

Polímeros de Alta Performance e Engenharia de Reparo

Da Adesão Molecular aos Revestimentos Avançados

16 DE MAIO DE 2025

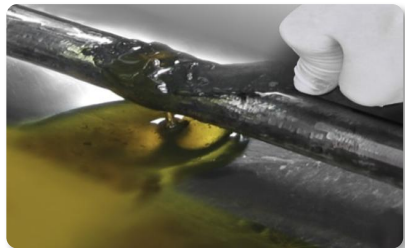


Felipe Naciuk



powerPOXI

Polímeros de Alta Performance e Engenharia de Reparo



Reparos Não Convencionais

- Superfícies com preparo mínimo
- Áreas contaminadas com óleo/água
- Reparos emergenciais



Reforço Estrutural

- Sistemas de reparo permanente com material compósito
- ASME PCC-2
- ISO 24817



Polímero de alta performance

- Polímero líquido para tubulações de altas pressões
- Alternativa para o FBE em juntas internas de campo



Tecnologia de Aderência

- Polímero para máxima aderência



Reparos não convencionais

em superfícies críticas com preparo mínimo de superfície



Reparos não convencionais

em superfícies contaminadas com óleo, graxa, combustível



Reparos não convencionais

em superfícies contaminadas com água



Reparos não convencionais

em superfícies contaminadas com óleo e água



Reforço estrutural

- Sistemas de reparo permanente com material compósito
- ASME PCC-2 e ISO 24817



Polímero de alta performance

- Polímero líquido para tubulações de altas pressões
- Alternativa para o FBE em juntas internas de campo

Efeitos da Corrosão

Impacto da Corrosão

Explorando os efeitos da corrosão na infraestrutura

Integridade do material

- Vazamentos
- Redução da eficiência do equipamento
- Degradação estrutural

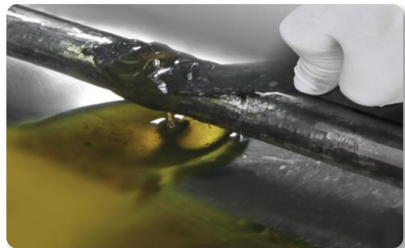
Riscos ambientais e de segurança

- Impacto no ecossistema
- Poluição
- Situações perigosas.

Implicações financeiras

- Custos de manutenção
- Reparos emergenciais
- Paralisações

Polímeros de Alta Performance e Engenharia de Reparo



Reparos Não Convencionais

- Superfícies com preparo mínimo
- Áreas contaminadas com óleo/água
- Reparos emergenciais



Reforço Estrutural

- Sistemas de reparo permanente com material compósito
- ASME PCC-2
- ISO 24817



Polímero de alta performance

- Polímero líquido para tubulações de altas pressões
- Alternativa para o FBE em juntas internas de campo



Tecnologia de Aderência

- Polímero para máxima aderência

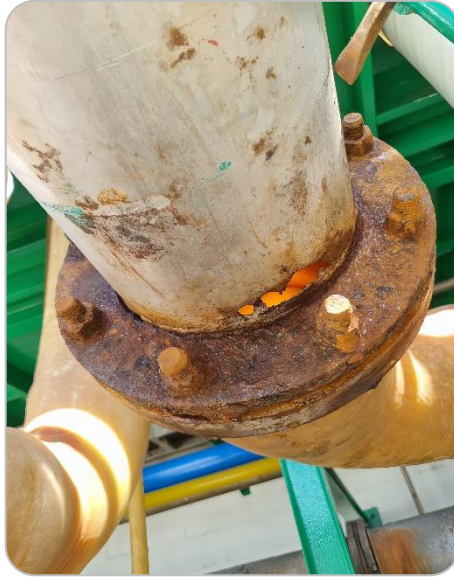
ADERÊNCIA

*A durable coating will develop if and when the coating material comes in **contact** with the substrate surface and develops adhesion **before curing or drying**.*

Um revestimento durável se forma quando o revestimento entra em **contato** com a superfície do substrato e desenvolve aderência **antes da cura ou secagem**.

**Coatings Research Institute
Eastern Michigan University**

Preparo mínimo em superfícies críticas



Preparo mínimo em superfícies críticas



PROJETO

Tanque de drenagem

Material: aço-carbono

Fluido: Vapor de água

Temperatura: 100 °C

Maxprimer & Ceramcoat

Informações do cliente:

Proibido o uso de qualquer tipo
de ferramenta mecânica

Data: junho/2022

Preparo mínimo em superfícies críticas



Preparo mínimo em superfícies críticas



Preparo mínimo em superfícies críticas

**Alto poder de
penetração**

**Alto poder de
umectação**

maxprimer

**Facilidade de
aplicação**

**Tolerante a
Superfície com preparo
mínimo**

**Compatibilidade
entre demãos**

Preparo mínimo em superfícies críticas

Umetação

Substrato com alvéolos e pites

Potencial célula de corrosão

Revestimento com má umectação

Substrato com alvéolos e pites

Umetação Ruim

Contração
Alta viscosidade
Pot-life

Revestimento com boa umectação

Substrato com alvéolos e pites

Umetação Ideal

Umetação e Penetração
Baixa viscosidade
Tempo de molhabilidade

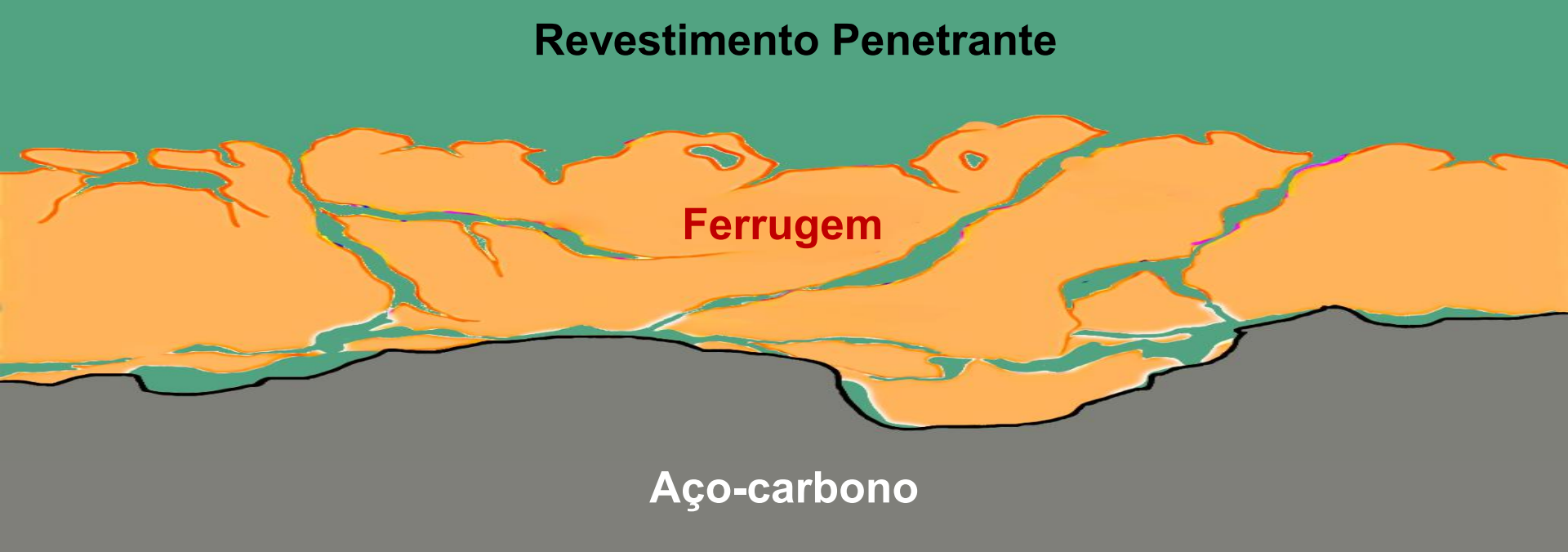
Preparo mínimo em superfícies críticas

Penetração

Revestimento Penetrante

Ferrugem

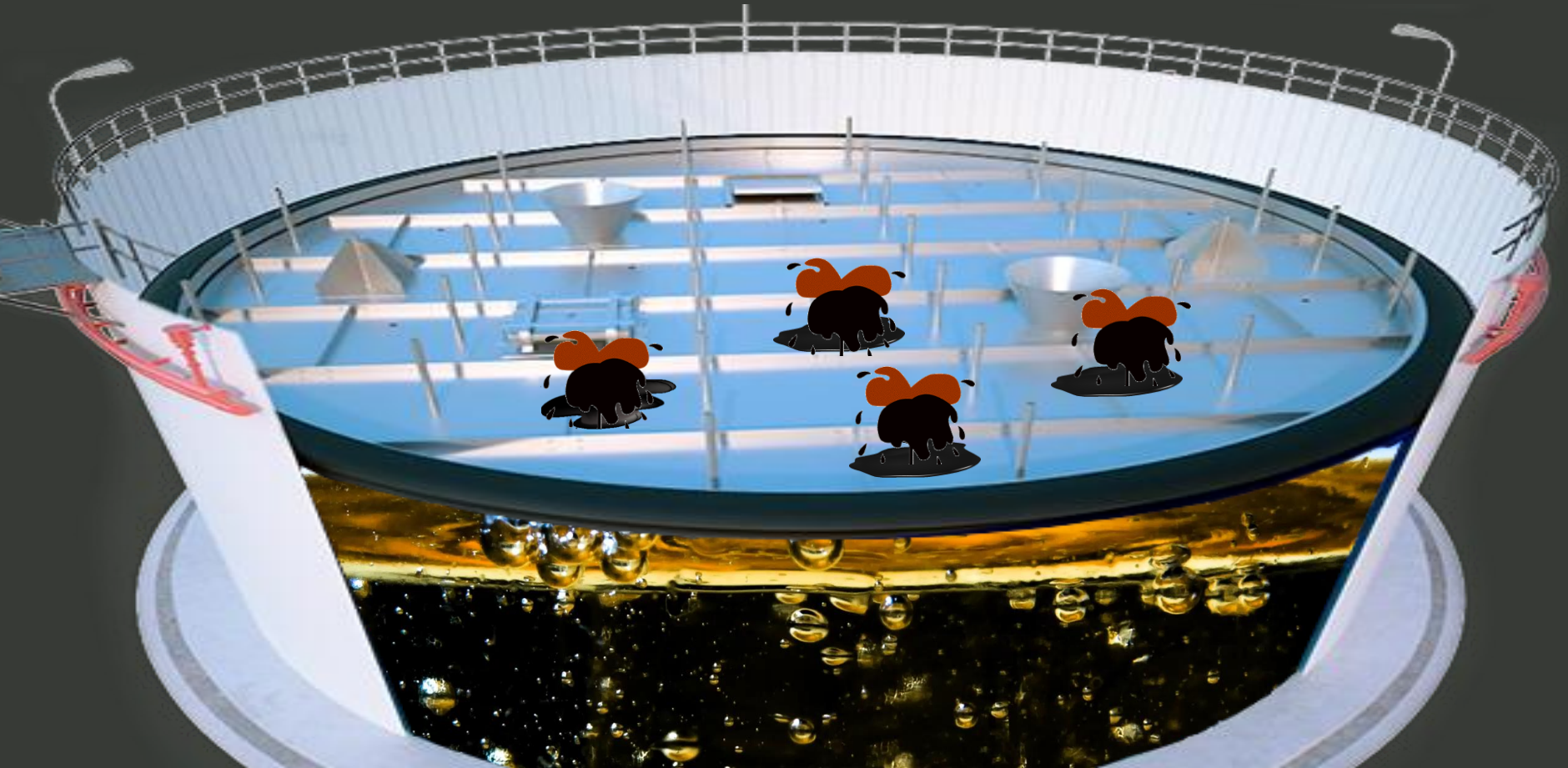
Aço-carbono



Reparos em superfícies contaminadas



Tanque de Teto Flutuante



Tanque de Teto Flutuante





Reparo de Vazamento Ativo

Teto flutuante de tanque de armazenamento de petróleo



Reparo de Vazamento Ativo

Tubulação com vazamento de petróleo bruto





Tecnologia ADA **Adesão Direta Ativa**

Active Direct Adhesion

Tecnologia ADA

Adesão Direta Ativa



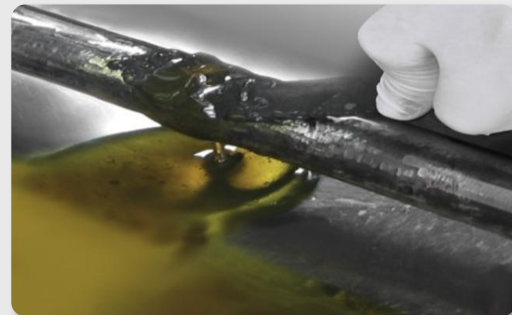
DESAFIOS da Superfície Contaminada por Óleo

- Reparos exigem limpeza extensa e desengorduramento.
- Resulta em longas paradas e impactos ambientais.



SOLUÇÃO: Deslocamento Ativo do Óleo

- Matriz polimérica com química de superfície avançada.
- Penetra, absorve e desloca o óleo.



BENEFÍCIO: Ligação Direta e Forte

- Arquitetura molecular inovadora garante adesão superior.
- Cria ligações químicas diretas no metal, mesmo contaminado.

Como funciona a Tecnologia **ADA**

Um Processo de Ligação em 3 Etapas

1

Mecanismo de Adesão Molecular Dinâmica

A **ADA** emprega uma combinação sinérgica de interações químicas e físicas.

2

Alta Tolerância à Contaminação

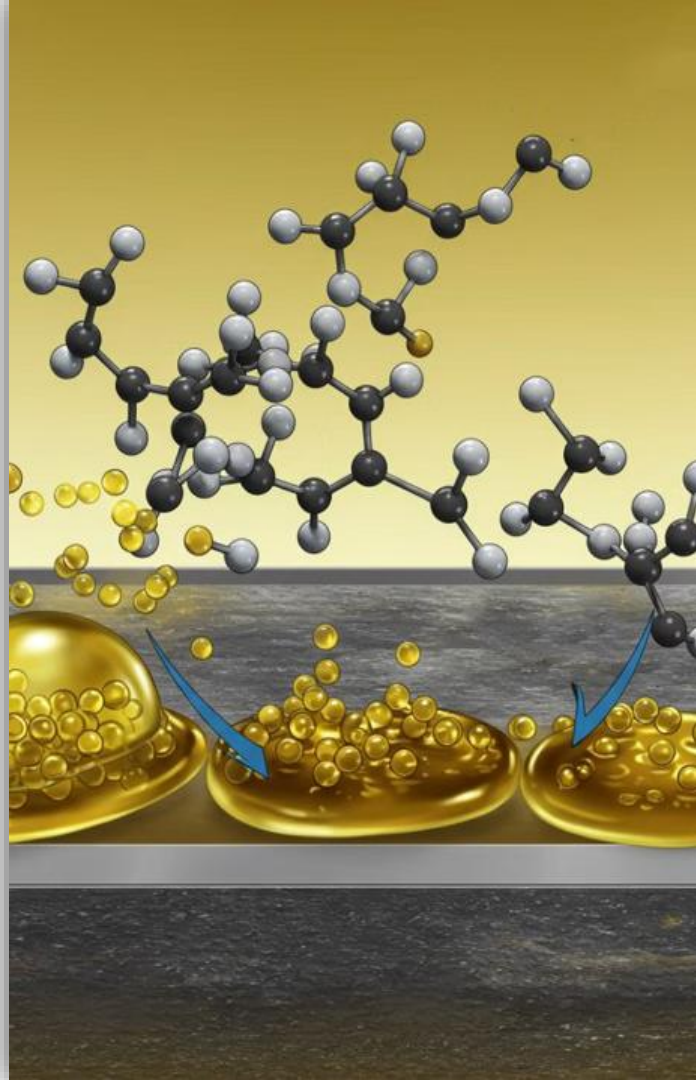
Diferente dos polímeros tradicionais, a formulação **ADA** é projetada para tolerar contaminantes industriais como óleo.

3

Ativação de Ligação Química em Tempo Real

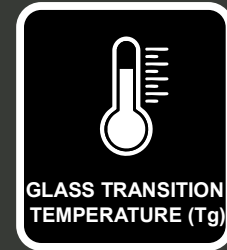
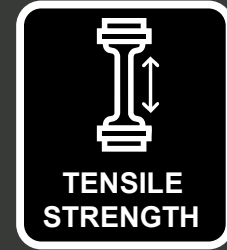
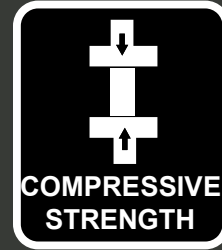
A "ativação" otimiza em tempo real a interação polímero-superfície contaminada. Essa adaptação dinâmica pode envolver:

- **Mudanças conformacionais** na estrutura do polímero para adaptação ideal ao substrato.
- **Modificação** das propriedades da superfície para melhorar a adesão.
- **Reações químicas interfaciais** para intensificar a força de adesão.



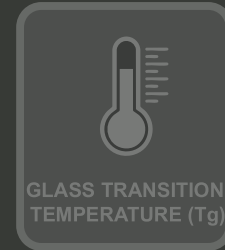
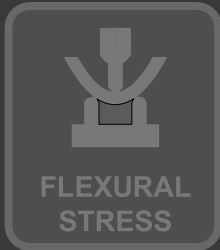
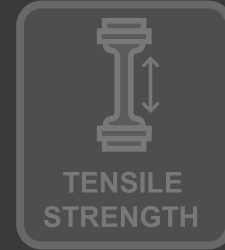
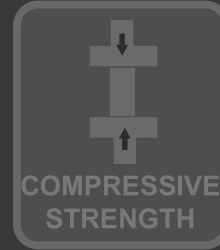
TESTES DE PERFORMANCE

Visão Geral



TESTES DE PERFORMANCE

Visão Geral





Resistência à Tração (ASTM D4541)

O **epóxi-ADA** se destaca por sua adesão superior:

- **Excelente** aderência em superfícies limpas e contaminadas.
- **Excede** os valores típicos observados em superfícies não contaminadas.

Jateamento Abrasivo
SEM contaminação

Dolly	Resultados
1	25
2	23
3	22
4	24

Jateamento Abrasivo
CONTAMINADA com óleo

Dolly	Resultados
1	27
2	22
3	24
4	24

Tratamento Mecânico
CONTAMINADA com óleo

Dolly	Resultados
1	24
2	25
3	22
4	31

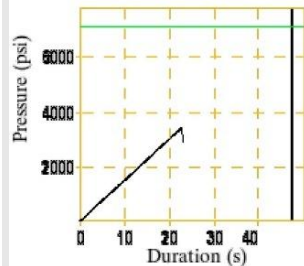
(MPa)



Resistência à Tração

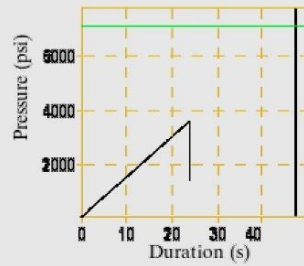
Sem falhas adesivas do **Tipo A/B**
na interface substrato-polímero

Superfície **jateada** contaminada com **óleo**



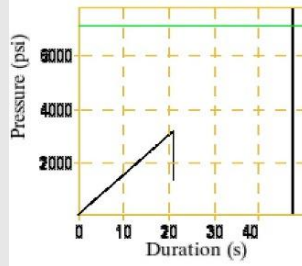
27.0 MPa

25% B
75% B/Y



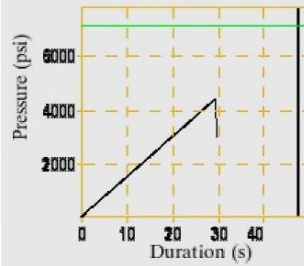
22.0 MPa

70% B
30% B/Y



24.1 MPa

40% B
60% B/Y



24.0 MPa

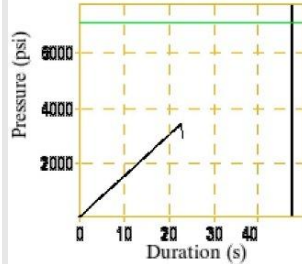
30% B
70% B/Y



Resistência à Tração

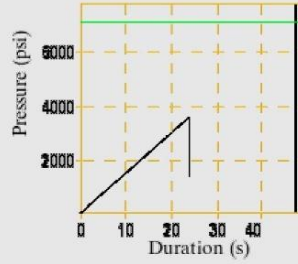
Sem falhas adesivas do **Tipo A/B**
na interface substrato-polímero

Superfície com **preparo mecânico** contaminada com **óleo**



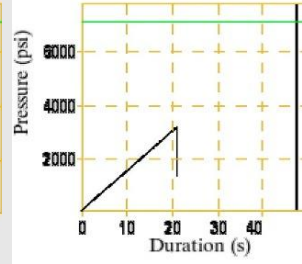
24.1 MPa

65% B
35% B/Y



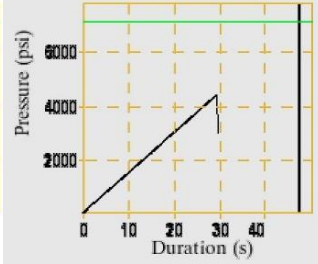
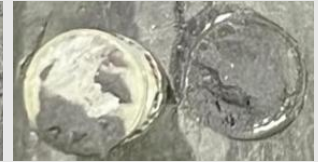
25.1 MPa

95% B
5% B/Y



22.4 MPa

100% B



30.9 MPa

30% B
70% B/Y



Resistência à Tração

O **epóxi-ADA** se destaca por sua adesão superior:

- **Excelente** aderência em superfícies limpas e contaminadas.
- **Excede** os valores típicos observados em superfícies não contaminadas.

Jateamento Abrasivo
SEM contaminação

23,6

Falha Principal: B
Falha Secundária: B/Y

Jateamento Abrasivo
CONTAMINADA com óleo

24,3

Falha Principal: B
Falha Secundária: B/Y

Tratamento Mecânico
CONTAMINADA com óleo

25,6

Falha Principal: B/Y
Falha Secundária: B

Média em MPa



Resistência à Tração

Comparação dos resultados com os requisitos das principais normas.

Alcança valores excepcionalmente altos em relação às principais normas, mesmo em superfícies contaminadas com óleo.

Requisitos dos principais padrões de revestimento.

5

NORSOK e
ISO 12944

12

PETROBRAS

24

Superfície
limpa

Polímero ADA

25

Superfície
contaminada

Polímero ADA



Teste Hidrostático

Reparo em Aço Contaminado por Óleo Sob Alta Pressão

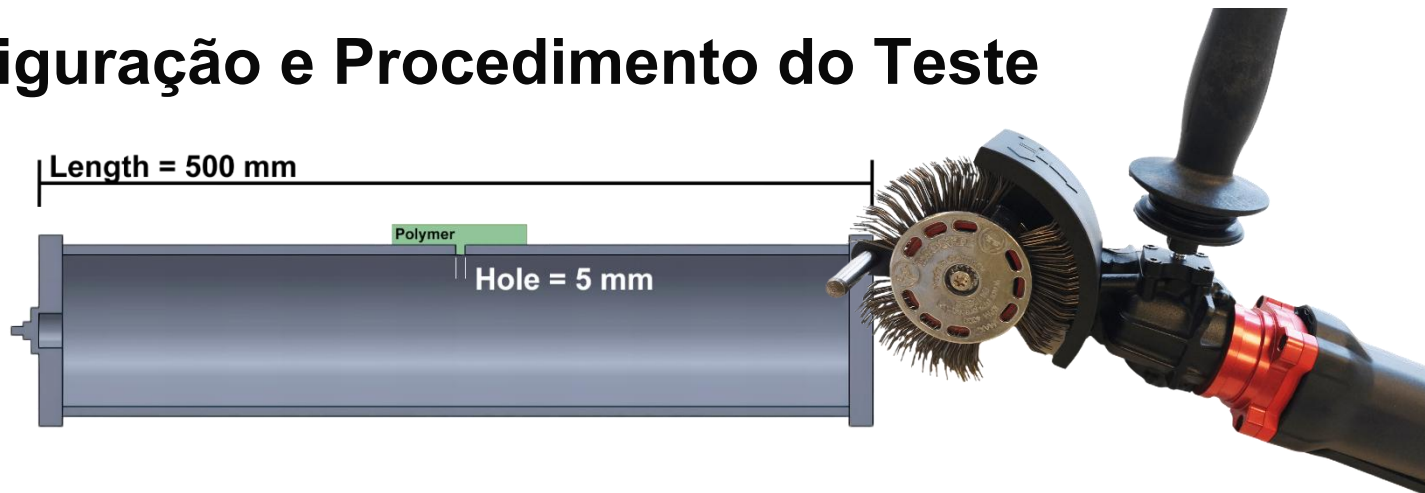
Para reparos que exigem confiabilidade absoluta sob pressão interna significativa!

A **avaliação mais rigorosa**,
simulando condições reais para garantir
máxima performance.



Teste Hidrostático

Configuração e Procedimento do Teste



Corpo de prova

Tubo de aço DN 2" sch 80 com furo simulado de vazamento de 5 mm.

Contaminação da Superfície

A superfície foi completamente coberta de óleo.

Tempo de Cura

24 horas antes do teste.

Preparo de Superfície

SSPC SP11 Nível 1 com
Monti Power Machine

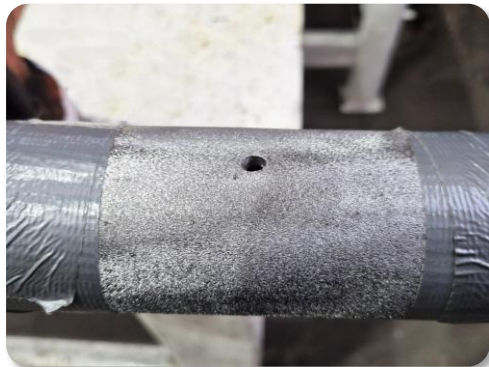
Procedimento de Reparo

Furo selado e aplicação de 4mm do polímero ao redor da circunferência do tubo contaminado com óleo.

Método de Teste

A pressão foi gradualmente aumentada até o ponto de falha (limite de ruptura).

Teste Hidrostático



Preparo de Superfície



Aplicação de óleo na superfície



Vedação do furo



Aplicação de óleo na superfície após vedar o furo

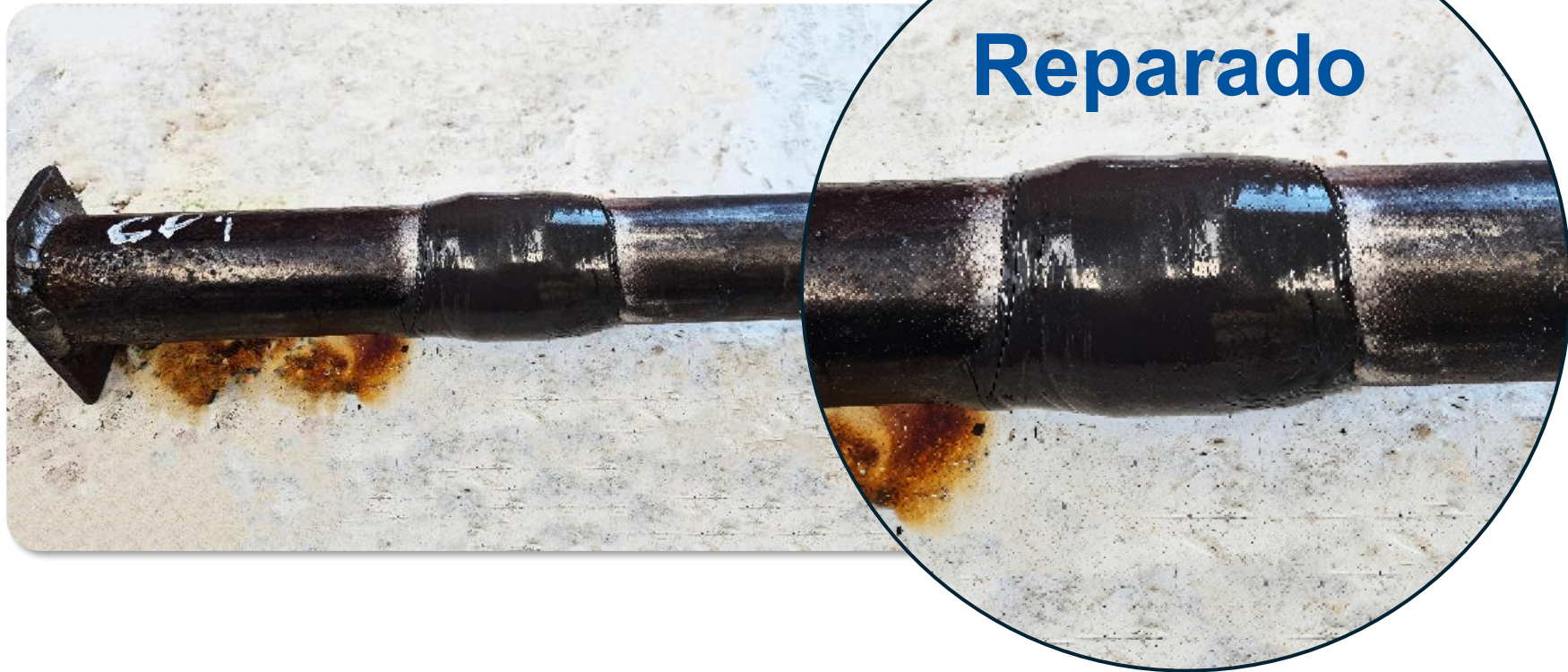


Aplicando o reparo ao redor do furo



Finalizando o reparo ao redor do furo

**Furo
Reparado**



Resultados do Teste Hidrostático

O corpo de prova reparado suportou impressionantes **4.000 psi (275 bar)** – uma prova da eficácia do reparo.



Pressão final alcançada no teste



A capacidade do reparo de suportar **275 bar** sem reforço destaca seu desempenho excepcional e adequação para aplicações de alta pressão.

Reforço estrutural

SENIPA



Composição dos Materiais Compósitos

Material compósito é a combinação de dois ou mais materiais distintos formando um novo material com propriedades superiores.

Matriz Polimérica



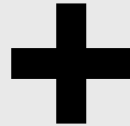
Epóxi



Poliéster



Poliuretano



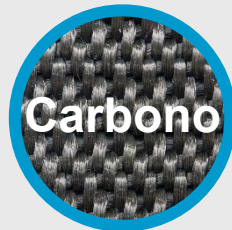
Fibra de Reforço



Vidro



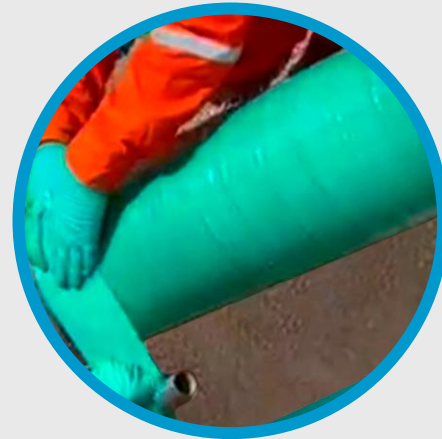
Aramida



Carbono

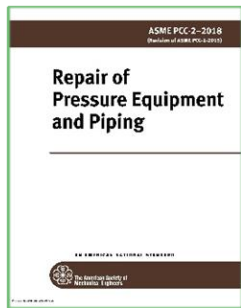


Compósito



Reparo Não Metálicos

- Reparos de longa duração
- Reforço estrutural
- ASME PCC-2 e ISO 24817
- Relação peso/resistência
- Durabilidade de projeto de 20 anos



Southwest Research Institute

Aprovação para Reparo Permanente

1ª

Certificação Mundial

Primeira aprovação no mundo para reparo permanente com esta tecnologia

20+

Anos de Vida Útil

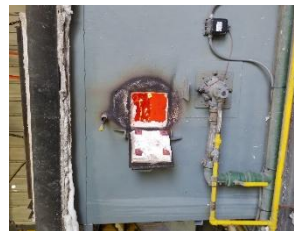
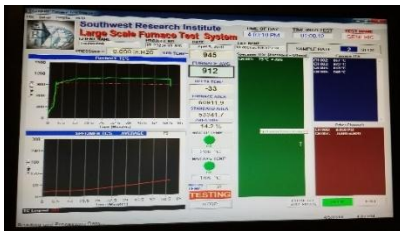
Durabilidade certificada para operação contínua em condições severas

2018

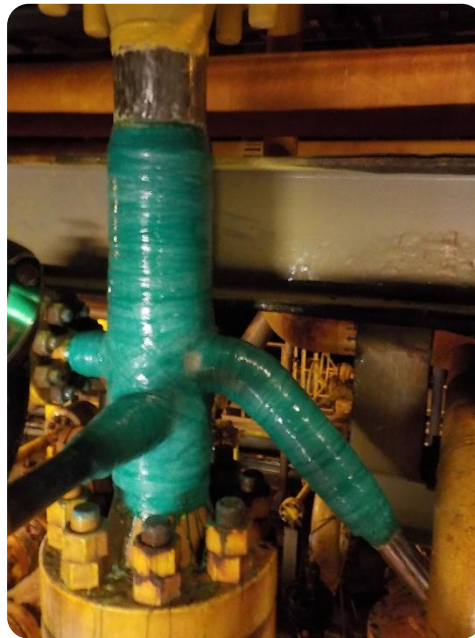
Ano de Aprovação

Marco importante na história dos reparos não-metálicos em tubulações

A aprovação para reparo permanente representa um avanço significativo na tecnologia de manutenção de tubulações industriais, estabelecendo um novo padrão para o setor.



Reparo Não Metálicos



Estudo de Caso:

Tubulação de Água Oleosa

Pressão de Projeto	12 kgf/cm ²
Pressão de Teste	18 kgf/cm ²
Pressão Operacional	12 kgf/cm ²
Temperatura de Operação	90 °C
Temperatura de Projeto	100 °C





Polímero de alta performance

- Polímero líquido para tubulações de altas pressões
- Alternativa para o FBE em juntas internas de campo





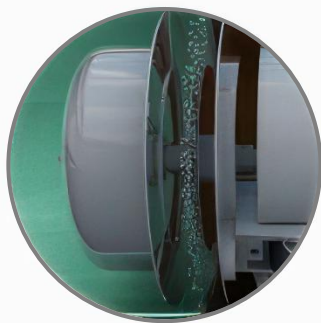
**LATEST
UPDATE**

NEOM CITY

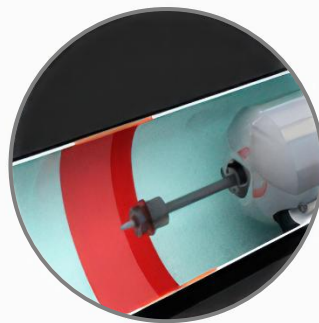
Como uma Junta de Campo é Revestida



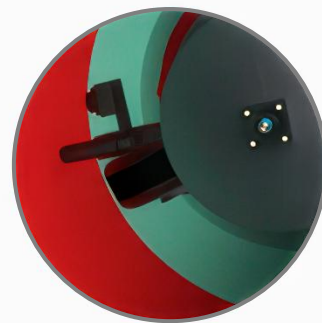
Solda



**Jateamento
Abrasivo**



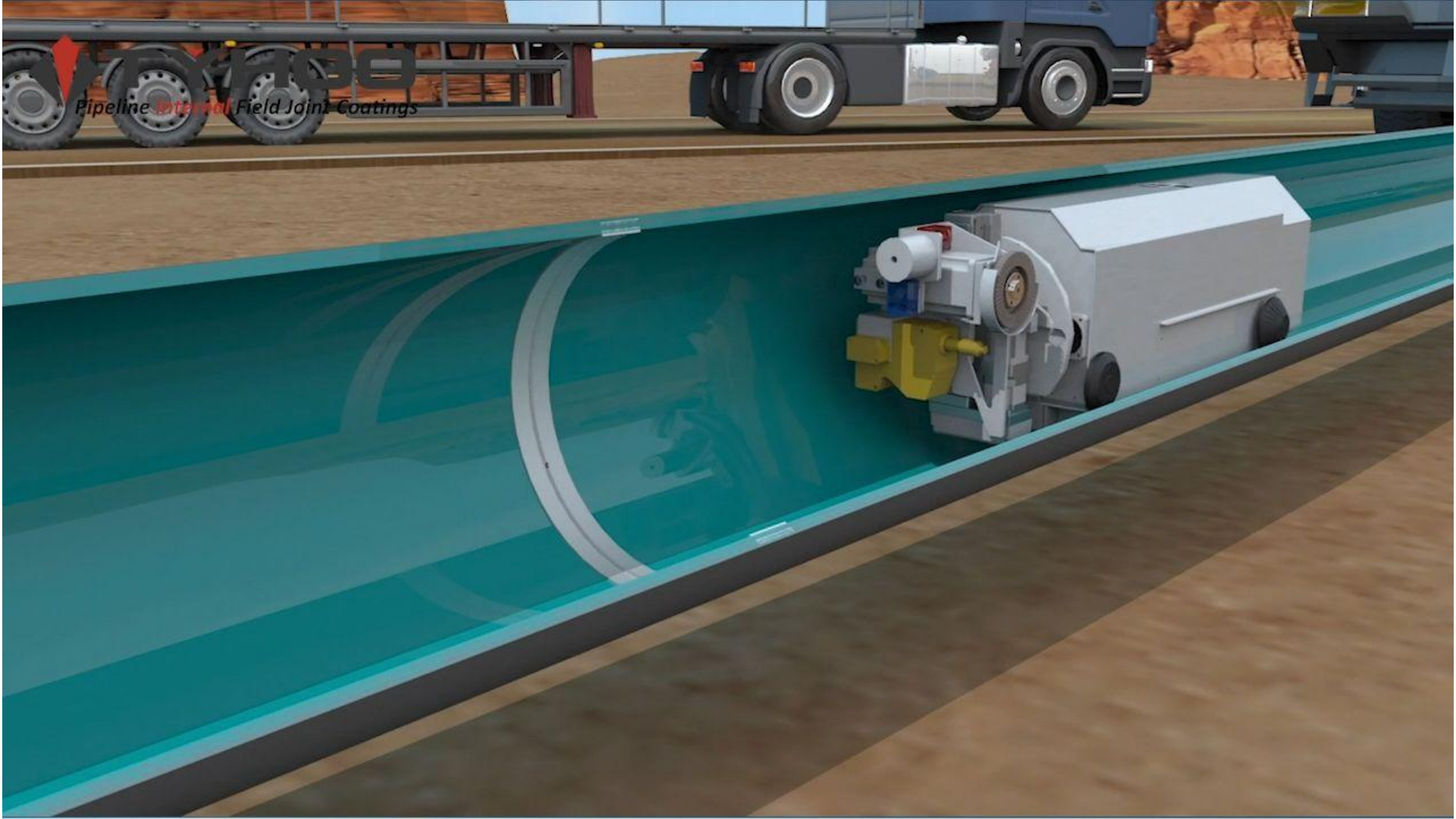
Aplicação



**Inspeção
final**



All robotic cycles are controlled and recorded by an operator for the client

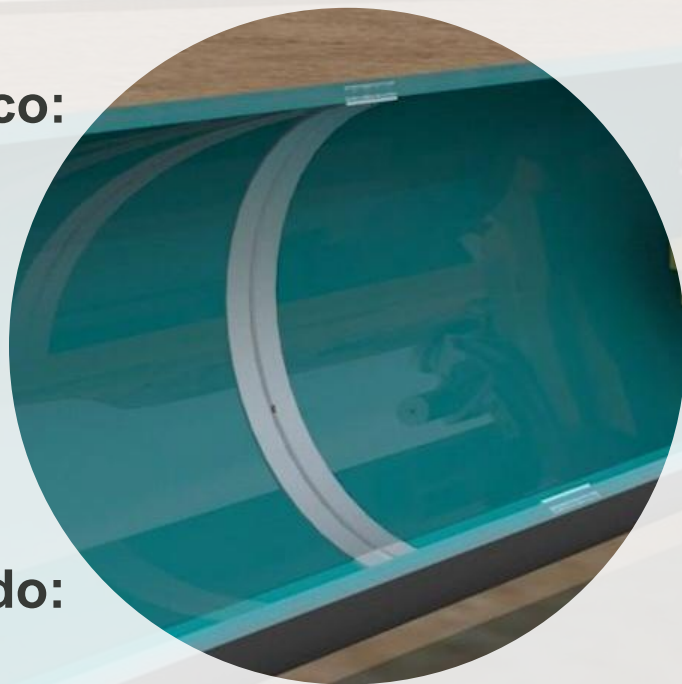


Pipeline Internal Field Joint Coatings

Método de Aplicação:

Robótico, Plural component e manual

Teste hidrostático:
6000 psi



Espessura:
1 mm sem
escorrimento

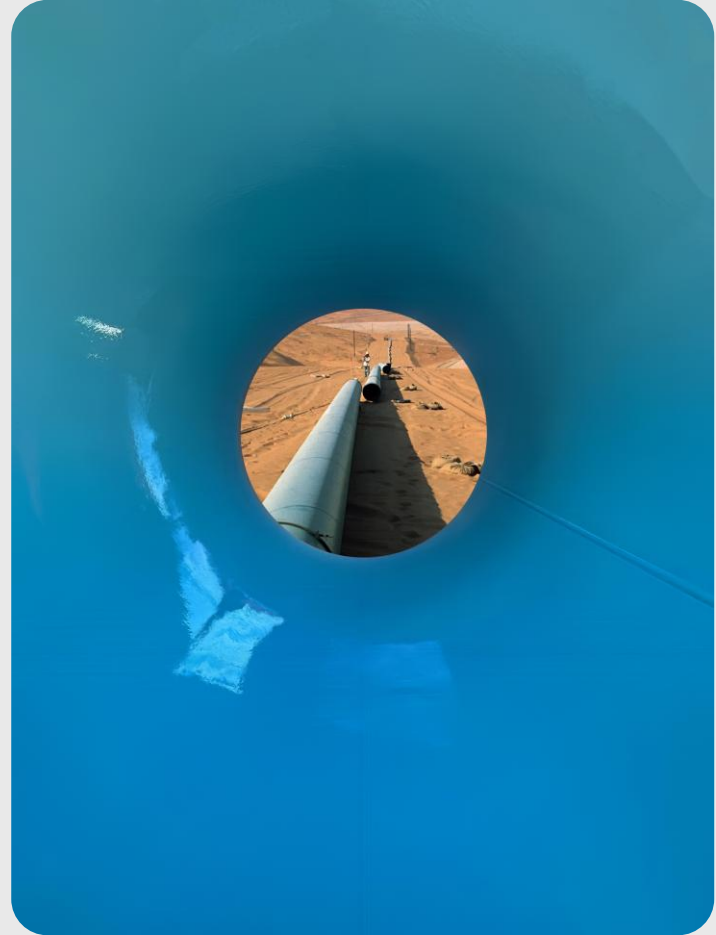
Pressão do fluido:
2750 psi

Temperatura da Superfície:
60 °C

Robotic Application



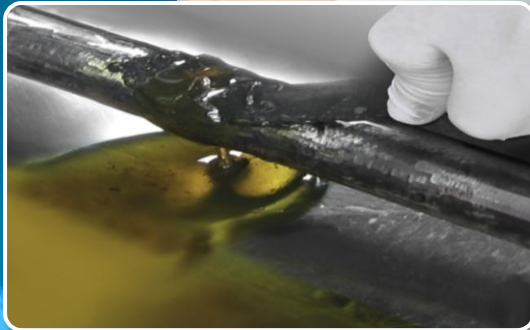
Robotic Application

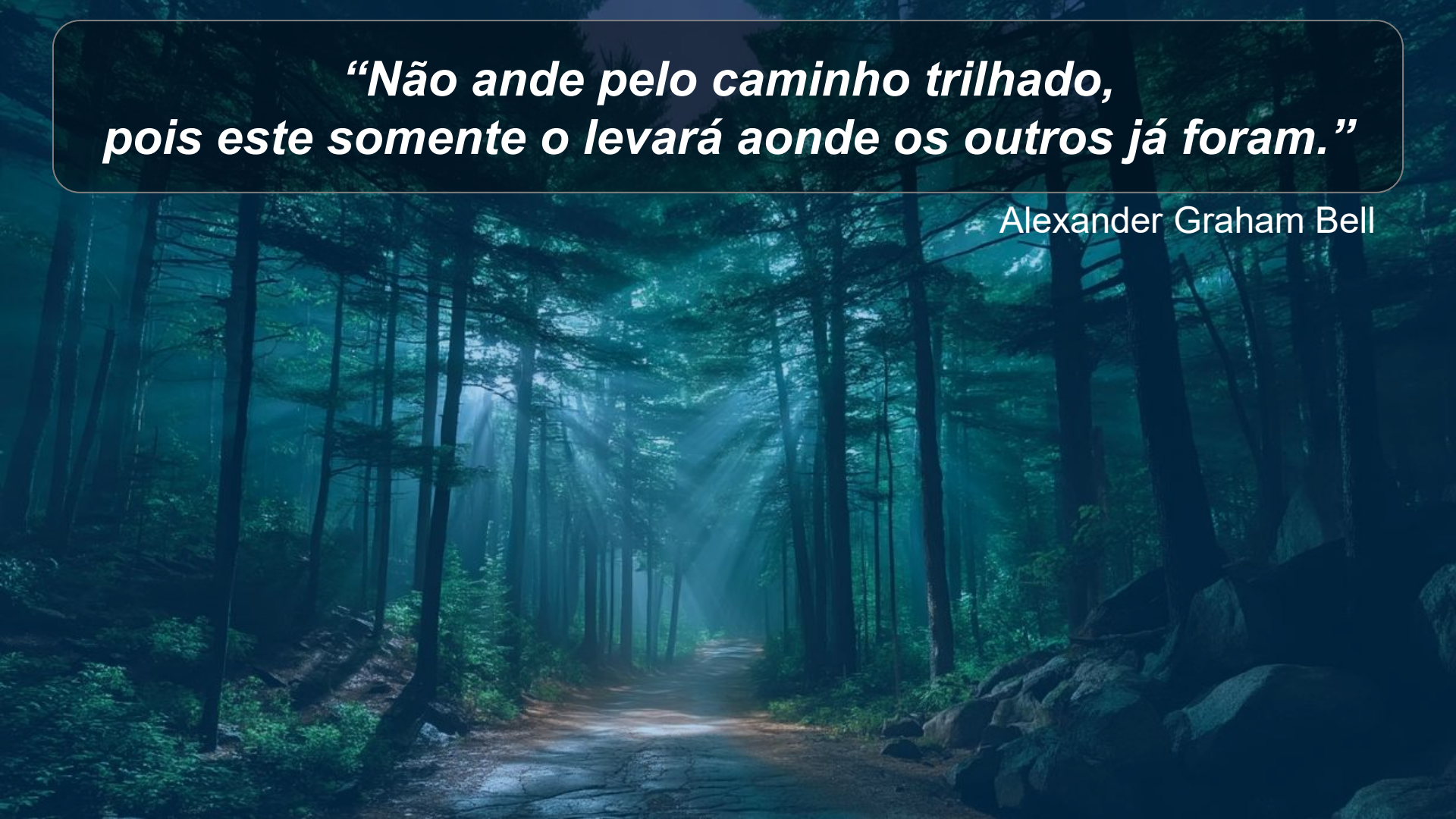


Polímeros de Alta Performance e Engenharia de Reparo



powerPOXI



A photograph of a narrow dirt path winding through a dense forest. Sunlight rays (crepuscular rays) are visible filtering through the tall, thin trees, creating a hazy, ethereal atmosphere. The path is covered in fallen leaves and small plants. Large rocks are visible on the right side of the path in the foreground.

***“Não ande pelo caminho trilhado,
pois este somente o levará aonde os outros já foram.”***

Alexander Graham Bell

**Cost and
Time
savings
driven by
Technology**



powerPOXI
POLYMERS TECHNOLOGY



Felipe Naciuk



felipe.naciuk@powerpoxi.com



+55 (51) 99107-1612