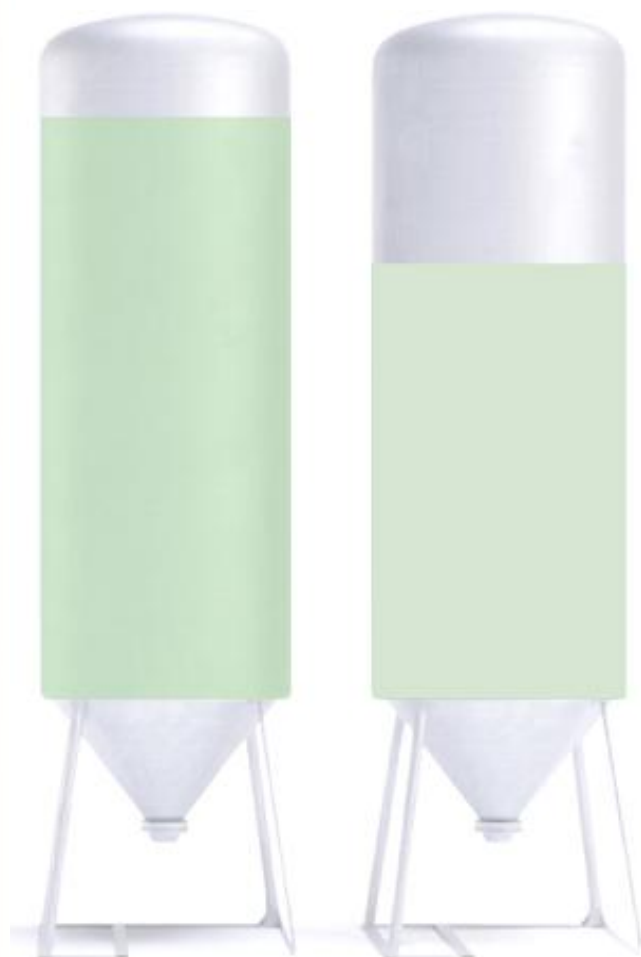
O sistema tem aproximadamente 5 m de altura e uma área de aproximadamente 6 m².

O tempo de ativação é de 2 a 4 horas.

Tudo dependendo da potência do ultrassom utilizada e do tipo de cimento.

Mesmo em escala industrial o consumo de energia do processo fica entre **1,5 e 2 kWh/m³**, o que é insignificante tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.





Até 30% de redução

São obtidas reduções do CO₂ incorporado na fração de cimento em até 30%.

Em uma planta de concreto média que produz 35.000 m³ de concreto por ano, estima-se uma redução de clínquer de cimento de aproximadamente 3.200t

A tecnologia permite a produção dos componentes de concreto pré-fabricados com a consequente redução do CO₂ incorporado devido a:

- Quantidade significativamente menor de cimento,*
- Redução da classe de resistência do cimento utilizado,*
- Aceleração do processo produtivo por meio do saque antecipado das formas.*

No momento, os **custos de implementação** em uma planta de concreto pré-fabricado é estimado ser de 200% de uma planta convencional (nas condições europeias).



Prof. Dr. Ricardo Couceiro Bento

Obrigado!



+55 (35) 98848-1243



[linkedin.com/in/ricardo-couceiro-bento-3427a830](https://www.linkedin.com/in/ricardo-couceiro-bento-3427a830)



rcbentoengenheiro@gmail.com



Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto