

**RELATÓRIO DE PROJETO DE PESQUISA - CEPIC  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA****Ano: 2016 Semestre: 1º****PROJETO DE PESQUISA**

<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	
Título:	Efeito do tratamento térmico na microestrutura e microdureza de um sistema de revestimento de aço C-Mn / Inconel 625
Linha de Pesquisa:	Metalurgia Física
Curso de Origem:	Engenharia Metalúrgica
Comitê de Pesquisa – Área:	3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica
Área CNPq (*):	3.03.03.00-1 Metalurgia de Transformação 3.03.04.00-8 Metalurgia Física
Coordenador:	Prof M Sc. Anderson Alves Cunha
Orientadores:	Prof. Dr. Roldão Roosevelt / Prof. M Sc. Lucas Azevedo
Discentes envolvidos	Alan Maxuel Gomes de Oliveira

\*(Conforme Tabela de Áreas do Conhecimento do CNPq)

**RESUMO DO PROJETO**

Os tubos de aço C-Mn são comumente utilizados como revestimento nas tubulações dos poços de petróleo das indústrias de óleo & gás desde quando estas iniciaram suas atividades. São várias as solicitações exigidas nos tubos, mas a principal é a resistência à corrosão severa provocada pelo ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) ou pelo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A aplicação direta seria a utilização de tubos de aço fabricados com alta liga (Ni, Cr) que têm alto valor agregado e tornariam os custos de aquisição para a produção, inviáveis. A opção para aumentar a resistência à corrosão é a utilização de técnicas de Overlay para o revestimento metálico dos aços C-Mn usando superligas de níquel e/ou aços inoxidáveis. O revestimento metálico utilizado é a superliga de níquel INCONEL 625, que tem boa resistência à corrosão em ambientes agressivos como H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>. A deposição de revestimento através do processo de soldagem constitui um procedimento complexo e gera uma Zona Termicamente Afetada (ZTA) que na maioria dos casos é prejudicial. Neste trabalho foi feita a caracterização microestrutural e ensaio de microdureza do sistema aço C-Mn/revestimento de INCONEL 625, antes e após a realização de cinco tratamentos térmicos que simulam possíveis rotas industriais, verificando dentre estes, os mais promissores para aplicações industriais. Os resultados demonstraram que o aço usado apresenta boa temperabilidade, mas após a deposição do INCONEL®625 foi observada uma zona mais dura, chamada de ZTA, com formação de bainita no aço e a presença de carbonetos de molibdênio e nióbio entre as dendritas do revestimento. Alguns tratamentos térmicos realizados deterioraram a microestrutura e a dureza do aço ou não foram capazes de eliminar a ZTA. Já alguns tratamentos

térmicos, mostraram bom resultado pela conservação das características originais do aço e do revestimento, além de eliminarem a zona dura (ZTA), com tempos factíveis de serem enquadrados à realidade dos processos produtivos

## **1 – INTRODUÇÃO E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA**

A aplicação de C-Mn tubo de aço na indústria de petróleo e gás é bastante comum desde o início desta indústria. Mesmo com a grande evolução da metalurgia deste tipo de aço nas últimas décadas, o desafio é superar a severidade da corrosão causada pelas espécies azedas ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ) presentes no petróleo e seus derivados. A solução tecnológica direta seria substituir o aço C-Mn por superligas à base de Ni e / ou aços inoxidáveis.

Garantir que estes componentes e tubos não irão falhar requer materiais com excelência de qualidade no processo produtivo. Porém quando as solicitações de trabalho ultrapassam as propriedades e resistências mecânicas dos tubos, é necessária a utilização de outros materiais mais resistentes contra a corrosão. A solução tecnológica de aplicação direta seria a utilização de tubos de aço fabricados com alta liga (Ni, Cr), porém estes aços têm alto valor agregado para sua fabricação e consequentemente tornariam os custos de aquisição para a produção, inviáveis.

Dentro desse contexto uma viável opção para aumentar a resistência à corrosão é a utilização de técnicas de overlay (cladding) para o revestimento metálico dos aços C-Mn usando superligas de níquel e/ou aços inoxidáveis. Várias pesquisas ao redor do mundo buscam uma solução para esta nova demanda, como as pesquisas de ANTOSZCZYSZYN (2014), MIRANDA (2014), LI (2014) e SAGHAFIFAR (2011)

O revestimento metálico utilizado neste trabalho é a superliga de níquel INCONEL®625, que é conhecida como uma liga com boa resistência à corrosão em ambientes agressivos como  $H_2S$  e  $CO_2$  (CARNEIRO et al., 2003; KITTEL et al., 2010; WANG et al., 2013).

Contudo, os custos elevados destes materiais tornariam impraticáveis vários projetos. Neste contexto, existem várias iniciativas para desenvolver revestimentos e / ou revestimentos, ou seja, revestimentos de aços C-Mn usando superligas e aços inoxidáveis. Neste trabalho, foi utilizada uma deposição de sobreposição de Inconel 625 na superfície de um aço C-Mn usando o processo a laser. Uma desvantagem da deposição a laser, como é para qualquer processo de fusão de deposição, é a formação

de uma descontinuidade microestrutural no substrato de aço causada pelo ciclo térmico (ZTA = Zona Termicamente afetada). Neste estudo, diferentes rotas de tratamento térmico foram investigadas com o objetivo de eliminar a ZTA preservando as características originais do substrato e do revestimento.

## **2 – OBJETIVOS**

Caracterização microestrutural e microdureza do sistema aço C-Mn/revestimento de INCONEL®625, antes e após a realização de cinco tratamentos térmicos que simulam possíveis rotas industriais

### **2.1 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar o aço API 5CT L80 a ser usado como substrato para deposição da liga INCONEL®625 usando o processo Laser overlay .
2. Caracterizar o revestimento e o substrato após deposição usando técnicas metalográficas e ensaios de microdureza.
3. Caracterizar o revestimento e substrato após os diferentes tratamentos térmicos usando técnicas metalográficas e medidas de microdureza.
4. Analisar dentre os tratamentos térmicos realizados, quais são os mais promissores em termos de aplicações industriais

## **3 – ATIVIDADES E METODOLOGIAS**

Este trabalho trata-se de uma pesquisa de porte qualitativo, que busca compreender a razão da utilização dos aços inoxidáveis na fabricação de tubos para trocadores de calor, no lugar de aços carbono.

A presente pesquisa representa a reunião de todo o conteúdo relacionado à evolução do aço carbono chegando ao aço inoxidável. Além disto, são levantados ao longo do trabalho, os principais tipos de corrosão associados aos aços, dando ênfase à corrosão

por pites, que é o tipo de corrosão mais comum nos trocadores de calor do tipo casco e tubo.

A constatação da razão da escolha do aço inoxidável em detrimento ao aço carbono se dá principalmente através da comparação dos ensaios de corrosão aplicados à aços carbono e aços inoxidáveis. Naturalmente o aço que apresenta melhor performance frente à corrosão, será considerado o mais adequado para a aplicação em questão.

Para tanto, recorreu-se à vasta literatura que trata desta questão, e principalmente à ensaios de corrosão realizados por diversos autores, que são tratados neste trabalho.

#### **4 - ATIVIDADES DOS ALUNOS PARTICIPANTES**

Realizar um comparativo técnico da susceptibilidade dos aços e determinar os principais ensaios para determinar essa susceptibilidade.

#### **5 – RESULTADOS ESPERADOS / RETORNO SOCIAL E ECONÔMICO**

##### **5.1 – PRODUTOS GERADOS/PERSPECTIVAS PARA A GERAÇÃO DE PRODUTOS**

- Ensaio
- Artigo
- Revista
- Relato de experiência
- Software
- Banco de dados
- Outro, especificar:.

Comentário:

#### **6 – EQUIPE**

<b>Orientador/Coordenador/Pesquisador:</b>	<b>Titulação:</b>
Prof. Anderson Alves Cunha	Mestre

<b>Co-orientador:</b>	<b>Titulação:</b>
Prof. Dr. Roldão Roosevelt	Doutor
Prof. M Sc. Lucas Azevedo	Mestre

<b>Colaboradores</b>	<b>Titulação:</b>
Alan Maxuel Gomes de Oliveira	Graduando

## 7 - ORÇAMENTO

Não se aplica, pois todos os ensaios e testes necessários serão feitos na empresa VSB, que é parceira no projeto.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API 5CT: Specification for Casing and Tubing. 9th ed., 2011.

CALLISTER, W. D. Materials Science and Engineering: An Introduction. New York: John Wiley & Sons, 2007.

COLPAERT, Hubertus. Metalografia dos produtos comuns. 4. ed. revista e atualizada por COSTA E SILVA, André Luiz V. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

EDMONDS, D.V. E COCHRANE, R.C. Structure-Property Relationships in Bainitic Steels. Metallurgical Transactions A, v. 21, 6<sup>o</sup> edition, p. 1527-1540, June 1990.

SANTOS, A. G. J. Simulação termodinâmica e caracterização da superliga a base de níquel Inconel 713LC. 96 páginas. Dissertação de Mestrado em Ciências, USP, 2012.

TRINDADE, V. B. et. al. Evaluation of Hydrogen-Induced Cracking Resistance of the In625 Laser Coating System on a C-Mn Steel Substrate, U.F.O.P., artigo em publicação 2016.

## 9 - CRONOGRAMA

Atividades	2015 – 1 <sup>o</sup> semestre						2015 – 2 <sup>o</sup> semestre				
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Planejamento da pesquisa	X	X									
Revisão Bibliográfica:			X	X	X	X	X				
Ensaio e Testes em Laboratório					X	X	X	X	X	X	X
Análise e discussão dos resultados							X	X	X	X	X
Elaboração e Submissão do artigo										X	X

Atividades	2016 – 1 <sup>o</sup> semestre					
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Análise e discussão dos resultados	X	X	X			
Elaboração e Submissão do artigo	X	X	X	X	X	X

## 09 – FOLHA DE APROVAÇÕES

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Local                      Data                      Coordenador da Pesquisa

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Local                      Data                      Coordenador do CEPIC

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Local                      Data                      Coordenador do curso

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Local                      Data                      Coordenador de área

## 10 – ANEXOS: