“OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS PARA A INDÚSTRIA AERONÁUTICA”

Profa. Maria Ismenia Sodero

LAB em parceria com a USP e apoio CNPq

SUMÁRIO

- INTRODUÇÃO RELEVÂNCIA DO TEMA DE ESTUDO (Justificativa e Motivação)
-
- APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO (ARTIGO) ESCOLHIDO – CASE
-
- DESENVOLVIMENTO:
  - Definição clara do problema;
  - Metodologia utilizada para solucionar;
  - Aspectos relativos aos materiais/corrosão
  - Aplicação /Impacto econômico
-
- ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS AO TEMA DE ESTUDO – Referencial da literatura especializada.

DO QUE SE TRATA?

- ✓ Em Novembro de 2007, o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, por intermédio do **Conselho Nacional de Desenolvimento Científico e Tecnológico – CNPq** lançou um edital convocando os interessados a apresentarem propostas para a obtenção de apoio financeiro a projetos que visavam estimular a inserção de pesquisadores nas empresas. Este edital recebeu o nome de **“PESQUISADOR NA EMPRESA”;**
- ✓ Este projeto entretanto se destinava a somente áreas prioritárias da política industrial, tecnológica e de comércio exterior, além de área de interesse estratégico, entre elas **AERONÁUTICO & AEROESPACIAL**;
- ✓ Em função dos trabalhos sobre corrosão que a LAB vinha fazendo com suporte da **USP**, fomos informados por esta instituição deste edital;

EQUIPE EXECUTORA:

- Coordenador do projeto: **Mário Puccini Coleto**
- Coordenador técnico: **Luciana Prates Prisco**
- Pesquisador EEL/USP: **Prof. Dr. Alain Laurent Marie Robin**
- Bolsista SET: **Profa. Dra. Maria Ismênia Sodero Faria**
- Bolsista ITI: **Danielle Campos (aluna da graduação de Eng. Química USP) e Julio Cesar Lourenço (aluno da graduação de Eng. Materiais USP)**

RELEVÂNCIA

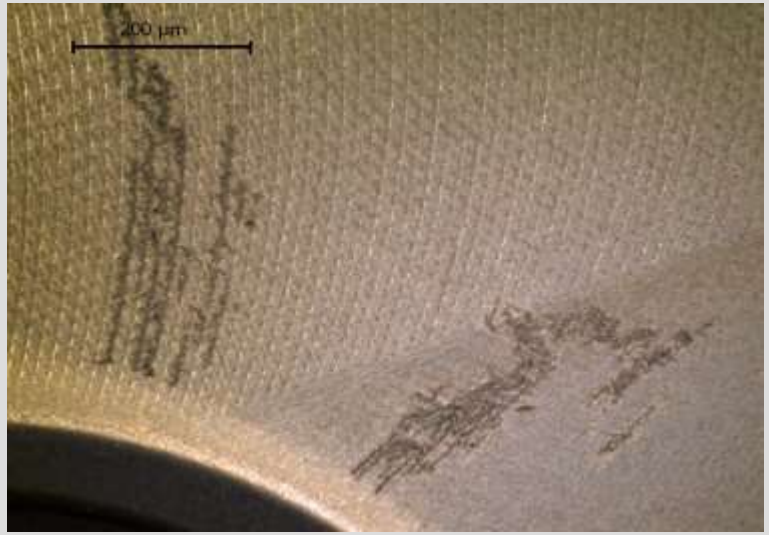
As principais contribuições do projeto para a empresa :

- Redução do refugo e retrabalho de peças.
- Melhoria da qualidade dos produtos acabados;
- Aprimoramento do conhecimento dos técnicos e engenheiros da empresas no que diz respeito:
  - Às Características metalúrgicas e químicas dos materiais processados;
  - Ao processo - parâmetros mais significativos de cada etapa - influencia positivo ou negativamente na qualidade do produto.

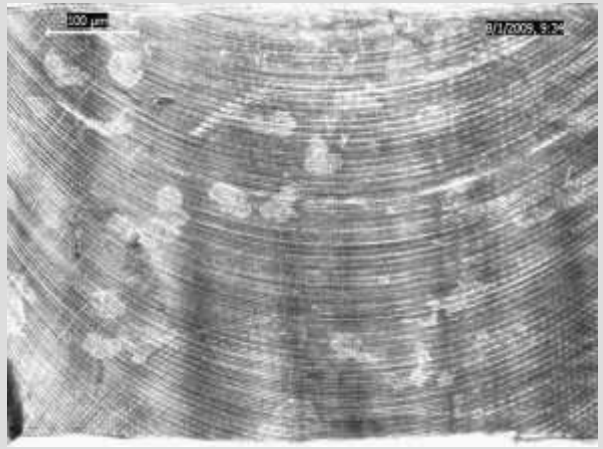
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Definição do que pode ser considerado defeito na peça;

Definição de qual etapa do processo o defeito tem maior chance de aparecer.



corrosão na área bruta



corrosão na área usinada

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é fazer um estudo sistemático do processo de fabricação das peças das ligas de alumínio para uso aeronáutico, a fim de identificar a origem dos defeitos superficiais e definir em qual etapa do processo estão acontecendo

ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS AO TEMA DE ESTUDO

Ligas de Al endurecidas por precipitação;

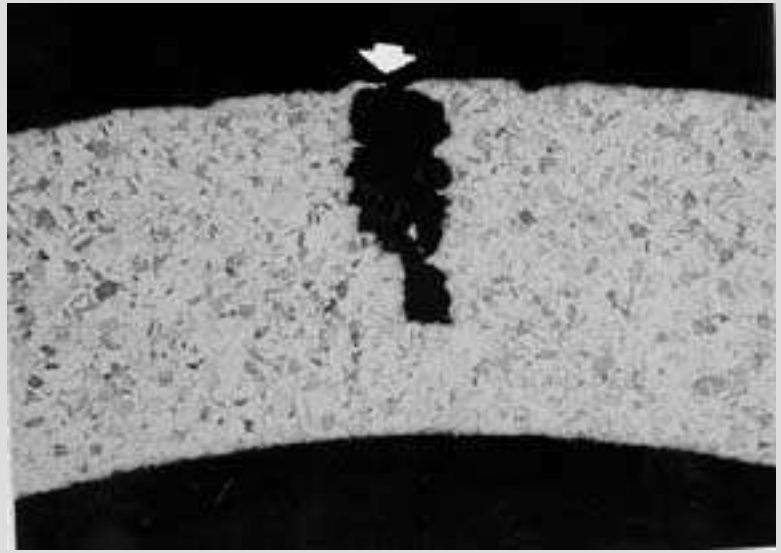
As microestruturas das ligas Al-Zn (série 7xxxx) e, seus diversos tipos de têmperas, são complexas e incorpora uma combinação de fases em equilíbrio e fases em não equilíbrio.

- No caso da liga 7075, as fases intermetálicas que aparecem com maior proporção, tanto em tamanho como em frequência, são: Mg_2Si, $MgZn_2$, Al_7Cu_2Fe, Al_2CuMg, Al_2Cu, Al_3Fe.
- Estas ligas apresentam elevada relação resistência mecânica/massa, sendo que esta resistência pode ser aumentada através de processos de endurecimento por precipitação

ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS AO TEMA DE ESTUDO

Corrosão localizada

Corrosão localizada é um ataque acelerado ao metal passivado em um meio corrosivo em pequenos sítios onde o filme de passivação tenha sido quebrado. Formas comuns de corrosão são: pitting em uma superfície exposta, corrosão intergranular de uma liga com susceptibilidade na região do contorno e corrosão por esfoliação, a qual é uma forma de corrosão intergranular envolvendo elevamento de parte dos grãos pelo produto de corrosão do contorno de grão.



DESCRIÇÃO DO PROCESSO

1. • USINAGEM
2. • AJUSTAGEM
3. • LIQUIDO PENETRANTE
4. • ANODIZAÇÃO CRÔMICA

FLUXOGRAMA

1-IMERSÃO (fluido de usinagem TIPO DUCHA):
Ph 7,5 – 8,0
Cloreto (DOE)
Dureza (DOE)
Teor de Fe totais zero
Tempo de imersão 6 horas
Dispositivo (DOE)

↓

2- Olear (Metacorim)
Umidade seco ou molhado
Tempo de espera – max 7 dias

↓

3-Desengraxe
concentração – do processo
Temperatura – do processo
Tempo – 15 minutos
Saturação – do processo

↓

4 -Lavagem em cascata
Qualidade da água – sequencia do processo incluindo água quente

↓

5 -Estufa
Tempo – 2 horas
Temperatura(DOE)

↓

6 – Tempo para olear (DOE)
Preservar no Metacorim por no máximo 7 dias

↓

7- Desengraxamento conforme itens e temperatura da estufa de 100°C

↓

8- Aplicar meio de penetração agindo por 20 minutos
Pré-lavar 80% do meio de Ensaio
Imergir no emulsificador
Tempo de ação conforme instrução de trabalho

↓

9- Pós-lavagem (DOE)

↓

10- Secagem (DOE)

↓

11- Aplicar revelador
Tempo de ação conforme instrução de trabalho

↓

12- Avaliação (com ou sem retrabalho DOE)

TESTES DE IMERSÃO

Mini sequências experimentais

Planejamento dos experimentos - Taguchi

- Usinagem
- Protetiva
- Liquido Penetrante
- Anodização Crômica
- Anodização Dura
- Alodine

METODOLOGIA UTILIZADA PARA BUSCAR SOLUÇÃO

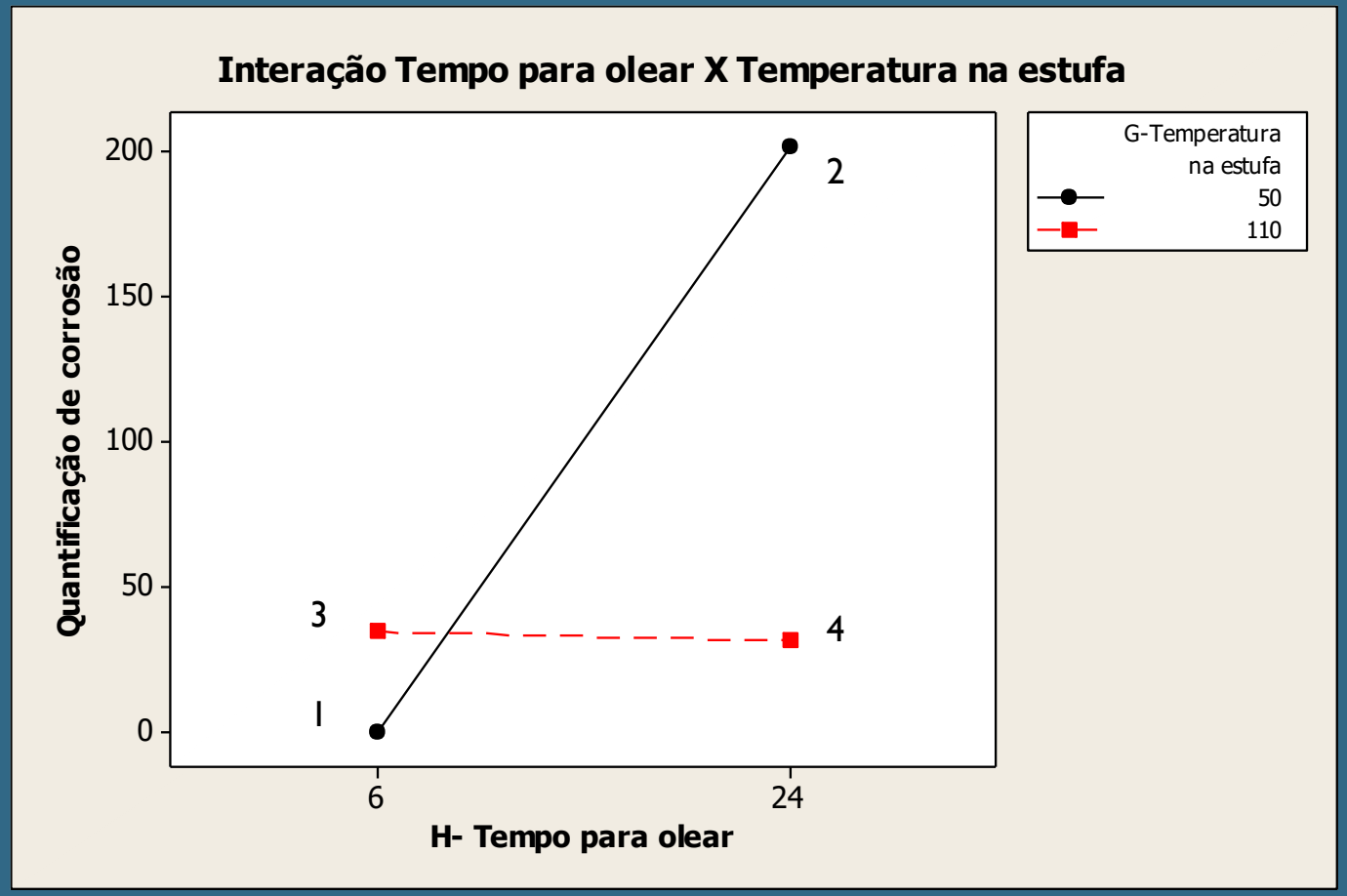
Fator	Nome	Nível 1	Nível2
A	Dispositivo	passivado	Não passivado
B	Cloreto	100ppm	400ppm
C (*)	Dureza	4 – 7 dH	10 – 14 dH
D	Temperatura da estufa	50°C	100°C
E	Tempo de espera para olear	24 horas	72 horas
F	Lavagem pos emulsificador	<=6µS/cm	>7 µS/cm
G	2ª Secagem	20 min	60 minutos
H	Retrabalho	120 min	600 minutos

SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS

Ordem	A-concentração desengraxante	B-quantidade desengraxamento	C-tempo desengraxamento	D- Água	E-Saturação desengraxante	F-Tempo na estufa	G-Temperatura na estufa	H- Tempo para olear	J-Temperatura desengraxante	Solvente
111	130	4	20	concentrada	suja	180	110	6	25	não
112	300	4	20	concentrada	suja	180	110	24	25	sim
113	130	1	5	limpa	limpa	180	110	6	25	não
114	300	1	5	limpa	limpa	180	110	24	25	sim
115	130	4	5	limpa	limpa	180	110	24	65	não
116	300	4	5	limpa	limpa	180	110	6	65	sim
117	130	1	20	limpa	limpa	180	110	24	65	sim
118	300	1	20	limpa	limpa	180	110	6	65	não
119	130	4	20	limpa	limpa	180	110	6	25	sim
120	300	4	20	limpa	limpa	180	110	24	25	não
121	130	1	5	concentrada	limpa	180	110	6	65	sim
122	300	1	5	concentrada	limpa	180	110	24	65	não
123	130	4	5	concentrada	limpa	180	110	24	25	sim
124	300	4	5	concentrada	limpa	180	110	6	25	não
125	130	1	20	concentrada	limpa	180	110	24	25	não
126	300	1	20	concentrada	limpa	180	110	6	25	sim
127	130	4	20	concentrada	limpa	180	110	6	65	não
128	300	4	20	concentrada	limpa	180	110	24	65	sim

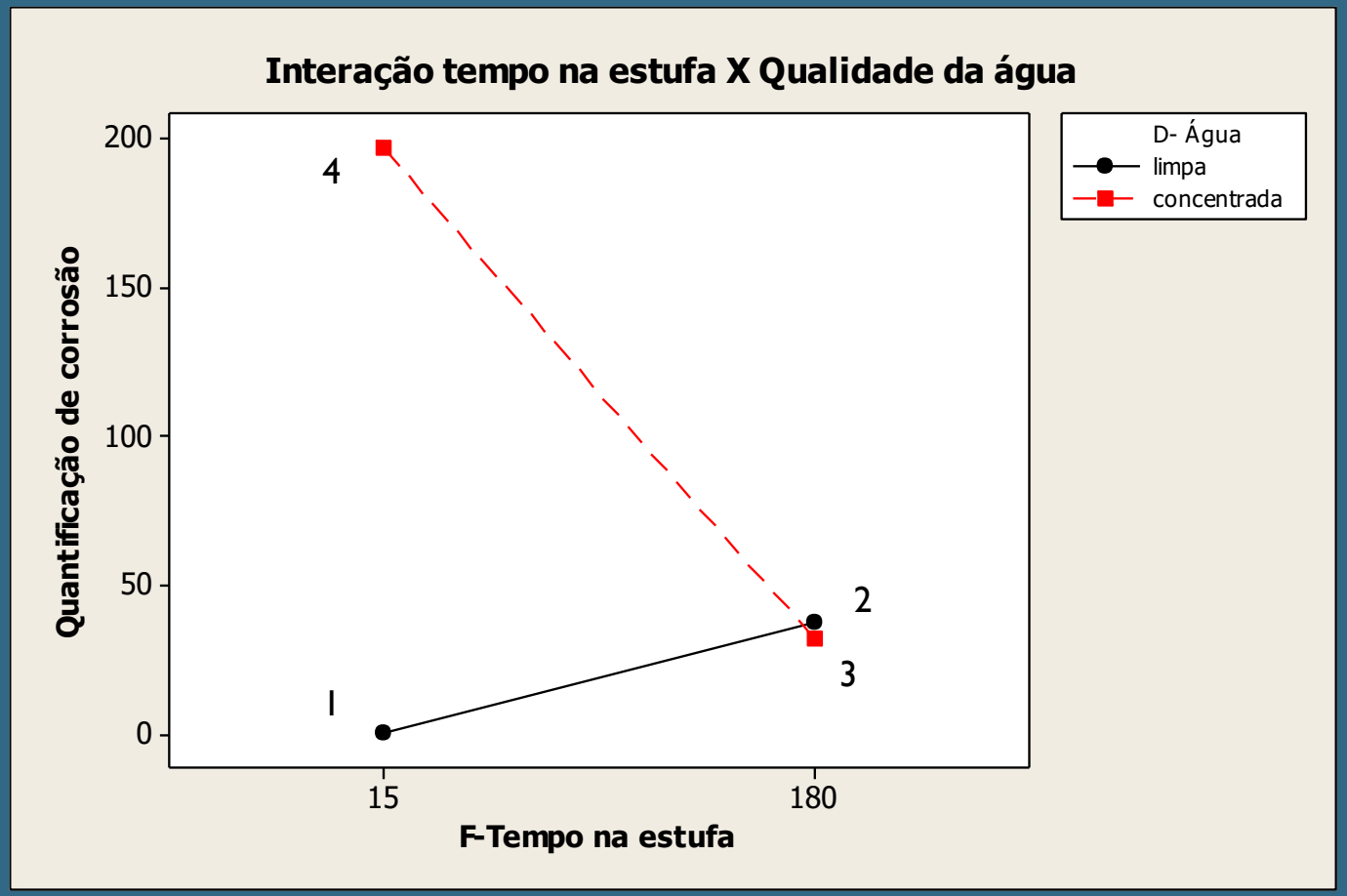
128 experimentos

Com as repetições = 320 experimentos!



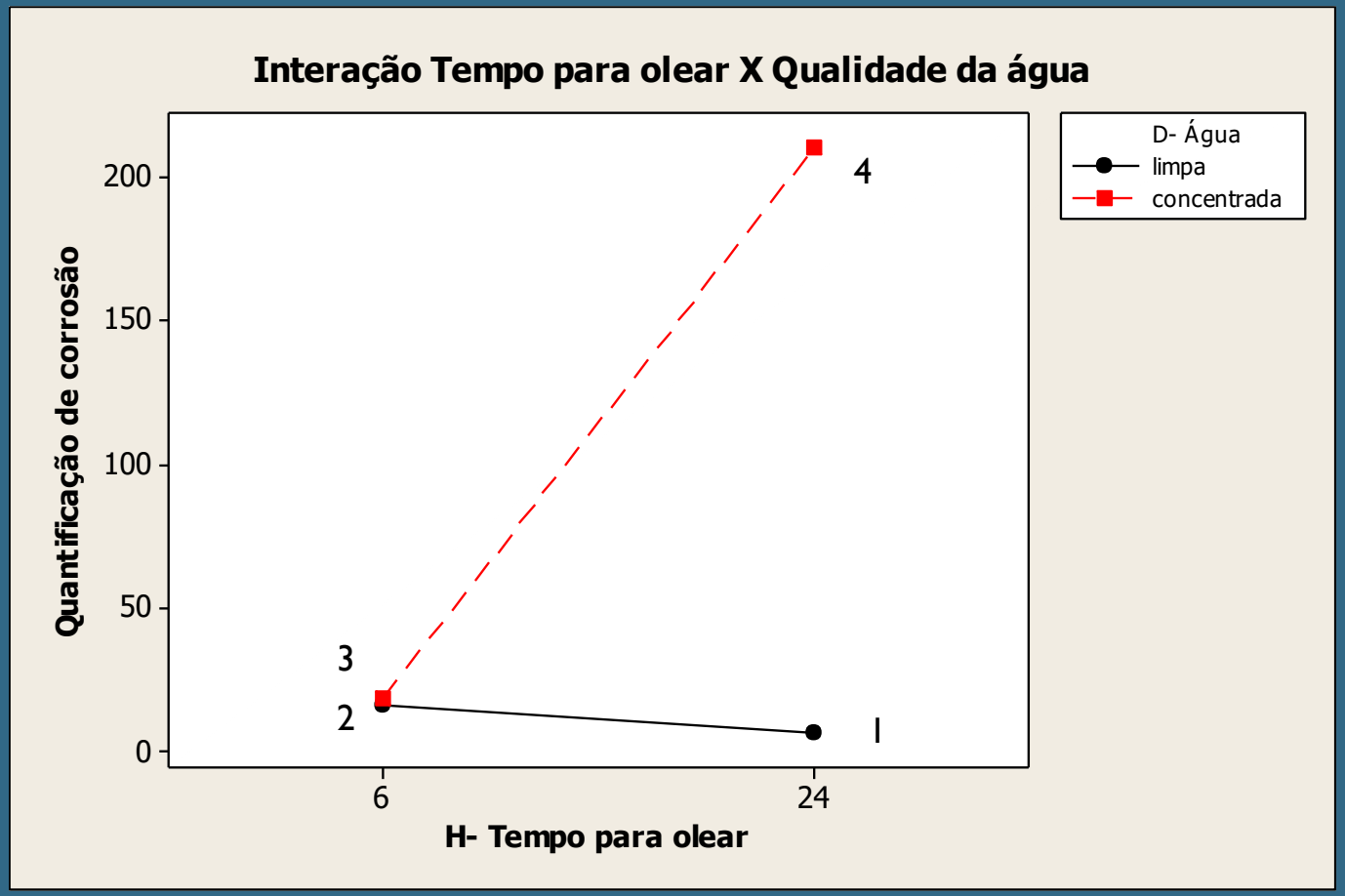
- melhor condição: T=50 C e 6 horas para olear (ponto 1).
- pior situação: 50 C e 24 horas para olear (ponto 2).
- para a condição de temperatura na estufa de 110 C, o tempo sem olear não influencia a quantidade de corrosão
- para o tempo sem olear de 6 horas a T da estufa não interfere nos resultados obtidos.

Conclui-se que uma menor quantidade de corrosão superficial é obtida quando a umidade da peça é retirada, o que é conseguido com a utilização da estufa à 110 C.



- melhor condição:15 min. e água de limpeza na condição limpa. (ponto 1).
- pior situação: 15 minutos na estuda após limpeza com água concentrada (ponto 4).
- para a condição de água limpa, o tempo na estufa não influencia a quantidade de corrosão
- para o tempo de permanência na estufa de 180min a qualidade da água não interfere nos resultados.

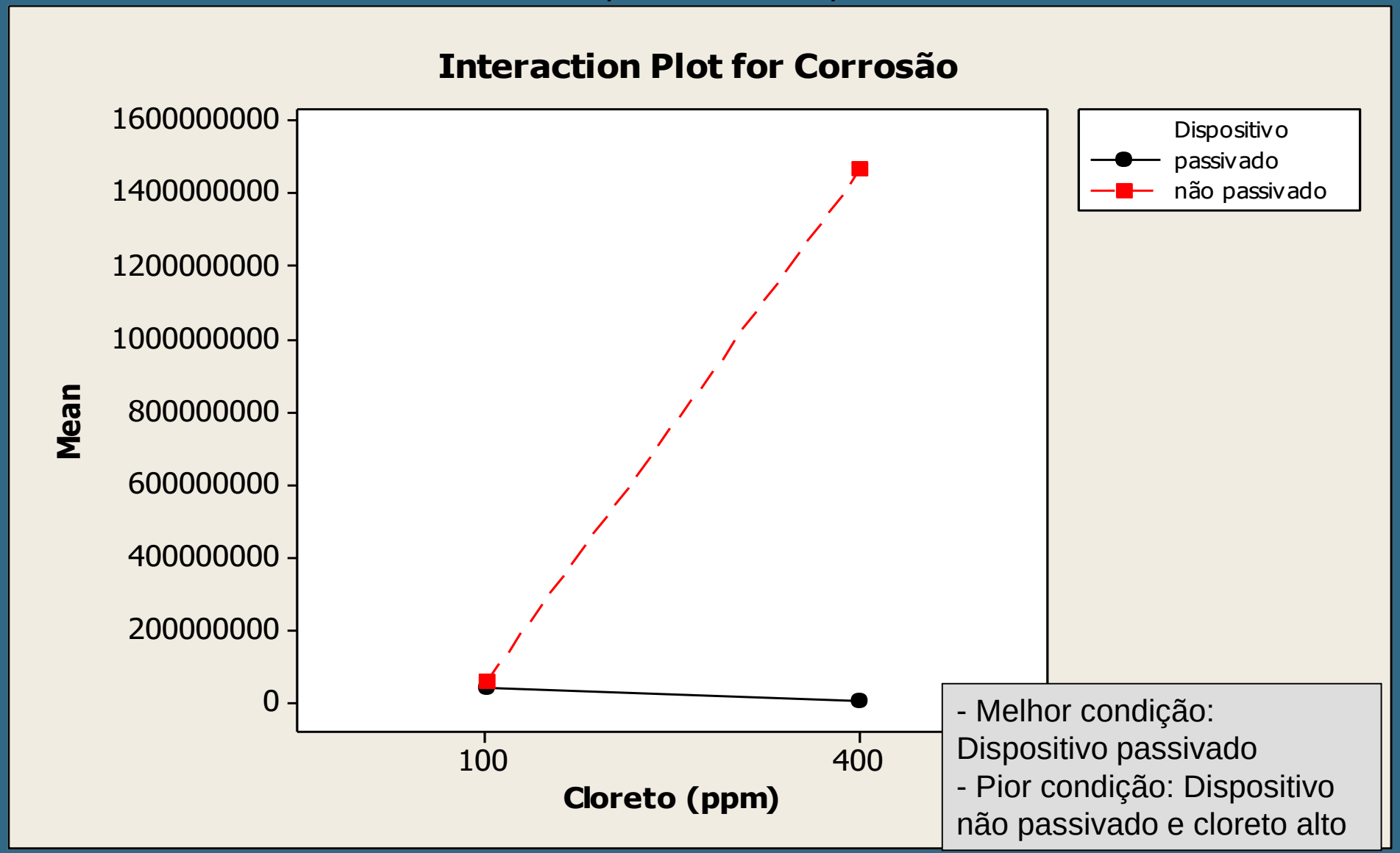
Então:
- se a peça estiver seca a qualidade da água de limpeza utilizada não influencia na quantidade de corrosão.
- ao utilizar a água de limpeza na condição concentrada a peça deve ficar mais tempo na estufa para apresentar uma menor quantidade de corrosão superficial.



- pior situação: utilização de água concentrada e tempo para olear de 24h (ponto 4).
- utilizando-se água limpa para limpeza, o tempo sem olear não ocasiona nenhum efeito na quantidade de corrosão.
- utilizando-se água concentrada para limpeza das peças, o tempo sem olear pode influenciar na quantidade de corrosão apresentada (comparação entre os pontos 1 e 4).

Conclui-se que a se a peça for limpa corretamente, ela pode ficar 24 horas sem olear sem aumento na quantidade de corrosão.

Obtido no experimental sequencial



- Melhor condição: Dispositivo passivado
- Pior condição: Dispositivo não passivado e cloreto alto

RESULTADOS

- Redução do processo de olear a desengraxar as peças dentro da operação de ajustagem
  - (ganho de produtividade e economia de produto)
- Interação Universidade/Empresa
- Participação em Congresso Internacional de Corrosão – INTERCORR 2010 – apresentação oral
- Preparação de artigos para Revistas Internacionais

GANHO DE CONHECIMENTO DOS PROCESSOS

MITOS	APRENDIZADO
A peça não pode ficar mais de 2 horas sem óleo protetivo	A peça pode ficar até 72 horas sem óleo protetivo, desde que esteja limpa e sem umidade (seca)
É necessário limpar a peça que sai da usinagem antes de olear	Não é necessário
O processo de anodização crômica provoca oxidação	É apenas revelador de processos oxidativos iniciados anteriormente. Usinagem é o processo potencialmente mais corrosivo seguido bem atrás do NDT.
Passivação de dispositivos com oxidação negra	A oxidação negra não elimina corrosão galvânica do alumínio.