

Epóxi Flexível: um novo conceito para maior durabilidade e produtividade

Claúdia Sá – EVONIK

Marcelo Rufo – EVONIK

Eder Dela Justina – WEG

Mayara Cunha – WEG

Joaquim Quintela – PETROBRAS

Jeferson Leite de Oliveira

Eduardo Siqueira Conde – PETROBRAS

Victor Solymossy – PETROBRAS

Denner Nespoli de Mello - PrestServ



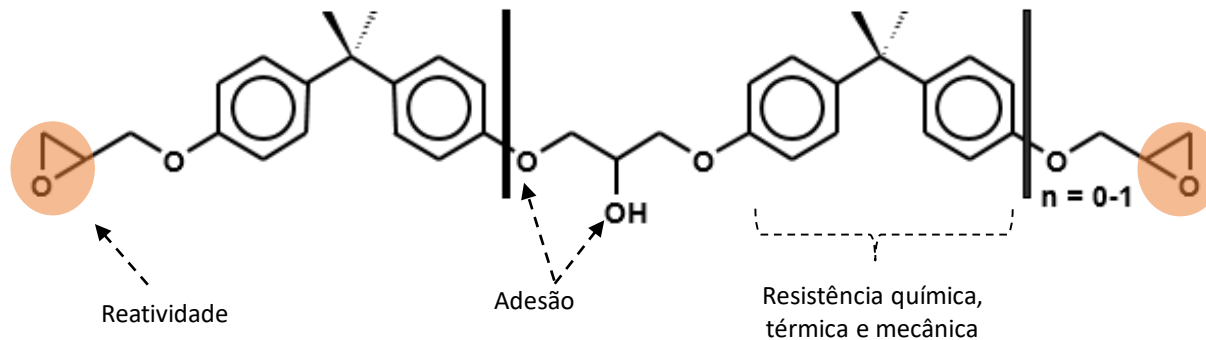
REALIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO



CENTRO DE TREINAMENTO E QUALIFICAÇÃO FERNANDO FRAGATA

Revestimentos Epóxi

Excelente histórico de sucesso no mercado anticorrosivo

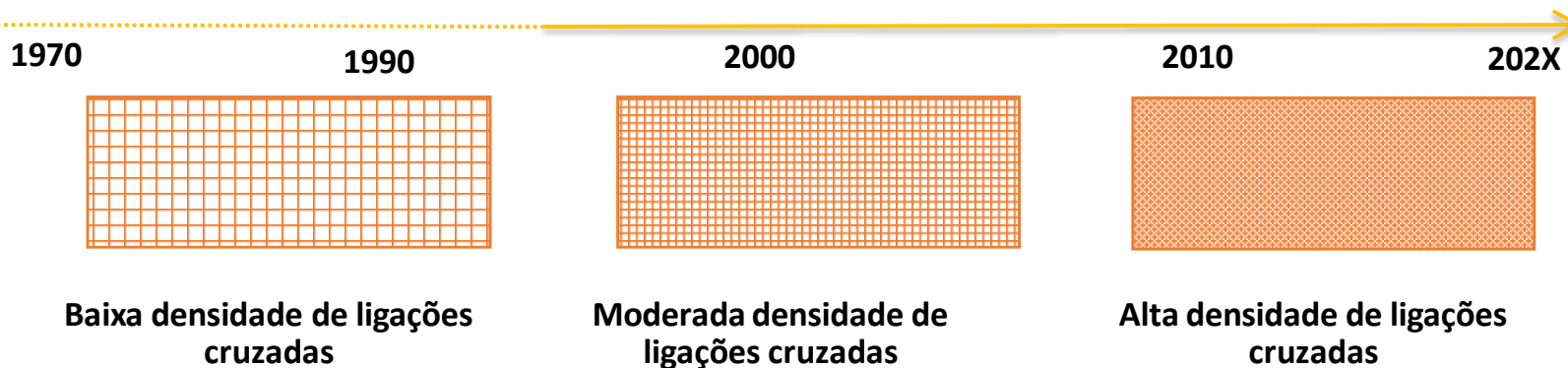


Propriedades

- Resistência à corrosão
- Resistência química
- Excelente adesão
- Fácil aplicação

Evolução dos Revestimentos Epóxi

A demanda por maiores resistências e uso reduzido de compostos orgânicos voláteis (VOC) direcionou os sistemas epóxi no sentido do aumento do grau de reticulação nas tintas...

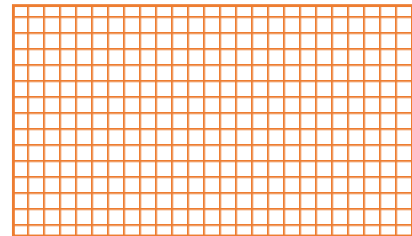


Impacto da densidade de ligações cruzadas do polímero nas propriedades da tinta

- Resina epóxi e agentes de cura com altos pesos moleculares
 - Resina epóxi sólida
 - Poliamidas
- Alguma flexibilidade
- Boa resistência ao impacto
- Excelente proteção por barreira (corrosão)
- Espessura (75 e 150 μm)

1970

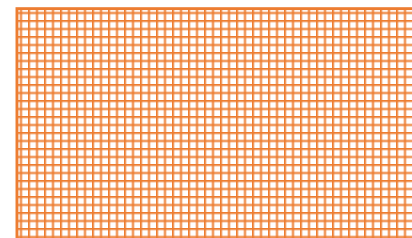
1990



Baixa densidade de ligações cruzadas

Impacto da densidade de ligações cruzadas do polímero nas propriedades da tinta

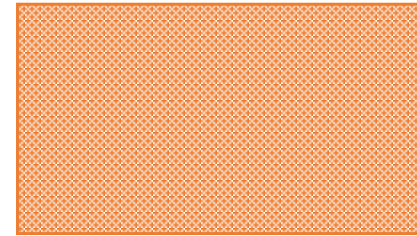
- Resina epóxi e agentes de cura com menores pesos moleculares
 - Resina epóxi líquida
 - Poliaminas modificadas
- Maior Tg
- Melhor resistência química
- Baixa flexibilidade
- Espessura (150 a 500 μm)



Moderada densidade de ligações cruzadas

Impacto da densidade de ligações cruzadas do polímero nas propriedades da tinta

- Uso de resina epóxi e agentes de cura com altíssimas funcionalidades
 - Resina epóxi líquida/novolacas
 - Poliaminas altamente modificadas
- Altíssimo Tg
- *Alto stress interno → Baixa resistência mecânica !*
- *Flexibilidade quase inexistente !*
- Excelente resistência química → adequado para tanques
- Espessura (150 a 1000 µm)



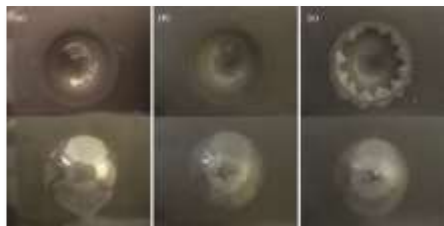
Alta densidade de ligações cruzadas

Desafios dos sistemas de pinturas atuais

- Menor flexibilidade do revestimento
- Rigidez, stress no interior da película
- Falhas prematuras
- Menor durabilidade



Problemas de adesão



Revestimentos quebradiços

- Sistemas com **alta densidade de reticulação** **requerem plastificantes para cura completa**. O plastificante traz certa flexibilidade inicial ao revestimento, mas **tende a sair do polímero durante o tempo de serviço da tinta**, potencializando o stress interno, resultando na **perda de propriedades mecânicas** do revestimento.



Rachaduras, fissuras

Desafios dos sistemas de pinturas atuais

Unidades Offshore



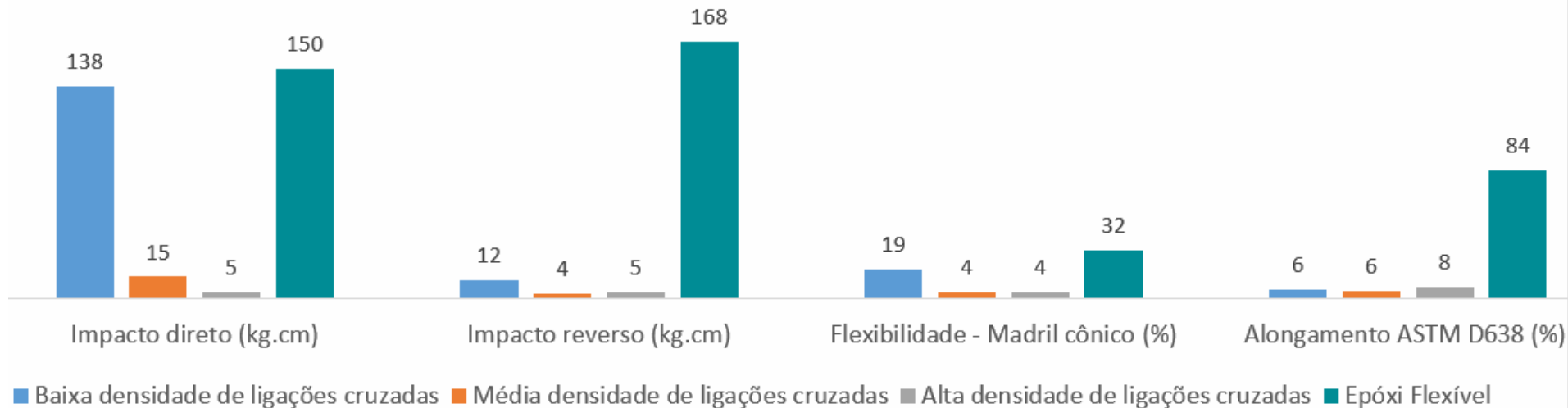
- Revestimento rígido → stress interno
- Baixa resistência ao impacto e durabilidade



- Baixo nível de resiliência, menor capacidade de acompanhar os diferentes coeficientes de expansão dos substratos (juntas, soldas)

Novo Conceito: Revestimento epóxi flexível

Tecnologias existentes vs Epóxi Flexível



Dados gerados com o verniz (parte A+B), com espessura seca de ~350µm. usando resina epóxi líquida e diluente reativo monofuncional (90:10)

O objetivo é voltar aos “velhos tempos”, com menor densidade de ligações cruzadas, baixo nível de VOC, mantendo a proteção por barreira, mas melhorando as propriedades mecânicas.

Novo Conceito: Revestimento epóxi flexível

O objetivo é voltar aos “velhos tempos”, com menor densidade de ligações cruzadas, baixo nível de VOC, mantendo a proteção por barreira, mas melhorando as propriedades mecânicas e endereçando importantes gargalos de campo:

- **Maior durabilidade** → maior flexibilidade, maior capacidade de absorver impactos/energia e evitar o desenvolvimento de stress interno, melhorando propriedades mecânicas;
- **Maior produtividade** → uma camada de alta espessura substituindo múltiplas camadas finas.

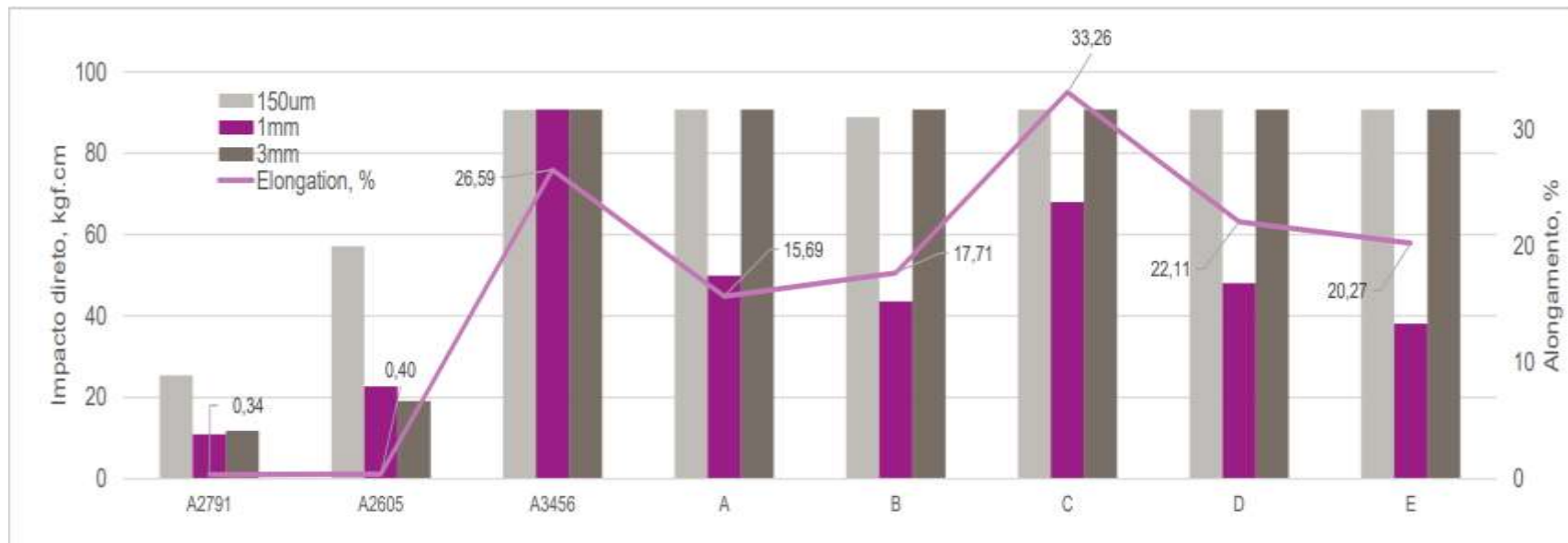
TESTES INICIAIS EM LABORATÓRIO

Agentes de Cura Comerciais

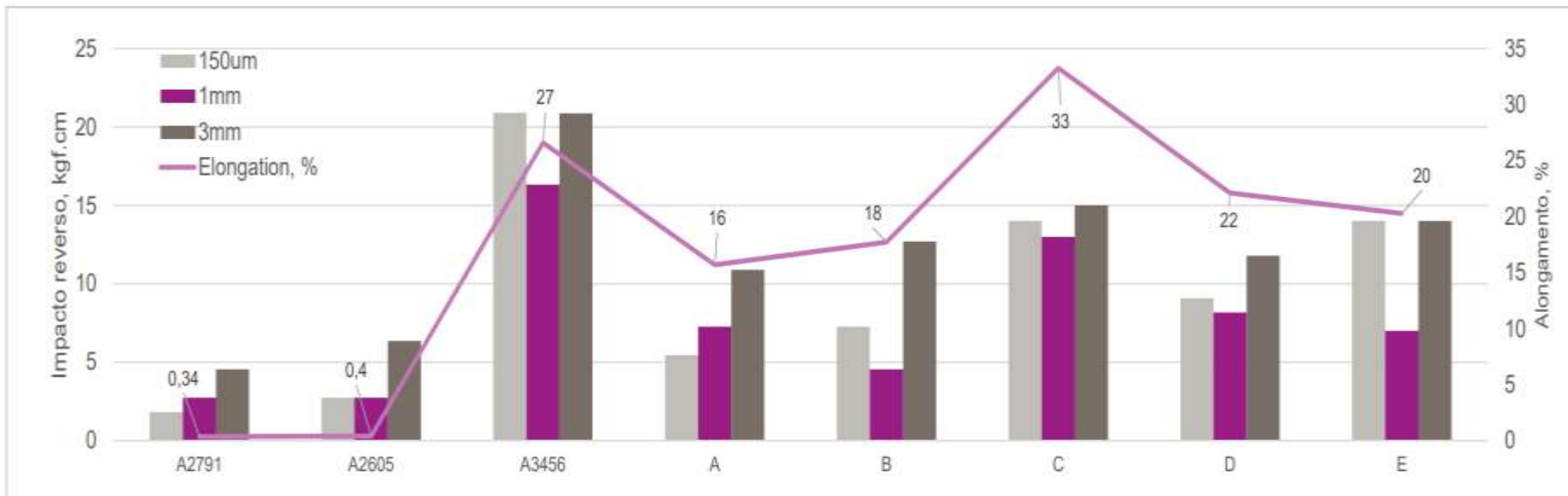
Principal função	Trazer flexibilidade	Acelerador flexível	Melhor formação/aparência de filme e adesão sobre substrato hidrojateado
Viscosidade, cP	500 - 1500	1300 – 1900	100 - 400
Gel time, min	35	10	40
Tempo formação película, h	8,5	2	4
Shore D, 24h	40	80	76
Alongamento, %	100	150	Não aplicável



Impacto Direto vs Alongamento



Impacto Reverso vs Alongamento



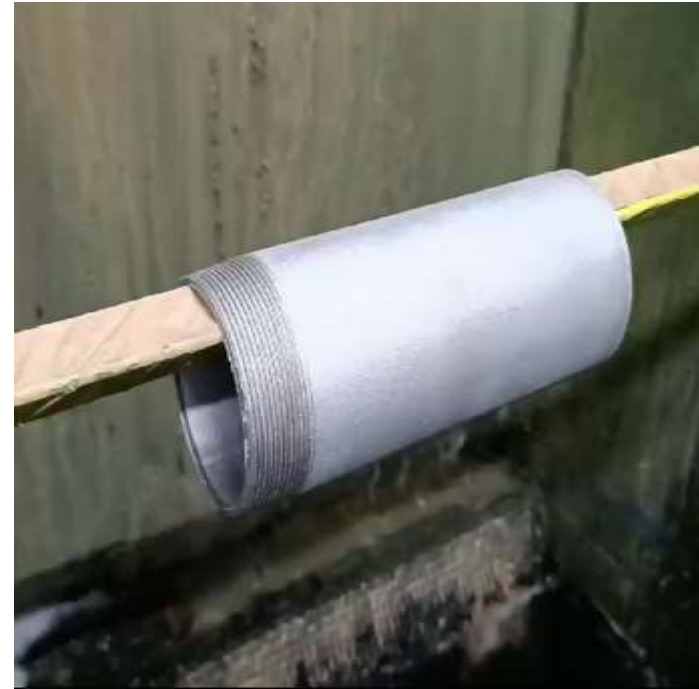
Conclusões dos testes de laboratório

- **Aminas Cicloalifáticas tradicionais apresentam baixa resistência ao impacto e quase nenhum alongamento;**
- **A resistência ao impacto está relacionada com a espessura:**
 - Espessuras menores acompanham a deformação do substrato:
 - Espessuras intermediárias não se deformam totalmente e nem absorve toda a energia, falhando.
 - Espessuras altas não se deformam tanto, no entanto, absorve grande quantidade de energia
- **Novo Agente de Cura:** apresenta alto alongamento e resistência ao impacto em diferentes espessuras.
- **Espessura tem grande influência na resistência ao impacto, maior alongamento não garante maior resistência ao impacto.**

Concepção da Tinta

- **Resina Epóxi Líquida**
- **Agente de Cura Desenvolvido**
- **Pigmentos e extensores**
- **Aditivos**

Aplicações



Aplicações

Aplicação a rolo em chapa (1,5 mm)

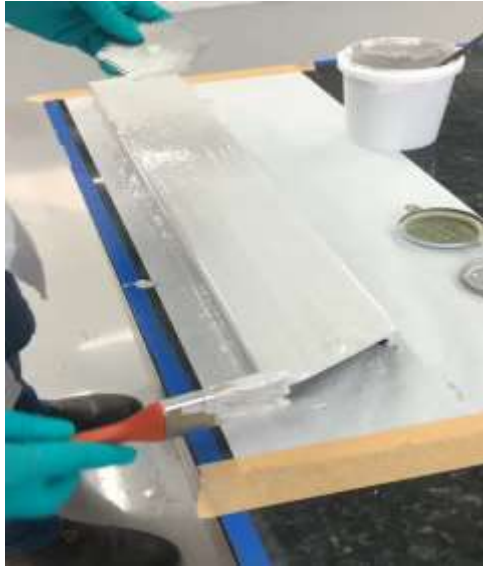


Aplicação a rolo em cantoneira (1,0 mm)



Aplicações

Aplicação a trincha em perfil U (1,5 mm)



Retenção nas arestas



Algumas Características do Produto Inicial

ENSAIOS		
Secagem	Toque	2h30'
	Manuseio	7h30'
Pot-life	20'	
Pull off (aço carbono) (ASTM D-4541)	≥ 10 MPa	
Pull off (concreto) (ASTM D-4541)	$\geq 2,5$ MPa	
Tensão Máxima (ASTM D412)	11,5 MPa	
Alongamento (ASTM D412)	22%	
Dureza shore A (D2240)	95	

Algumas Propriedades da Tecnologia

- *Pot life* de 20 a 30 minutos – os reparos podem ser feitos com o produto principal.
- Aplicável a trincha e rolo em peças/estruturas de geometria complexa ou difícil acesso. Pode ser usado em pintura de preservação.
- Sem grandes restrições à umidade.
- Aplicável em pisos e estruturas verticais.
- Mistura 1A/1B em volume.
- Elevada resistência a impacto e abrasão.
- Alongamento superior a 20%.
- Excelentes propriedades de barreira.
- Facilidade de aplicação a *airless* em grandes e pequenas áreas.

