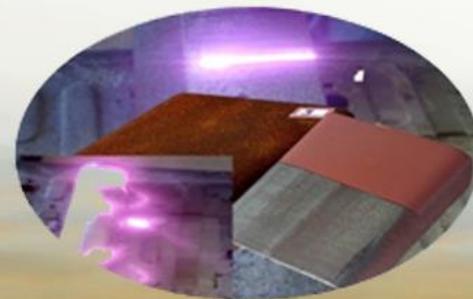
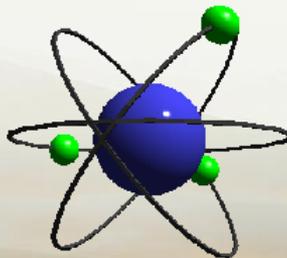


# **Avaliação do Método de Preparação de Superfície por Meio de LASER (1000 W), em Comparação com Métodos Tradicionais de Limpeza**

**Apresentador:  
Fernando Fragata**





## Antecedentes e Justificativas

- Já algum tempo no Brasil, a limpeza de superfícies metálicas por meio de laser vem sendo motivo de discussão entre os profissionais da área de pintura anticorrosiva, Isto se deve, em parte, aos vídeos publicados na internet sobre este tema.
- Apesar de alguns vídeos serem “chamativos”, eles por si só não respondem a certas perguntas fundamentais relativas ao processo de limpeza de superfície para aplicação de esquemas de pintura.



## Perguntas Tradicionais em Relação a um Novo Método de Preparação de Superfície

Remove produtos de corrosão

Remove carepa de laminação intacta

Gera rugosidade adequada à superfície

Remove óleos e graxas

Remove sais solúveis em água

Remove pintura antiga/envelhecida

Produtividade



## **Etapas do Trabalho**

**ETAPA 1 : Responder as perguntas mais Frequentes da Área de Preparação de Superfície.**

**ETAPA 2 : Avaliar o desempenho de um esquema de pintura, aplicado sobre 5 tratamentos de superfície, incluindo a limpeza com LASER (PETROBRAS - CENPES).**

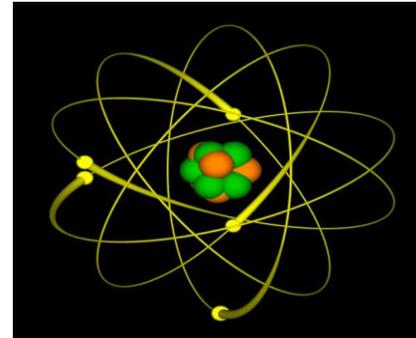
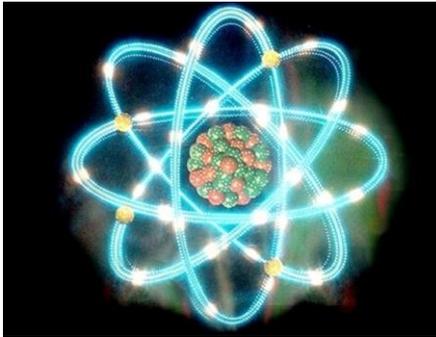


## Princípio Básico da Geração de LASER

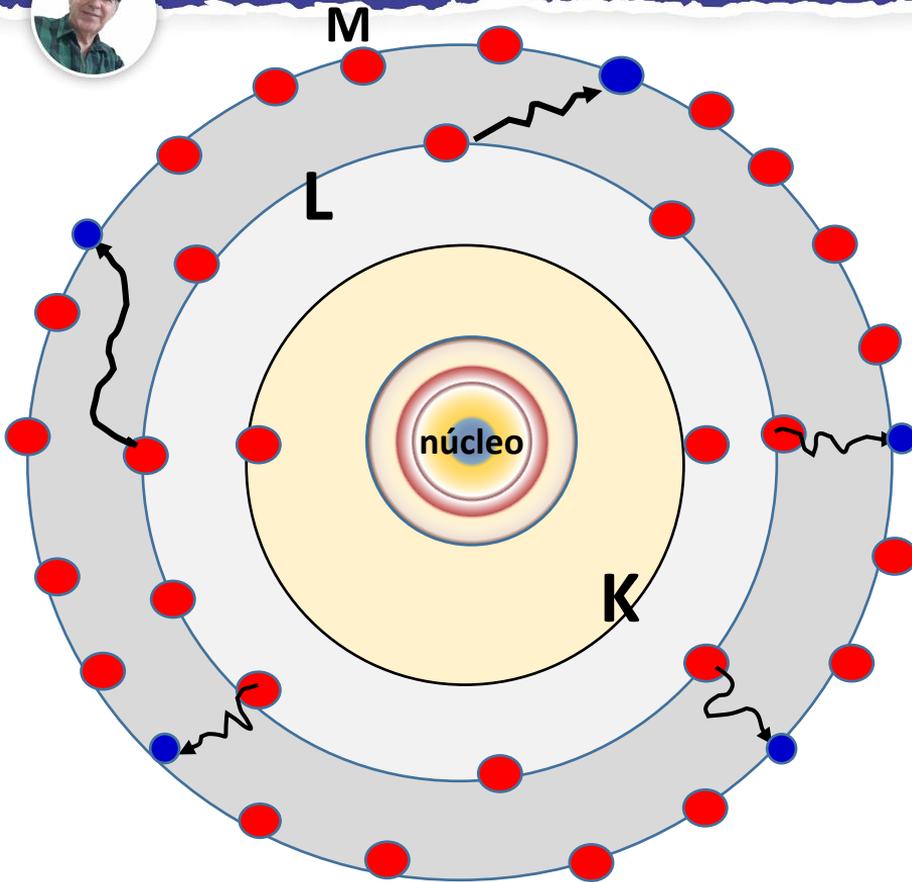
LUZ: Causada pelo movimento de elétrons de níveis de energia mais altos para mais baixos

**LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**

--Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação--



O LASER é formado, portanto, de partículas de luz (fótons) emitidas na forma de um feixe. Para isso ocorrer é necessário estimular átomos de materiais específicos a emitir fótons.

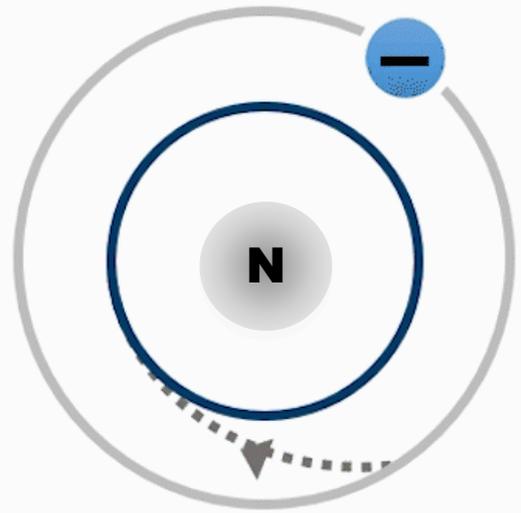
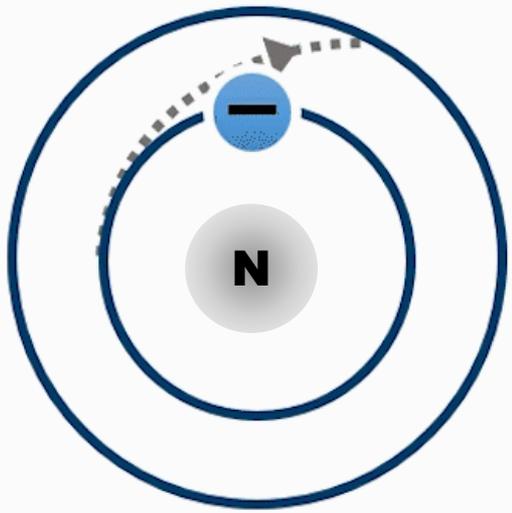


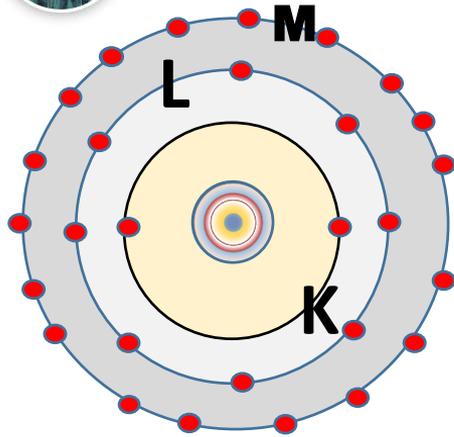
Excitação do átomo : (ex.: energia eletromagnética, luz de outro LASER, e reações químicas, etc.)

Elétrons passam para camadas de maior energia

Elétrons/átomo excitado: com forte tendência de voltar à condição natural

Átomo em estado excitado

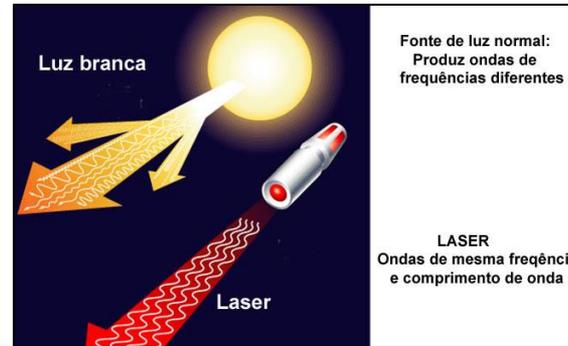




Em face ao exposto, todo LASER precisa de um princípio ativo (material), que pode ser sólido como, por exemplo o **RUBI** ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ ), gasoso como o **CO<sub>2</sub>** e **Hélio – Neônio** ou líquidos (**corante de rodamina 6G**).

A luz LASER é monocromática, apresenta somente um comprimento de onda. A cor de um feixe de luz é decorrente da combinação de todas frequências individuais.

Direcional: o feixe de luz emitido por um LASER é formado por ondas produzidas na mesma direção. Sofre o mínimo de dispersão.





## Algumas Informações Adicionais

### Em termos de Potência

(1 a 5) mW : Apontadores

30 a 100 W : Laser para fins cirurgicos

100 a 3000 W : Laser usado em corte na área industrial industrial

### Campos de Aplicação (alguns exemplos):

- Laser pointer: usado em palestras
- Corte e solda de metais
- Impressão
- Leitor de CDS e DVS
- Cirurgia ocular
- Depilação
- Leitor de código de barras
- Etc.



## **Princípio Básico da Limpeza de Superfícies (Informações da Literatura)**

**“Laser Pulsado”: Pulsos de laser extremamente curtos e de alta potência são direcionados para a superfície a ser limpa. Enquanto parte do material a ser removido é vaporizado, é possível que outra (dependendo do que se deseja remover) permaneça na forma de partículas de pó que são succionadas por um sistema adequado.**



## Equipamento Utilizado no Estudo - Características

- ❖ **Modelo:** XXX1000 (Laser "pulsado")
- ❖ **Potência:** 1000 W
- ❖ **Meio ativo:** Bastão de Rubi
- ❖ **Comprimento do cabo:** 10 m, mas o equipamento pode operar com cabos de até 50 m.
- ❖ **Distância entre o "bocal" de saída do Laser e a superfície:** 5 cm a 10 cm.
- ❖ **Operação do equipamento:** Realizada por técnicos da empresa representante do fabricante do equipamento no Brasil.



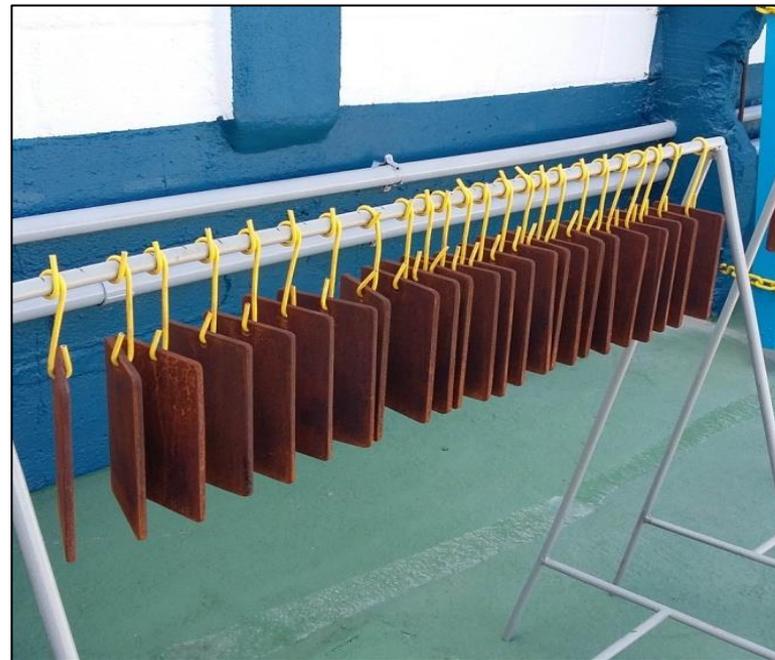


## Códigos de Tempo de Passagem do Feixe de Laser

**Tmenor:** Tempo de limpeza de menor duração (aproximadamente 10 segundos, correspondente a 3 passes) ou menor número de passes.

**Tmaior:** Tempo ou número de passes maior (3 minutos a 5 minutos). O objetivo foi verificar como o tempo ou número de passes influenciaria no grau de limpeza das superfícies. Vale ressaltar que os referidos tempos de exposição ao Laser foram usados para chapas de aço-carbono com as dimensões de 150 mm x 100 mm e espessura de 6,4 mm. O mesmo critério foi adotado para as chapas de menores dimensões para os ensaios em laboratório.

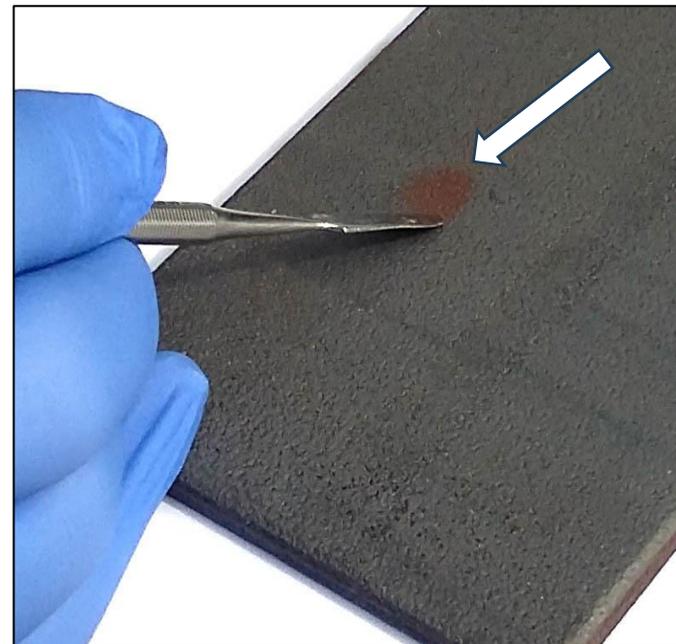
## Oxidação das Chapas de Aço-carbono (Smartcoat – Macaé): $T_{exp} > 12$ meses



**Técnico Responsável : Daniel Barbiero**



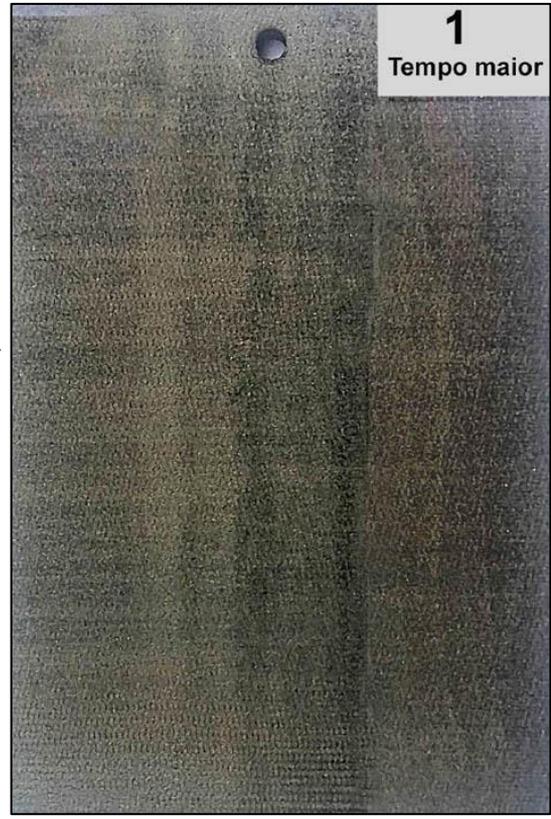
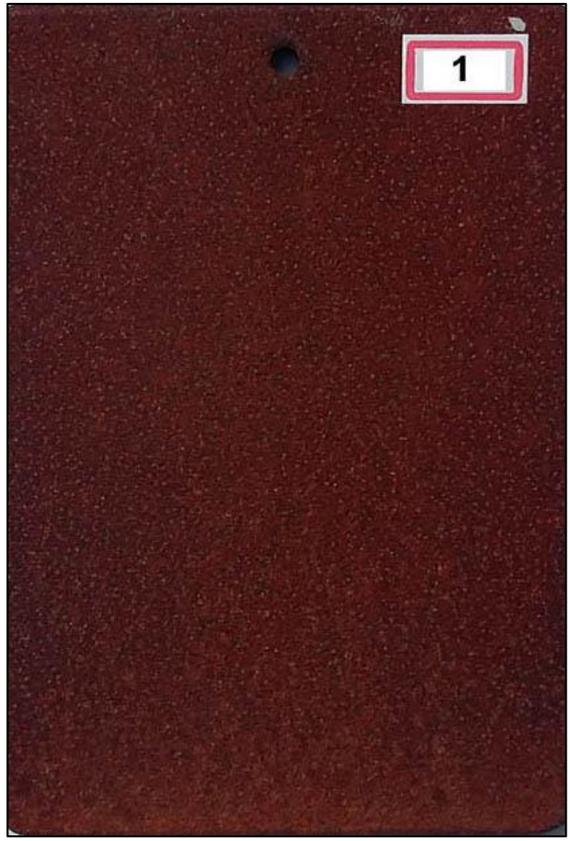
## A Limpeza por Meio de LASER Remove Produtos de Corrosão do Aço(Ferrugem)?



**Tmenor**



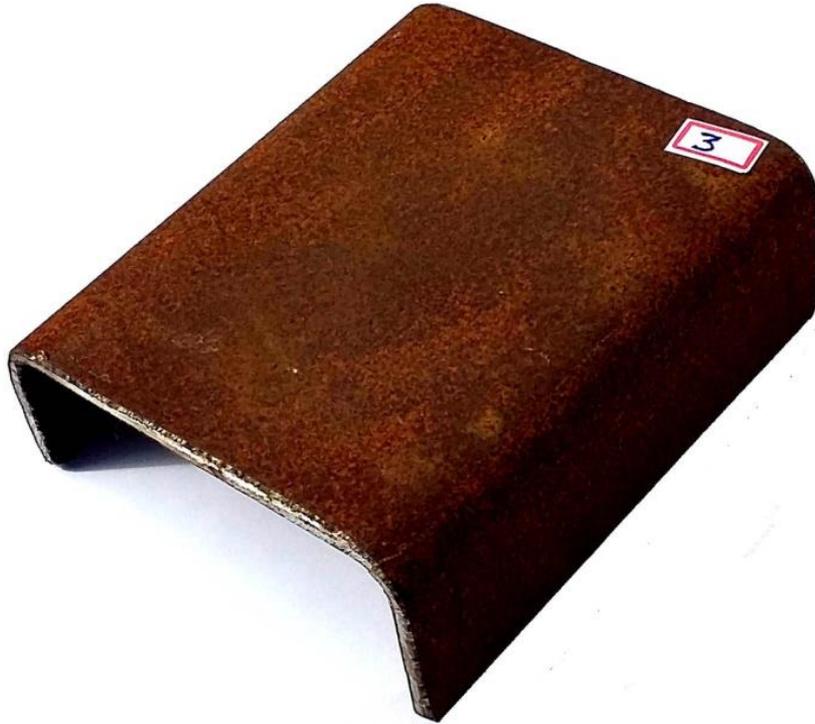
# A Limpeza por Meio de LASER Remove Produtos de Corrosão do Aço (Ferrugem)?



Remoção Eficiente



## Influência de $T_{maior}$ e $T_{menor}$

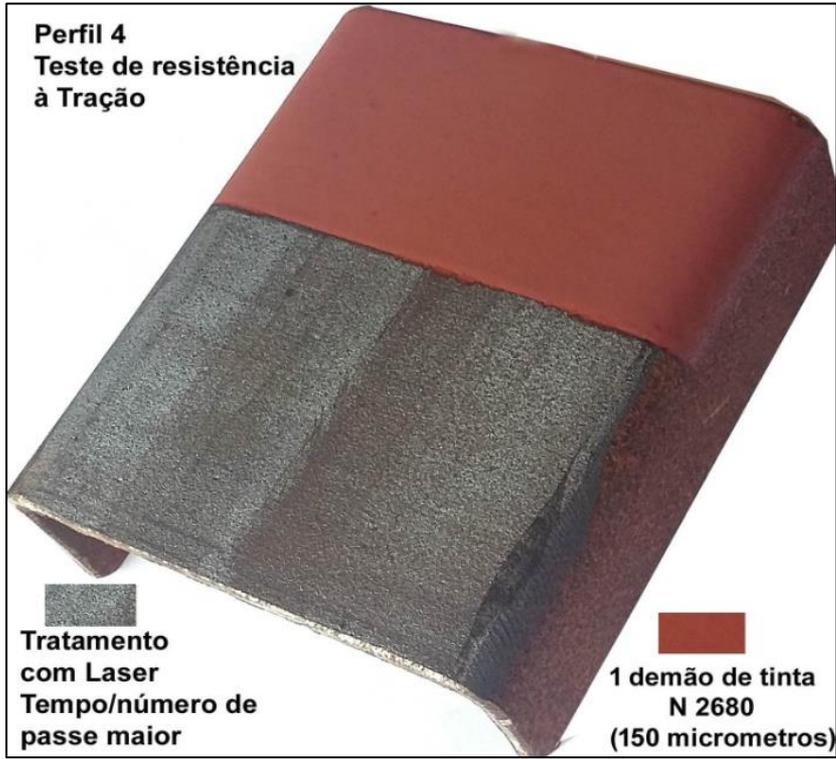




# Influência de Tmenor e Tmaior



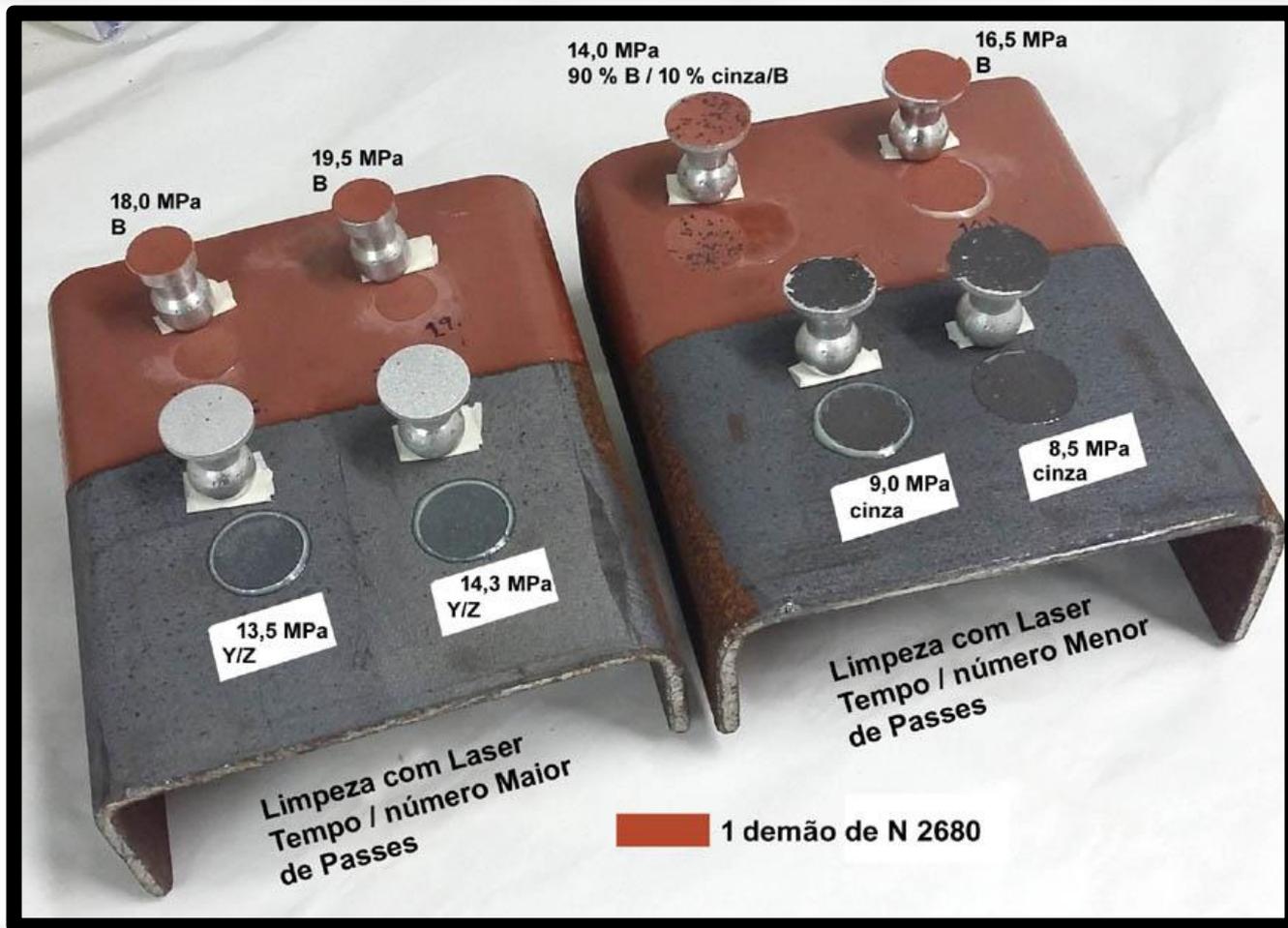
**Tempo / número de passes Menor**



**Tempo / número de passes Maior**

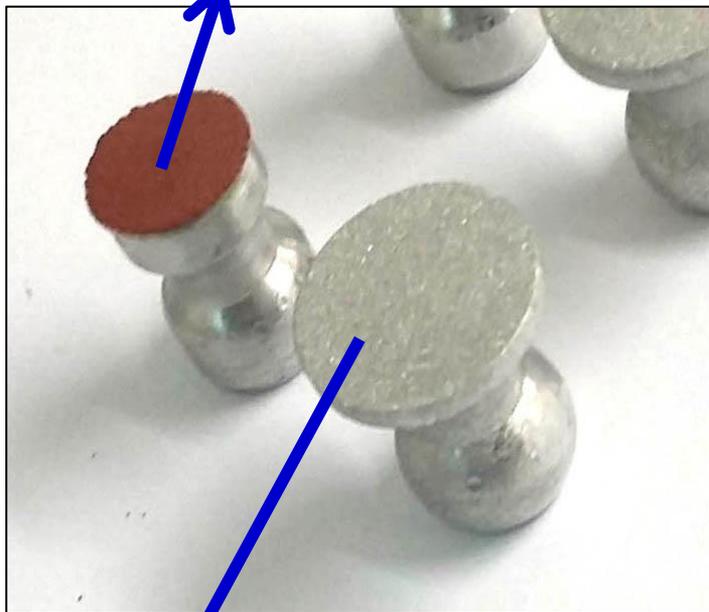
# Influência de Tmaior e Tmenor

Fernando Fragata





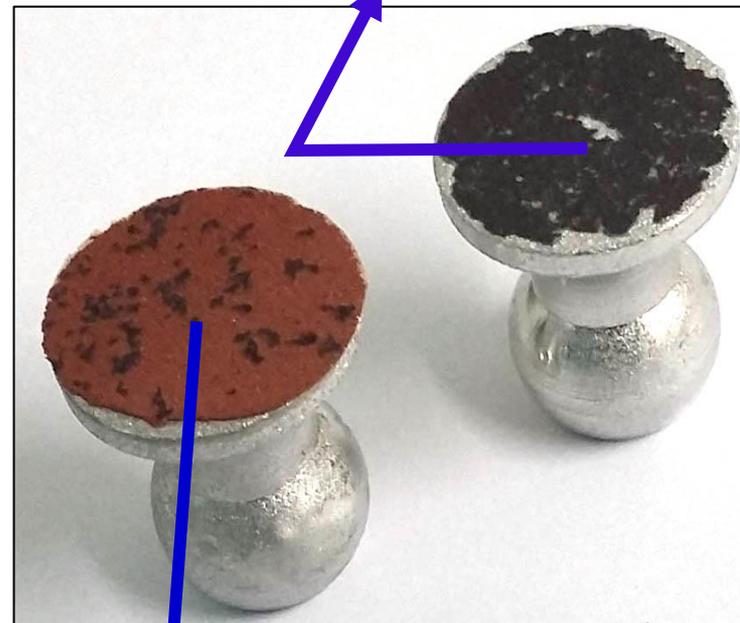
**18,0 e 19,5 MPa (Coesiva B)**



**Tmaior**

**13,5 e 14,3 MPa (Y / Z)**

**9,0 e 8,5 MPa (Coesiva Cinza)**



**Tmenor**

**14,0 MPa (90 % B ; 10 % Cinza)**



## **A Limpeza por Meio de Laser Remove Carepa de Laminação Intacta (Grau A) ?**





**A Limpeza por Meio de Laser Remove Carepa de Laminação Intacta (Grau A) ?**



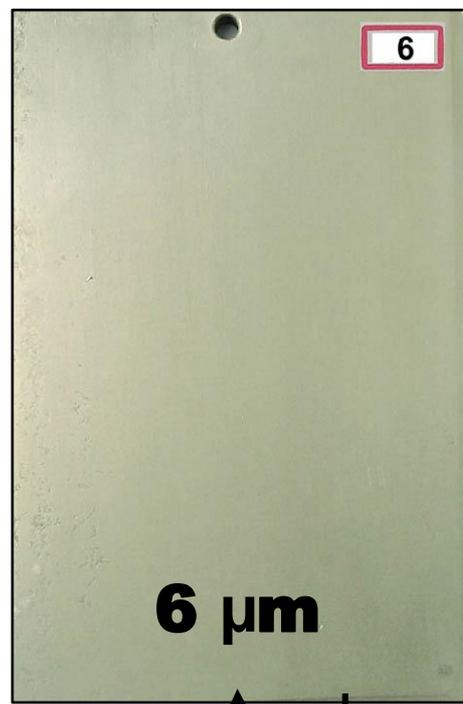


# A Limpeza por Meio de Laser Gera Rugosidade Adequada às Superfícies de Aço-carbono para a Aplicação de Esquemas/Sistemas de Pintura ?

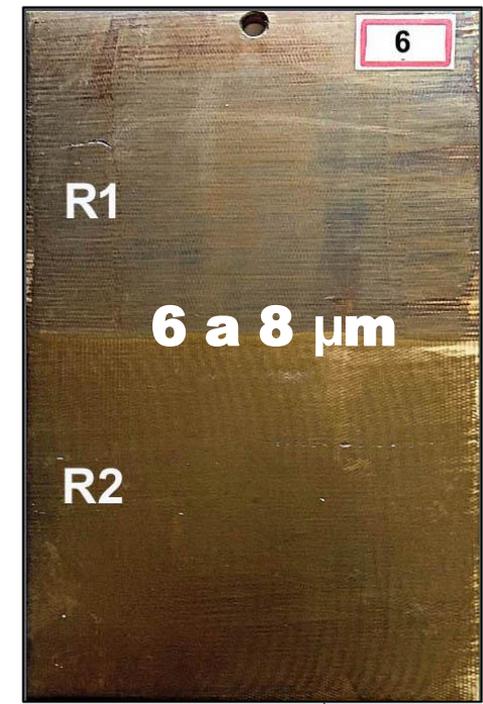


8 µm

Decapagem Ácida



6 µm



R1

6 a 8 µm

R2

Laser



# A Limpeza por Meio de Laser Remove Óleos e Graxas da Superfície?





## A Limpeza por Meio de Laser Remove Sais Solúveis da Superfície ??



**Jato Abrasivo Sa2<sup>1/2</sup>**

Rugosidade : 70  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$



**Atmosfera mar. + Imersão em NaCl 3 %  
duas vezes por semana, T<sub>exp</sub> > 12 meses**

**Antes dos Tratamentos de Superfície, as Chapas Foram Lavadas com Água Pressurizada ( ± 2000 psi).**



## Método de Análise Usado na Determinação da Condutividade : BRESLE usando o método previsto na ABNT NBR 16761-2020



Condição Inicial (para se ter ordem de grandeza).

Após jateamento Abrasivo (Sa $\frac{1}{2}$ )

Após Hidrojateamento a 40.000 psi (WJ1/WJ2 L)

Após tratamento St3, com pistola de agulhas

Após tratamento **SSPC SP-11**, máquina Monti®

Após tratamento com Laser, Tmaior

**Também se determinou a rugosidade superficial após a execução de cada método de limpeza.**



# A Limpeza por Meio de Laser Remove Sais Solúveis da Superfície

Fernando Fragata

Preparação de superfície/ Grau de limpeza		Sais na superfície ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Rugosidade , ASTM D 4417, método B ( $\mu\text{m}$ )
Condição inicial (chapa oxidada)		45 a 60	Não aplicável
Jateamento abrasivo (Sa2½)		4,3	105 a 115
Hidrojetamento (WJ 1)		1,0	80 a 85
Pistola de agulhas (St 3)		18,4	45 a 65
Ferramenta Monti® (SP 11 nível 1)		4,6	70 a 75
Laser	A	10,5	80 a 95
	B (ver nota 2)	3,5	



## A limpeza por Meio de LASER Remove Pintura Antiga??



**N 2680 + N 2677 (azul)**



**Neste caso, o revestimento foi removido com certa facilidade (N 2677).**

# A limpeza por Meio de LASER Remove Pintura Antiga??

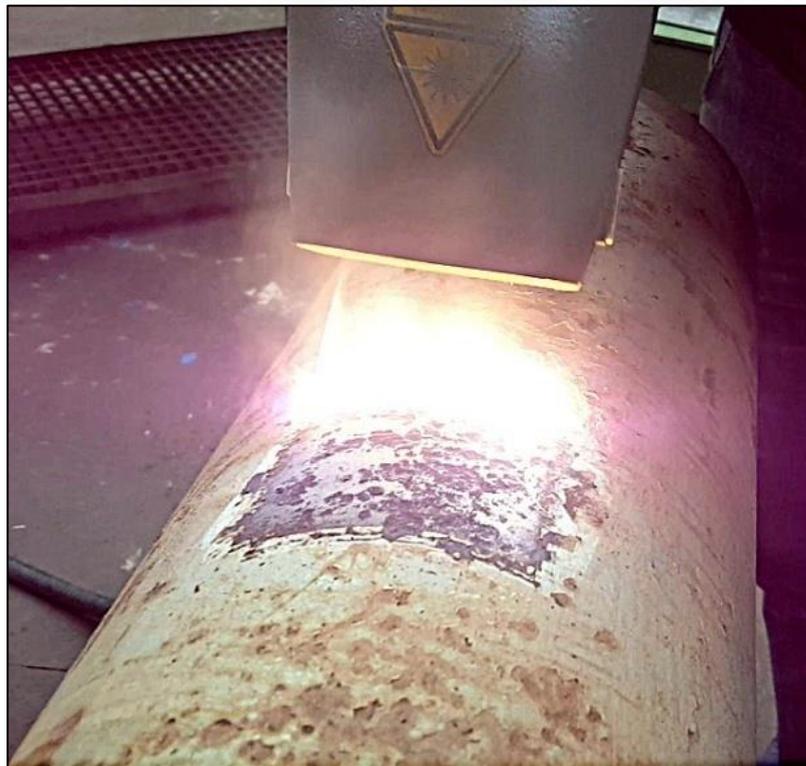
*Fernando Fragata*





# A limpeza por Meio de LASER Remove Pintura Antiga??

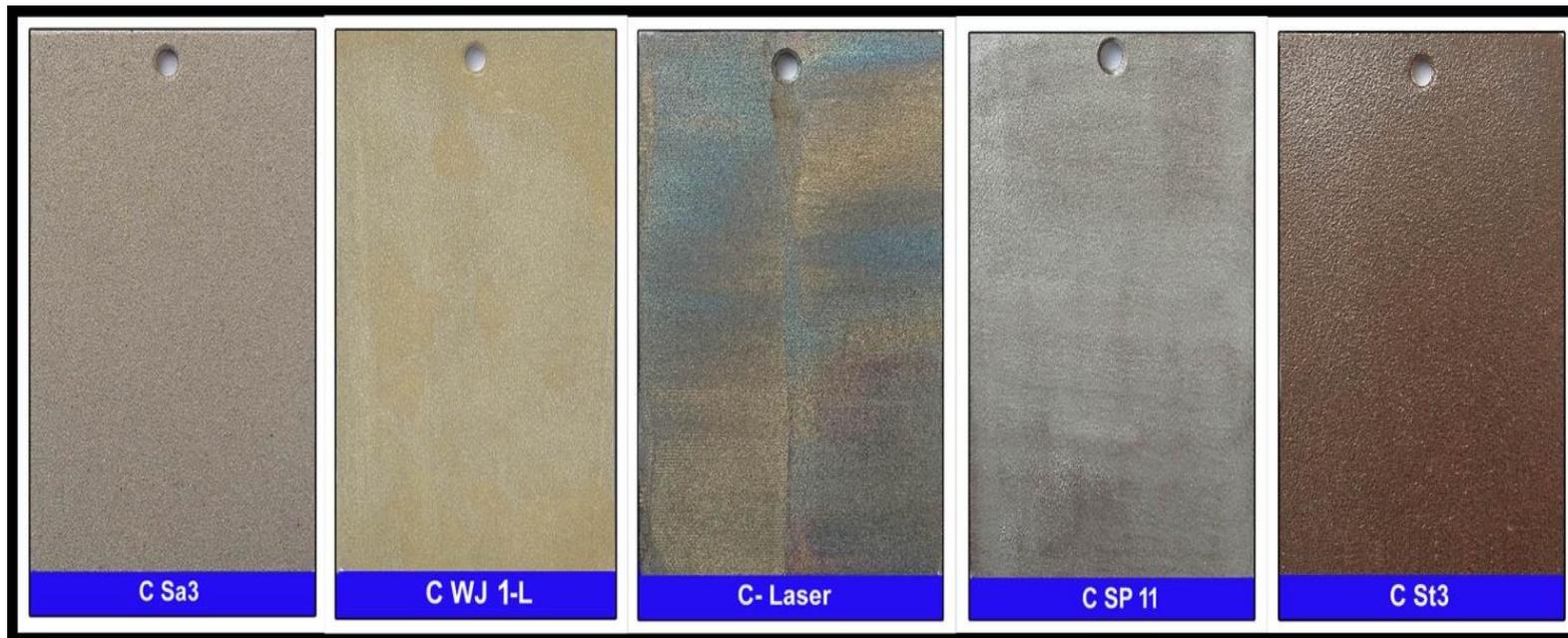
*Fernando Fragata*



A velocidade de remoção vai depender de vários fatores como, por exemplo, do tipo de revestimento, do tempo de exposição a um determinado meio, da espessura e das condições de aderência ao substrato.



## Resistência à Tração de um Esquema de Pintura, Aplicado Sobre Superfícies com Diferentes Graus de Limpeza



**Esquema: 2 demãos de N 2680 com EPS total entre 350  $\mu$ m e 450  $\mu$ m.**



## RESULTADOS

<b>Preparação de superfície</b>	<b>Tensão de ruptura (MPa)</b>	<b>Natureza da falha</b>
<b>Jateamento abrasivo (Sa3)</b>	<b>21,8</b>	<b>Coesiva B</b>
<b>Hidrojetamento (WJ 1 L)</b>	<b>19,5</b>	<b>Coesiva B</b>
<b>Pistola de agulhas (St3)</b>	<b>16,1</b>	<b>90 % Coesiva B e 10 % Y/Z</b>
<b>Máquina Monti® (SP 11)</b>	<b>17,0</b>	<b>Coesiva B</b>
<b>Laser (LS)</b>	<b>20,1</b>	<b>Coesiva B</b>



## Desempenho Anticorrosivo em Ensaio Cíclico – ISO 12944-9

72 h de exposição à radiação UVA e condensação de umidade: Ciclo de 4 h à radiação UVA ( $60\pm 3$ ) °C + 4 h de condensação ( $50\pm 3$ ) °C.

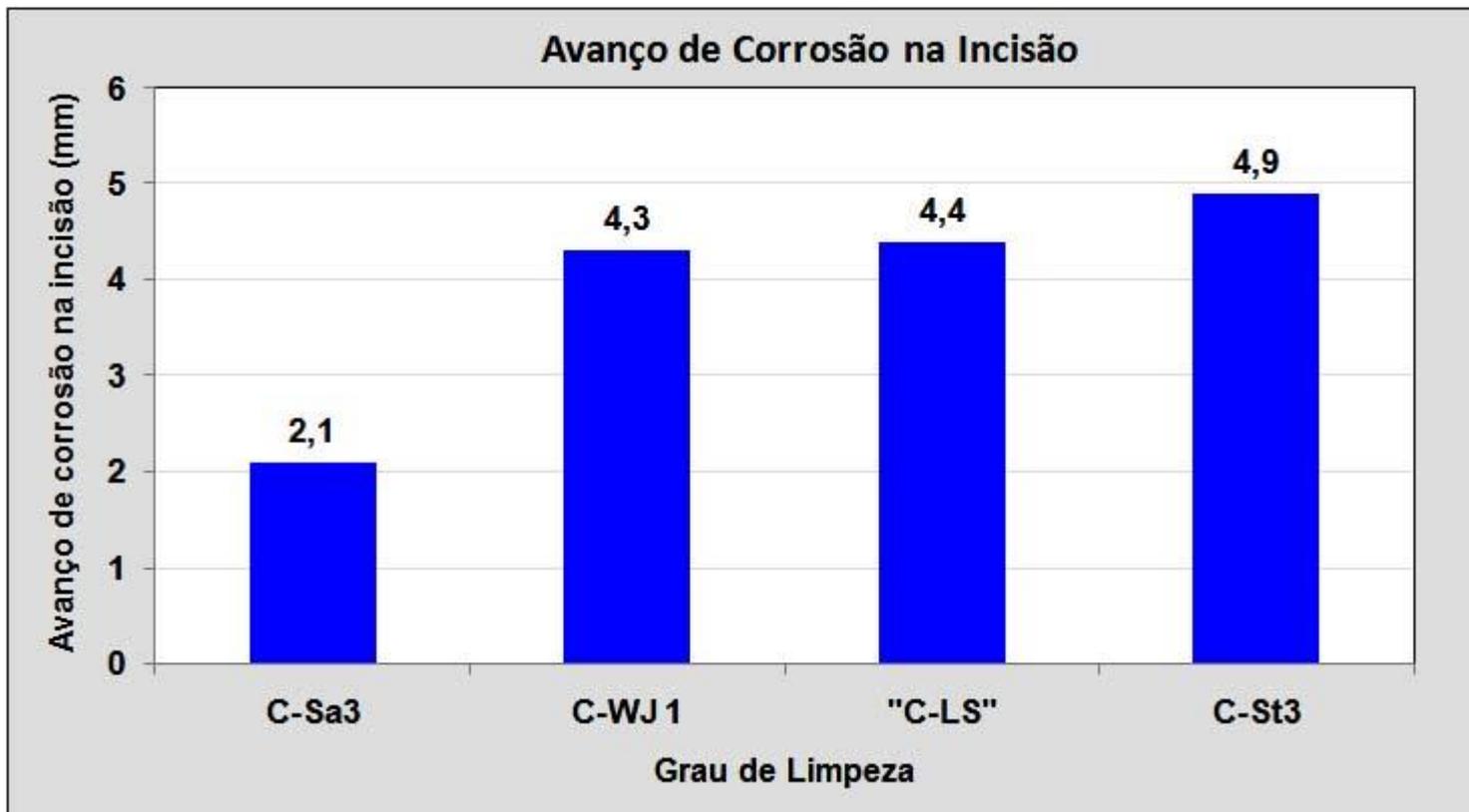
72 h de exposição contínua à névoa salina

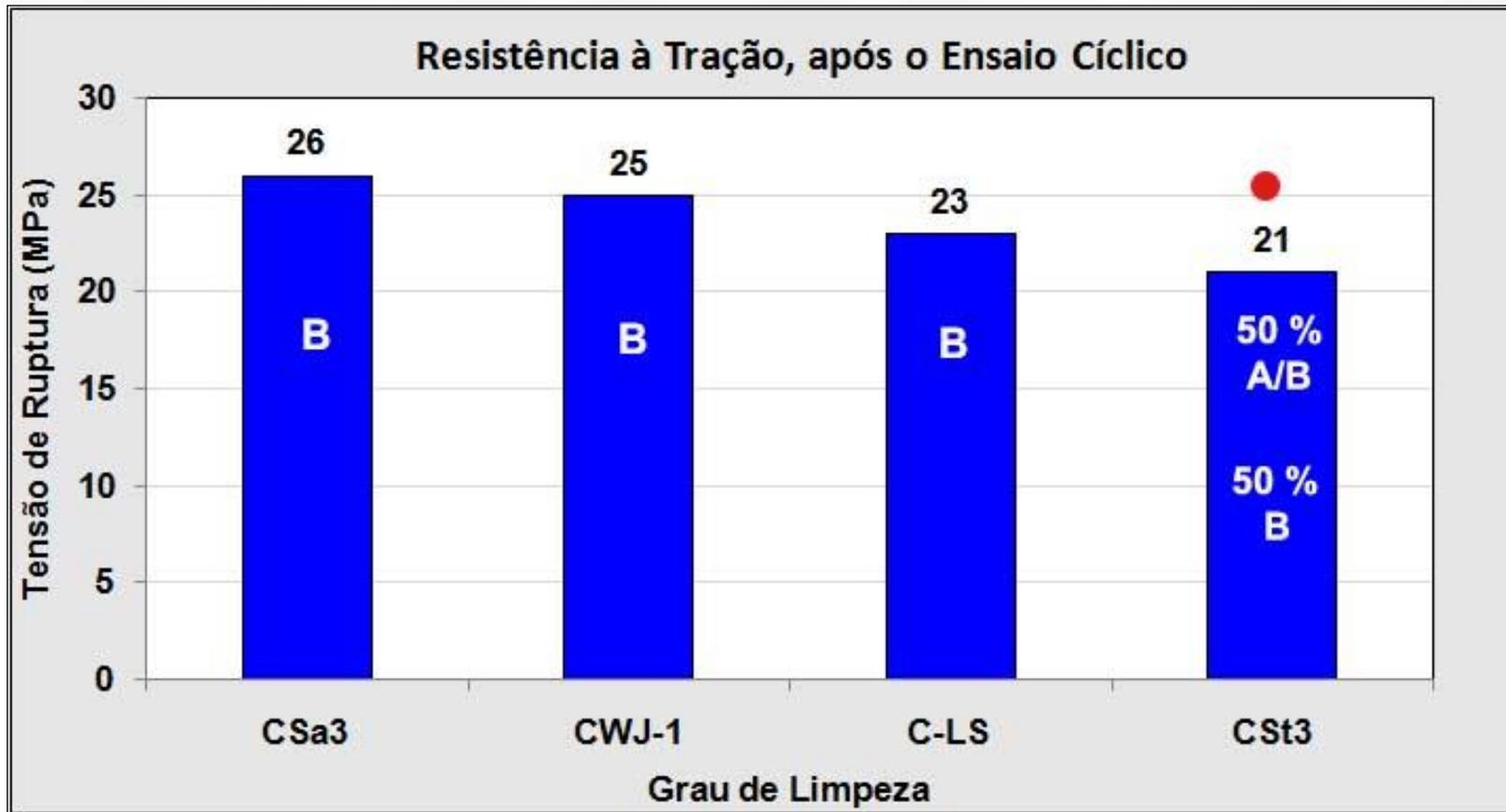
24 h de exposição em baixa temperatura ( $- 20\pm 3$ ) °C.

Tempo total de exposição : **3192 h (19 ciclos)**

### Resultados

- ❖ Em todos os esquemas não se observaram corrosão, empolamento e fendimento.
- ❖ As alterações ocorreram na região da incisão e nos valores e natureza da falha no que diz respeito ao ensaio de resistência à tração.







**Foi possível responder, com a metodologia utilizada, utilizando-se equipamento de 1000 W, aos seguintes questionamentos :**

**Remove produtos de corrosão ?**

**❖ Remove carepa de laminação intacta ?**

**❖ Gera rugosidade superficial adequada para aplicação de esquemas de pintura ?**

**Remove óleos e graxas ?**

**Remove sais solúveis em água ?**

**Remove pintura envelhecida ?**

**Substituiu o jateamento abrasivo e o hidrojateamento?**



## **Informações Adicionais e Conclusões**

**Além dos aspectos técnicos abordados neste estudo, que outras características poderiam ser creditadas à limpeza com Laser, especificamente no campo de pintura anticorrosiva ?**

- ❖ Não utiliza solventes, detergentes, compostos alcalinos etc. na preparação de superfície;**
- ❖ Baixo nível de ruído e de vibração quando comparado com os de algumas ferramentas mecânicas, especialmente pistola de agulhas. Neste sentido, inclusive, afeta bem menos os trabalhadores com relação ao aspecto do desgaste físico;**
- ❖ Como qualquer outro tratamento, exige a utilização de EPI's adequados (óculos especiais, luvas, etc), até porque as superfícies podem atingir temperaturas que podem passar de 100 °C e causar queimaduras;**



## Informações Adicionais e Conclusões

- ❖ Em função dos resultados obtidos até o momento com a limpeza por meio de Laser (1000 W), vê-se que algumas propriedades ainda precisam ser alcançadas (remoção de carepa de laminação, rugosidade, etc.).
- ❖ Portanto, somando-se os fatores acima descritos e as características técnicas obtidas, é importante estimular o estudo e o desenvolvimento de novos modelos de equipamentos para se alcançar as propriedades desejadas.
- ❖ Sobre este aspecto, já existem, segundo o fabricante, equipamentos de maior potência (2000 W) que, com ajustes, podem proporcionar melhores resultados.
- ❖ A metodologia utilizada no estudo e os resultados obtidos podem ser bastante úteis para estudos futuros no âmbito deste mesmo tema.



## Sugestões Adicionais para Futuros Estudos

- ❖ **Identificação da camada cinza que se forma logo após a passagem do feixe de luz na superfície oxidada, para se evitar tirar conclusões equivocadas;**
- ❖ **Usar sempre chapas de aço-carbono, oxidadas/enferrujados ou com carepa de laminação, que estejam num grau de intemperismo idêntico;**
- ❖ **Usar materiais e equipamentos de referência, em todas as etapas, para fins comparativos;**
- ❖ **Usar técnicas de microscopia (ótica, eletrônica de varredura, etc) para caracterização do estado das superfícies antes e após os tratamentos e, principalmente com relação às características de rugosidade (picos e vales) e,**
- ❖ **Tentar avaliar, de forma comparativa, a produtividade dos métodos de limpeza utilizados, em função do grau de intemperismo/enferrujamento das superfícies. , etc.**



**FIM**

**Muito Obrigado**

Fernando de Loureiro Fragata

E-mail: [fragata200@gmail.com](mailto:fragata200@gmail.com)

Tel: 21 982326652