INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Nº 179654

Campo magnético; mecanismo

Wagner Aldeia

Palestra apresentado no Workshop de Métodos Físicos para Mitigação de Incrustações, 6., 2025, Porto Alegre. 25 slides.

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.
PROIBIDO REPRODUÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

PETROBRAS

VI Workshop de Métodos Físicos para Mitigação de Incrustações

CAMPO MAGNÉTICO
MECANISMOS DE AÇÃO

Equipe:
IPT
UFES
UFRJ

Sumário

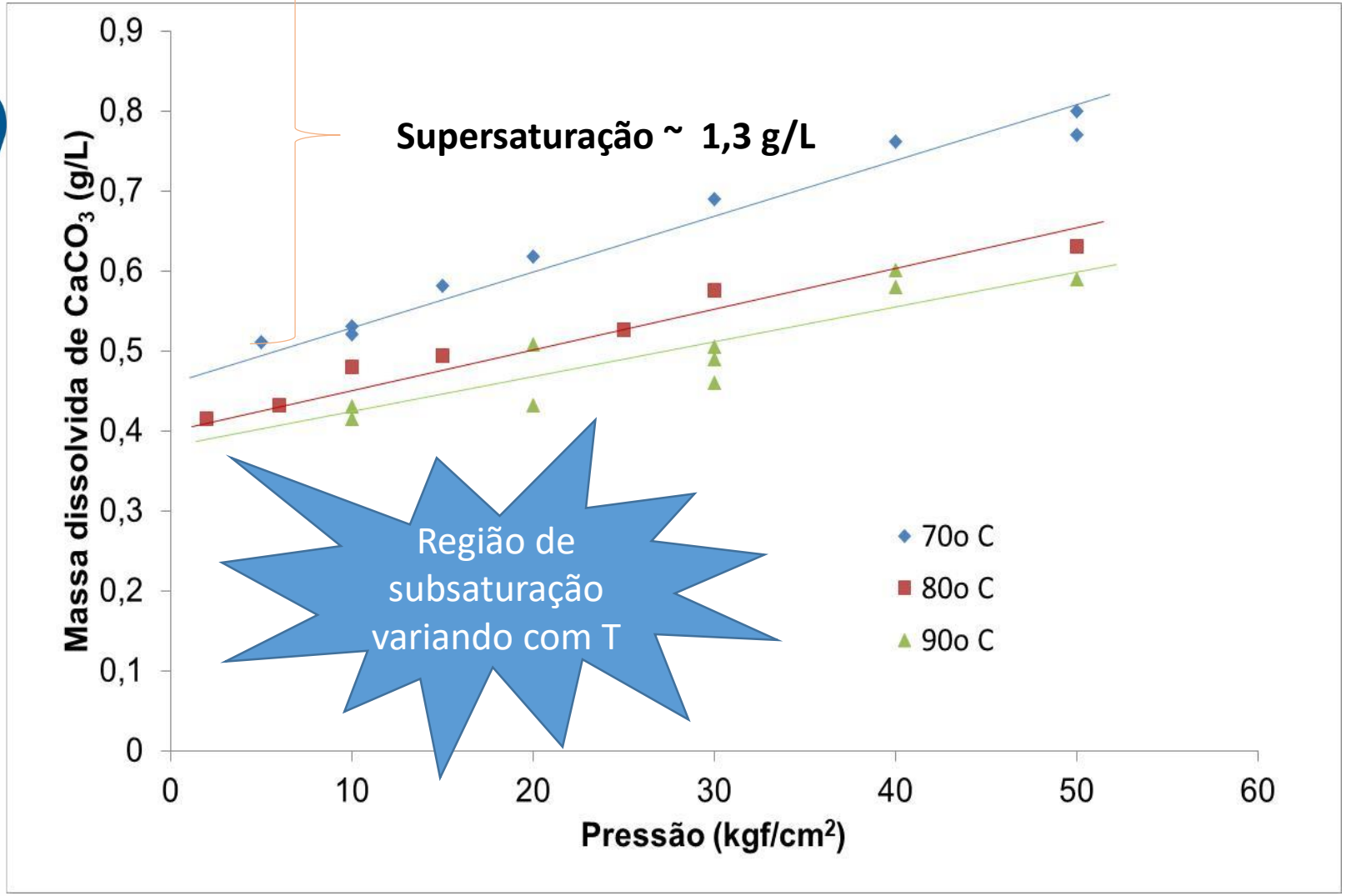
- ✓ Saturação, sub e supersaturação
- ✓ Impacto do CM nas morfologia do $CaCO_3$
- ✓ Impacto do CM nas massas incrustadas
- ✓ Impacto do CM nos tamanhos de partículas
- ✓ Impacto do CM em válvulas e restrições

Saturações aparentes, sub e supersaturação

Massa total precipitável - Estequiometria

1,79 g/L

Atmosfera inerte (N_2)



Sistema em bateladas que opera em pressões de até 100 kgf/cm^2.

pH define equilíbrio

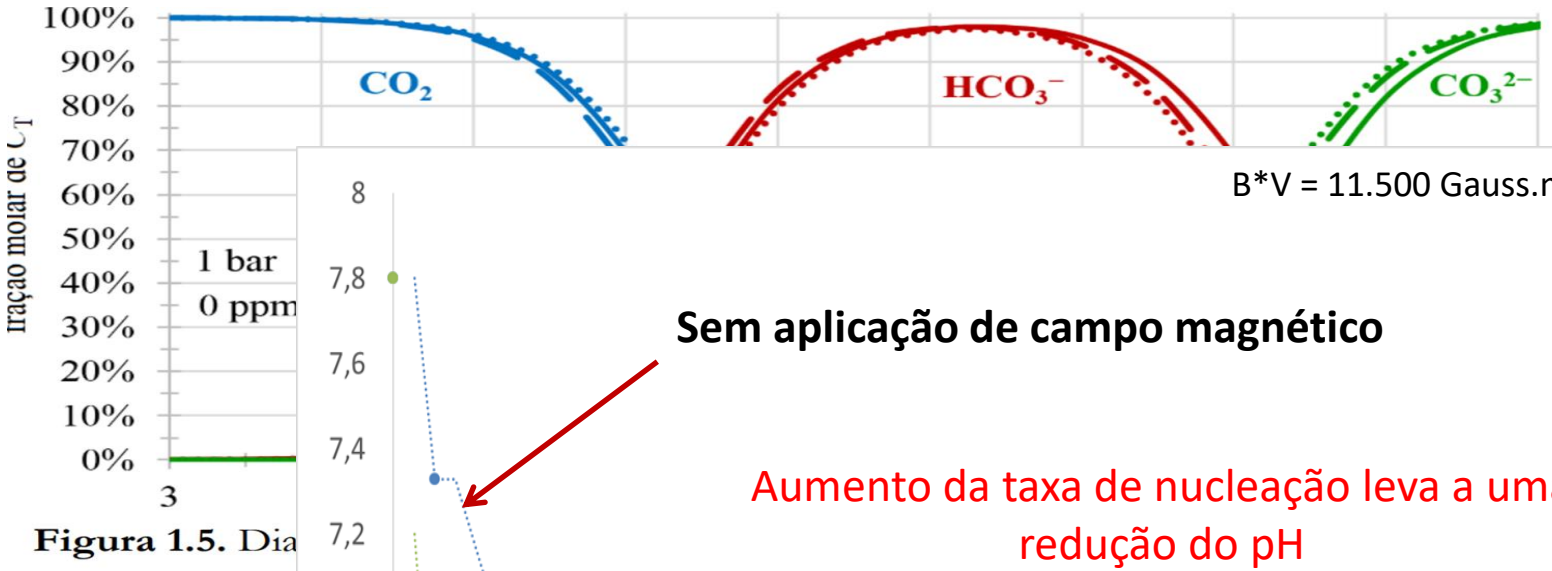
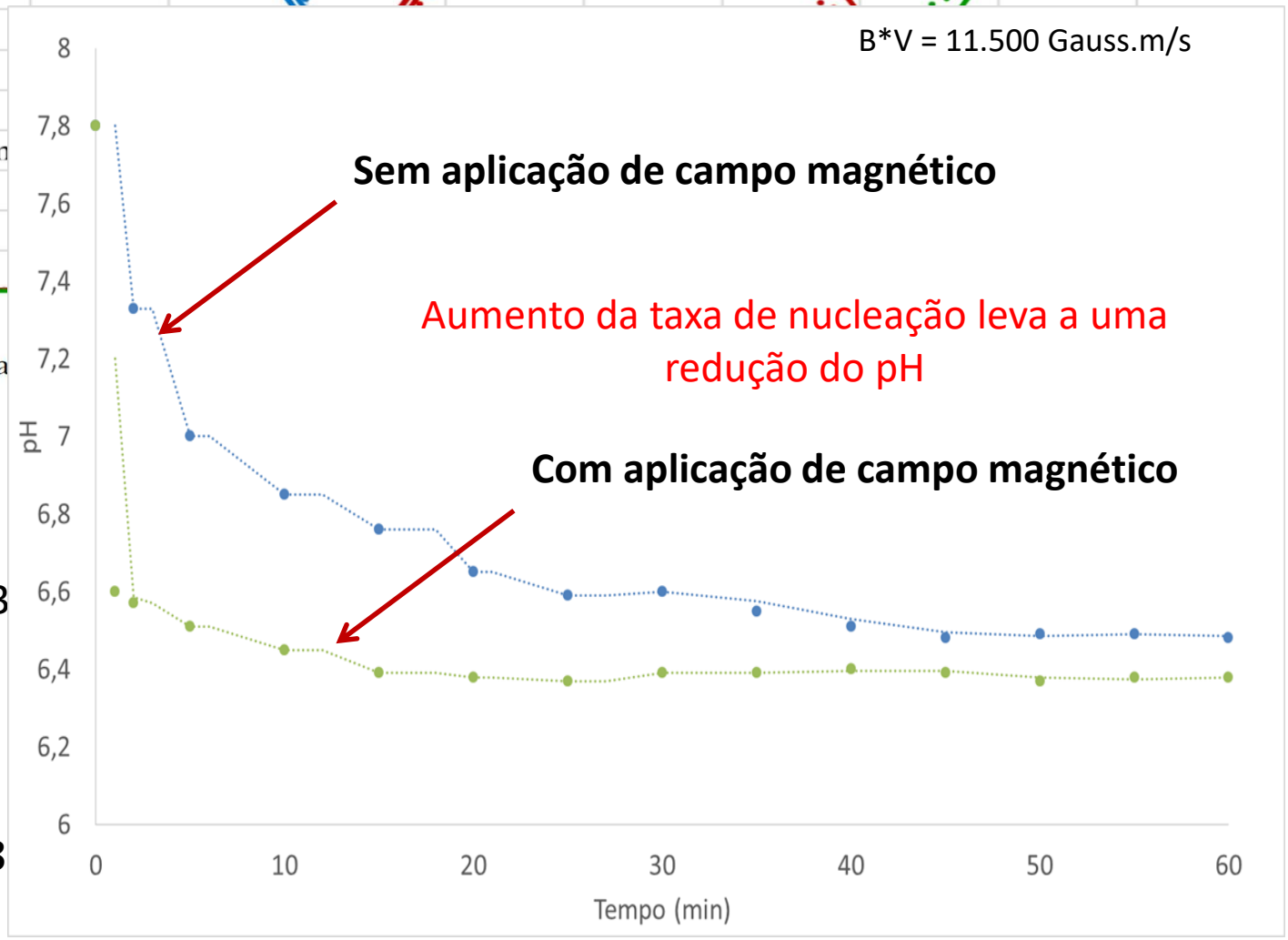


Figura 1.5. Dia

B*V = 11.500 Gauss.m/s



Sem aplicação de campo magnético

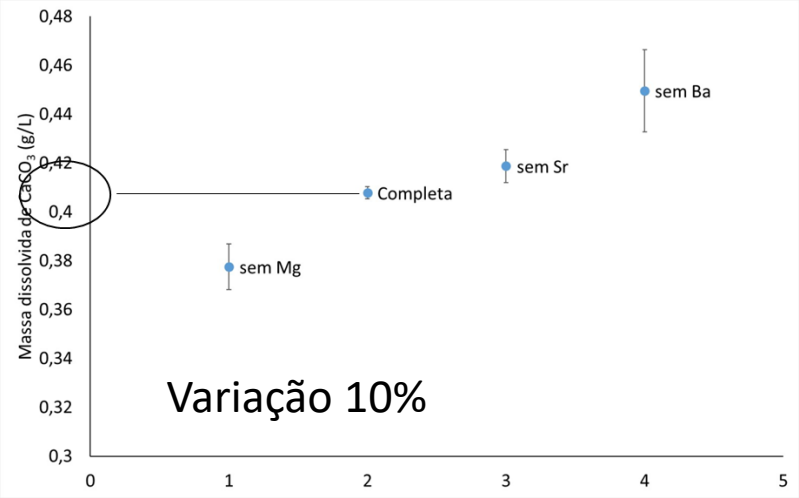
Aumento da taxa de nucleação leva a uma redução do pH

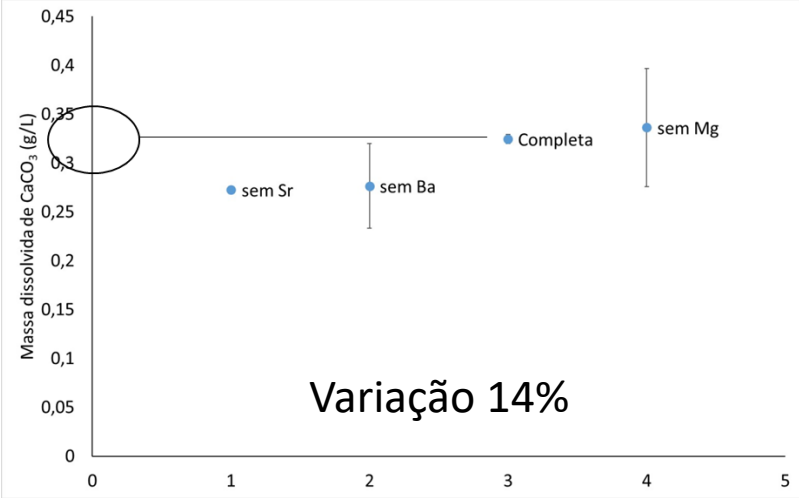
Com aplicação de campo magnético

pH = 3

$\mathbf{CaCO_3}$

Influência dos íons na supersaturação



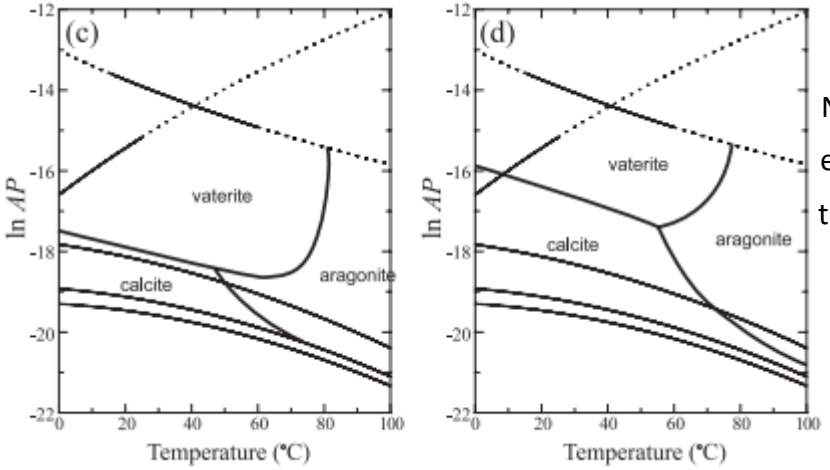


Ba^{2+}	3,00 mg/L	12,00 mg/L
Mg^{2+}	250 mg/L	802 mg/L
Sr^{2+}	262 mg/L	938 mg/L

Variação das concentrações dos íons podem impactar na supersaturação, sem no entanto, variar significativamente a ação do CM.

Impactos do CM na morfologia do $CaCO_3$

Elevada taxa de nucleação. Nucleação em estado estacionário.



Nucleação em estado transiente.

$\gamma_c = 120\ mJ.m^{-2}$

$\gamma_v = 40\ mJ.m^{-2}$

$\gamma_{A\ para\ (c)\ e\ (d)} = -1{,}8(T-298) + \gamma_A°$,

em que $\gamma_{A°}$ é $150\ mJ.m^{-2}$

50º C $\gamma_{A\ para\ (c)} \leq 60\ mJ.m^{-2}$

60º C $\gamma_{A\ para\ (d)} \leq 42\ mJ.m^{-2}$

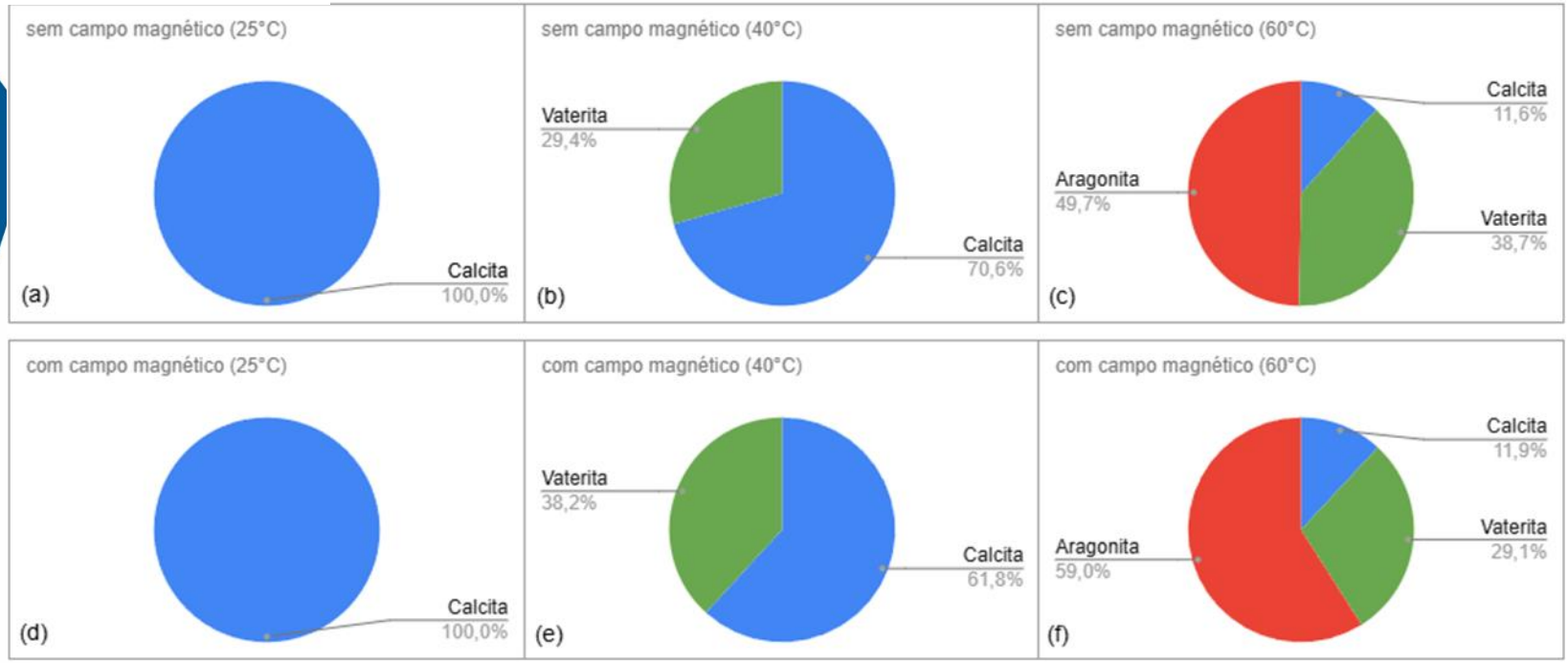
INCRUSTADAS: Não são facilmente removidas, mesmo com intensa ação mecânica

ADERIDAS: Facilmente removidas com baixa força mecânica

Impactos do CM na morfologia do $CaCO_3$

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO ESPÍRITO SANTO

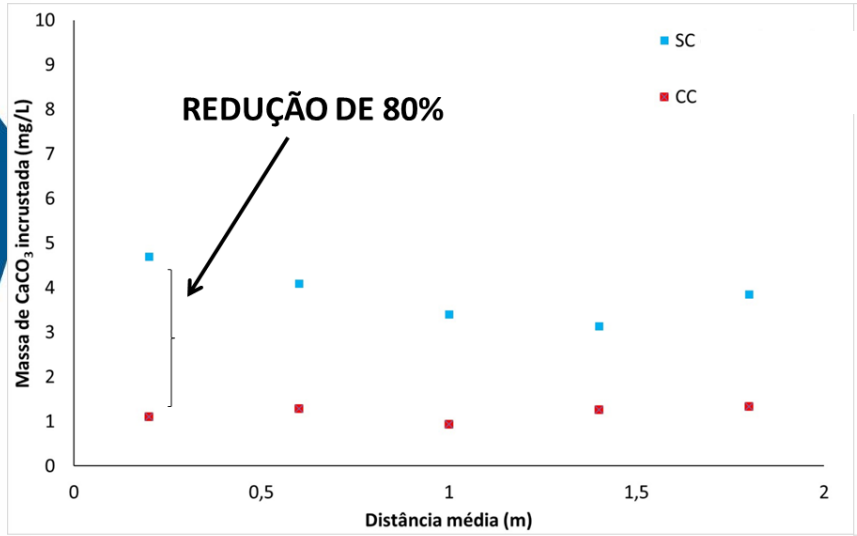
PETROBRAS

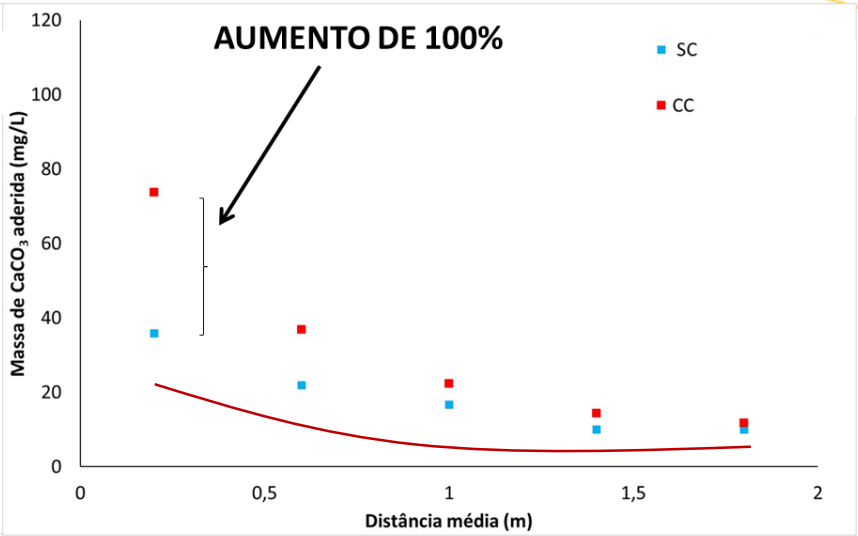


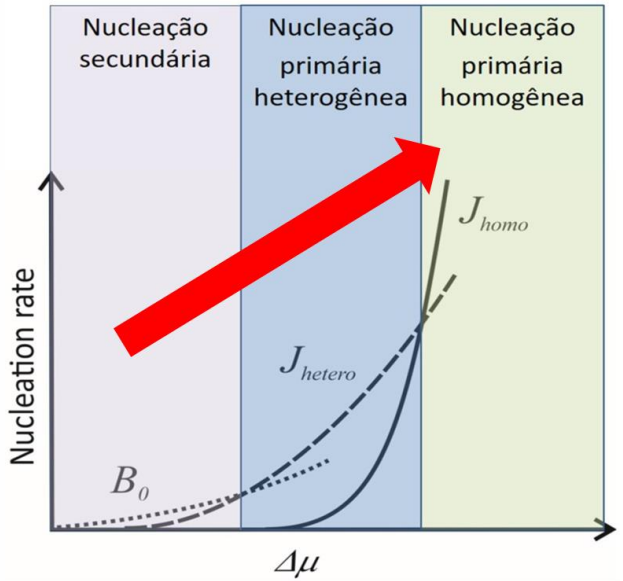
Resultados da análise por DRX com $CaCO_3$ aderido aos corpos de prova com e sem exposição ao campo magnético, em condição de regime turbulento, 450 L/h, em diferentes temperaturas.

Ensaios adicionais em reator de alta pressão em batelada (protótipo experimental) indicaram a redução da fase calcita e o aumento dafase aragonita em presença de CM.

Impacto do CM nas massas precipitadas do $CaCO_3$





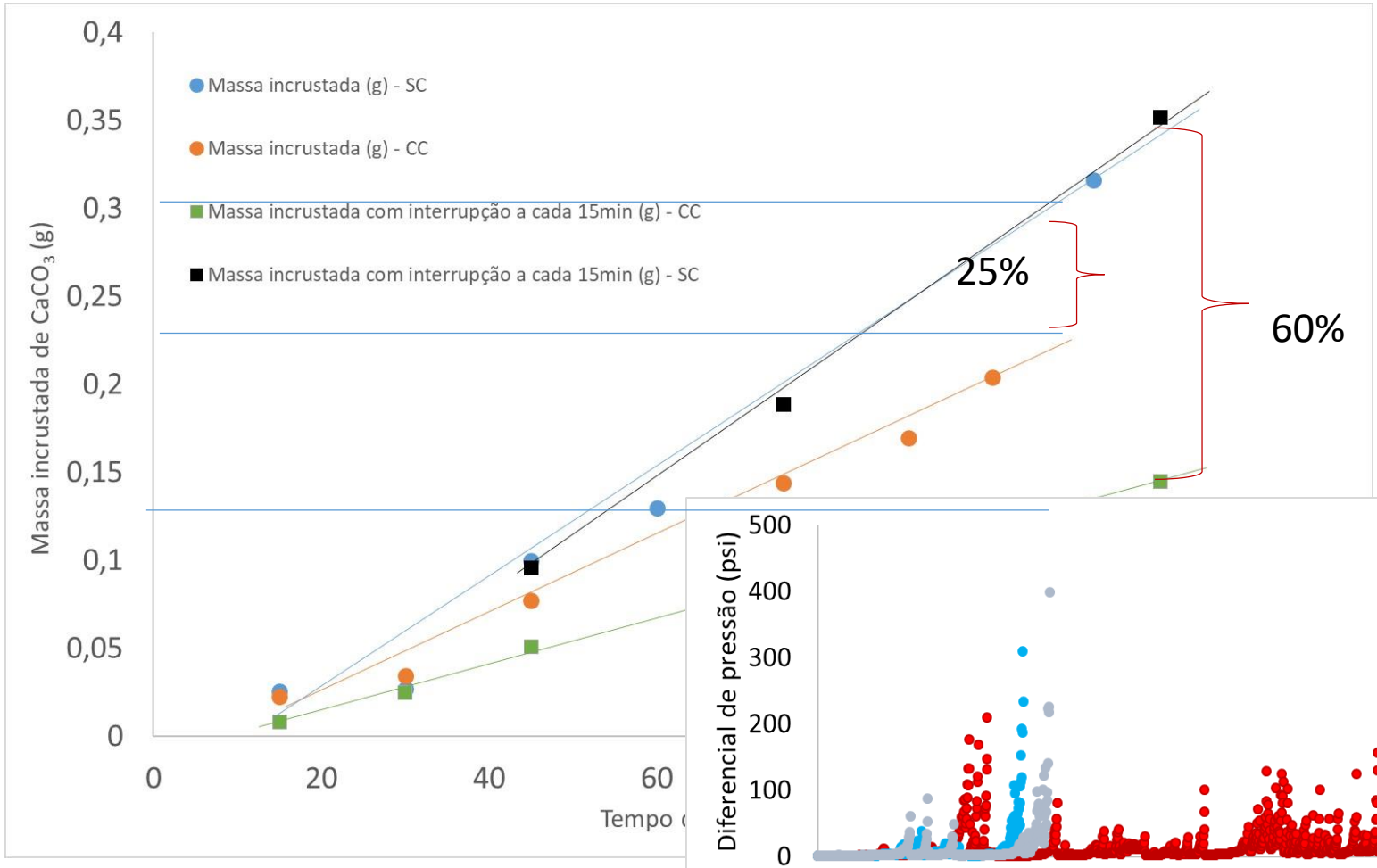


Fonte: Seckler, M (PQI, USP)

- Decorrente da mudança de fase
- Possível efeito negativo em TBT

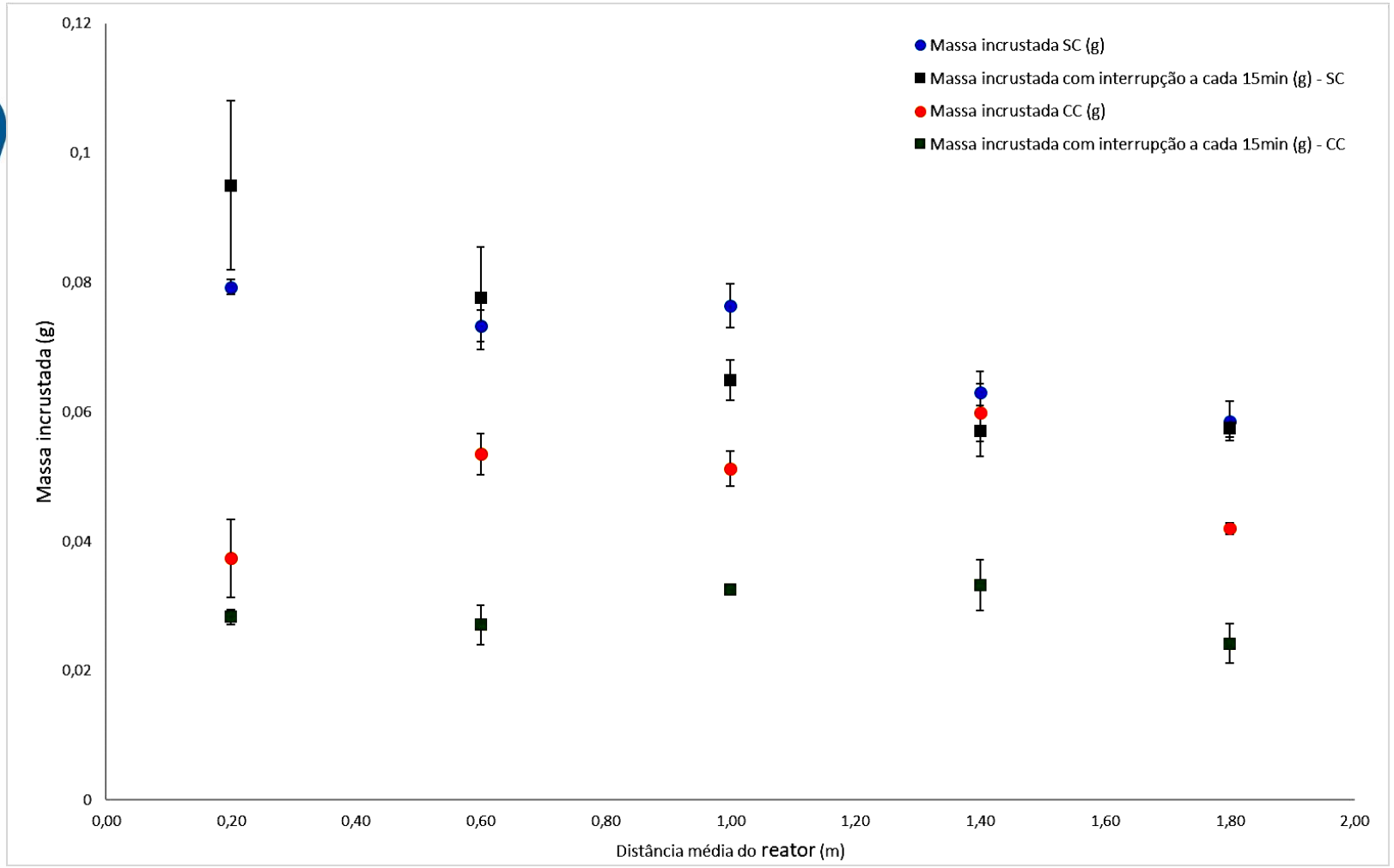
- Massa aderida, em baixas SS, também são menores com aplicação de campo magnético
- Possível efeito positivo em TBT

Efeito das partículas aderidas na avaliação da incrustação - Massas totais



Podem ser responsáveis pelas variações de resultados de TBT

Efeito das partículas aderidas na avaliação da incrustação - Massas ao longo do duto



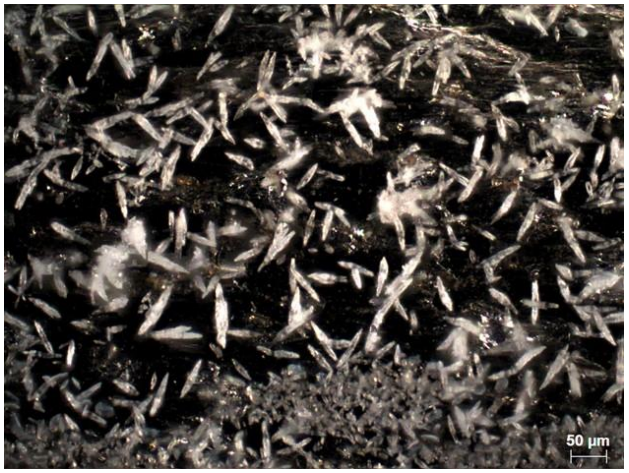
Efeito das partículas aderidas na avaliação da incrustação - “sinterização”

Sem aplicação de campo

Com aplicação de campo

Entrada da seção

Partículas carbonato de cálcio aderidas



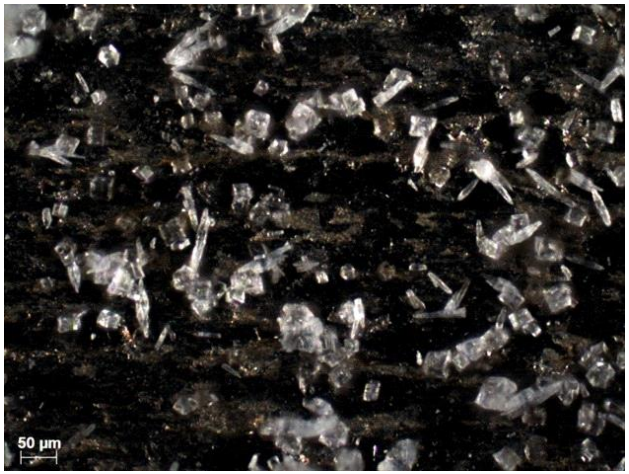
Partículas carbonato de cálcio incrustadas

Efeito das partículas aderidas na avaliação da incrustação - “sinterização”

Sem aplicação de campo

Com aplicação de campo

Partículas carbonato de cálcio aderidas

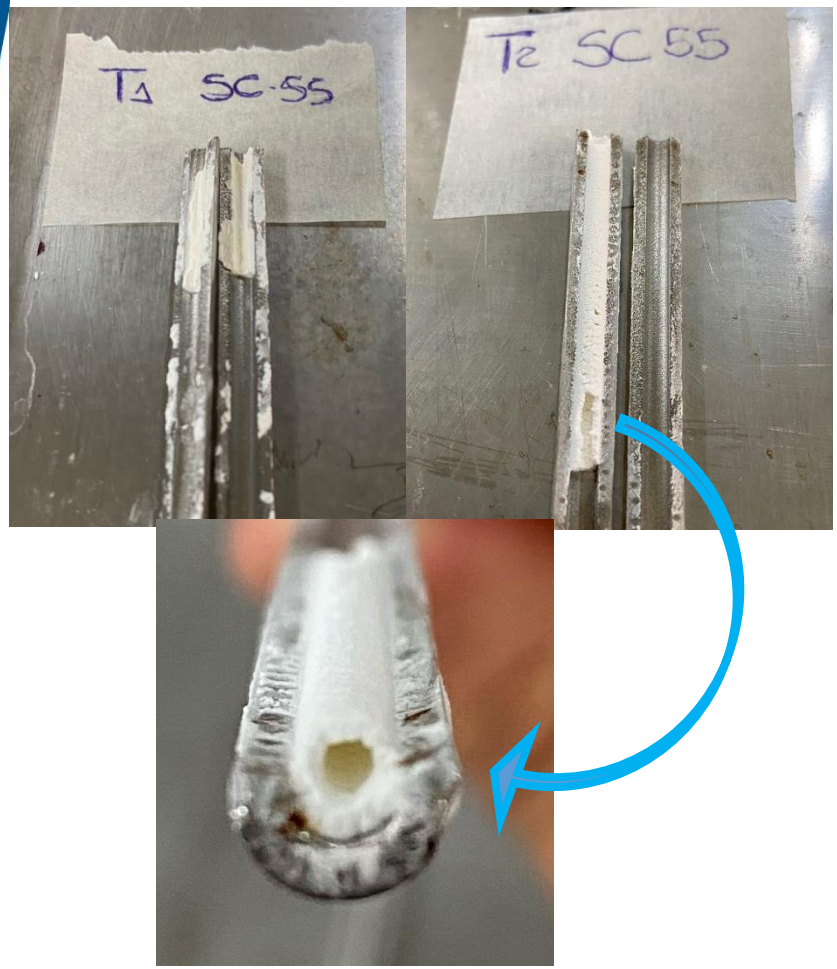


Partículas carbonato de cálcio incrustadas

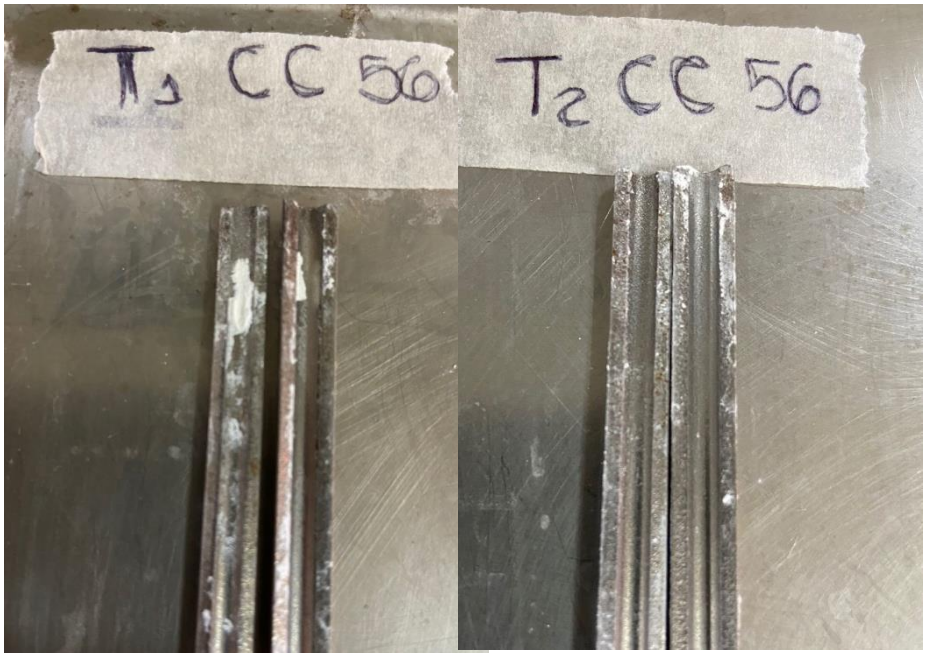
Final da seção

Efeito das partículas aderidas na avaliação da incrustação - “sinterização”

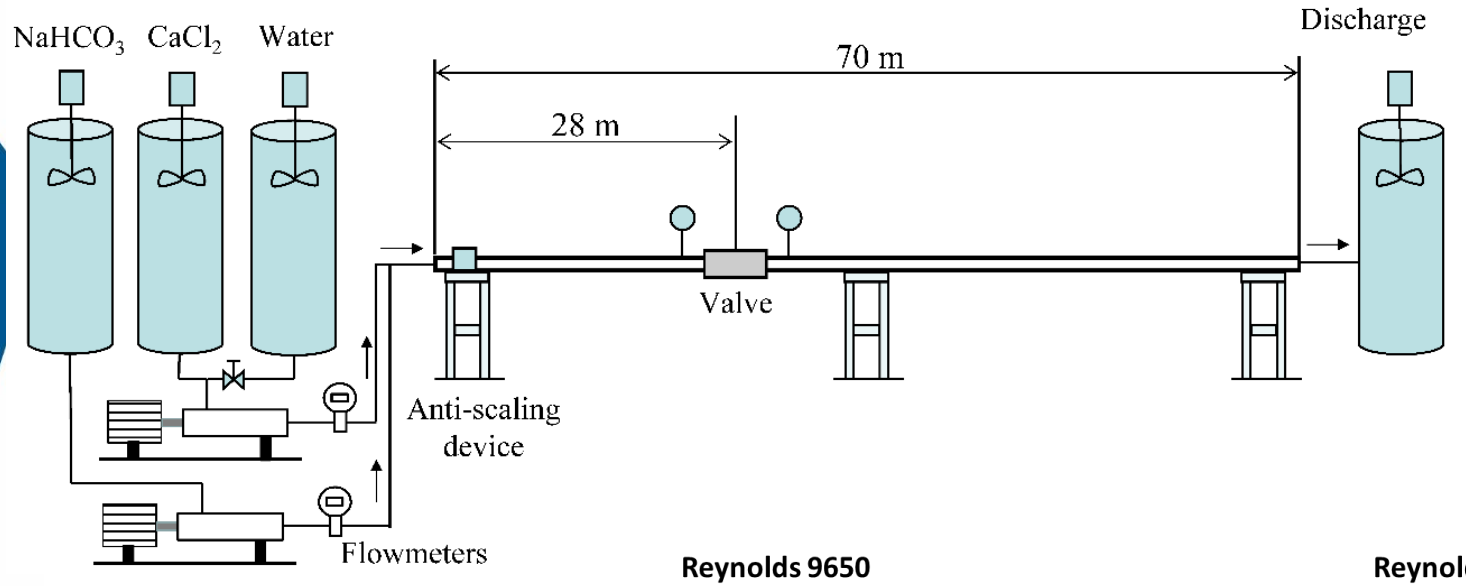
Sem aplicação de Campo Magnético



Com aplicação de Campo Magnético

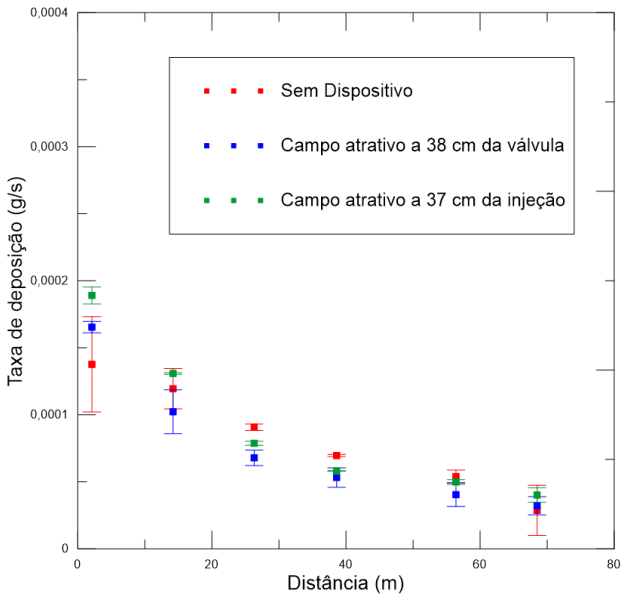


Variação de massa em diferentes protótipos experimentais

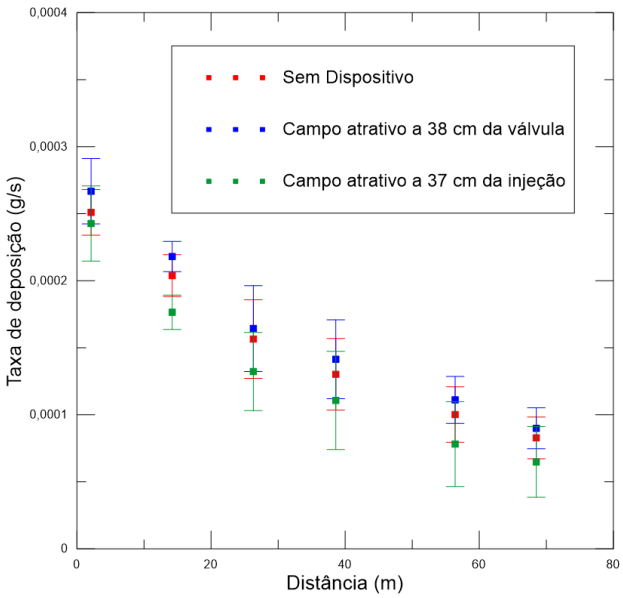


Resultados apontam efeitos do campo, mas sem variação expressiva de massa incrustada.

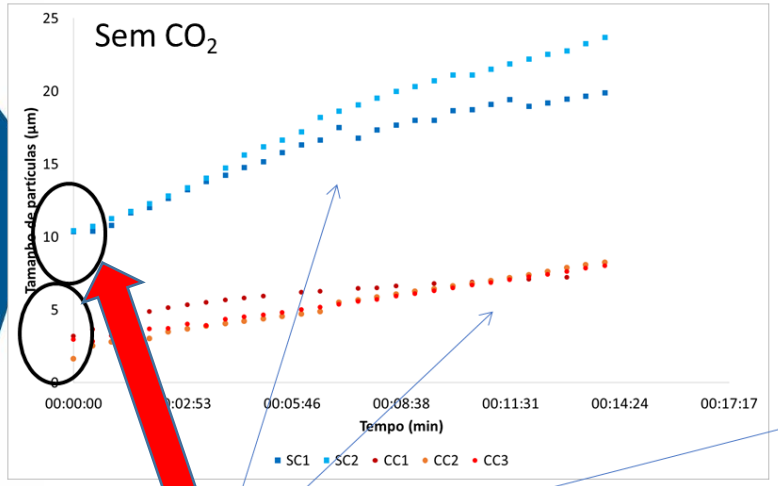
Reynolds 9650

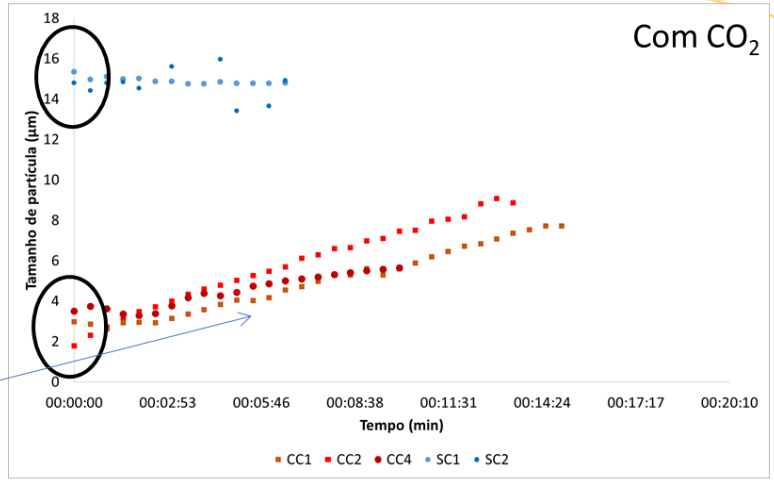


Reynolds 19300



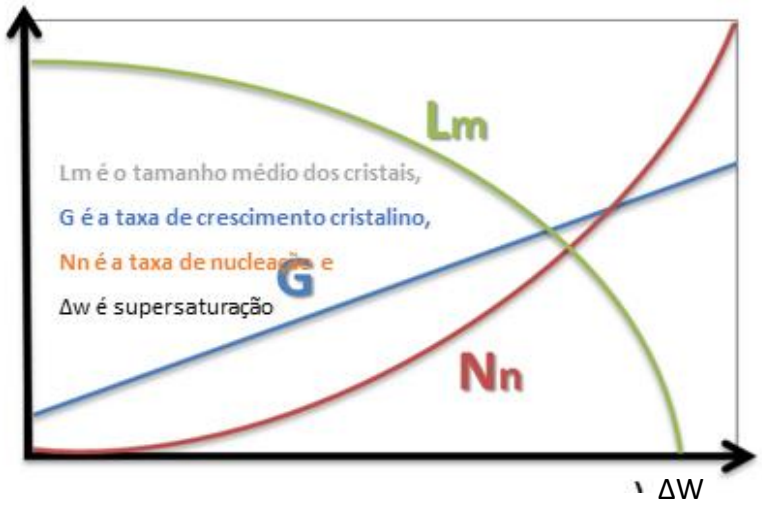
Efeito do CM no tamanho das partículas precipitadas





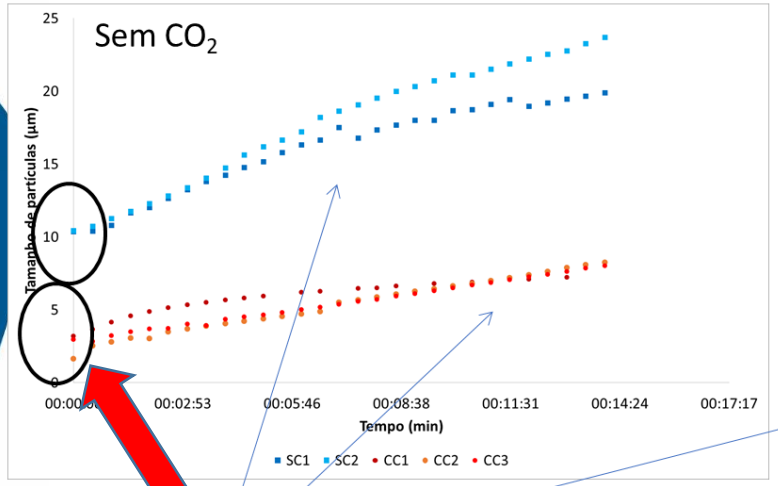
Característico de dissolução das partículas menores com crescimento das demais

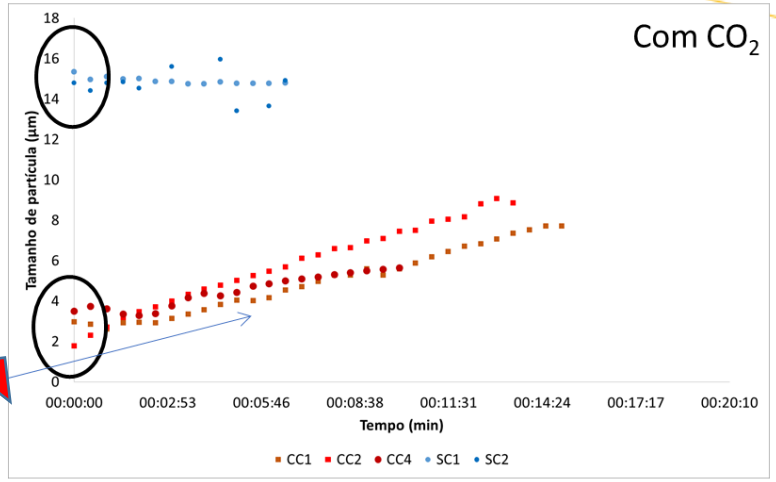
Maior SS leva a precipitação de partículas menores



Fonte: Nyvlt, Hostomsky, Giulietti (2001)

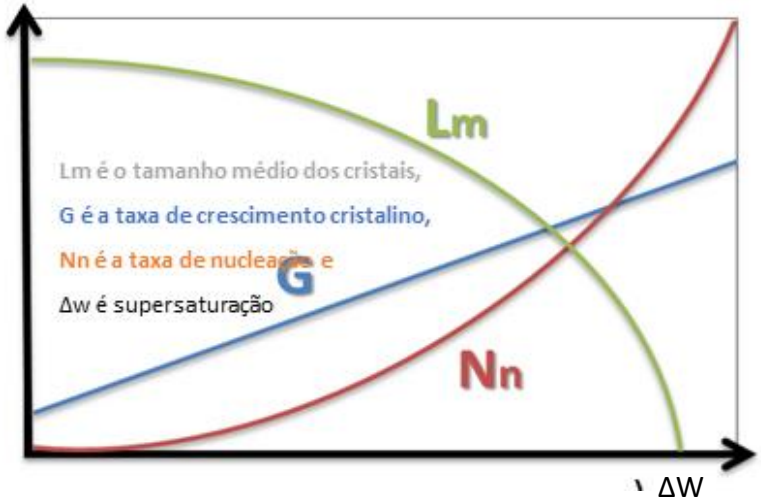
Efeito do CM no tamanho das partículas precipitadas





Característico de dissolução das partículas menores com crescimento das demais

Campo magnético aumenta taxa de nucleação e as partículas são menores



Fonte: Nyvlt, Hostomsky, Giulietti (2001)

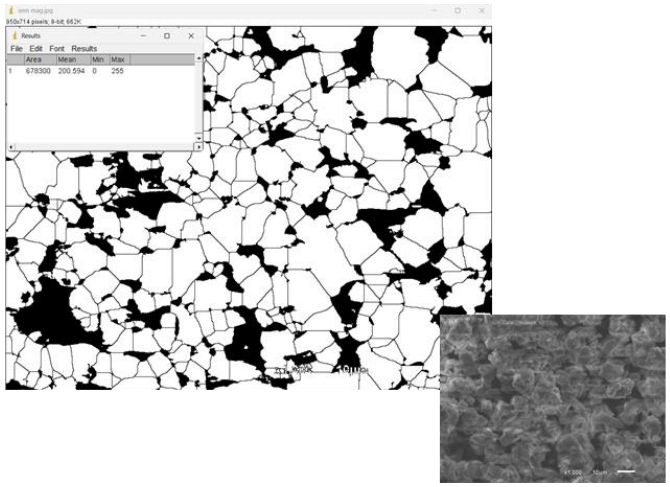
Efeito do CM no tamanho das partículas precipitadas

Universidade Federal do Espírito Santo

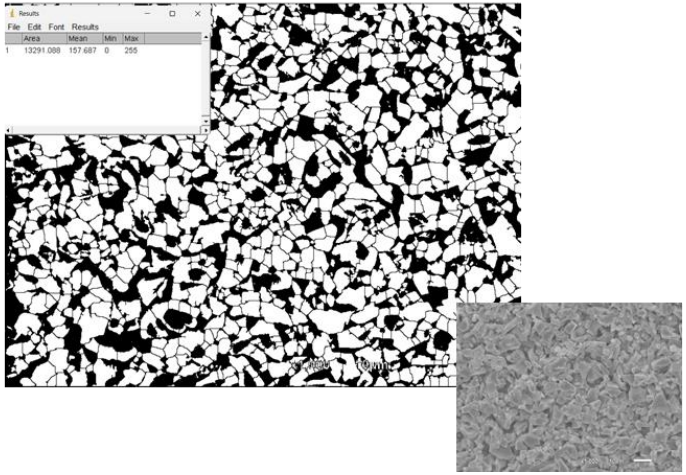
PETROBRAS

Resultados prévios do efeito do campo magnético nos cristais de $CaCO_3$

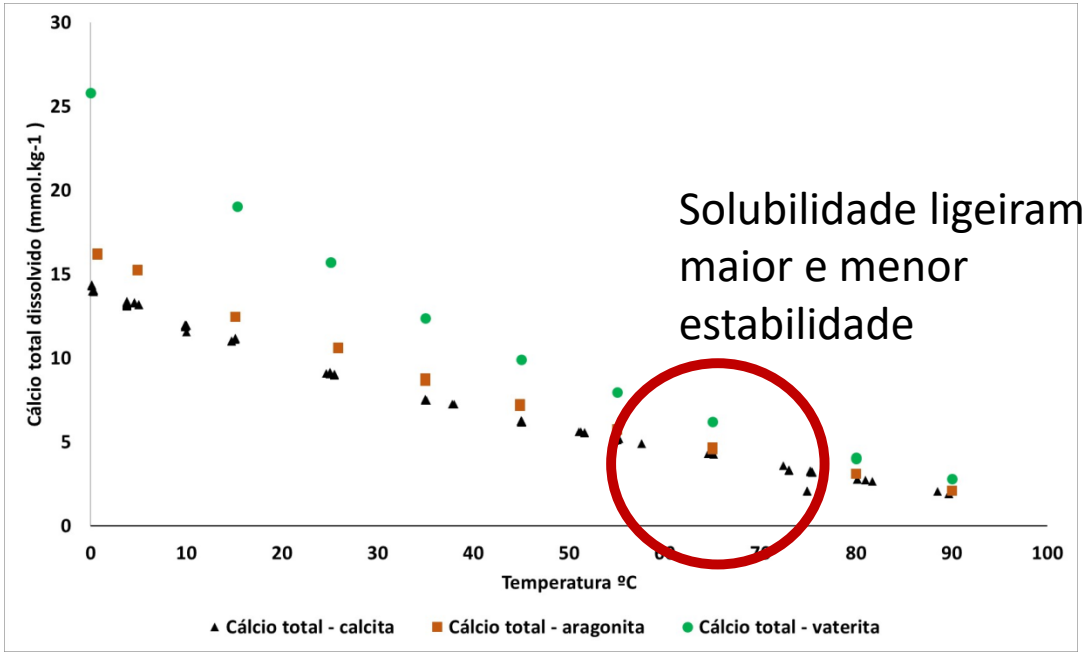
sem campo magnético



com campo magnético



O que pode ocorrer durante o escoamento



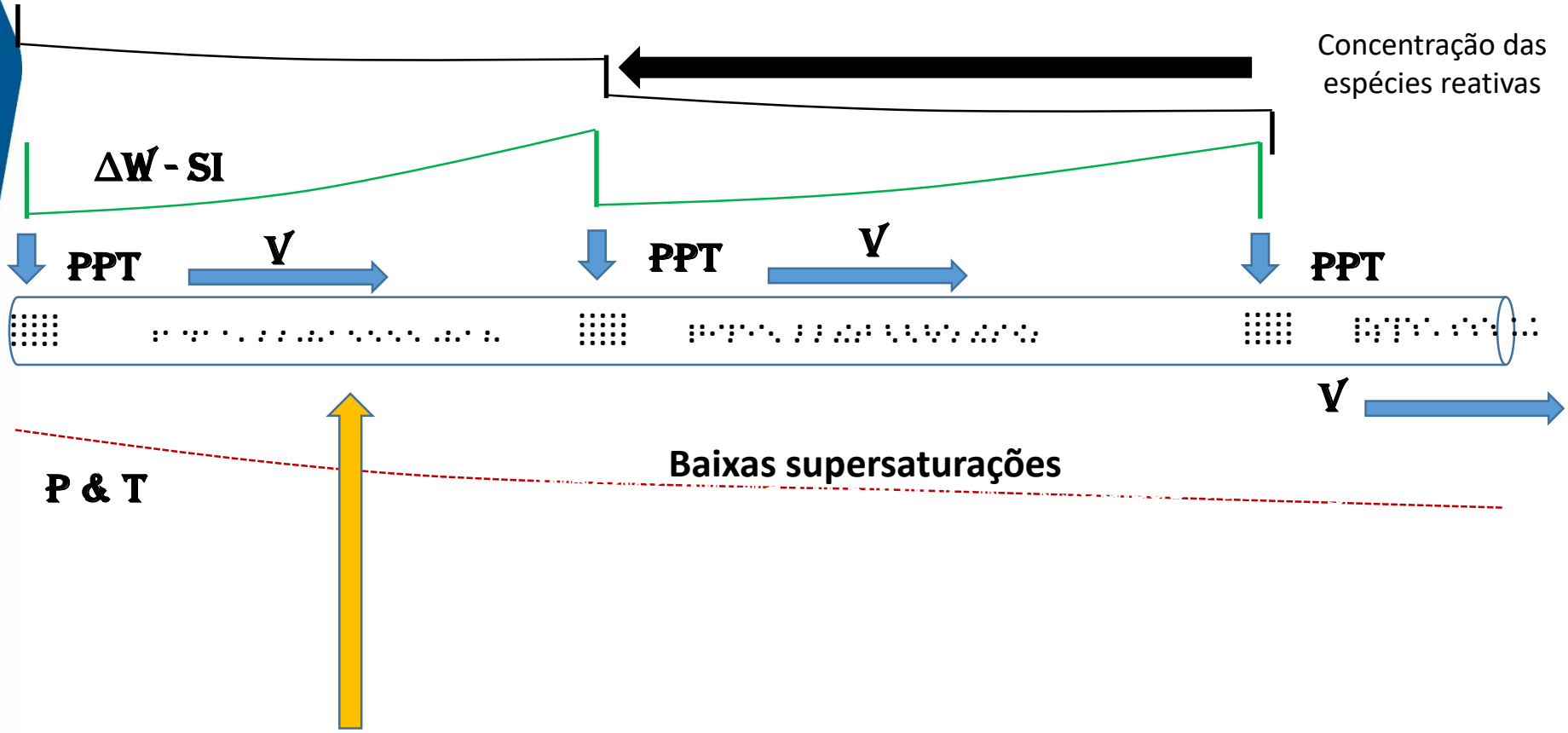
Solubilidade ligeiramente maior e menor estabilidade

Plummer e Busenberg (1982)

Considerando estas características e com o aumento da fase aragonita na fase líquida, é esperado que a cinética de "sinterização" seja acentuada.

Possível efeito sem CM

Considerando emulsão e a precipitação ocorrer em gotas da fase aquosa



Baixa área específica para "consumo" da supersaturação

Possível efeito com CM

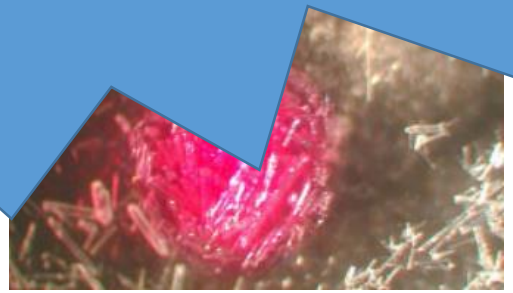
Concentração das espécies reativas

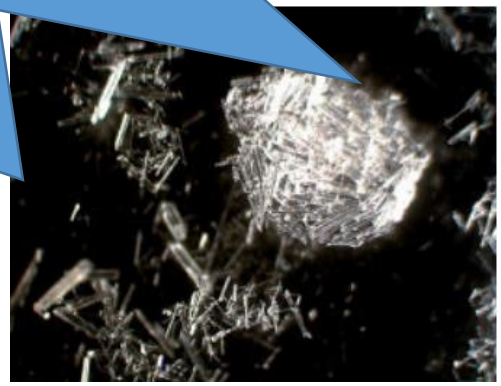
ΔW - SI

PPT

Deste modo é esperado que não ocorra variações significativas em termos de tamanhos de partículas no processo de separação

Elevada área esp para "consumo" da sup aturação



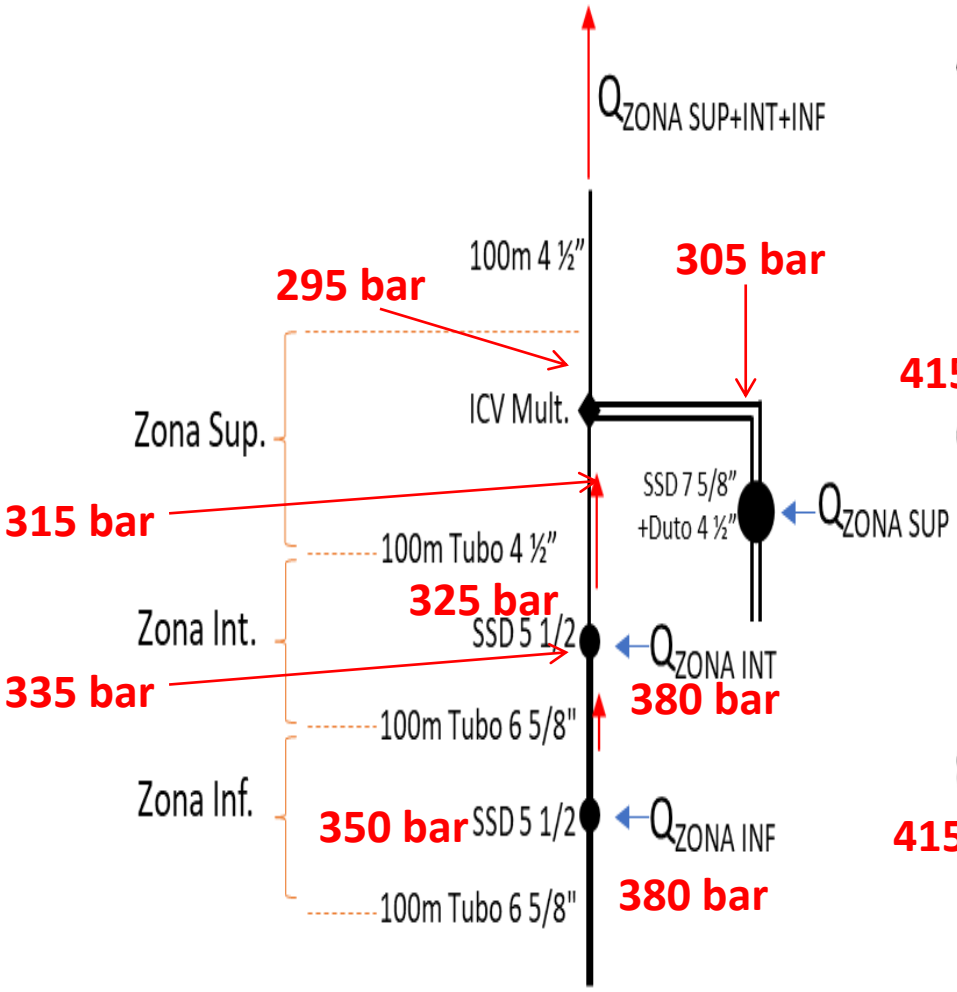


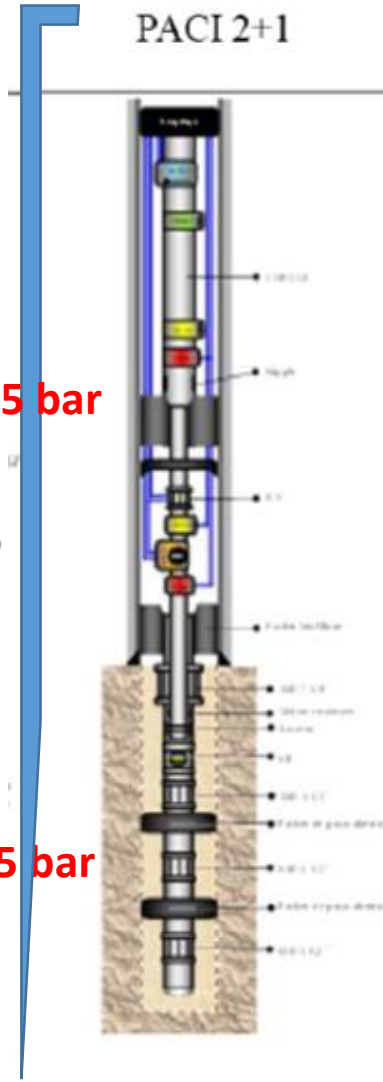
Fonte: Aldeia, 2004

Efeitos do CM em válvulas e restrições

Variação de pressão e temperatura

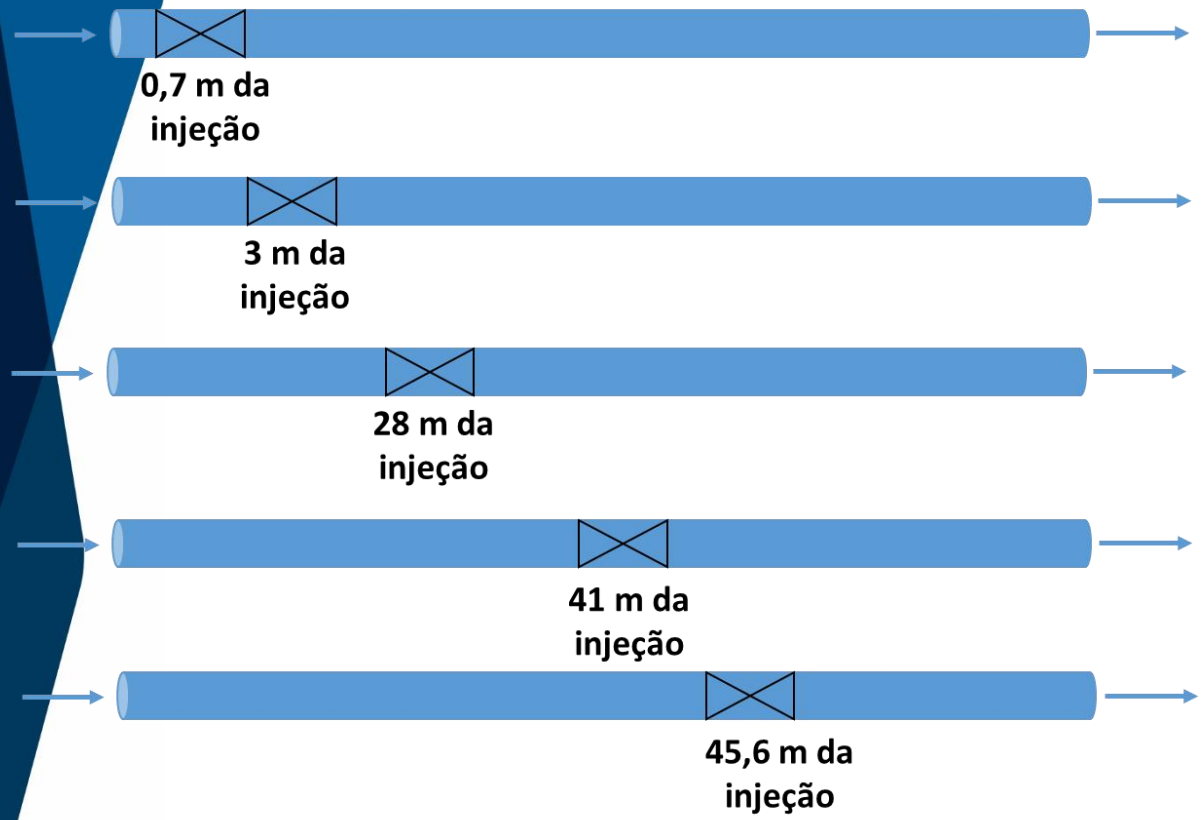
Variação de concentração de CO_2 - pH



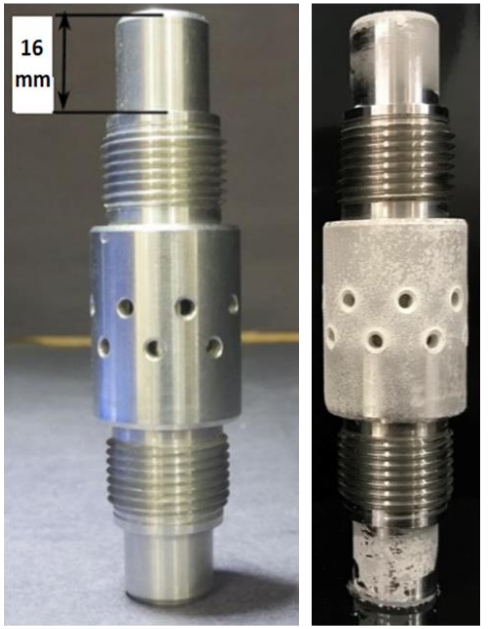


Efeitos do CM em válvulas e restrições

Influência da posição da válvula

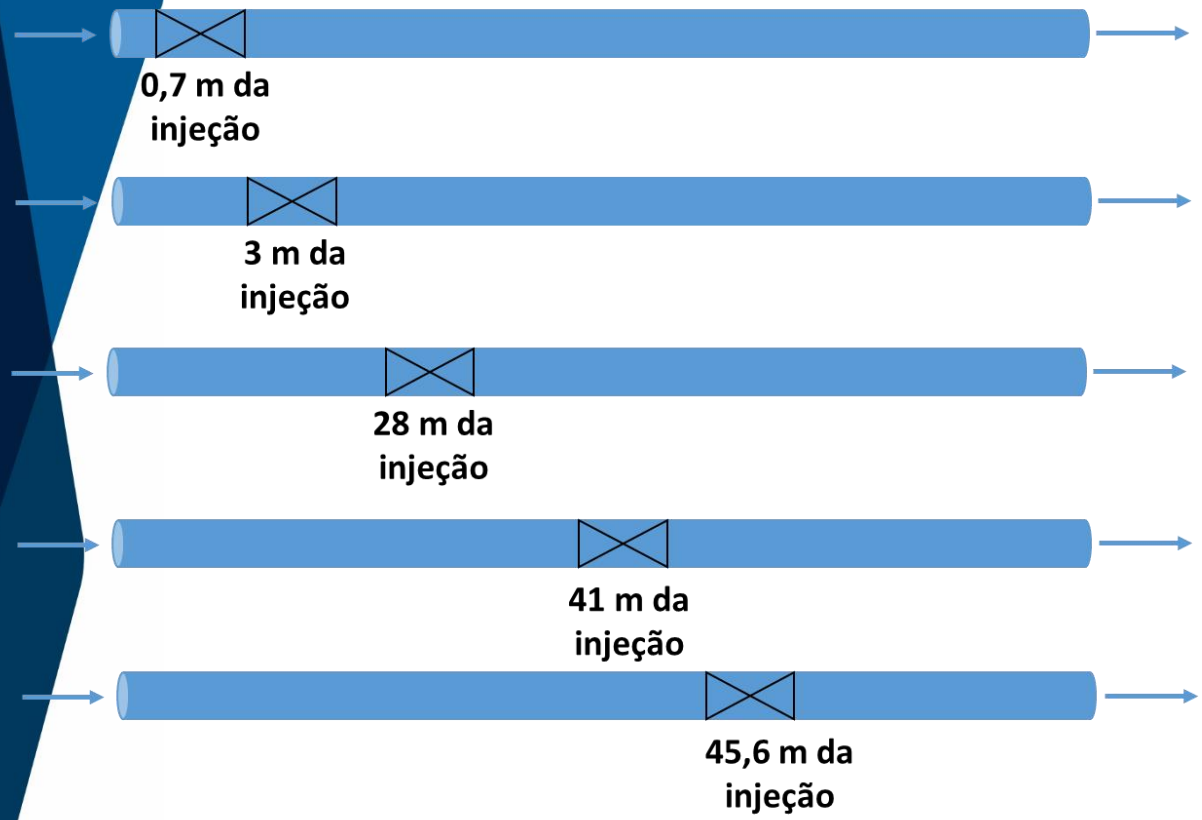


Válvula 50 % aberta

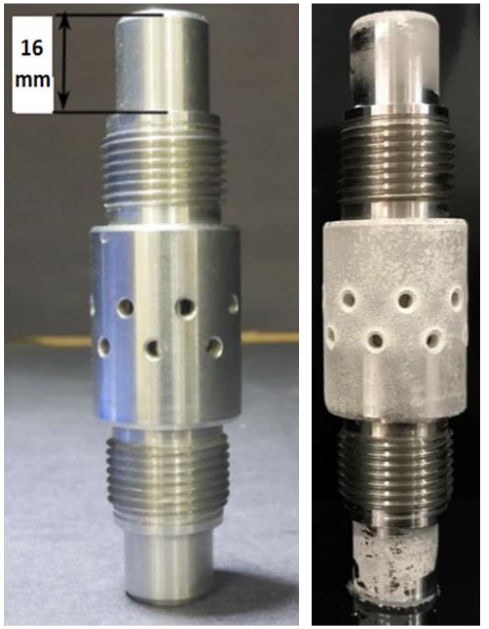


Efeitos do CM em válvulas e restrições

Influência da posição da válvula



Válvula 50 % aberta



Efeitos do CM em válvulas e restrições

Posição válvula (m)	Posição imã	N° Reynolds	Tempo médio para saturação da válvula (min)	Atraso (%) para o tempo de saturação da válvula
0,7	0,37 AI	9650	67,1	13,7
0,7	0,38 AV	9650	61,1	3,6
3	0,38 AV	9650	51,1	0,2
28	0,37 AI	9650	100,6	25,8
28	0,38 AV	9650	107,7	34,6
41	0,37 AI	9650	75,2	25,3
41	0,38 AV	9650	81,4	35,7
45,6	0,37 AI	9650	63,6	6,0
45,6	0,38 AV	9650	66,1	10,2
28	0,37 AI	19300	78,2	56,4
28	0,38 AV	19300	83,8	67,6
41	0,37 AI	20400	15,7	12,1

Obrigado!!!!