

**DuPont™ Formacel®1100:  
Agente Expansor de Espuma  
alternativo para Espumas de Poliuretano  
Zero ODP, Baixo GWP e Não Inflamável**



*The miracles of science™*

# Fluorquímicos

## Gases Refrigerantes – The Science of Cool™



OEM estacionário  
e Aftermarket



OEM móvel e  
Aftermarket



Refrigeração

## Fluidos Especiais



DuPont™ Vertrel®

## Mercado de Especialidades



Propelentes



Agentes Extintores



**Agentes  
Expansores de  
Espuma**



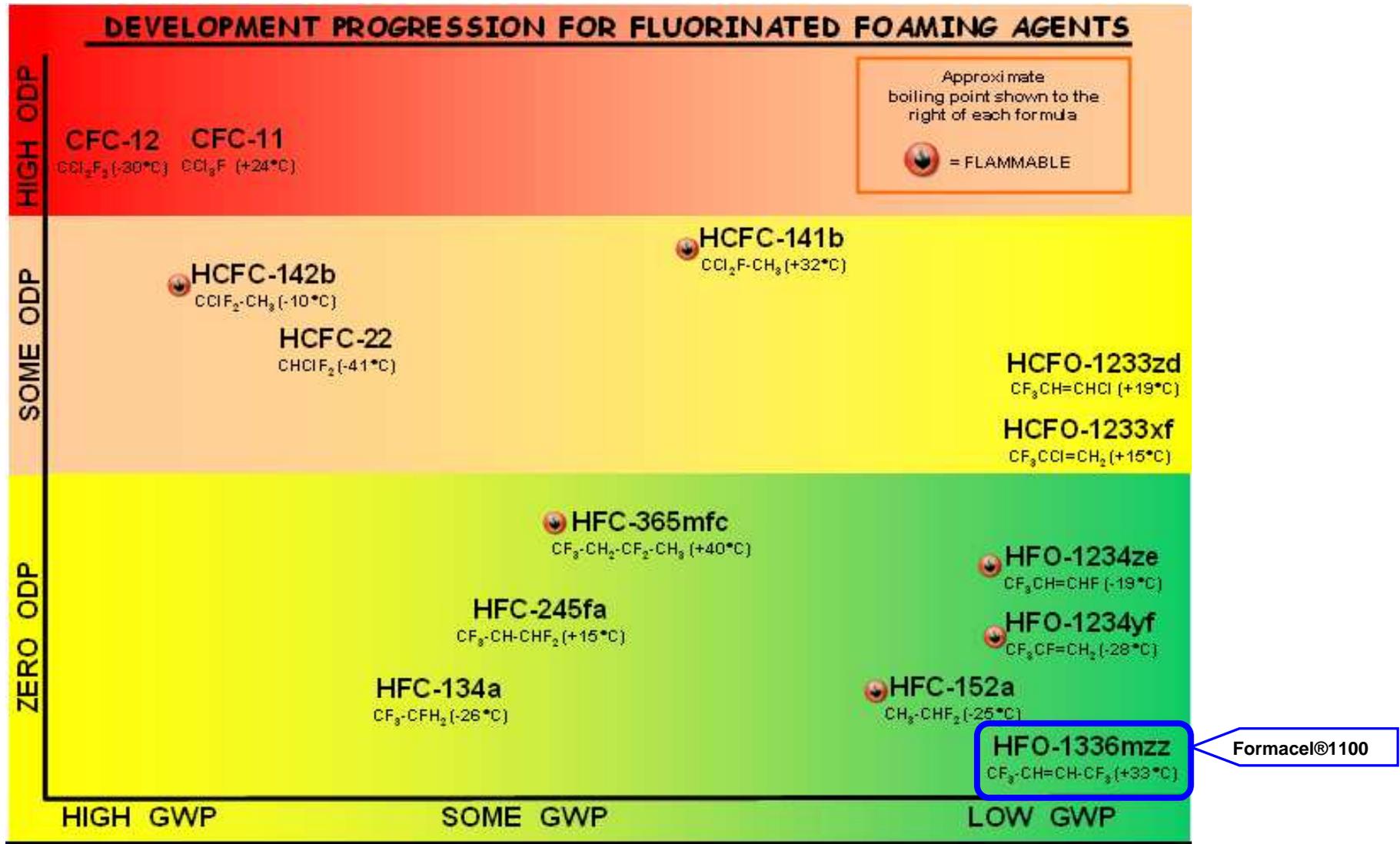
Gases  
Eletrônicos



Farmacêuticos

	Série 1200						Série 1300		Série 1400	
	HFO	HFO	HFO	HFO	HCFO	HCFO	HFO	HFO	HFO	HFO
Propriedade	1243zf	1234yf	1234ze-E	1225ye-Z	1233xf	1233zd-Z	1345zfc	1336mzz-Z (FEA-1100)	1447fz	1438mzz-E
Fórmula	$CF_3CH=C$ $H_2$	$CF_3CF=CH_2$	$CF_3CH=CHF$	$CF_3CF=CHF$	$CF_3CCI=CH_2$	$CF_3CH=CHCl$	$CF_3CF_2CH=CH_2$	$CF_3CH=CHCF_3$	$CF_3CF_2CF_2CH=CH_2$	$CF_3CH=CHCF_2CF_3$
GWP	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
ODP	Zero	Zero	Zero	Zero	ODP [1]	ODP [1]	Zero	Zero	Zero	Zero
Toxicidade		Aceitável	Aceitável	Toxicidade				Aceitável		
Flamabilidade		Sim	Baixa	Não	Não	Não		No		
Temp. de Ebulição (°C)	-22	-28	-19	-20	14-15	19	5	32	32	29
Líquido a Temperatura Ambiente	Não	Não	Não	Não	Não	Marginal	Não	Sim	Sim	Sim
Massa Molecular	96	114	114	132	131	131	146	164	196	214

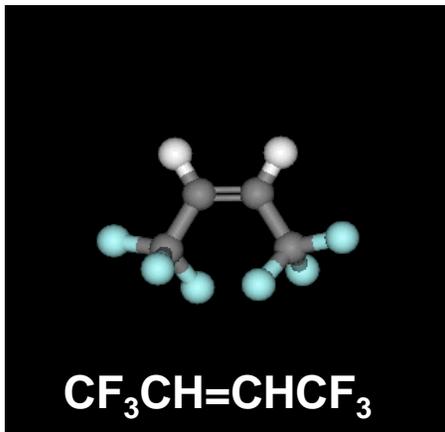
1. *Resumo Executivo: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006, 19 pp. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2007. [Reprinted from Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006, Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 50, 572 pp., World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2007.]*



Formacel®1100

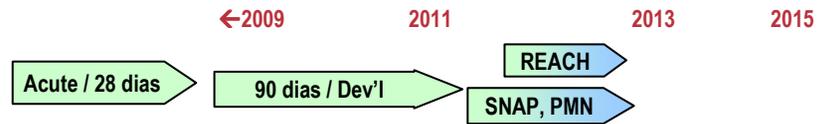
Continuidade no Desenvolvimento do FEA-1100: um Agente Expansor de Espuma de baixo GWP  
 Gary Loh, Joseph A. Creazzo, Mark L. Robin, PhD  
 Apresentado na CPI em Outubro de 2010

# Formacel®1100 – uma opção sustentável e balanceada



- ODP = 0
- GWP 100 anos ITH = 8.9 (NOAA)
- Tempo de vida na atmosfera = 22 dias (NOAA)
- Não inflamável (ASTM E 681 at 60°C & 100°C)
- Ponto de ebulição = 33 °C
- k= 10.7 mW/mK @ 25 °C
- AEL = 500 ppm 8hr / 12hr
- SNAP/PMN Submissão no meio do ano de 2011

Gestão de Segurança do Produto



### Avaliação de Toxicidade

- 4-hr LC 50: Baixíssima toxicidade aguda
- Teste Ames: Não mutagênico
- Aberração Cromossômica: Não afeta o material genético
- Sensibilização cardíaca: Perfil de sensibilidade cardíaca potencialmente favorável
- Inalação Repetida de 28 dias: Perfil de inalação repetida favorável
- 90 dias/ desenvolvimento:
  - Perfil de inalação repetida favorável consistente com o resultado do teste de 28 dias
  - DuPont Allowable Exposure Limits (AEL) = 500 ppm (8 e 12 hr TWA)

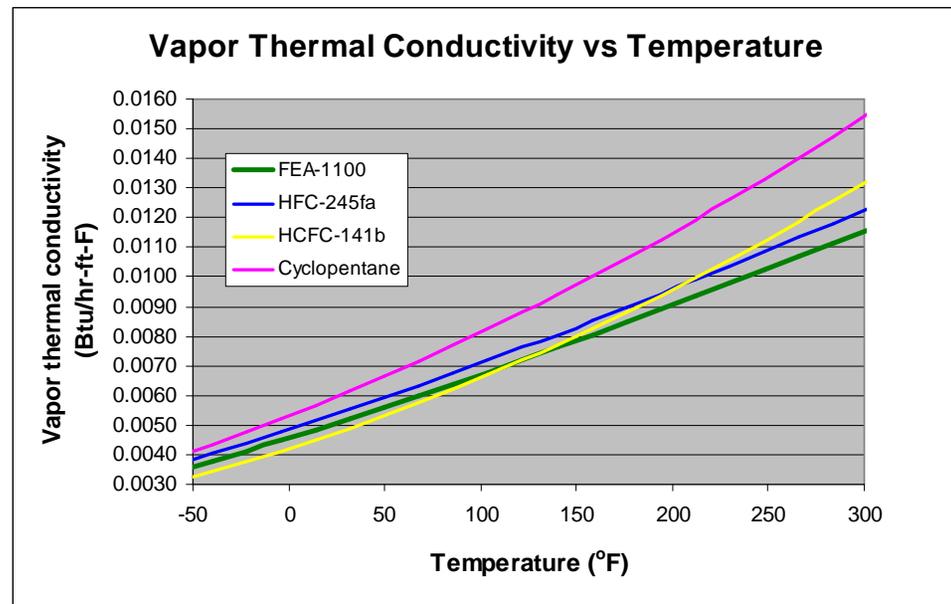
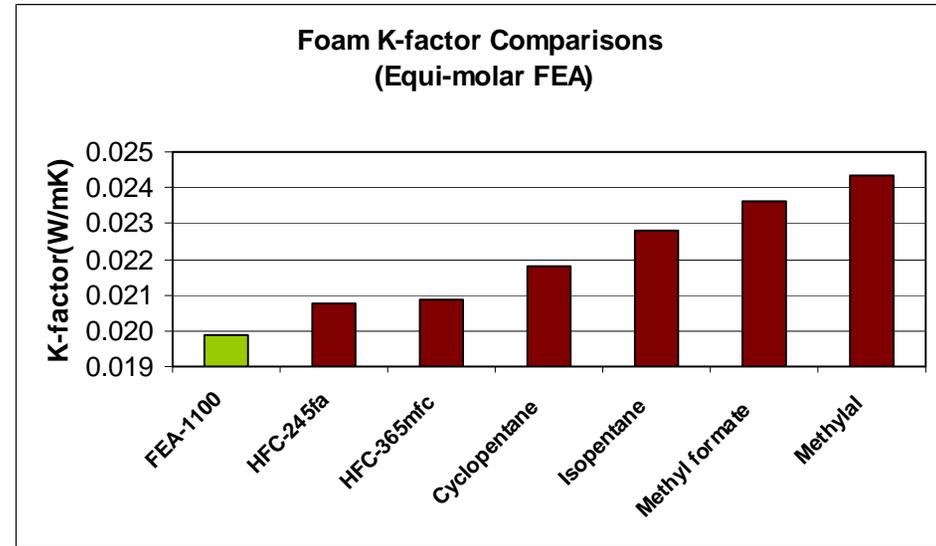
### Comparação de Limites de Exposição com os FEAs disponíveis comercialmente

FEAs	FEA-1100	HCFC-141b	HFC-245fa	HFC-365mfc	Cyclopentane	Methyl Formate
TLV, OEL or AEL <sup>a</sup> (ppm)	500 <sup>a</sup>	500	300	1000 <sup>a</sup>	600	100

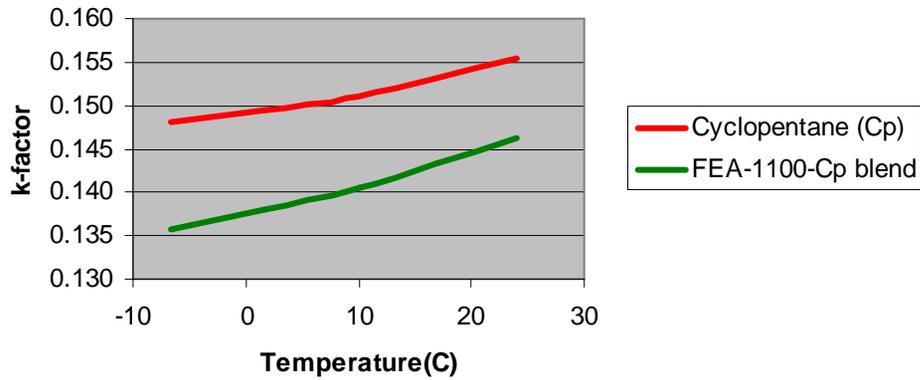
<sup>a</sup>: DuPont Allowable Exposure Limits (8-12 hr TWA)

A baixa condutividade térmica do Formacel®1100 permite alternativas:

- Mais baixo carregamento do agente expensor de espuma
- Isolamento mais fino
- Mais elevada resistência de isolamento
- **Reduz a emissão de gases de efeito estufa devido ao baixo consumo de energia**
- Blendas com alternativas para redução de GWP otimiza o desempenho e reduz o custo



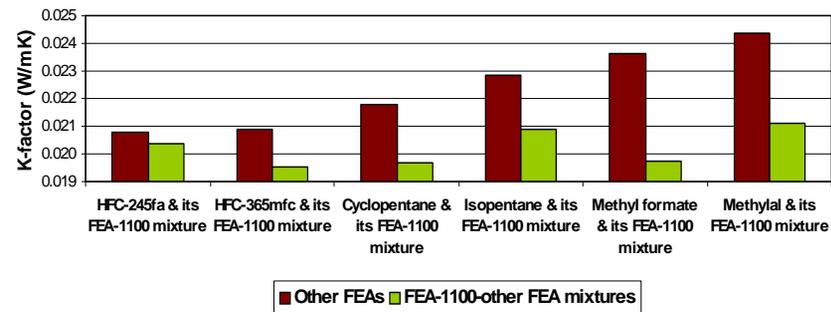
**FEA-1100 Impact on Cyclopentane**

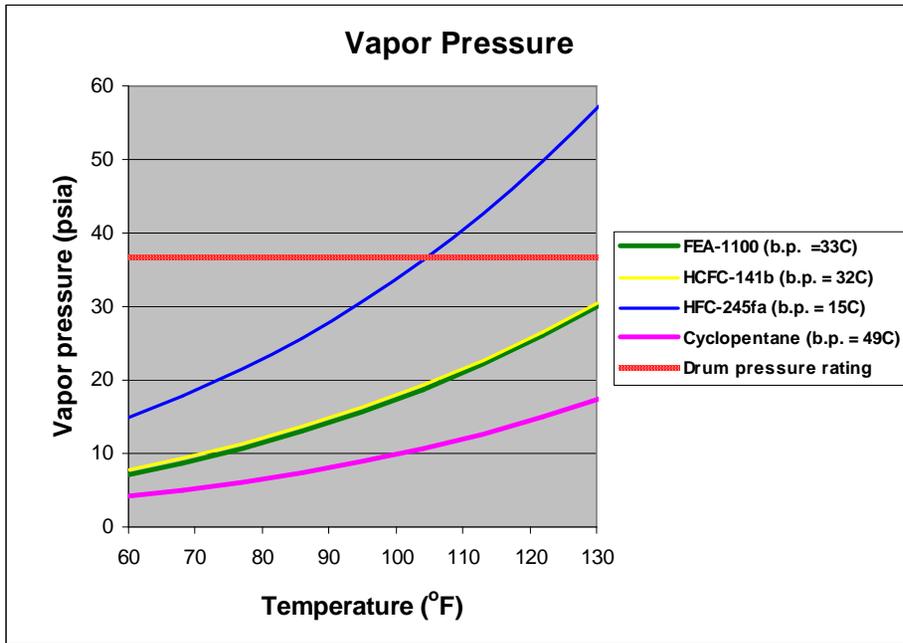


- Emprego em genérica formulação para eletrodomésticos, sem otimização
- Melhoria vs moléculas puras mantidas em espumas envelhecidas

- FEA-1100 age sinergicamente com todos os outros FEA's
- Reduz o fator k quando misturado com outras alternativas de zero ODP

**Effect of FEA-1100 on Other FEAs**





Formacel®1100 NÃO requer investimento para:

- Maior precisão em medição de tanques, tubulação ou containers para transporte
- Mudança de materiais de construção
- Flamabilidade ou equipamentos anti-explosão

Facilidade de Conversão:

- Curva de Pressão de vapor semelhante a de outros FEA's
- Não inflamável ASTM E-681 (60°C e 100°C)
- Compatibilidade de Material e Ingrediente
  - Metais
  - Elastômeros
  - Plásticos (incluindo ABS e HIPS)
  - Solubilidade em Poliol

Polyol Type	OH# (mg KOH/g)	Weight% in Polyols for Single Phase Mixture (21°C)	Weight% in Polyols for Single Phase Mixture (50°C)
<b>Polyethers</b>			
Amine	391-800	5-50+	40-50+
Sucrose/amine	400-499	50+	50+
Sucrose/glycol	440	50+	50+
Sucrose/glycerine	280-520	50+	50+
Sorbitol	490	50+	50+
Mannich-base	300-390	5-50+	29-50+
<b>Polyesters</b>	240-307	5-30	23-35

# Compatibilidade de Material - Metal

**Formacel®1100 é compatível com os metais comumente empregados**

Mudanças no Formacel®1100 após 2 semanas a 100°C (212°F)

Metal Coupons	Metal Coupon Weight	Metal Coupon Appearance	FEA Solution Appearance	FEA Solution Analysis
Stainless Steel	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Carbon Steel	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Copper	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Brass	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **
Aluminum	No weight change	No sign of corrosion	Clear	No fluoride detected **

\*\* Limite de Detecção = 0.5 ppm

# Compatibilidade de Material - Elastômeros

**Formacel®1100 é compatível com elastômeros comumente empregados**

Mudanças no Formacel®1100 após 2 semanas a temperatura ambiente

Symbol	Material	Brand	% Weight Change	% Volume Change	% Hardness Change
NR	Natural Rubber	Natural Rubber	4.4%	1.9%	0.0%
CR	Polychloroprene	Neoprene® W	0.8%	0.1%	0.0%
NBR	Acrylonitrile Butadiene	BUNA N	15.3%	2.6%	-13.6%
CSM	Chlorosulfonated Polyethylene	Hypalon 40®	0.2%	0.8%	-1.3%
FFKM	Fluoroelastomer	Kalrez®	7.9%	-3.4%	-2.9%
T	Polysulfide	THIOKOL FA ®	0.3%	6.7%	-6.1%
IIR	Isobutylene Isoprene	Butyl Rubber	0.3%	13.1%	-13.3%
EPDM	Hydrocarbon (Ethylene-Propylene Terpolymer)	Nordel®	1.4%	5.5%	-7.1%

# Compatibilidade de Material - Plásticos

**Formacel®1100 é compatível com plásticos comumente empregados**

**Mudanças no Formacel®1100 após 2 semanas a temperatura ambiente**

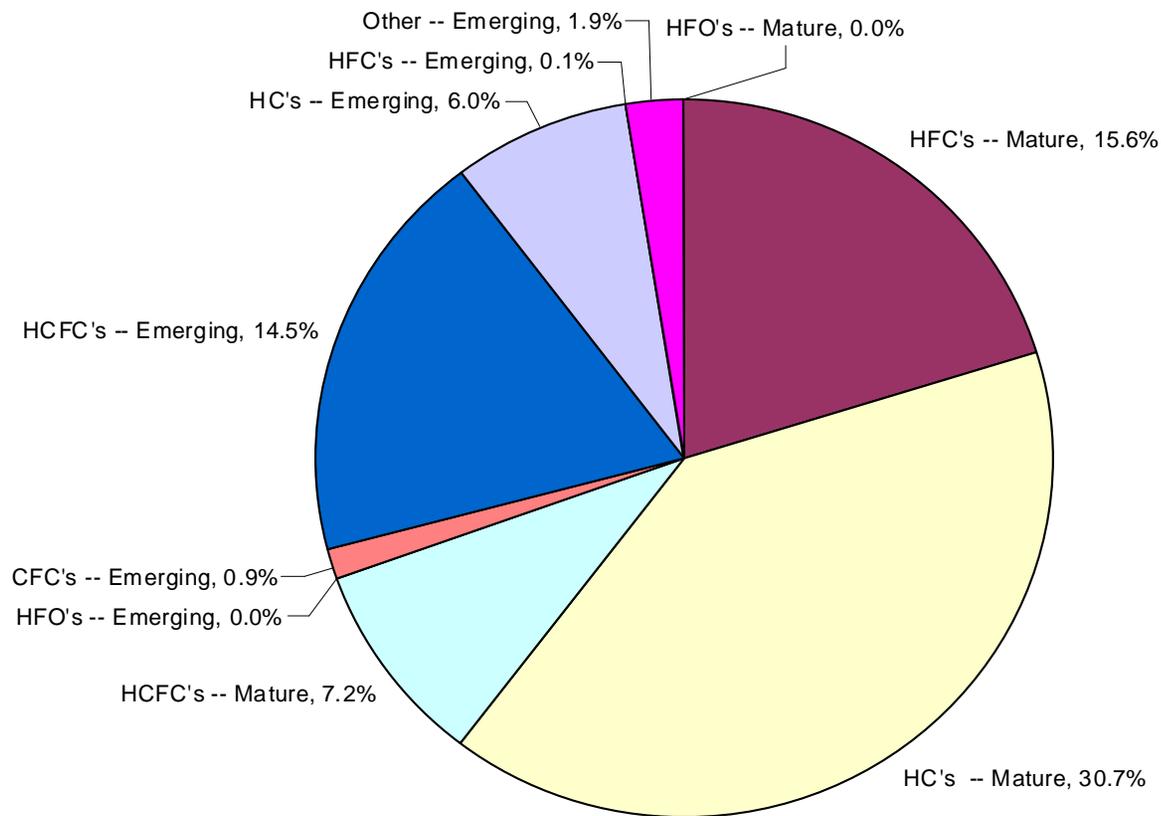
Symbol	Material	Brand	% Weight Change	% Volume Change	% Hardness Change
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene	Cycolac®EX58	-0.1%	-0.6%	0.0%
HIPS	High Impact Polystyrene		0.3%	-0.4%	-2.9%
PEI	Poly(ethylene terephthalate)	Rynite®	0.0%	0.7%	-1.2%
PS	Polystyrene	Styron®	-0.4%	0.9%	0.0%
PVC	Polyvinyl Chloride	Bakelite®	0.0%	0.0%	0.0%
CPVC	Chlorinated Polyvinyl Chloride		0.0%	-0.3%	0.0%
PTFE	Fluorocarbon(PTFE)	Teflon®	1.1%	0.3%	-17.2%
ETFE	Fluorocarbon(ETFE)	Tefzel®	0.7%	0.0%	12.9%
	Ionomer	Surlyn®	0.3%	0.0%	1.9%
POM	Acetal	Delrin®	0.1%	-1.2%	-1.3%
PC	Polycarbonate	Tuffak®	0.0%	-0.6%	0.0%
PEEK	Polyetheretherketone	Victrex®	0.0%	0.2%	0.0%
	Polyarylate	Arylon®	0.2%	-0.2%	-4.4%
LCP	Polyester	Xydar®	0.0%	-0.4%	-1.5%
	Nylon 6/6	Zytel® 101	0.4%	-0.5%	3.1%
PEI	Polyetherimide	Ultem®	-0.1%	0.0%	0.0%
	Polyaryl sulfone	Radel®	-0.2%	0.3%	0.0%
PVDF	Poly(vinylidene fluoride)	Kynar®	0.1%	-0.3%	0.0%
PP	Polypropylene	Tenite®	0.3%	-0.5%	0.0%
	LCP	Zenite	-0.1%	-0.9%	0.0%
HDPE	High Density Polyethylene	Alathon®	0.0%	0.3%	3.3%
	Phenolic	Duwez®	0.0%	-0.1%	1.2%

## Formacel®1100 Impacto no Meio Ambiente – Formação do nível de Ozônio

- Nos EUA, VOCs (Volatile Organic Compounds) são caracterizados pelo *Maximum Incremental Reactivity* (MIR) relativo ao etano
- MIR do FEA-1100 é 86% mais baixo que do etano (comunicação de W.P.L Carter em 2011)
- Há expectativas de que FEA-1100 seja classificado como não-VOC

<b>Agente Expansor de Espuma</b>	<b>MIR (g O<sub>3</sub>/g)</b>
<i>FEA-1100</i>	<i>0.04</i>
<b>Formiato de Metila</b>	<b>0.06</b>
<b>HFO-1234ze</b>	<b>0.10</b>
<b>HFO-1234yf</b>	<b>0.28</b>
<i>Etano</i>	<i>0.28</i>
<b>Dicloroetileno</b>	<b>1.70</b>
<b>Ciclopentano</b>	<b>2.39</b>

2005 360MT FEA's Global View UNEP



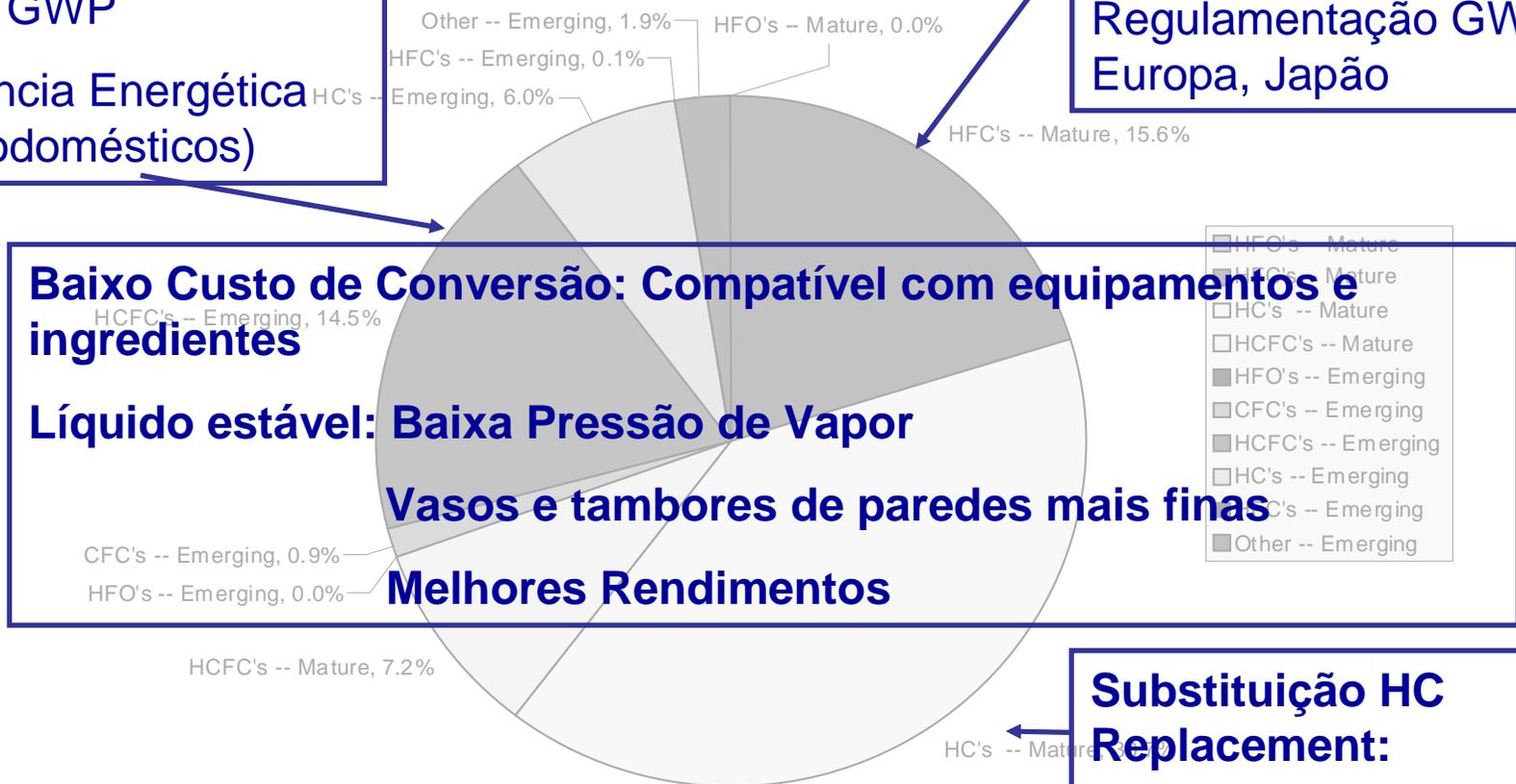
**Substituição HCFC:**

Não inflamável  
 Baixo GWP  
 Eficiência Energética (eletrodomésticos)

**Substituição HFC:**

Eficiência Energética  
 Regulamentação GWP - Europa, Japão

2006 360MT FEA's Global View UNEP



**Baixo Custo de Conversão: Compatível com equipamentos e ingredientes**

**Líquido estável: Baixa Pressão de Vapor**

**Vasos e tambores de paredes mais finas**

**Melhores Rendimentos**

**Substituição HC Replacement:**

Eficiência energética em blendas

- **Ambientalmente sustentável**
  - **Zero ODP & baixo GWP**
- **Propriedades desejadas para uma vasta gama de aplicações**
  - **Não inflamável**
  - **Líquido estável (fisicamente e quimicamente)**
  - **Baixa condutividade térmica de vapor**
- **Desempenho superior em isolamento de espuma**
  - **Valores R melhores que de outros HFCs e hidrocarbonetos**
  - **Valores R se mantêm com o envelhecimento**
  - **Melhora o desempenho com misturas de FEA**
- **Alternativa *drop-in* com desempenho melhorado**

## Comparação das opções ao processo de eliminação do HCFC-141b

### Formacel®1100 – FEA com zero ODP, baixo GWP e propriedades desejáveis

FEAs	Zero ODP	GWP	Flash Point(°C)	Lambda @ 25 °C (mW/mK)	Boiling Point (°C)	Conversion Cost & Handling
HCFC-141b	no	725 <sup>a</sup>	none	9.7	32	NA
HFC-245fa	yes	1030 <sup>a</sup>	none	12.7	15	Medium (High vapor pressure)
HFC-365mfc	yes	794 <sup>a</sup>	-24	10.5	40	High (Flammability)
Cyclopentane	yes	11 <sup>b</sup>	-37	13 <sup>b</sup>	49	High (Flammability)
CO <sub>2</sub> / water	yes	0	none	16.3 <sup>b</sup>	-139	Low
Methylal	yes	0	-19		42	High (Flammability)
Methyl Formate	yes	0	-18	10.7 <sup>b</sup>	32	High (Flammability)
HBA-2	no <sup>e</sup>	<15 <sup>d</sup>	none		15 - 32 <sup>d</sup>	Low - Medium (Potential high vapor pressure)
AFA-L1	no <sup>e</sup>	<15 <sup>d</sup>	none	10 <sup>b</sup>	15 - 30 <sup>d</sup>	Low - Medium (Potential high vapor pressure)
<b>FEA-1100</b>	<b>yes</b>	<b>9.4<sup>c</sup></b>	<b>none</b>	<b>10.7</b>	<b>33</b>	<b>Low</b>

a: [IPCC/TEAP \(2005\)](#)

b: [UNDP, Phase out Technologies for PU Foams, June 2010;](#)

c: [NOAA\(2010\)](#)

d: [Proceedings of Polyurethanes 2009 Technical Conference](#)

e: [Indian Polyurethane Association, Alternative Blowing Agent Options for HCFC 141b, June 2010](#)

## Resumo das Alternativas

- **Não há uma solução única para a substituição do HCFC-141b em todas as aplicações**
- **Cada solução tem suas vantagens e é apropriada para diferentes aplicações. Para diferentes aplicações, precauções adequadas de segurança devem ser tomadas.**
- **Impacto de custo total de cada solução requer avaliação dependente da escala das operações e aplicação.**
- **Impacto total dos gases de efeito estufa de um agente expensor de espuma requer avaliação de eficiência energética e potencial de aquecimento global, já que ambos são importantes para a redução do impacto no efeito estufa.**

### **Isenção de responsabilidade:**

**As informações aqui contidas são fornecidas gratuitamente e com base em dados técnicos que a DuPont acredita serem confiáveis. É destinado ao uso por pessoas com qualificação técnica, por sua própria conta e risco. No caso em que as condições de uso estão fora de nosso controle, não oferecemos garantias, expressas ou implícitas, e não assumimos qualquer responsabilidade em conexão com qualquer uso desta informação. Nada aqui contido deve ser visto como uma licença para operar, ou uma recomendação para infringir quaisquer patentes ou pedidos de patentes.**



*The miracles of science™*