

Science For A Better Life

O Poliuretano e a Economia de Ener

A Busca por Materiais cada vez mais Eficientes

22 de agosto de 2012 – Fernanda Porto – Painel Setorial INMETRO



Desafios da Industria de Refrigeração
Novas Tecnologias para Espumas de Poliuretano
As Perspectivas para o Futuro



Indústria de Refrigeração

Produção

Refrigeradores são responsáveis por uma porção significativa no consumo de energia das casas

Aumentar a eficiência energética dos refrigeradores é um dos grandes desafios para a indústria de refrigeração

Legislação e aumento da conscientização ambiental são os grandes motivadores para a inovação e desenvolvimento de novas tecnologias

Materiais com baixos coeficientes de condutibilidade térmica são a chave para a redução do consumo de energia

Na Europa, a melhor classificação de eficiência energética de um refrigerador somente é atingida utilizando-se tecnologias de alto custo (componentes eletromecânicos e painéis de vácuo)

Os fabricantes de refrigeradores precisam de materiais cada vez mais isolantes e com baixos custos a fim de atender as necessidades dos consumidores finais

Indústria de Refrigeração

Necessidades dos Clientes e Consumidores



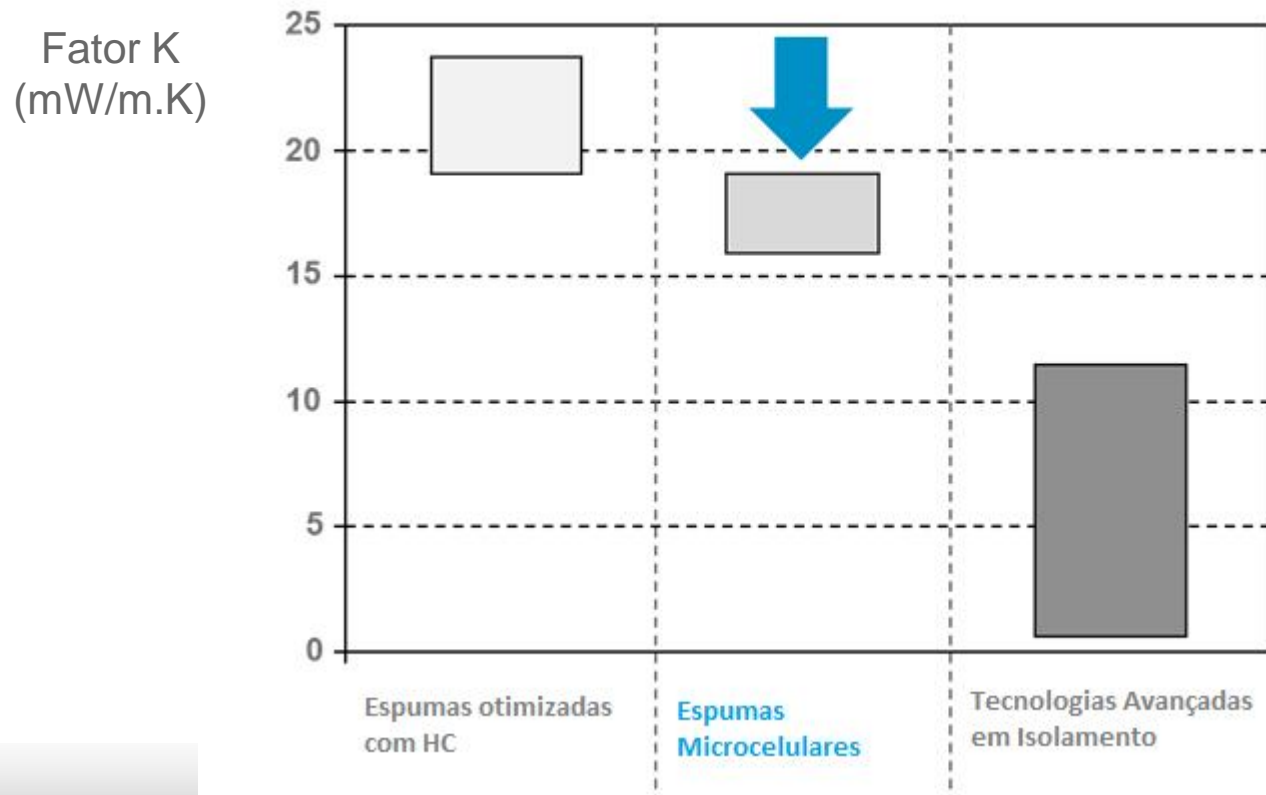
Fabricantes de refrigeradores demandam melhoria na capacidade de isolamento a baixo custo/unidade.

- Baixa condutibilidade térmica para atingir os altos níveis de eficiência energética
- Excelente desempenho na desmoldagem para manter a produtividade
- Boa fluidez para assegurar a processabilidade e o preenchimento dos produtos
- Manter o uso dos equipamentos disponíveis com as tecnologias de processamento de Poliuretano já estabelecidas

Fornecedores de Poliuretano

Soluções Inovadoras para a Indústria

Tecnologias existentes



Propriedades de Poliuretano

Propriedades da Condutibilidade Térmica da Espuma

Equação de Condutibilidade segundo Glicksman:

$$k_{\text{espuma}} = k_{\text{gas (dentro da célula)}} + k_{\text{matriz (PUR)}} + k_{\text{radiação}}$$

$k_{\text{gas (dentro da célula)}}$ é a média ponderada dos valores dos gases presentes dentro da estrutura celular da espuma

$k_{\text{PUR matrix}}$ depende da condutividade térmica do polímero e da fração de polímero em volume (densidade) presente na espuma

$k_{\text{radiação}}$ é dependente do tamanho e da distribuição celular. Para espumas de baixa densidade, a proporção do $k_{\text{radiação}}$ pode ser entre 15% e 27%

espumas de Poliuretano

cores da Condutividade Térmica da Espuma

$$I_{\text{radiação}} = \frac{\text{Constante (Temp)}^3 \cdot \text{Diâmetro celular}}{(\text{Densidade da espuma})^{1/2}}$$

quanto menor o tamanho da célula, menor o $I_{\text{radiação}}$

quanto maior a densidade da espuma menor o $I_{\text{radiação}}$

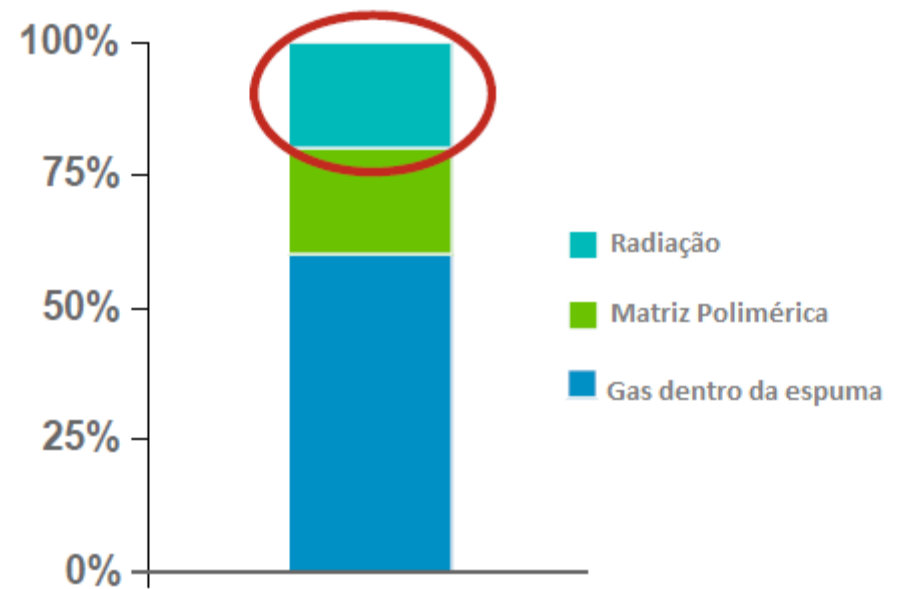
Além, partindo-se que a densidade sempre é a menor possível, próxima a 30-31 Kg/m³ no núcleo, se diminuirmos o tamanho da célula, a participação do $I_{\text{radiação}}$ diminuirá.

espumas de Poliuretano

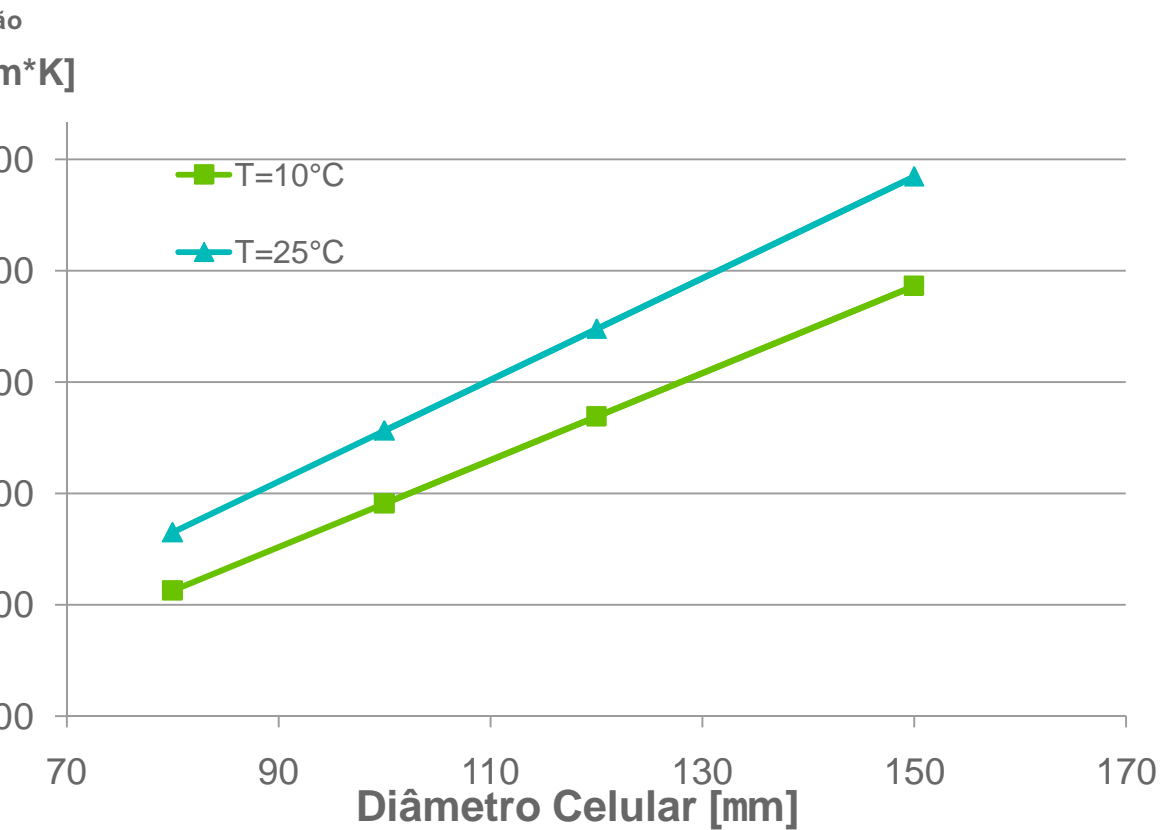
Diversas estratégias podem ser usadas para reduzir o Fator k

Redução do tamanho da célula é um fator chave para reduzir o fator K da espuma

- Polióis otimizados
- Alta reatividade
- Pacotes de aditivos especializados
- Otimização da composição dos gases nas células



Espumas de Poliuretano Células finas



Espumas contendo células finas podem ser obtidas:

- Usando-se sistemas com alta reatividade
- Escolhendo-se os componentes corretos

espumas de Poliuretano desafios

Equilíbrio entre tamanho de célula, densidade da espuma e estabilidade dimensional

Equilíbrio entre reatividade do sistema, fluidez e performance de desmoldagem

Sistemas mais rápidos requerem tecnologias de processamento adequadas



Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas

Resultados de estudos em espumas manuais:

Pacote de catálise ajustado



	Referência	A
Tempo de Gel [s]	65	55
Altura final [cm] ^{a)}	112	110
Expansão [mm] ^{b)}	0,6	2,2
Condutividade térmica [mW m ⁻¹ K ⁻¹]	22,0	21


^{a)} medido em tubo de fluidez vertical; ^{b)} avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas foram espumadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldadas após 5 min;

Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas

Resultados de estudos em espumas manuais:

Componentes
modificados



	Referência	A	B
Tempo de Gel [s]	65	55	65
Altura final [cm] ^{a)}	112	110	114
Coeficiente de expansão [mm] ^{b)}	0,6	2,2	0,9
Condutividade térmica a 23°C [mW m ⁻¹ K ⁻¹]	22,0	21	21,3

^{a)} medido em tubo de fluidez vertical; ^{b)} avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas de teste foram preparadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldadas após 5 min;

Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas

Resultados de estudos em espumas manuais:

Componetes modificados
Pacote de Catálise ajustado



	Referência	A	B	Espumas Microcelulares
Tempo de Gel [s]	65	55	65	40
Altura final [cm] ^{a)}	112	113	114	115
Expansão [mm] ^{b)}	0,6	2,2	0,9	0,4
Condutividade térmica a 30°C [mW m ⁻¹ K ⁻¹]	22,0	21	21,3	20,5

^{a)} determinado em tubo de fluidez vertical; ^{b)} avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas de teste foram desmoldadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldadas após 5 min;

Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas

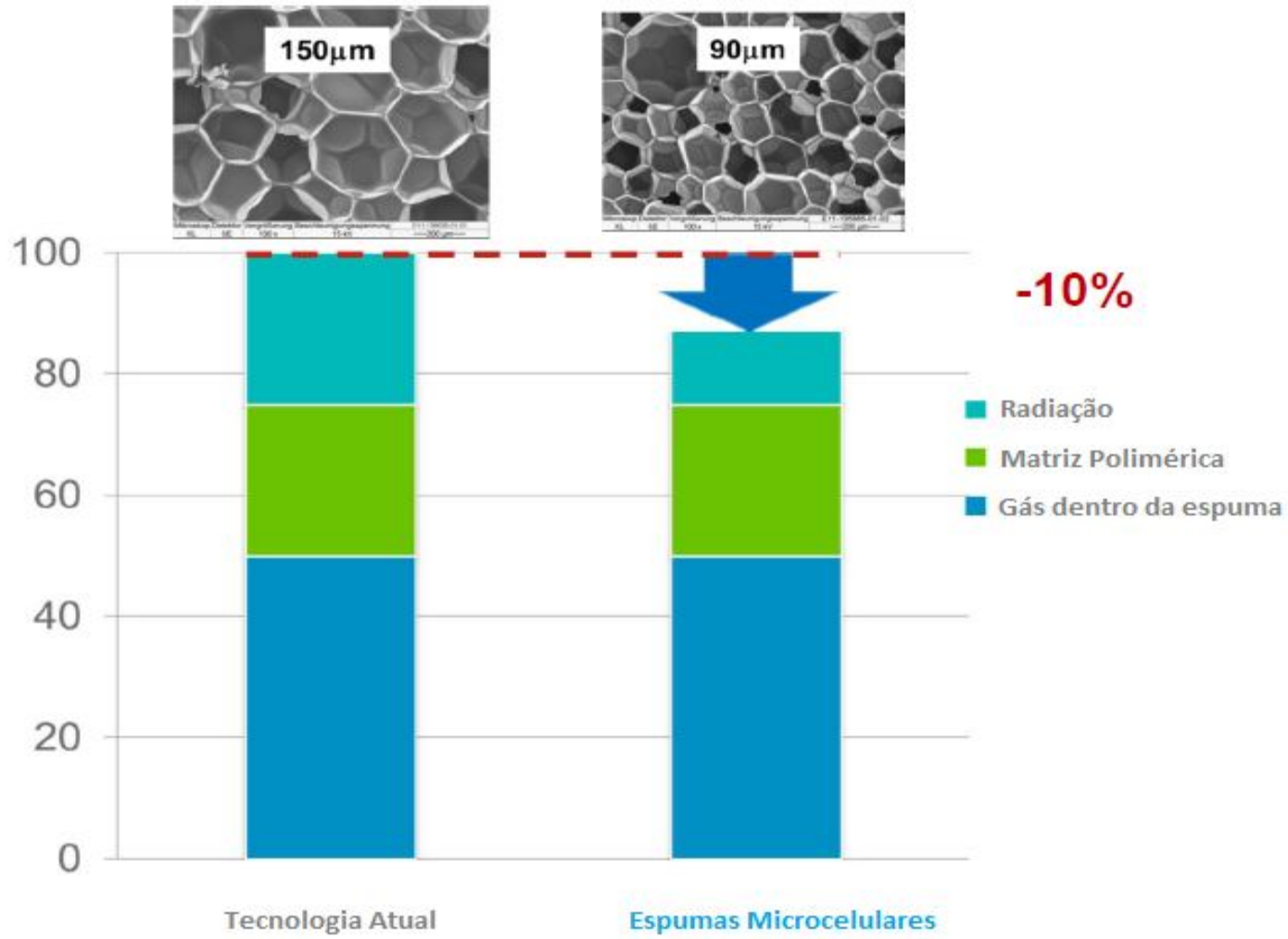
Resultados obtidos em máquina de alta pressão:

	Referência	A	B	Espumas Microcelulares
Tempo de Gel [s]	40	30	40	<30
Índice de Fluidez	1,4	1,4	1,4	1,35
Densidade de Núcleo [kg/m^3]	32,1	31,5	32	31,6
Pressão de Compressão [kPa]	154	159	170	155
Condutividade Térmica [$\text{mW}/\text{m}^1\text{K}^{-1}$]	20 - 20,5	19,1	19,5	18 - 18,5
Coeficiente de Expansão [mm] ^{a)}	3,0	3,5	1,5	2,5

As amostras de teste foram espumadas com 15% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldadas após 5 min.

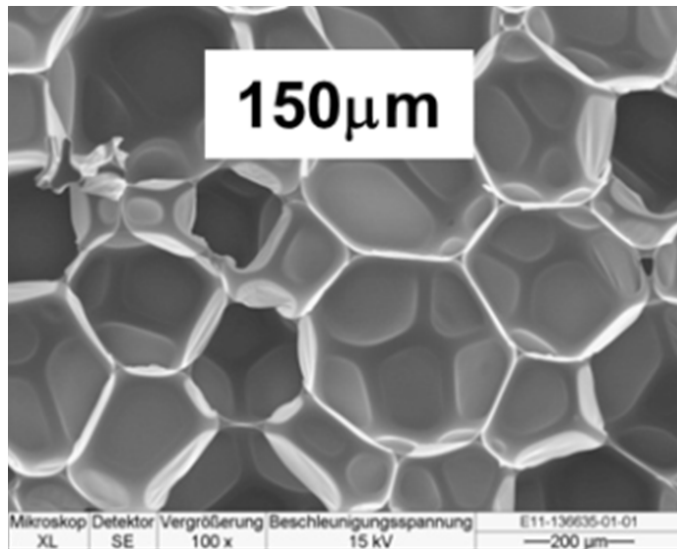
Espumas de Poliuretano

Coeficiente de condução térmica (k) da espuma reduzido em até 10%

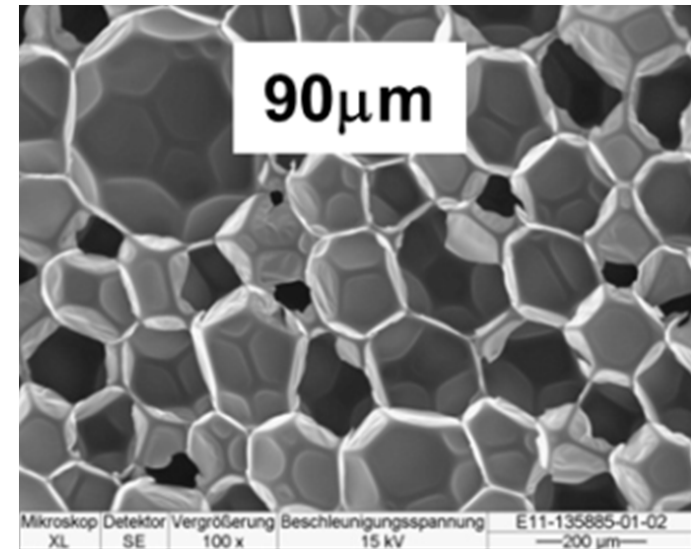
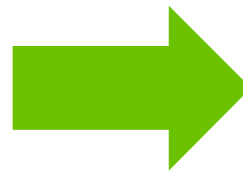


espumas de Poliuretano

redução do tamanho da célula é um fator chave para reduzir o fator K da espuma



- 40%





Espumas de Poliuretano

Células mais finas para reduzir consumo de energia

Concebida **para atender a maioria das necessidades dos fabricantes de refrigeradores e dos consumidores finais** focando em uma melhor eficiência energética

Performance de isolamento térmico excelente combinado com boas propriedades mecânicas e características de processamento

Tamanho de célula reduzido em até 40%, fator k da espuma reduzido em até 10%

Bom balanço entre performance, economia e produtividade

Produz refrigeradores com boa eficiência energética **utilizando tecnologias de processamento estabelecidas**

Espumas Microcelulares oferecem vantagens econômicas

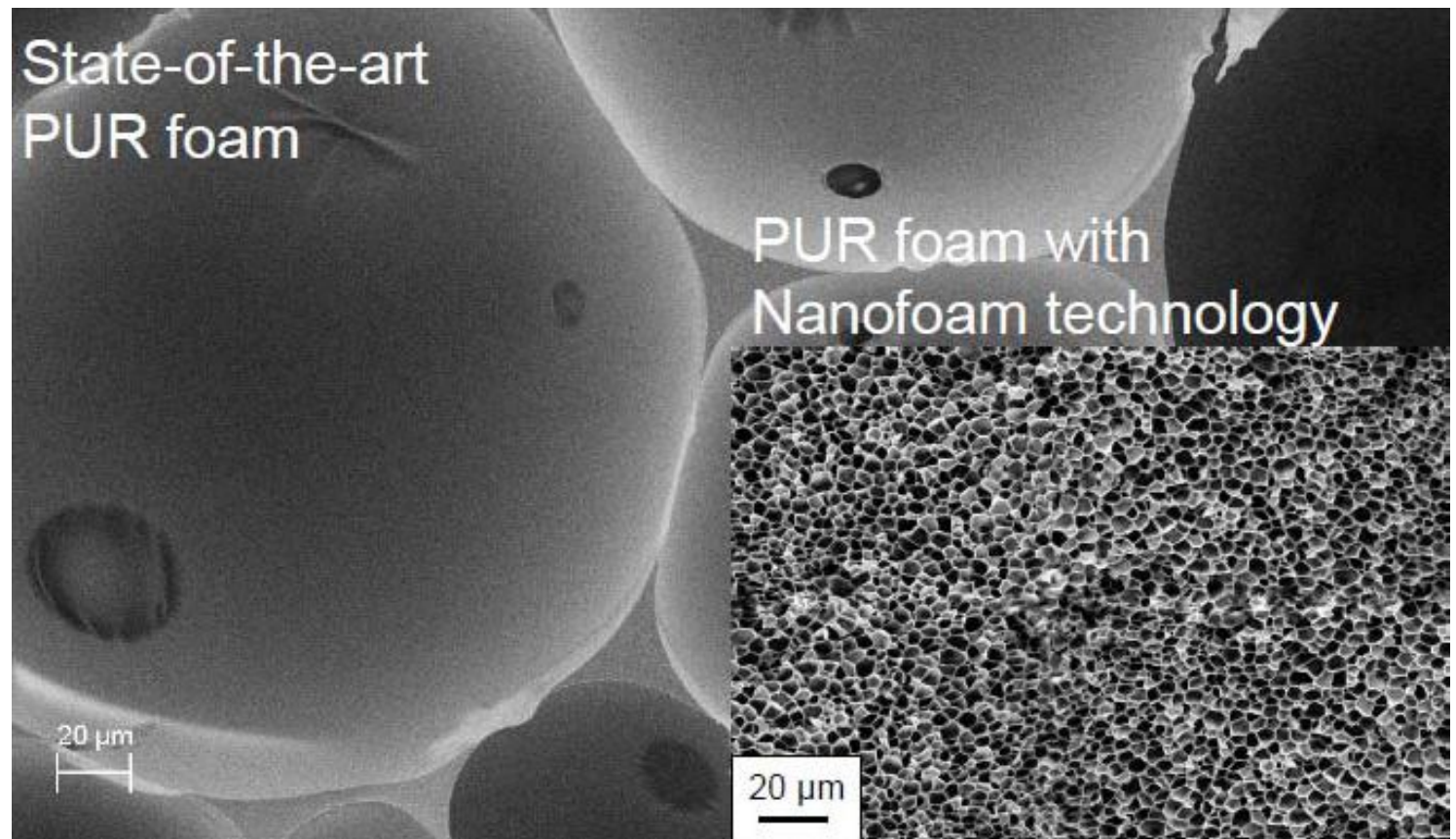
→ Redução de custo por unidade

espumas de Poliuretano

uturo



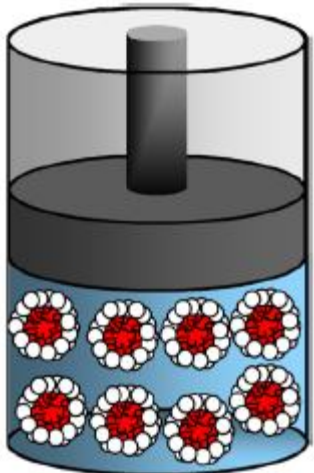
nofoam



espumas de Poliuretano nanofoam

conceito POSME - Princípio de Expansão Supercrítica de Emulsões

Microemulsão
asimétrica do Agente
Expansor



$$p > p_c, T > T_c$$

Nanofoam



$$p = 1 \text{ bar}$$

Agente expansor sob condições
supercríticas:

- ⇒ Sem barreiras de energia para vaporização
- ⇒ Sem fase de nucleação

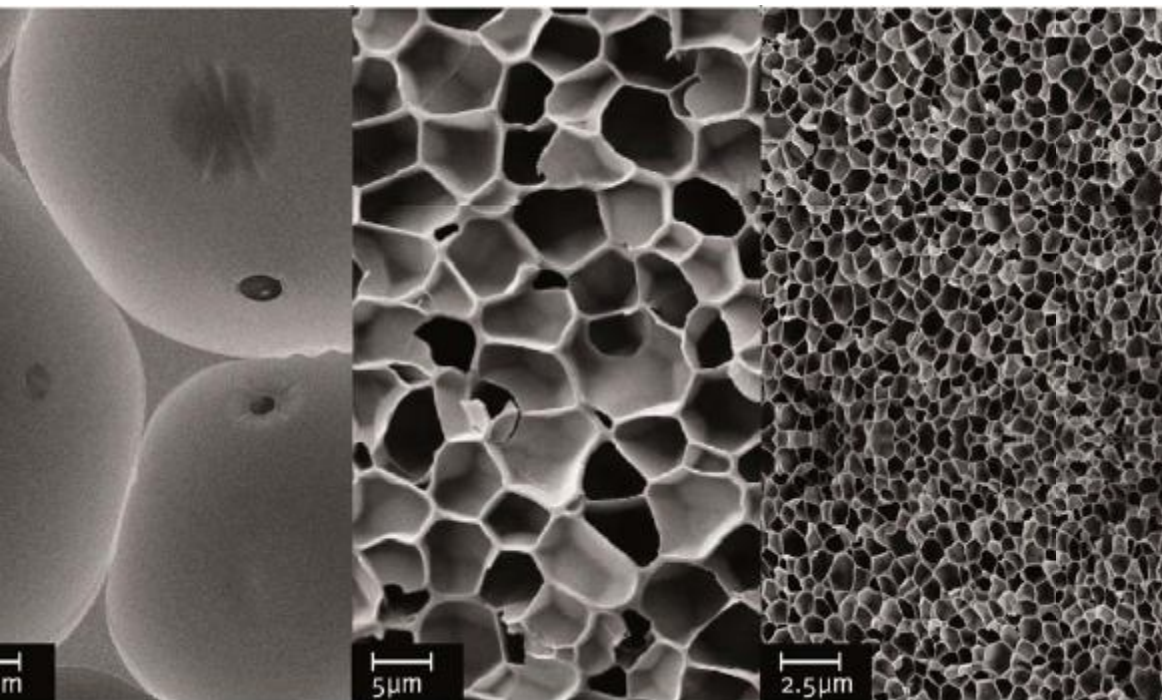
CO₂ sob condições supercríticas:

- ⇒ $T_c = 31 \text{ °C}$
- ⇒ $P_c = 74 \text{ bar}$

As microemulsões são estabilizadas
termodinamicamente

espumas de Poliuretano foam

outlook



- Optimização das formulações
- Maior redução no tamanho das células
- Escala piloto de produção
- Mudanças necessárias para processamentos contínuos

Compostos de Poliuretano

Agentes Expansores de Baixo GWP (Global Warm Potencial – Potencial de Aquecimento Global)

Material	Ciclopentano	AFA L1 (Arkema)	FEA 1100 (Dupont)	Solstice LBA (Honeywell)
Estrutura	C_5H_8	Não informada	$CF_3CH=CHCF_3$	(E) $CF_3CH=CHCF_3$
Peso Molecular	68	< 134	164	130,5
Temperatura de Ebulição	49	15 < AFA L1 < 30	33	19
Condutividade térmica @ 25°C (mW/mK)	12,6	Não informado	10,7	Não informado
GWP (100 anos ITM)	11	< 15	9,7	7
ODP	Não	Insignificante	Não	~ 0

Espumas de Poliuretano

Resultados Preliminares com HBA-2 (Solstice HBA)

Por k reduzido significativamente quando comparado com espumas de CP (~ 10-15%)

Densidades comparáveis a espumas com 245 fa

as condições de processamento

as propriedades mecânicas e estabilidade dimensional em espumas de baixa densidade

stabilidade e estabilidade química precisam ser mais profundamente investigadas

P a ser investigado (aparentemente não é zero)



espumas de Poliuretano

Resultados Preliminares com FEA-1100

or k reduzido quando comparado com espumas de CP (~ 10%), comparáveis com boas espumas de
5fa

nsidades comparáveis com com espumas de 145 fa

as condições de processamento

as propriedades mecânicas e estabilidade dimensional em espumas de baixa densidades

formance ambiental muito favorável (zero ODP, baixo GWP)

Polímeros de Poliuretano

Próximos Passos

Estudos intensivos de Pesquisa e Desenvolvimento são necessários para avaliar os candidatos

Necessidade de acesso as seguintes informações

- Propriedades de HSE
- Propriedades econômicas
- Características das formulações e das propriedades finais
- Compatibilidade com os substratos
- Tendências de decomposição química
- Estudos de migração para alimentos



Science For A Better Life

Muito Obrigada!

Fernanda de Luca Porto
Laboratório de Poliuretanos
55 11 5694 5161
fernanda.porto@bayer.com