

Novos desenvolvimentos de sistemas epóxi para pás eólicas



Cristina Alziati

Painel Energia Eólica

Fortaleza, 24 de abril de 2013

Sobre a Dow

Dow no mundo

- Presença em 160 países
- 52.000 funcionários
- Vendas anuais de US\$ 60 B

Integridade



**Respeito pelas
pessoas**



**Proteção de nosso
planeta**



Forte Presença na América Latina

Operamos e servimos clientes em todos os países

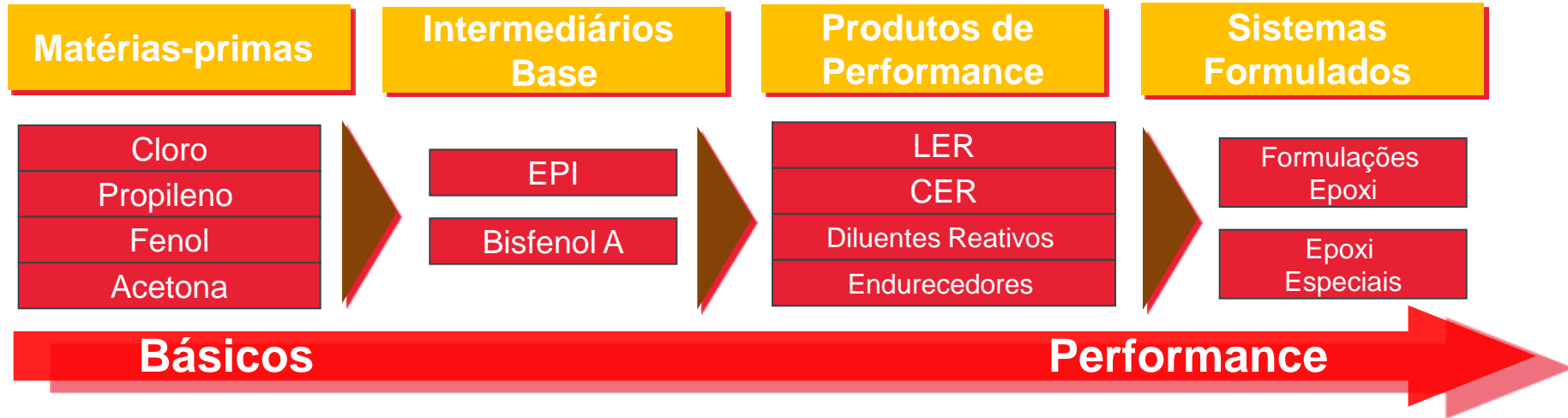
- +50 anos de presença
- 26 Sites
- 15 Escritórios
- 5000 Funcionários
- 14 Centros de Pesquisa (8 em sites)

**Vendas 2011
US\$ 7.2 B**



Dow Epoxy é altamente integrada

- Contruída sobre as fundações da epicloridrina
- Maior nível de autosuficiência em matérias-primas do mercado



Centros de excelência em tecnologia



Sistemas epóxi em materiais compostos

Materiais compostos

- A maioria das propriedades de um material composto dependem da combinação do material de reforço e da matriz.
- Porém, em algumas propriedades, o reforço será o fator determinante e a matriz terá uma contribuição limitada, enquanto que em outras propriedades matriz dominará.
- Haverá também situações nas quais alguma propriedade será afetada por ambos os componentes ou quando a interação de ambos será crítica para o desempenho final do material composto.

Matiz (Resina) - Fase contínua



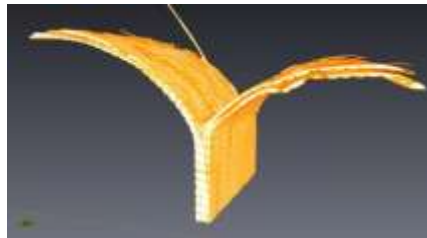
- Protege a fibra do meio ambiente
 - Calor, solventes, gases, eletricidade, luz etc
- Responsável pela forma final da estrutura
- Transfere para a fibra a carga imposta à estrutura

Fibra



- Responsável pelas propriedades mecânicas:
 - rigidez, resistências etc

Fibra / resina



Uma forte ligação entre fibra e matriz é necessária para o bom desempenho do material composto

- Tenacidade
- Propriedades elétricas
- Amortecimento

Propriedades dominadas pela matriz

Material Composto



Propriedades importantes para a performance final:

- resistência ao fogo
- resistência à luz
- resistência térmica
- resistência química
- etc

Processo

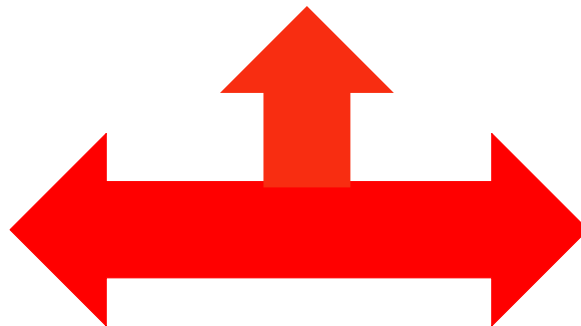


Resina e endurecedor



Propriedades importantes para o processo:

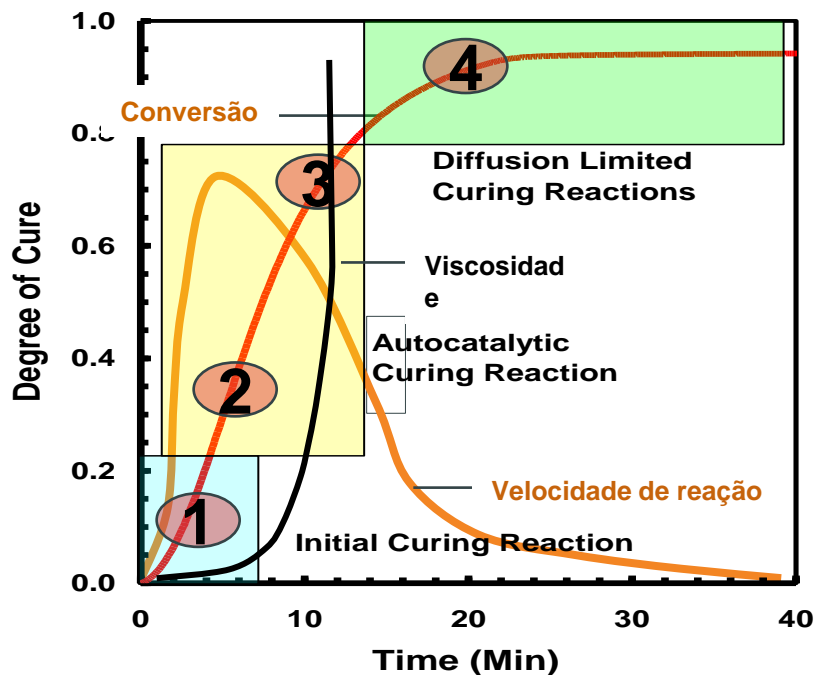
- viscosidade
- perfil de cura
- calor de reação
- etc



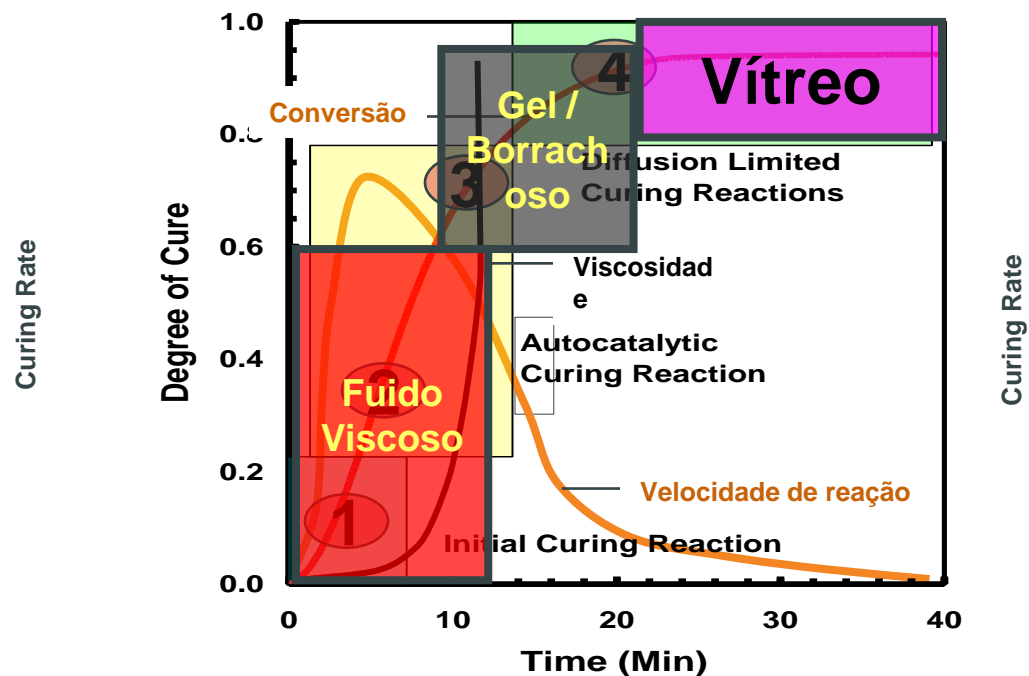
Propriedades dominadas pela matriz

Modelo Reo-Cinético

Um perfil típico de cura isotérmica

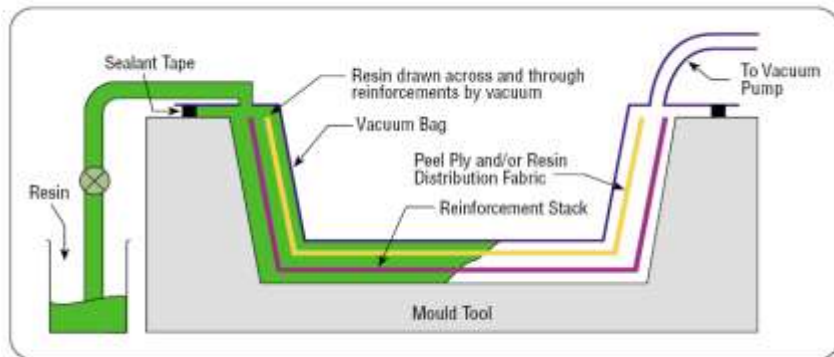


Um perfil típico das fases de uma cura isotérmica



Processo de infusão

Other Infusion Processes - SCRIMP, RIFT, VARTM etc.



- O material de reforço é colocado seco no molde
- O vácuo é aplicado
- A resina é introduzida no molde pela sucção do vácuo
- Após preencher o molde o fluxo de resina é interrompido
- A etapa de cura iniciada

Parâmetros da resina

Características desejadas

Viscosidade

Viscosidade deve ser baixa o suficiente para molhar rapidamente as fibras. O intervalo de viscosidade desejado é de 50-1.000 cP

Pot life ou Gel time

Deve ser suficiente para permitir que todo o material de reforço seja molhado

- Muito curto – a resina desacelera e deixa áreas secas
- Muito longo – o ciclo torna-se desnecessariamente longo

Controle de Temperatura

Temperaturas mais altas podem:

- Diminuir a viscosidade inicial da resina
- Diminuir muito o tempo de infusão
- Acelerar a reação de cura

Controles de temperatura devem ser colocados:

- na cavidade do molde
- nos recipientes de mistura da resina
- nas linhas de entrada da resina
- Eventualmente em todas as acima ou em algumas

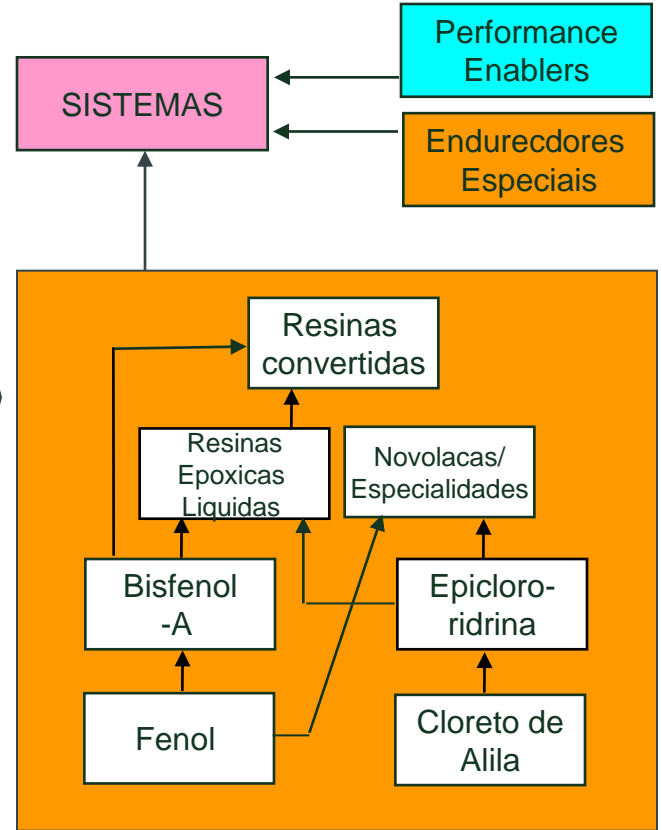
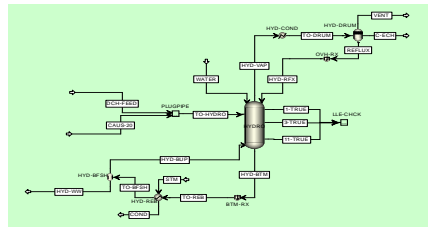
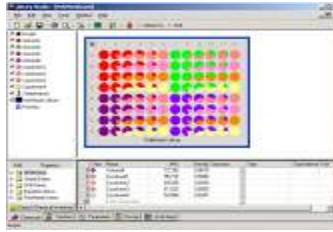
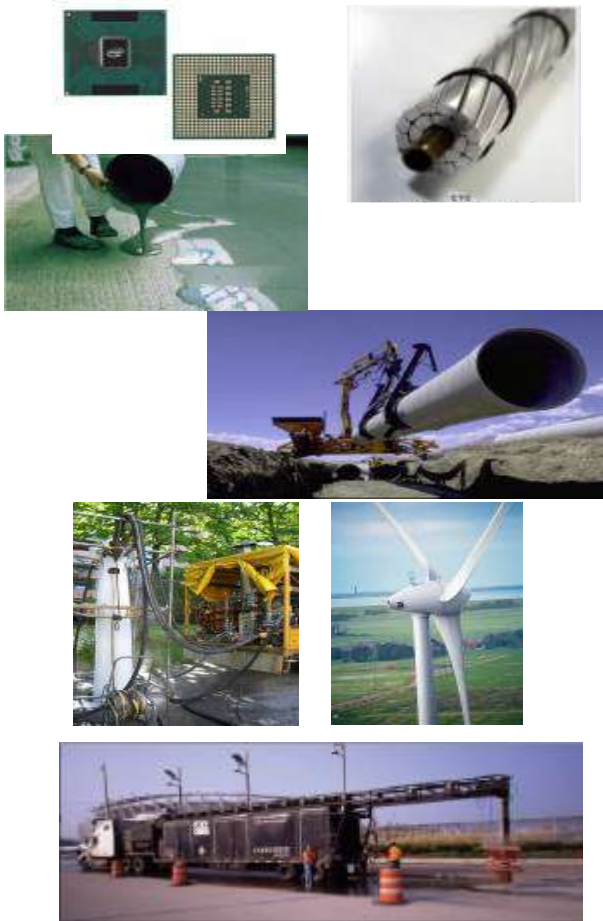
Vamos infundir!!



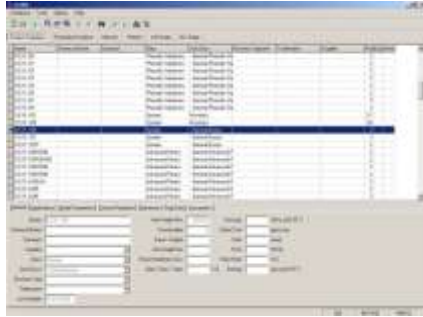
Pás de 80 metros sendo desenvolvidas pela Vestas.

— Desenvolvimento de sistemas epóxi para o processo de infusão

A forma como fazemos desenvolvimentos

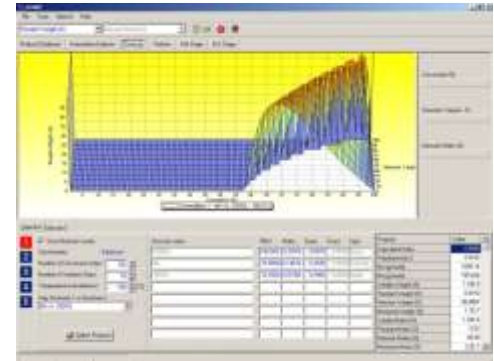


Ciência de materiais e modelagem



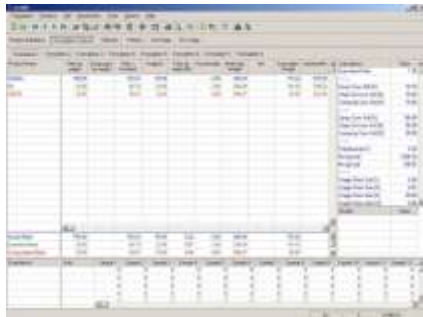
Banco de dados de produtos

Integrated model suite

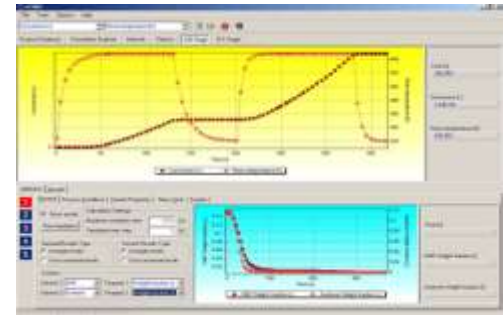


Modelos de propriedades de produto

- Thermal (T_g , CTE)
- Mechanical (K_{1c})
- Electrical properties (D_k)



Formulation explorer



Modelo de processamento de produto

- Rheo-kinetic behaviour
- Exotherm
- Optimize curing cycle

Ciência de materiais e modelagem

Exemplo do uso de DOW™ eCURE para a otimização de processo.

- **Input** = perfis de tempos e temperatura
- **Output** = T_g , grau de cura e desenvolvimento de viscosidade

Customer Temperature Profile

Excel Database Profile Name

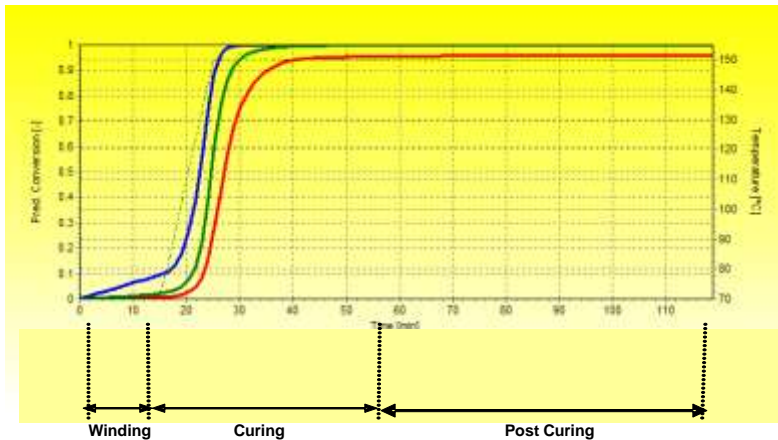
Node time step (min): 10 Total no. of nodes: 4

Interp. steps (1/min): 10

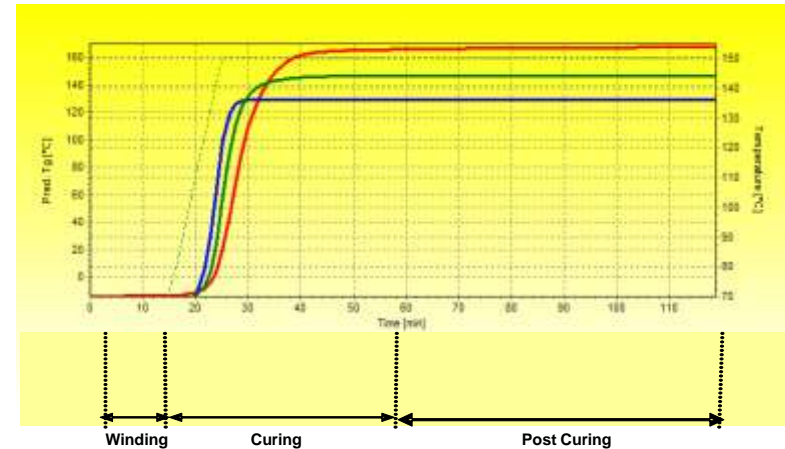
Temperature without heat balance Initial temperature for adiabatic temperature rise

	Time [min]	Temperature [°C]
1	0	70
2	15	70
3	25	150
4	30	150

Grau de cura vs. tempo

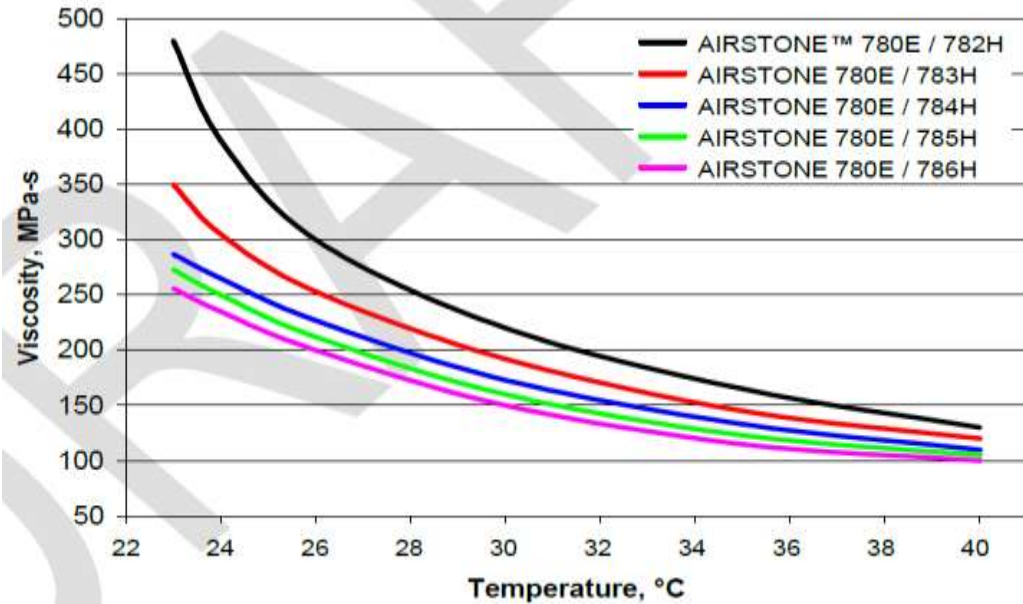


Desenvolvimento de T_g vs. tempo



Sistemas de infusão padrão | Propriedades

Viscosidade dos sistemas versus a Temperatura

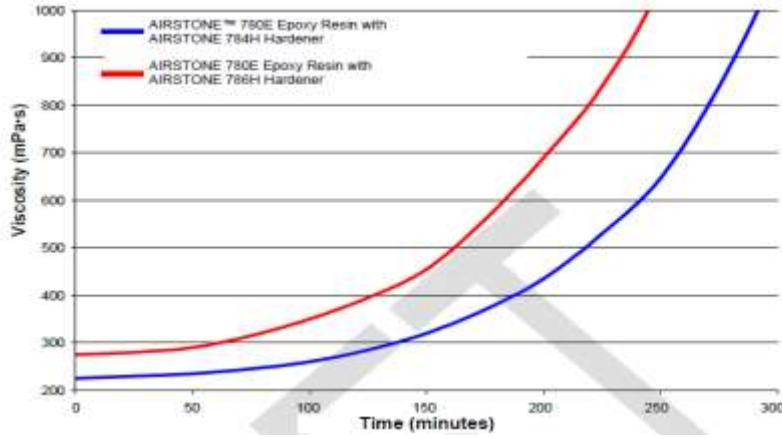


Gel time @23°C

AIRSTONE 780E Epoxy Resin with				
AIRSTONE 782H Hardener	AIRSTONE 783H Hardener	AIRSTONE 784H Hardener	AIRSTONE 785H Hardener	AIRSTONE 786H Hardener
175	321	410	433	460

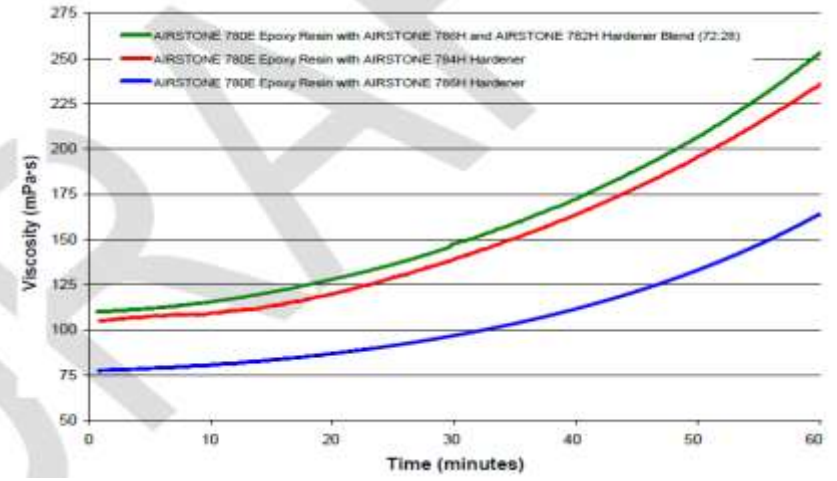


Sistemas de infusão padrão | Propriedades

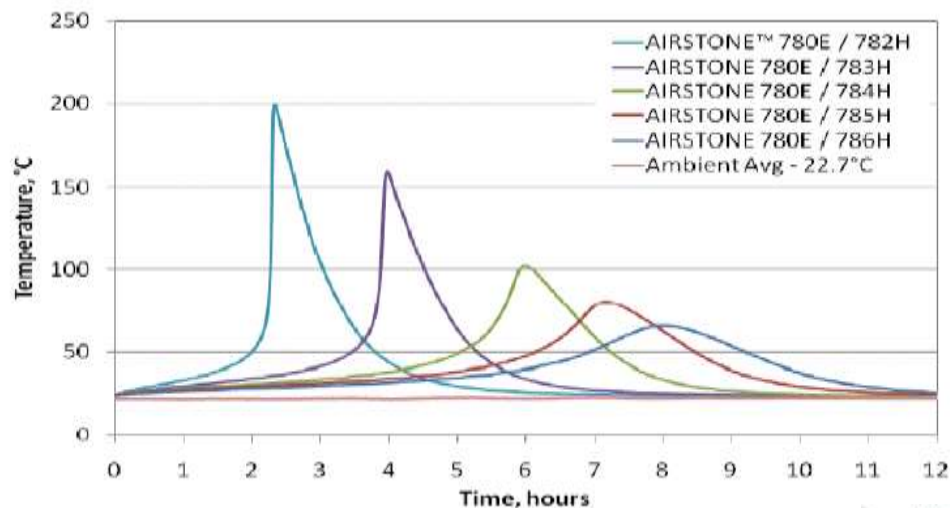


Aumento da viscosidade @ 25°C

Aumento da viscosidade @ 40°C

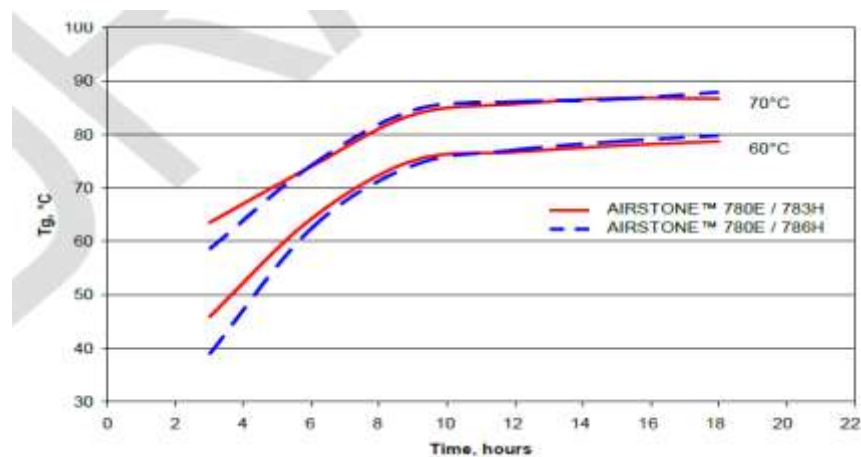


Sistemas de infusão padrão | Propriedades



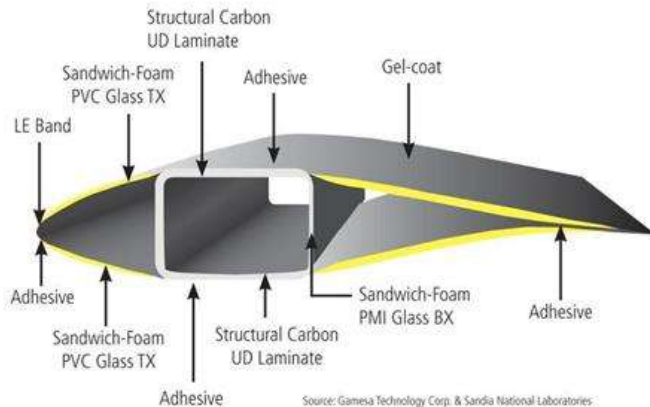
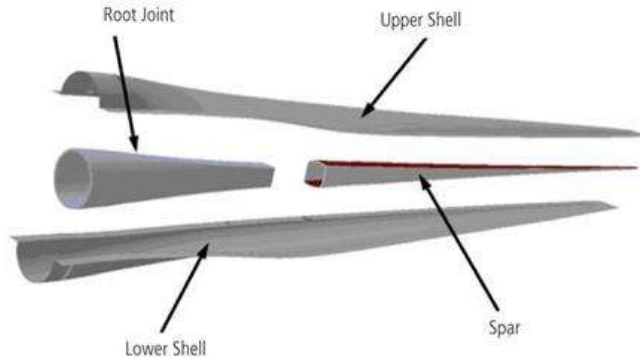
Perfil da exoterma de cura

Desenvolvimento de T_g
a 60°C & 70 °C





Novos desenvolvimentos



Source: Gamesa Technology Corp. & Sandia National Laboratories

Sistemas Dow para o mercado de pás eólicas

CASCAS :

- Madeira

**Novo Sistema
AIRSTONE™ 88x**

✓ Linha Airstone™ 88x

SPAR, ROOT JOINT:

- Material composto epoxi / fibra de vidro
- ✓ Linha Airstone™ 78x
- ✓ Linha Airstone™ 73x

ADESIVO :

- Sistema

**Novo Sistema
AIRSTONE™ 87x**

SISTEMA DE PINTURA :

- Resinas epoxi : primer e gelcoat
- Sistema PU : acabamento

ELEMENTO DE NÚCLEO:

- Madeira
- PVC

**Novo Sistema
Compaxx™ 900**

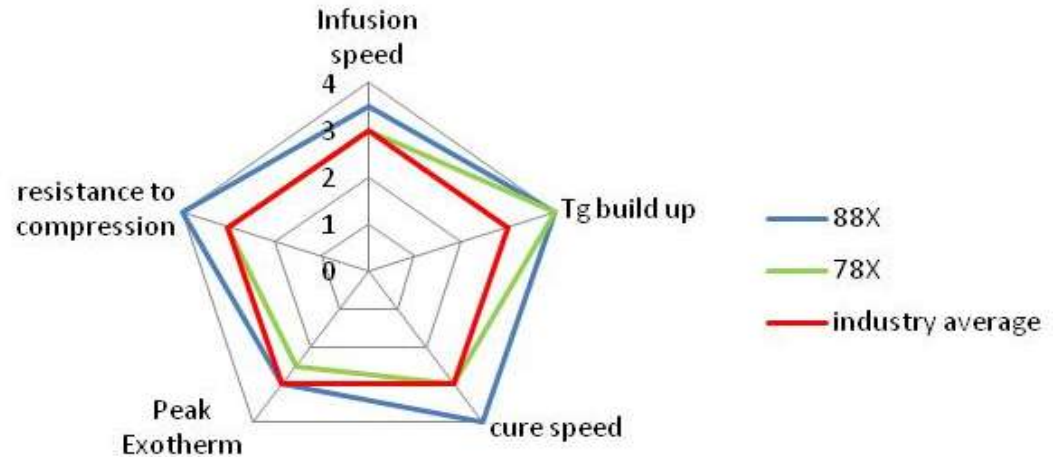
✓ Linha

Sistema de infusão Dow AIRSTONE™ 88x

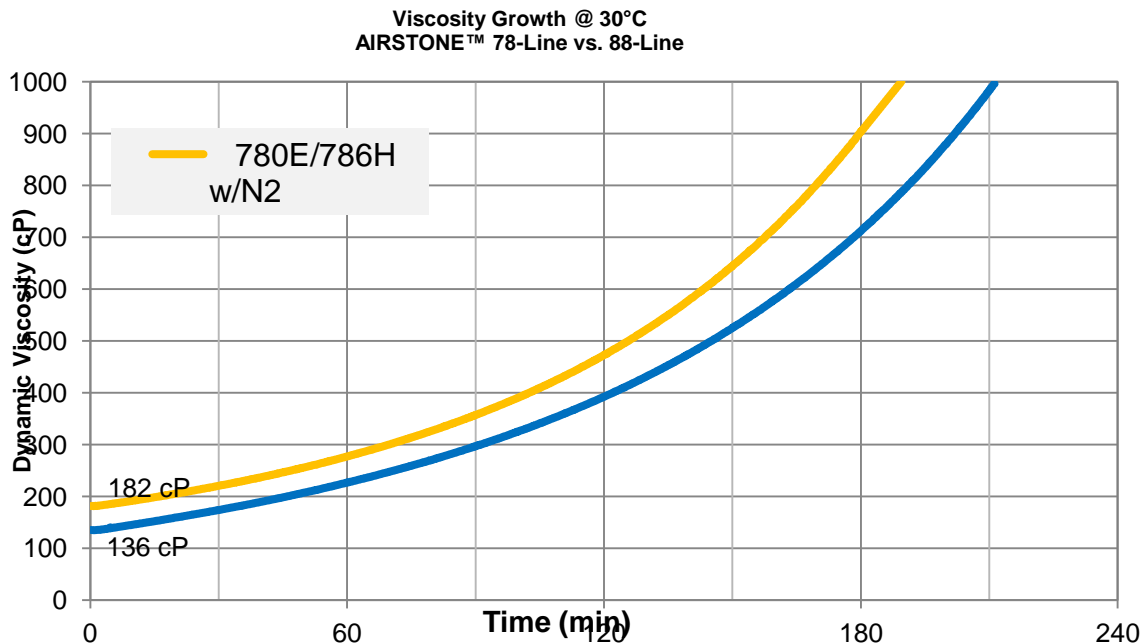
- Desenhado para fornecer uma processabilidade mais fácil e uma melhora nas propriedades mecânicas



- Particularmente adequado para a infusão de pás eólicas longas



Sistema de Infusão Dow AIRSTONE™ 88x

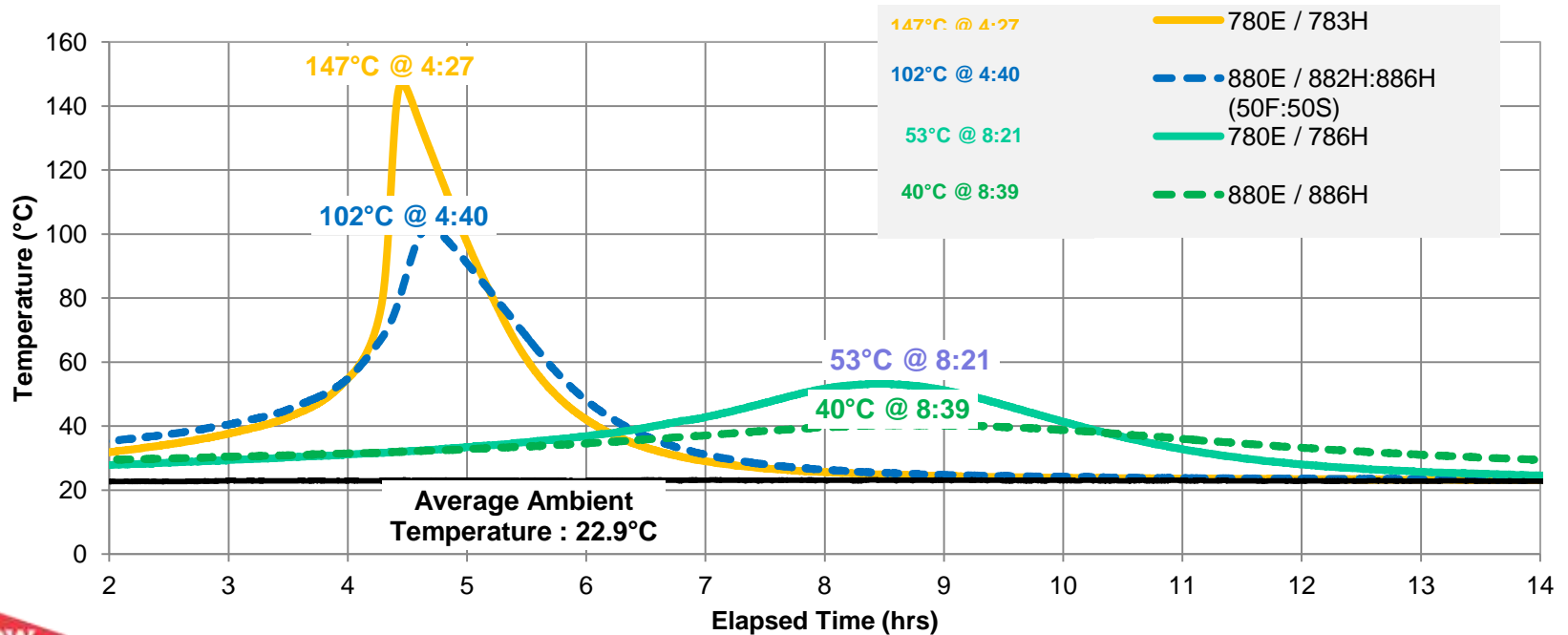


O sistema de infusão Airstone™ 88x permite aumentar a velocidade de infusão devido à sua viscosidade reduzida que é cerca de 25% menor que a do sistema padrão Airstone™ 78x e do que a média de mercado

Sistema de Infusão Dow AIRSTONE™ 88x

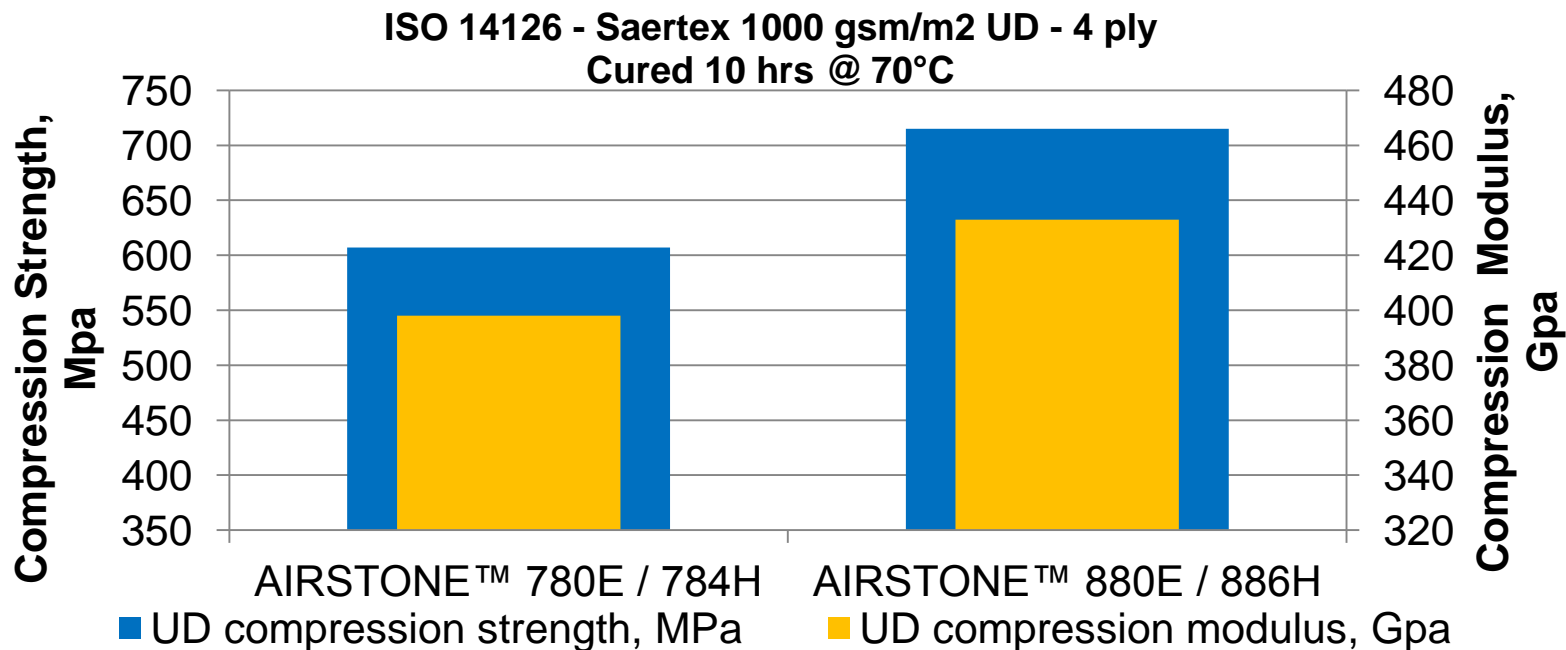
Apresentado uma velocidade de desenvolvimento de Tg mais alta, o sistema de infusão Airstone™ 88x permite **controlar da exoterma de reação** num amplo intervalo de reatividade.

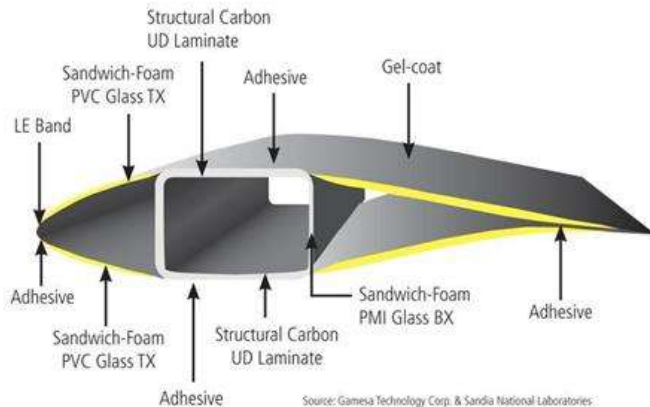
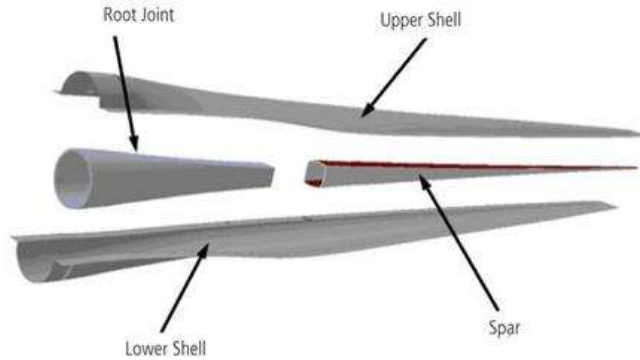
AIRSTONE™ 78 vs. 88 Infusion Systems
100g Exotherms - 50/50 blend and Slow Hardeners



Sistema de Infusão Dow AIRSTONE™ 88x

O fato do sistema de infusão Dow AIRSTONE™ 88x possibilitar uma melhor molhabilidade das fibras se reflete num **incremento de 10% -15% na resistência à compressão.**





Source: Gamesa Technology Corp. & Sandia National Laboratories

Sistemas Dow para o mercado de pás eólicas

CASCAS :

- Material composto epoxi / fibra de vidro
 - ✓ Linha Airstone™ 78x
 - ✓ Linha Airtone™ 760x

SPAR, ROOT JOINT:

- Material composto epoxi / fibra de vidro
 - ✓ Linha Airstone™ 78x
 - ✓ Linha Airstone™ 73x

ADES

**Novo Sistema
AIRSTONE™ 87x**

SISTEMA DE PINTURA :

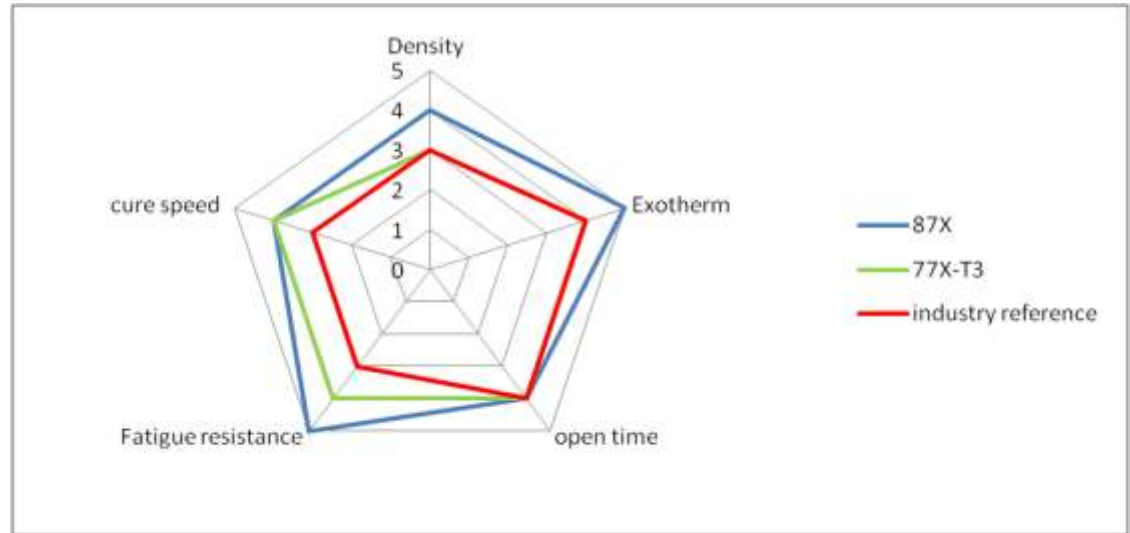
- Resinas epoxi : primer e gelcoat
- Sistema PU : acabamento

ELEMENTO DE NÚCLEO:

- Madeira Balsa
- PVC
 - ✓ Compaxx™

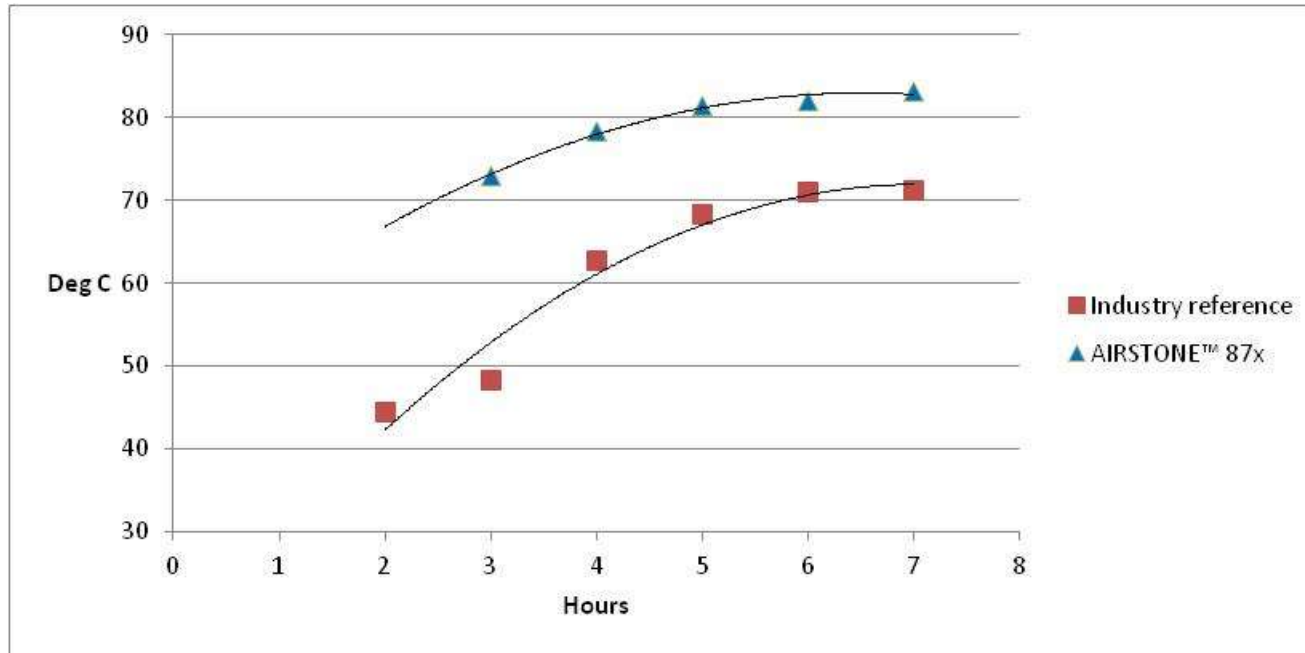
Sistema de adesivo Dow AIRSTONE™ 87x

- É um sistema epóxi-amina, tenacificado e livre de vidro
- Foi desenhado para ter uma excelente processabilidade e para melhorar a resistência à fadiga
- Especialmente adequado para a produção de pás mais longas e leves



Sistema de adesivo Dow AIRSTONE™ 87x

Apresentando **uma velocidade de desenvolvimento de Tg mais alta**, o sistema de infusão Airstone™ 88x permite controlar da exoterma de reação num amplo intervalo de reatividade.

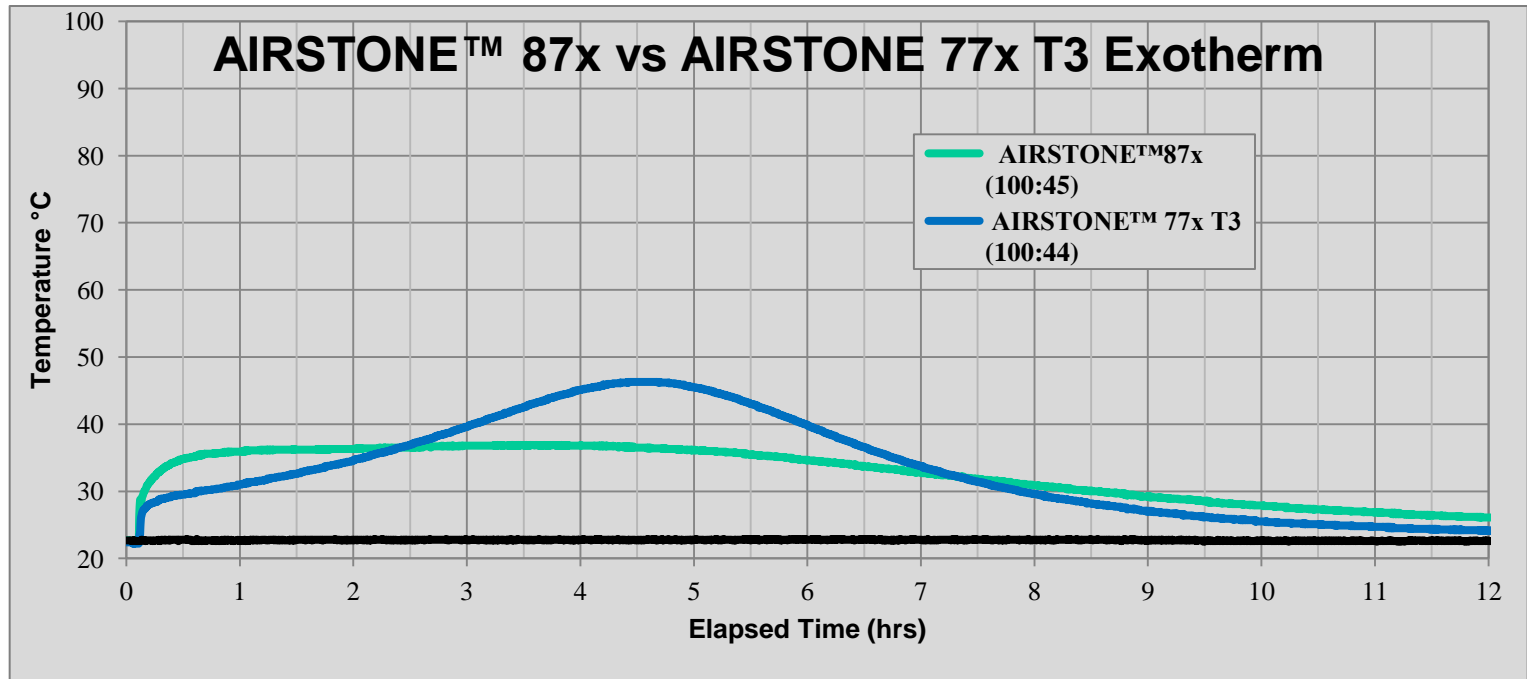


Tg Build up @ 70 °C de temperatura de cura



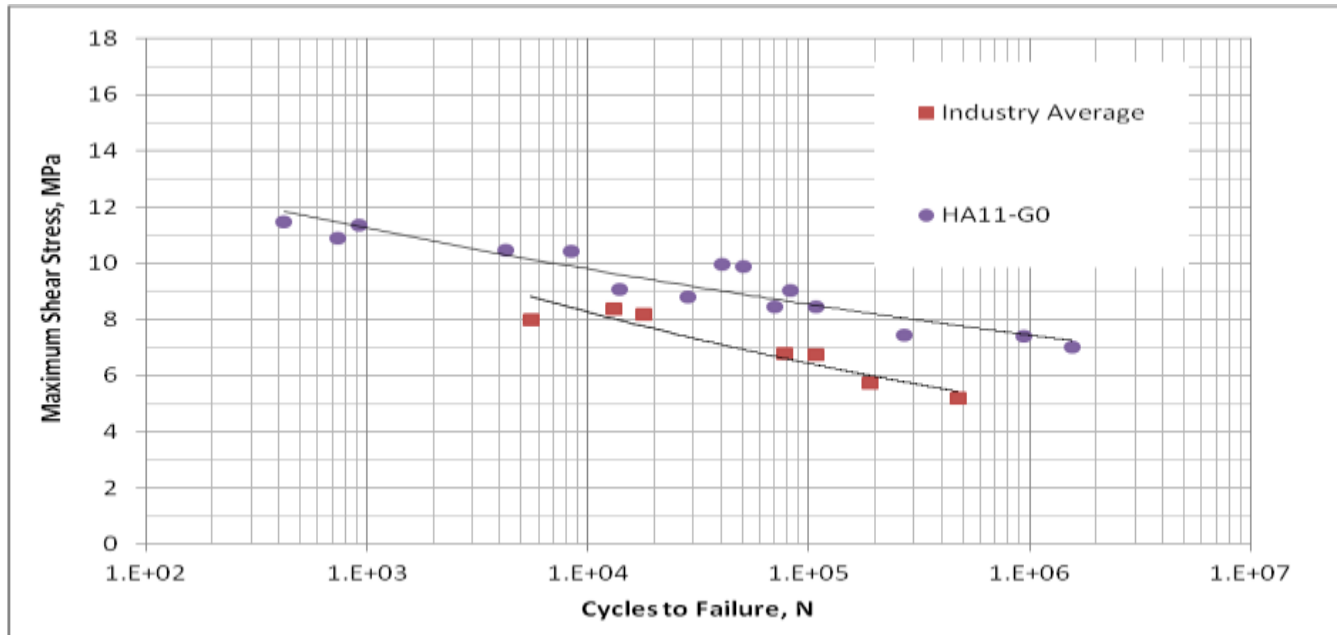
Sistema de adesivo Dow AIRSTONE™ 87x

Apresentando uma velocidade de desenvolvimento de Tg mais alta, o sistema de infusão Airstone™ 88x permite controlar **da exoterma de reação** num amplo intervalo de reatividade.



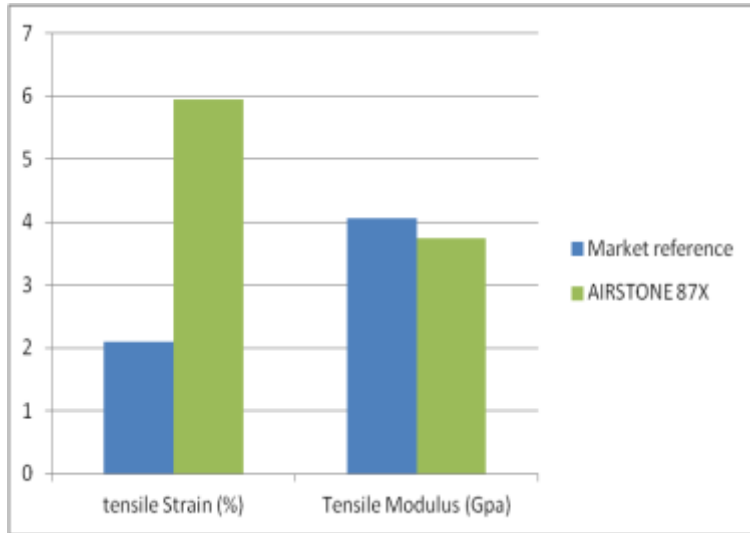
Sistema de adesivo Dow AIRSTONE™ 87x

AIRSTONE proporciona um aumento de 50% na resistência à fadiga versus a média da indústria.

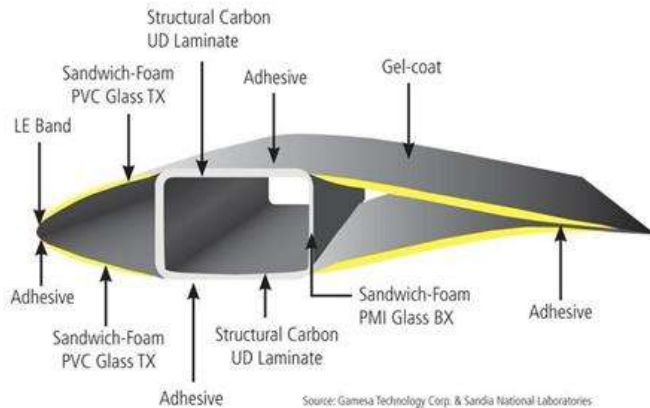
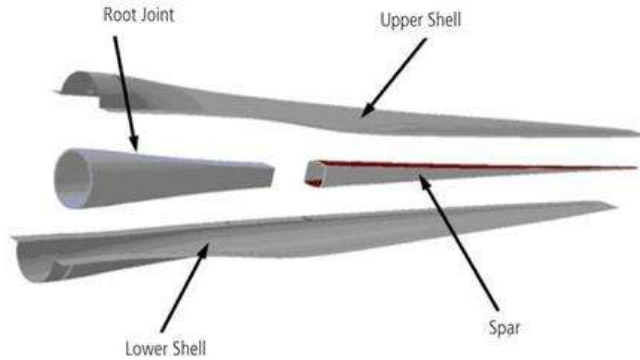


Sistema de adesivo Dow AIRSTONE™ 87x

O sistema de adesivo AIRSTONE™ 87x proporciona um aumento de 300% em alongação sem perda no modulo de alongação.



	AIRSTONE™ 87x		
Modulus Mpa	3752	±	158
Tensile Strength at Yield/Peak Mpa	65.7	±	0.74
Ultimate Tensile Strength (Break) Mpa	65.12	±	1.37
Elongation at Peak %	4.58	±	0.18
Elongation at Break %	5.95	±	1.71



Source: Gamesa Technology Corp. & Sandia National Laboratories

Sistemas Dow para o mercado de pás eólicas

CASCAS :

- Material composto epoxi / fibra de vidro
 - ✓ Linha Airstone™ 78x
 - ✓ Linha Airtone™ 760x

SPAR, ROOT JOINT:

- Material composto epoxi / fibra de vidro
 - ✓ Linha Airstone™ 78x
 - ✓ Linha Airstone™ 73x

ADESIVO :

- Sistema epoxi
 - ✓ Linha Airstone™ 77x

SISTEMA DE PINTURA :

- Resinas epoxi : primer e gelcoat
- Sistema PU : acabamento

ELEMENTOS :

- M
- PVC

**Novo Sistema
Compaxx™ 900**

✓ Compaxx™

DOW COMPAXX™



DOW COMPAXX™ - ESPUMA DE NUCLEO DESENHADA ESPECIFICAMENTE PARA APLICAÇÕES EM PÁS EÓLICAS.

Um nova linha de materiais de núcleo, resultado do expertise da Dow em química e ciencia dos materiais e desenhada para ajudar a extender a vida útil das pás eólicas, através da criação de um sanduíche de material composto de alto desempenho

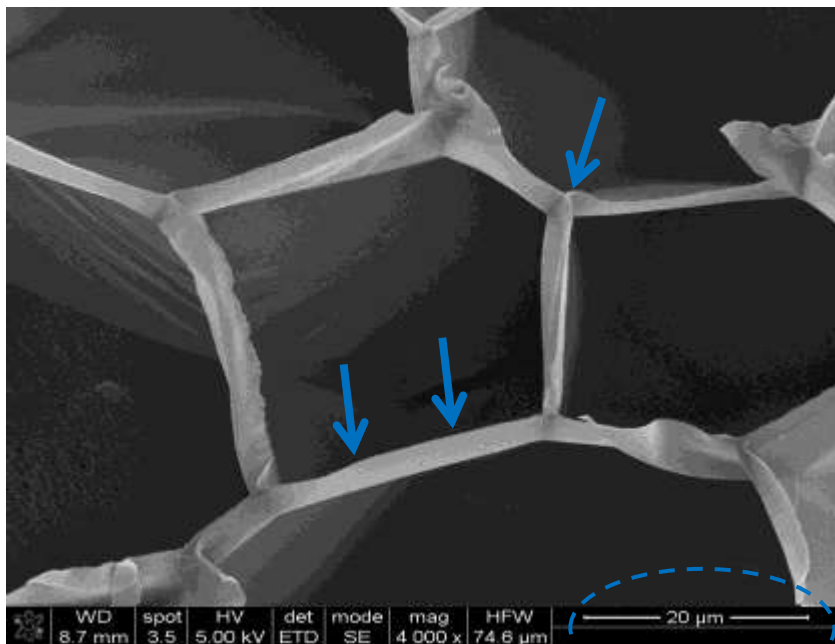
Compaxx tem algumas características únicas tais como:

- ✓ Alta resistência mecânica
- ✓ Peso reduzido
- ✓ Desempenho de longo prazo
- ✓ Alta resistência a água e vapor
- ✓ Fabricação e processo

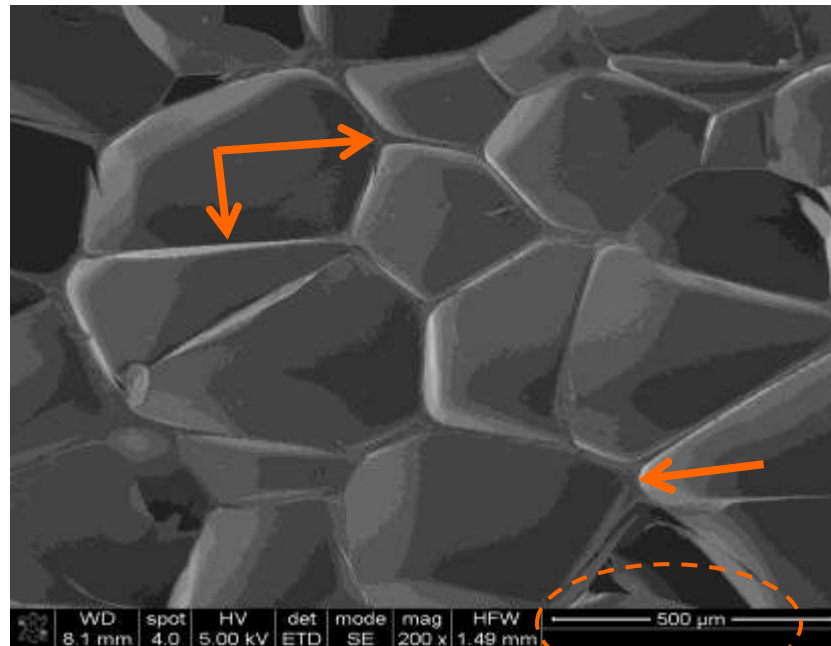


DOW COMPAXX™

Estrutura do COMPAXX™: distribuição de massa na espuma

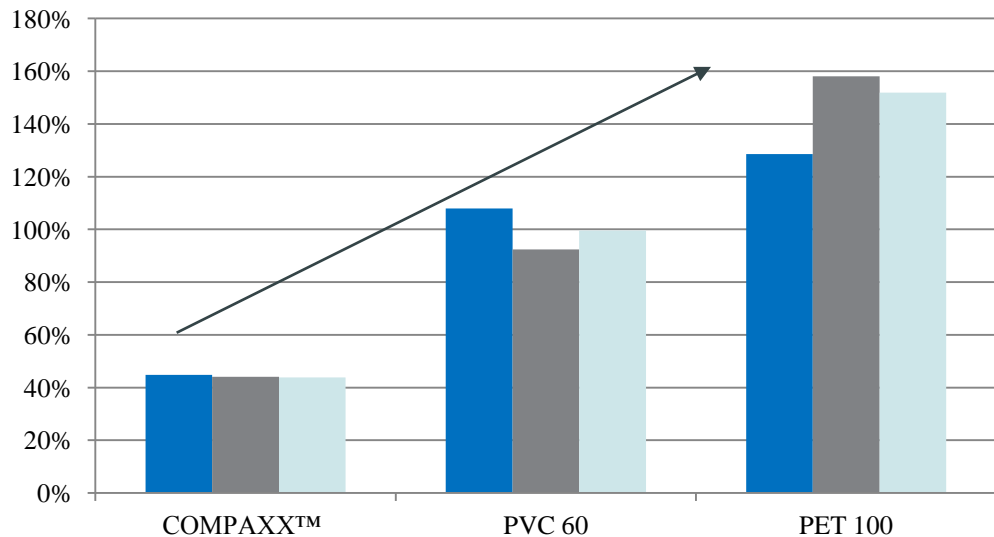


DOW COMPAXX™

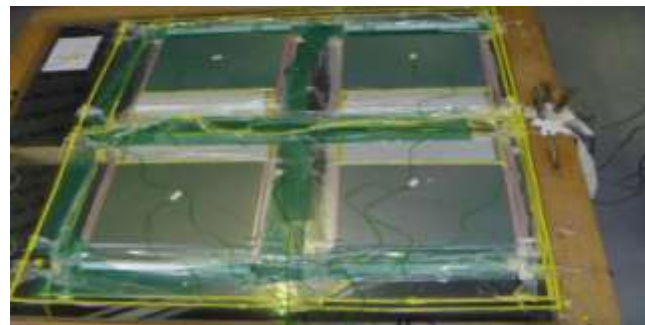


PVC Foam

Comparação de absorção de resina

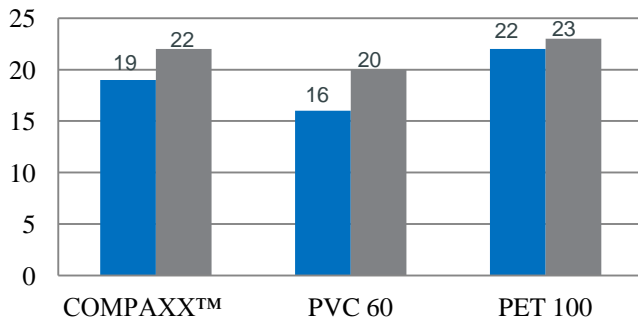


DOW COMPAXX™: 250 g/m²
PVC 60 kg/m³ : 550 g/m²

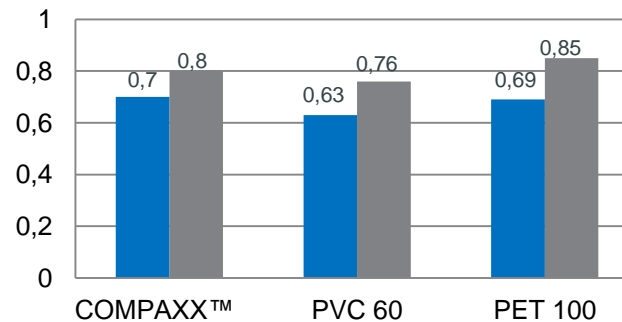


DOW COMPAXX™

Shear Modulus

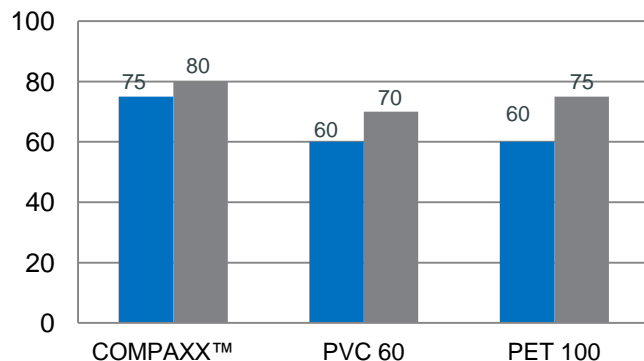


Shear Strength

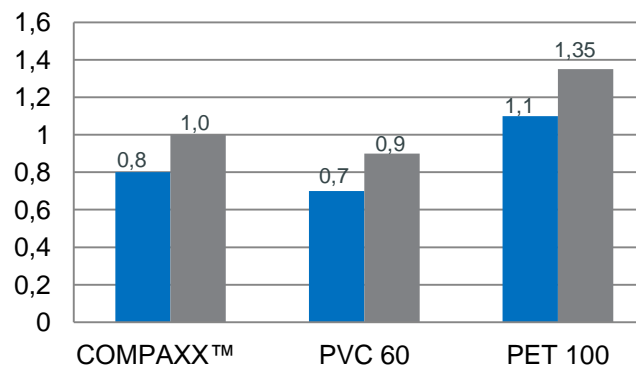


■ Germanischer Lloyd certificate
 ■ Typical -ISO 1922

Compression Modulus



Compressive strength

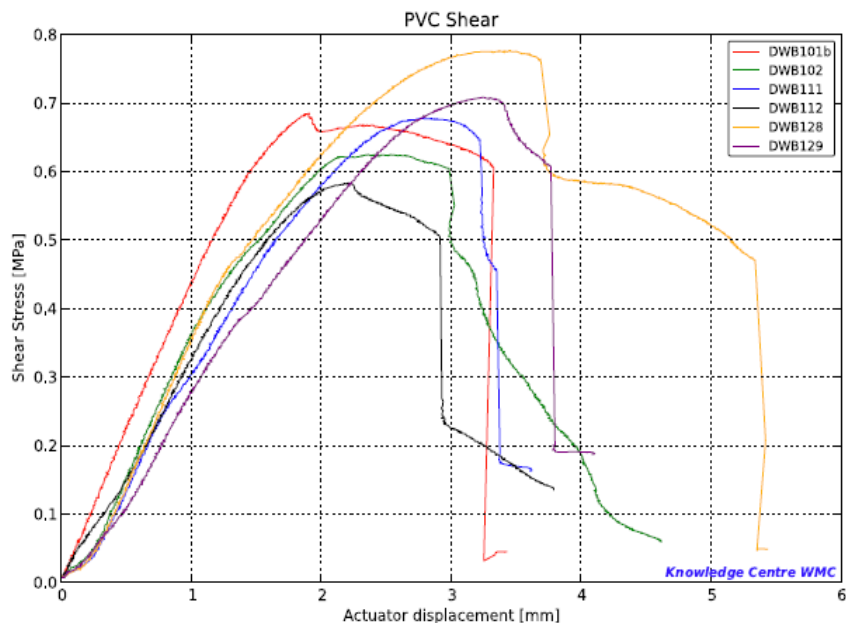


■ Germanischer Lloyd certificate
 ■ Typical -ASTM D1621-73 part B

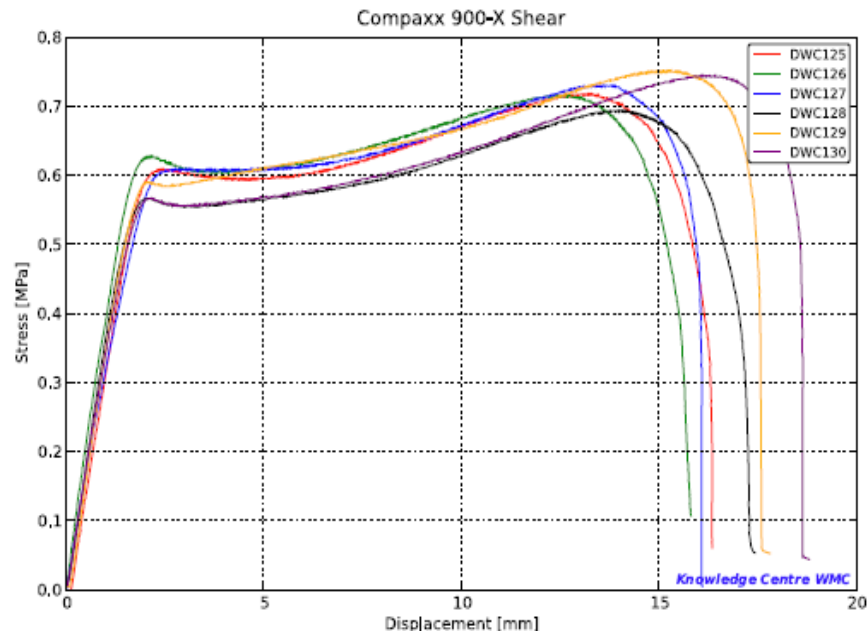
	DOW COMPAXX™	PVC 60	PET 100
Density	60 kg/m ³	60 kg/m ³	110 kg/m ³



Comparação do desempenho de cisalhamento



Ruptura ocorre logo após yield
Variabilidade significativa entre amostras



Região plástica estendida
Resposta muito consistente



Obrigada

Cristina L. Alziati

clalziati@dow.com

Tel.: (11) 5188.9198

Cel.: (11) 99986.0401

conheça mais sobre
nossas soluções:
dowbrasil.com

visite também nossas páginas
nas mídias sociais!



Back-up

Plataforma de Materiales Compuestos de Dow

- Fuerte **approach** interdisciplinario
 - Química
 - Ciência de Materiais/**Modelagem**
 - **Know-how** de formulaciones
 - Tecnología de Producción
- Dualidade de **oferta**
 - Oferta de componentes
 - Oferta de sistemas formulados
- Dualidade de química
 - Epoxica
 - Poliuretana
- **Key Enablers**
 - Toughened epoxies
 - Dow™ e-Cure modeling suite



AIRSTONE™
Systems for Wind Energy

VORAFORCE™



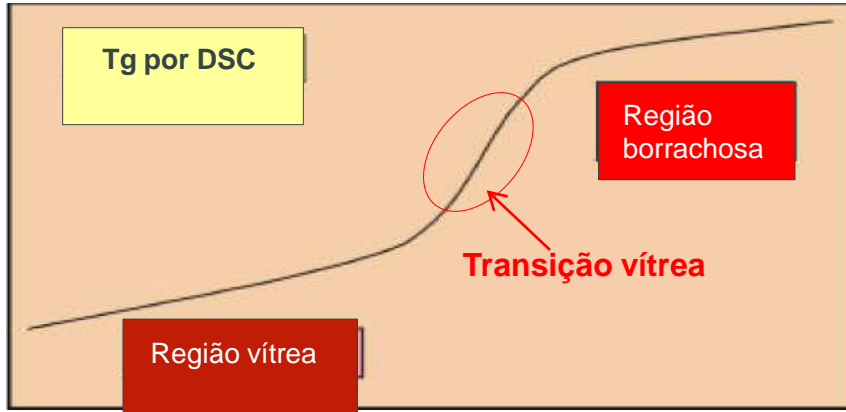
Propriedades dominadas pela matriz

Matriz: deve proteger a fibra das condições ambientais

AGENTE EXTERNO	POSSIVEL EFEITO SOBRE A MATRIZ
Calor	Polimeros termofixos amolecem com a temperatura, mas não fundem e suas propriedades mecânicas começam a ser alteradas. Temperaturas extremas causam a degradação destes polimeros
Solventes	A interação dos polímeros com solventes depende da natureza química da matriz e de sua “semelhança” em termos de polaridade com o solvente
Gases	Alguns gases podem atacar quimicamente os polímeros. O caso mais comum é o do O ₂ que causa degradação por oxidação o que reduz significativamente as propriedades da matriz. O uso de antioxidantes ameniza esta ação. Os gases podem causar danos também por permeabilidade ou seja penetrando de forma física no polímero. A permeabilidade diminui com o aumento do crosslinking.
Fogo	A resistência ao fogo depende de vários fatores entre os quais a própria natureza química do polímero. A retardancia a chama pode ser aumentada adicionando produtos tais como alumina, materiais contendo halogenios, fósforo, etc
Eletricidade	A maioria dos polímeros tem alta resistência, alta constante dielétrica e baixa condutividade. Todos são melhores que os metais. Em aplicações nas quais o material composto precisa ter condutividade elétrica, metais em pó podem ser adicionados
Luz	A luz UV degrada os polímeros em maior ou menor grau dependendo da sua natureza química. Inibidores de UV tendem a melhorar a estabilidade a UV.

Propriedades dominadas pela matriz

A matriz também define as transições térmicas do material composto



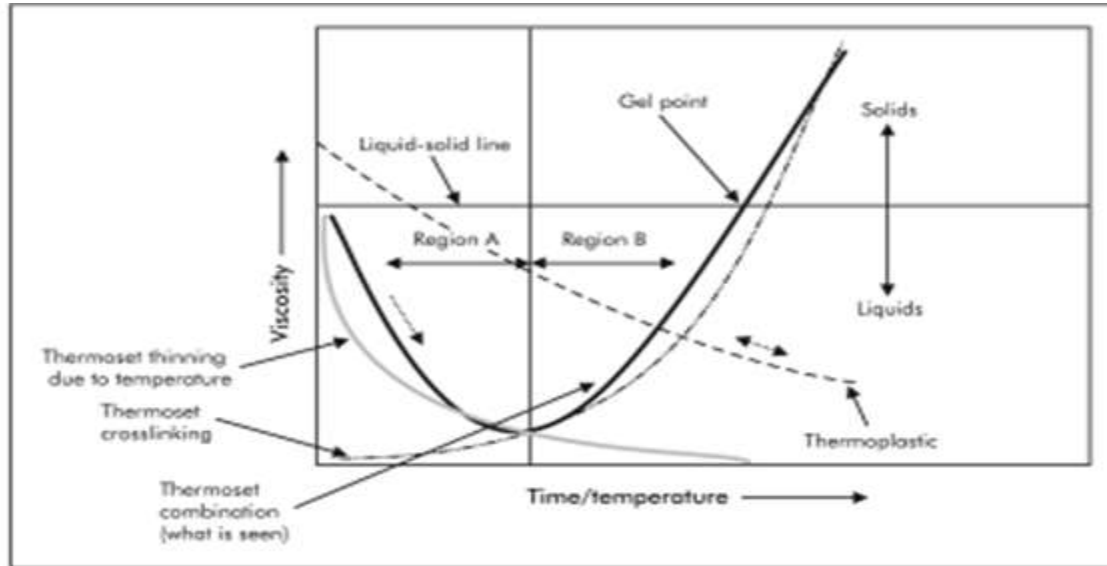
Temperatura de transição vítrea (Tg): temperatura na qual um polímero termofixo passa de um estado vítreo para um estado mais flexível e amorfo. Esta transformação é reversível

- Acima da Tg as propriedades mecânicas – rigidez, compressão, cisalhamento, etc bem como resistência a água e estabilidade da cor sofrem um decréscimo significativo
- Portanto, quando um material composto é “desenhado” para uma aplicação estrutural é importante assegurar-se que a Tg deste material seja superior à temperatura de trabalho da peça.

Propriedades dominadas pela matriz

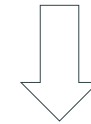
Uma função crítica da matriz é molhar e unir as fibras e formar uma fase contínua que interconecta todas as partes do material composto.

A matriz não alcançará suas propriedades se as fibras não forem totalmente envolvidas pelo polímero. A transferência de carga entre fibras é interrompida se houver a presença de fibras secas.



A **viscosidade** da resina é o fator que mais influencia o processo de molhar as fibras

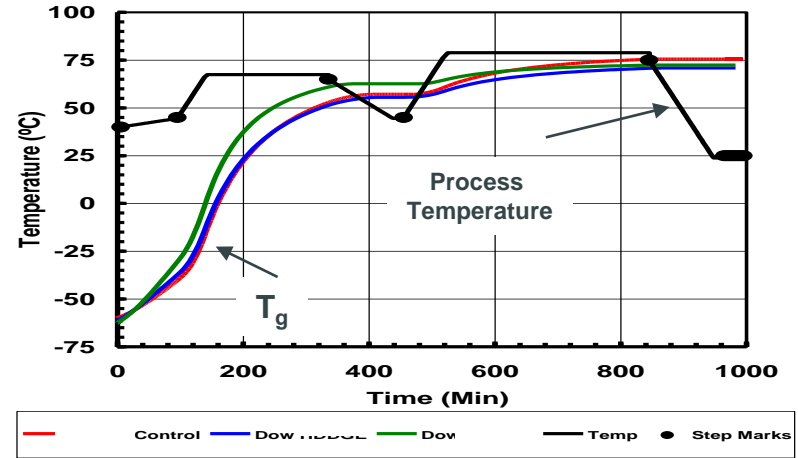
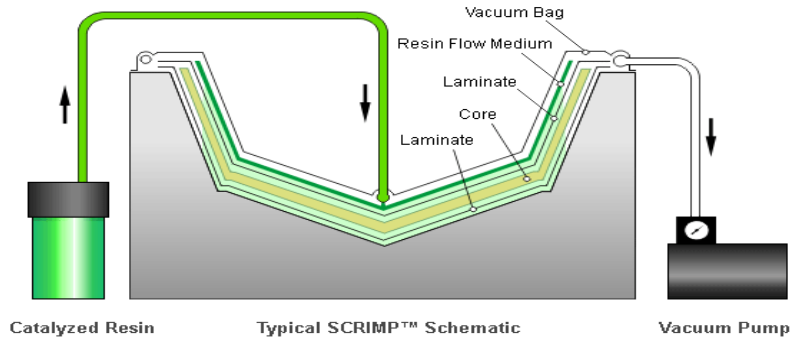
Viscosidade muito alta



Baixa penetração nos feixes de fibras

Aplicación de Dow™ e-CURE para pás eólicas

- Una estructura laminar de espuma de PVC y fibras de vidrio impregnada con resina epoxica (atraves del proceso SCRIMP) es usada.
- La resina fluye en la dirección X-Y a través de la membrana de flujo y en la dirección Z a través de las capas de manta de fibra, espuma y manta de fibra.
- Se en la dirección Z la permeabilidad es lenta, el incremento de viscosidad puede llevar a una mala impregnación.



- DOW™ eCURE permite refinar la formulación en términos de perfil de viscosidad y T_g (la baja T_g de la espuma limita la temperatura máxima de la exoterma)
- DOW™ eCURE puede por lo tanto ser usada para reducir el tiempo de ciclo.

Sistemas de infusão | Propriedades

Propriedades típicas dos componentes do sistema

Property ⁽¹⁾	AIRSTONE Epoxy Resin		AIRSTONE Hardeners			
	780E	782H	783H	784H	785H	786H
Viscosity @ 25°C (mPa·s) ASTM D-445	1400	68	27	16	13	11
Density @ 25°C (g/cc) ASTM D-4052	1.151	0.991	0.963	0.949	0.942	0.937
Shelf Life (Months) ⁽²⁾	24	24	24	24	24	24

(1) These are typical values and should not be construed as specifications.

(2) See Packaging, Storage and Shelf Life section for details.

Proporção de mistura dos componentes

	AIRSTONE™ 780E Epoxy Resin	AIRSTONE™ Hardeners 782H, 783H, 784H, 785H, 786H
Parts by Weight	100	31
Parts by Volume	100	37

DOW COMPAXX™ | PRODUCT LINE

DOW COMPAXX™700 foam core system
Used in wind blades up to 40m in length



DOW COMPAXX™900 foam core system
Used in wind blades exceeding 40m in length