Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

INFLUÊNCIA DA PROTEÇÃO CATÓDICA NO CRESCIMENTO DO CORAL-SOL *(TUBASTRAEA SPP.)* E SUA RELAÇÃO COM A CORROSÃO DE LIGAS DE COBRE EM AMBIENTE MARINHO

Jamile de Melo Carvalho

Orientadores: Dr. Tatiana Barretto e Dr. Lilian Lefol

PRH 27

Tipo de bolsa: Mestrado

Universidade Senai Cimatec – Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial

Gestão:

Corrosão e bioincrustação: desafios para estruturas offshore

- Degradação prematura de materiais
- Paradas não programadas para limpeza
- Aumento de até **30% nos custos de intervenção e manutenção offshore**
- Presença do **coral-sol (*Tubastraea* spp.)** em estruturas offshore
- Impactos ambientais e implicações regulatórias (IBAMA e ANP)

No Brasil: O coral-sol apresenta elevada capacidade de colonização e pode ser encontrado em **plataformas, dutos e FPSOs**.

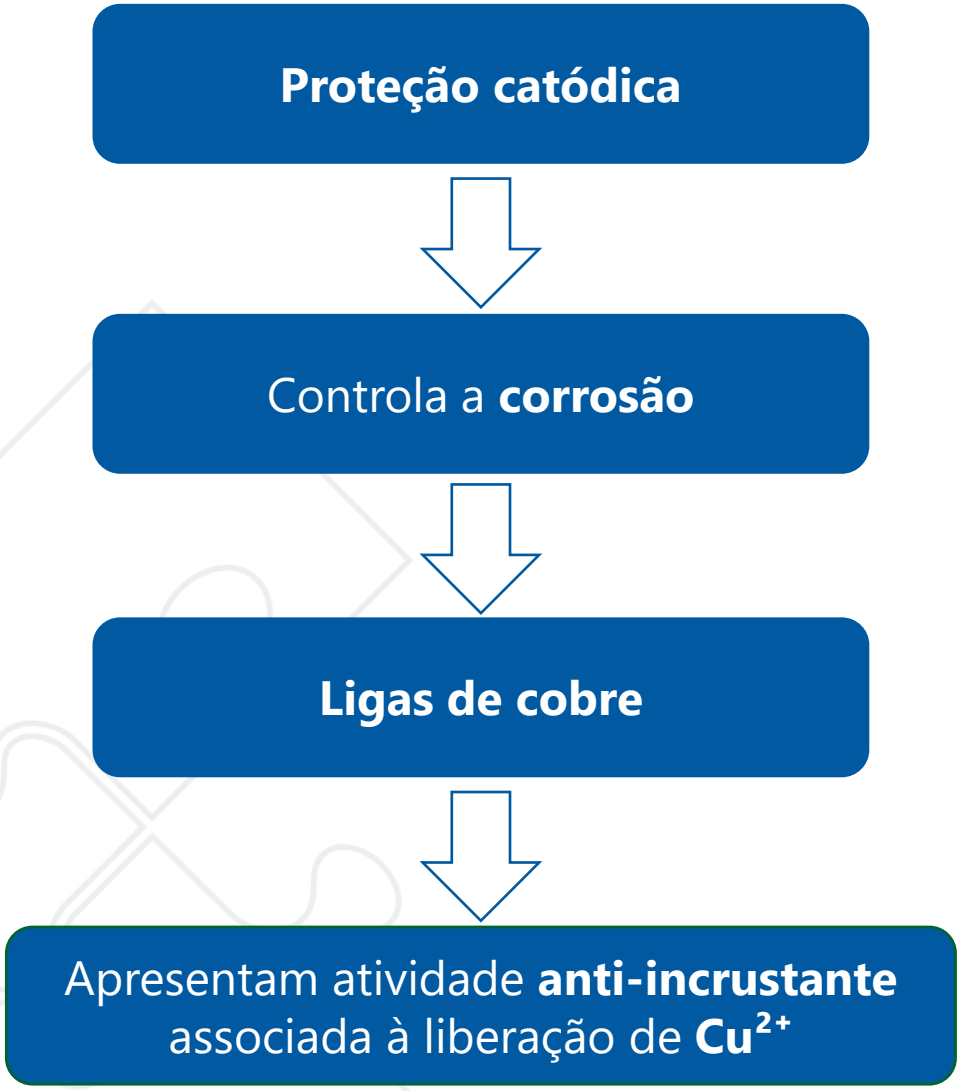


Influência da proteção catódica no crescimento do coral-sol *(tubastraea spp.)* e sua relação com a corrosão de ligas de cobre em ambiente marinho

Jamile Carvalho - Mestrado

PRH 27

O problema da pesquisa: Uma questão ainda não respondida



Mas...

- A polarização da superfície metálica causada pela proteção catódica pode **modificar a liberação de íons de cobre**.
- Como isso afeta a atividade **anti-incrustante** da liga?
- Essa interação entre **proteção catódica, liberação de Cu^{2+} e bioincrustação** representa a lacuna investigada pelo trabalho.

Objetivo

Avaliar a influência da proteção catódica, por ânodos de sacrifício e por corrente impressa, sobre a corrosão e a bioincrustação por coral-sol em ligas de cobre CuBe e CuCrZr para aplicação offshore.

Caracterizar **microestrutura, composição química e rugosidade** das ligas;

Avaliar o **comportamento corrosivo** em meio marinho simulado;

Avaliar a influência da proteção catódica sobre a **atividade anti-incrustante** frente ao coral-sol.

Por que essa pesquisa é importante?

Controle integrado de:

CORROSÃO

+

BIOINCRUSTAÇÃO

=

Maior durabilidade e eficiência operacional de ativos offshore.

Potenciais contribuições

- Otimização dos sistemas de **proteção catódica**
- Seleção de ligas mais adequadas para condições **offshore**
- Aumento da vida útil dos componentes
- Redução de intervenções de limpeza e manutenção
- Maior disponibilidade dos ativos
- Redução de impactos ambientais e riscos regulatórios

Por que essa pesquisa é importante?



Pesquisa e inovação para **estruturas offshore mais eficientes** e resilientes.



Contribuição para **maior eficiência** e redução de intervenções e impactos associados à operação.



Relação direta com o controle da bioincrustação e os **impactos sobre o ambiente marinho**.



E — Ambiental

Controle da bioincrustação e mitigação da invasão por coral-sol.



S — Social

Maior segurança operacional e redução de intervenções offshore.



G — Governança

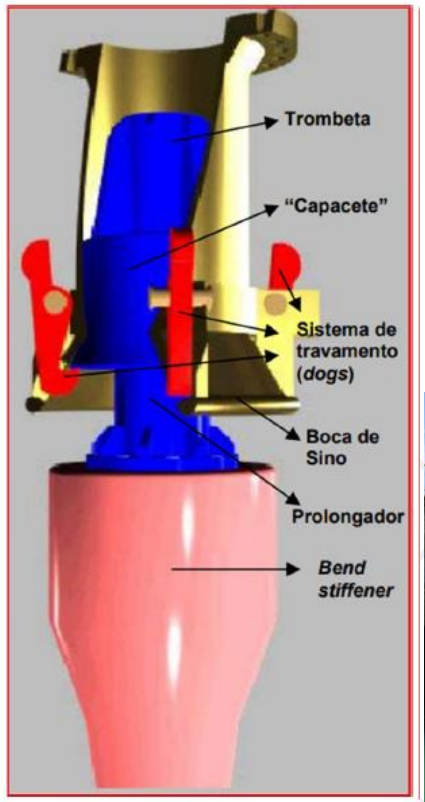
ntegridade, confiabilidade e gestão de riscos dos ativos.

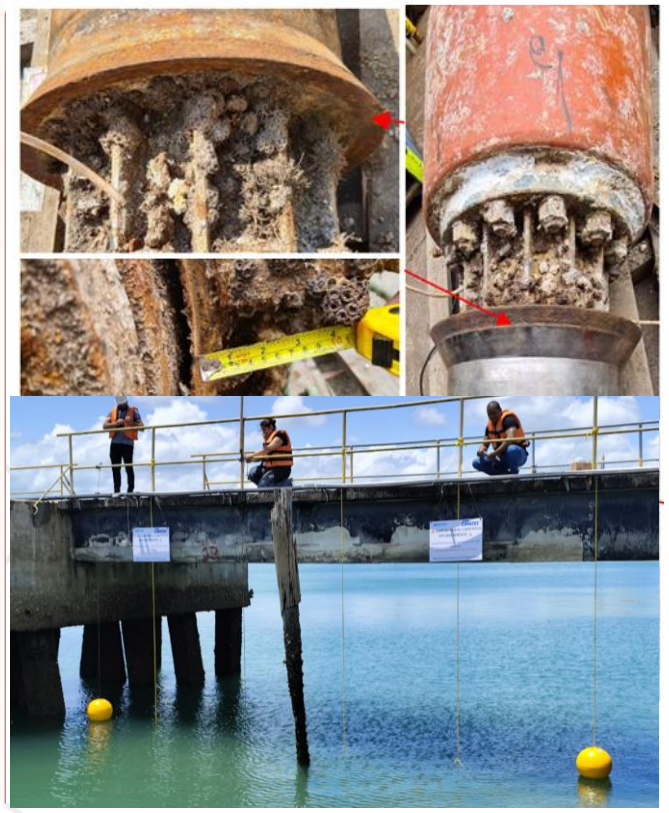
Influência da proteção catódica no crescimento do coral-sol *(tubastraea spp.)* e sua relação com a corrosão de ligas de cobre em ambiente marinho

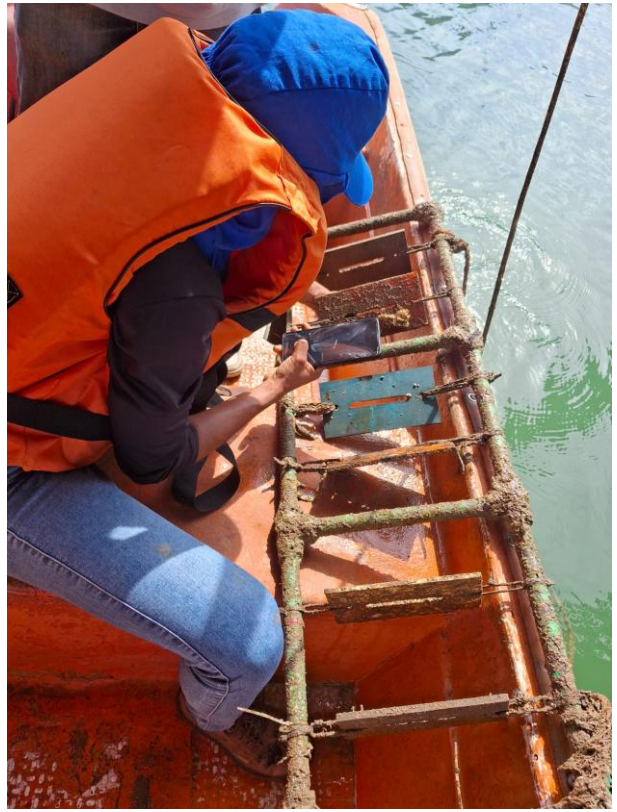
Jamile Carvalho - Mestrado

PRH 27

Projeto ASRISER - Petrobras











Influência da proteção catódica no crescimento do coral-sol *(tubastraea spp.)*
e sua relação com a corrosão
de ligas de cobre em ambiente marinho

Jamile Carvalho - Mestrado
PRH 27

Metodologia

Etapa 1

PREPARAÇÃO DA AMOSTRA:

Amostras de CuBe e CuCrZr (6 × 2 cm) foram preparadas metalograficamente por lixamento e polimento, em seguida, com suspensão de alumina.



Etapa 2

ANÁLISE QUÍMICA:

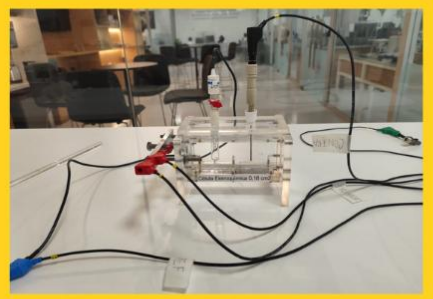
A composição elementar foi determinada por fluorescência de raios X (XRF).



Etapa 3

TESTES ELETROQUÍMICOS:

- OCP: 5400 s
- Faixa de potencial: +0,15 a −0,70 V vs. OCP
- Taxa de varredura: 0,01 V/s
- Eletrodos: Ag/AgCl / Pt
- Réplicas: n = 2
- Padrão: ASTM G59-23



Etapa 4

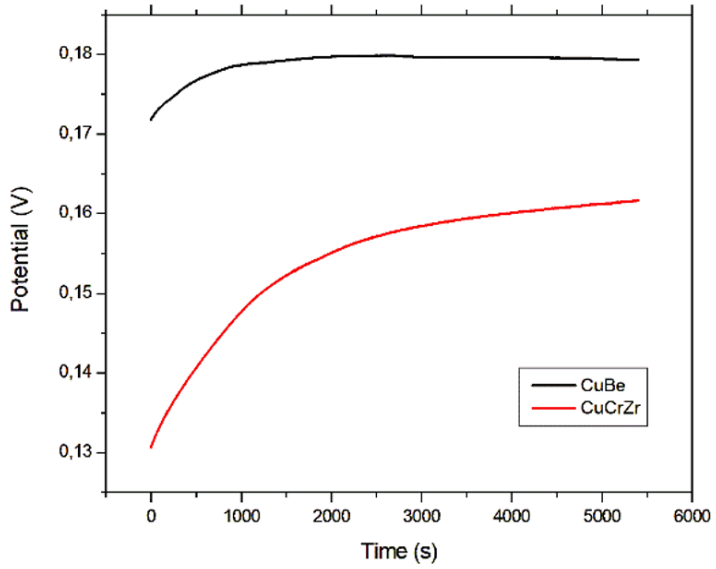
POTENCIAL BIOCIDA:

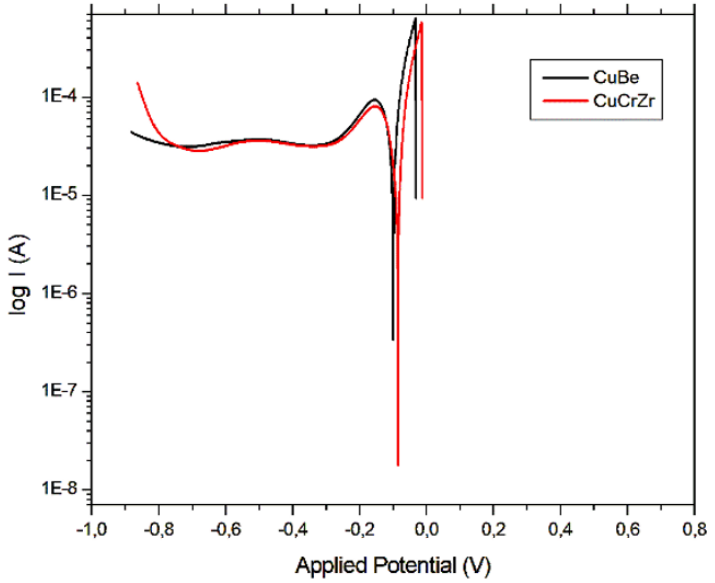
Amostras de CuBe e CuCrZr foram expostas ao coral Tubastraea tagusensis em sistema de água do mar em circulação contínua, com monitoramento qualitativo das mudanças fisiológicas e comportamentais.

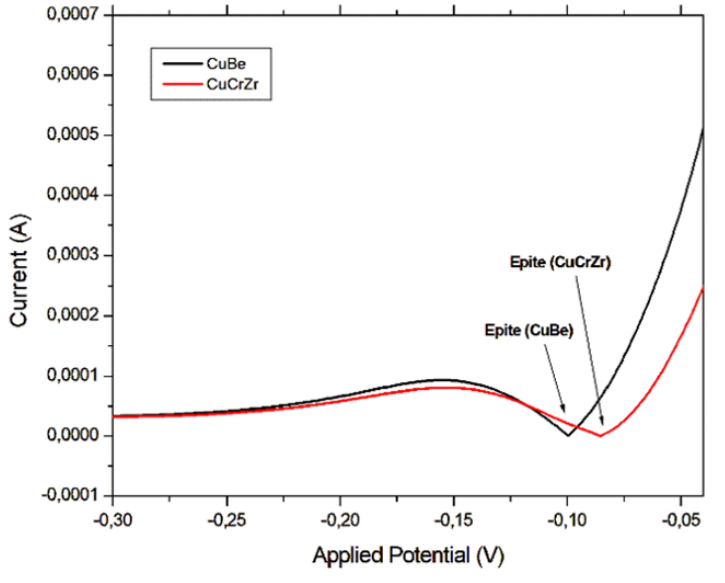


Resultados preliminares: Comportamento Eletroquímico

Avaliação eletroquímica das ligas CuBe e CuCrZr por meio de curvas de potencial de circuito aberto (OCP), polarização e potencial de pite.







CuCrZr: ⬆ resistência à corrosão uniforme

CuBe: ⬆ resistência à iniciação de corrosão por pite.

Influência da proteção catódica no crescimento do coral-sol *(tubastraea spp.)* e sua relação com a corrosão de ligas de cobre em ambiente marinho

Jamile Carvalho - Mestrado

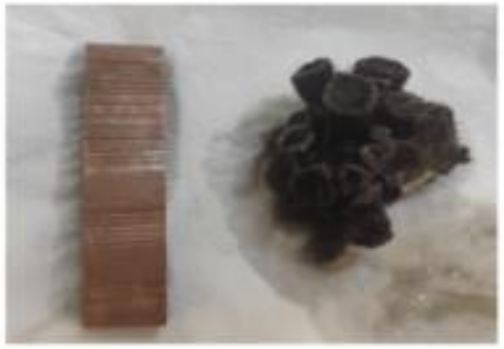
PRH 27

Resultados preliminares: Interação com o coral-sol

Respostas fisiológicas do coral-sol (*Tubastraea tagusensis*) após exposição às ligas de cobre.











Influência da proteção catódica no crescimento do coral-sol *(tubastraea spp.)*
e sua relação com a corrosão
de ligas de cobre em ambiente marinho

Jamile Carvalho - Mestrado

PRH 27

Considerações finais

- As ligas **CuCrZr e CuBe apresentaram potencial promissor para aplicações em ambiente marinho**, com diferentes mecanismos de resistência à corrosão.

- Os resultados indicam que ambas apresentam **comportamento favorável frente à corrosão**, embora com respostas distintas quanto à corrosão uniforme e localizada.

- A interação com Coral-sol (*Tubastraea spp.)* reforça o **potencial das ligas de cobre para estratégias de controle da bioincrustação**.

- A continuidade dos ensaios permitirá avaliar se a **proteção catódica pode ser associada às ligas sem comprometer sua atividade anti-incrustante**, contribuindo para uma estratégia integrada de proteção de ativos offshore.

Agradecimentos





Gestão:









prh anp
27/SENAI-CIMATEC

Jamile Carvalho

PRH/ANP – SENAI CIMATEC

E-mail: jamile.carvalho@fbter.org.br

LinkedIn


prh anp


anp
Gestão:
FAPESP