



Fundação Oswaldo Aranha - FOA

Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA

Programa de Mestrado Profissional em Materiais - MEMAT

**ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS EM ANÉIS DE
VEDAÇÃO: PTFE VERSUS BRONZE (CuAl) COM Sn SUPERFICIAL VERSUS BRONZE
(CuAl) COM Pb SUPERFICIAL.**

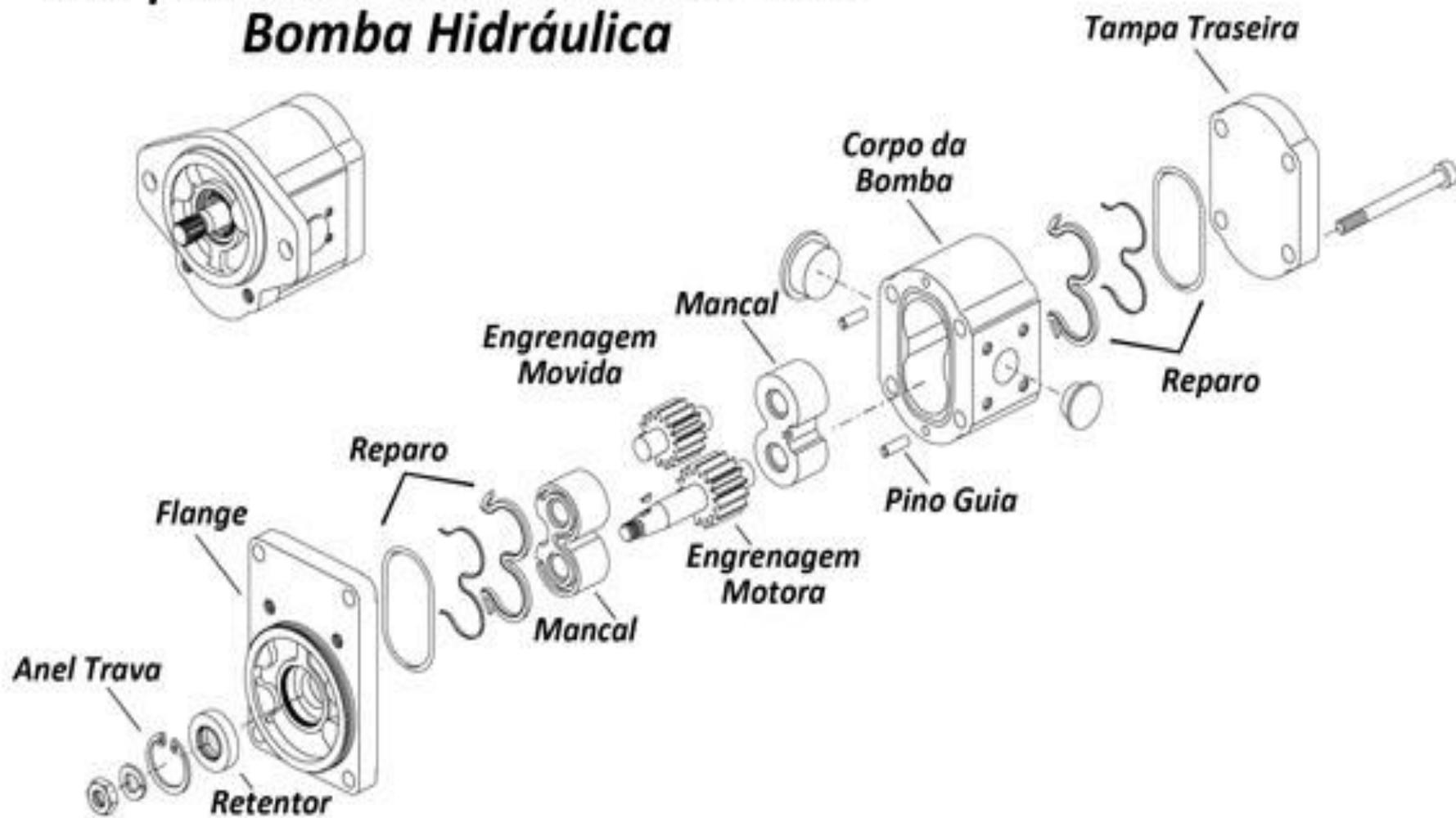
Autores:

Alexsandro de Oliveira e Alexandre Alvarenga Palmeira

Bombas Hidráulicas

- transmite ao fluido uma certa quantidade de energia pois o órgão impulsor da máquina “empurra” o fluido contra uma pressão mais elevada imposta pelo sistema deslocando-o de um local para outro.
- é gerada assim uma grande pressão no interior do equipamento que deve ser contida para que não haja perda de material e nem contaminação deste com o meio externo.

Componentes Tradicionais de uma Bomba Hidráulica



Elementos de Vedação

- Elementos de vedação são peças que impedem a passagem de fluidos de um ambiente para outro e evitam que esse ambiente seja poluído.
- As vedações metálicas são caracterizadas por serem utilizadas na maioria das vezes sistemas de altas pressões, ou ambientes corrosivos.

- Para se estabelecer uma vedação metálica são necessários alguns parâmetros básicos tais como: acabamento superficial, tolerância dimensional, tolerância de forma, elasticidade das partes em contato e fluido que se deseja vedar.





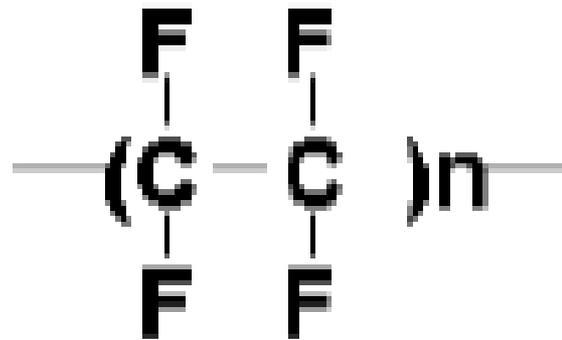
Polímeros

- Os polímeros podem ser naturais ou sintéticos
- A palavra polímeros significa: **poli** (muitos) e **meros** (partes).
- São macromoléculas formadas por moléculas pequenas (**monômeros**) que se ligam por meio de uma reação denominada polimerização, realizada mediante reações químicas.

- Ao contrário do que ocorre com os metais as **propriedades mecânicas** dos polímeros são dependentes do **tempo**.
- Os efeitos do nível de **tensão**, da **temperatura** do material, e da **estrutura**, também têm influência.

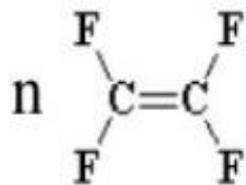
O PTFE

- é um polímero criado pela polimerização das moléculas de **tetrafluoroetileno** (CF₂=CF₂)

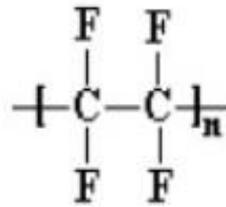
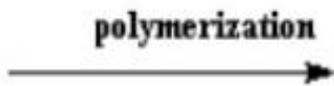


Estrutura do PTFE

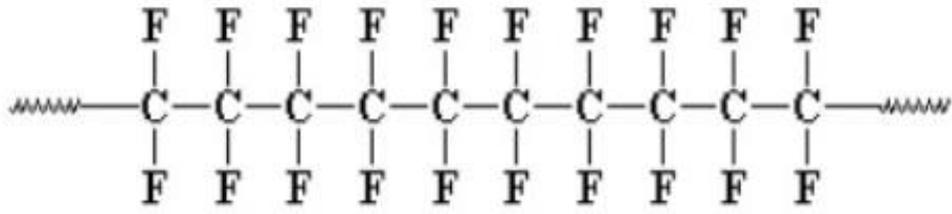
- a ligação "C-F" é uma das mais fortes uniões encontradas entre os polímeros.
- A estrutura do PTFE é extremamente diferente em relação aos outros polímeros sendo o átomo de **flúor** muito maior que o de **hidrogênio** e como resultado, a cadeia não é tão longa, possuindo um formato espiralado com os átomos de flúor empacotados firmemente ao redor das ligações de C-C centrais.



tetrafluoroethylene



polytetrafluoroethylene



- Os átomos de flúor fornecem uma capa protetora para as ligações C-C mais fracas e resultam na resistência química excepcional do PTFE.
- Sua inércia química é excelente devido a estrutura química **porém** alterações na estrutura podem ocorrer durante o **processamento**, ou por **fusão**, gerando perda das propriedades em alta temperatura.

Tribologia

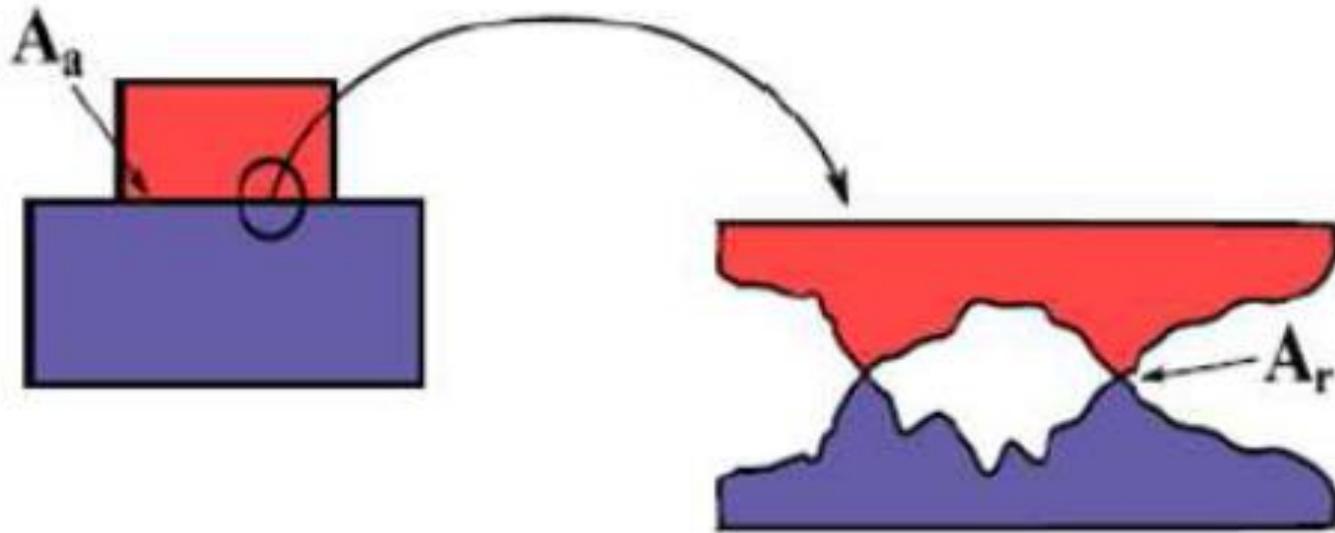
- **Atrito**: processo de transferência de calor e massa termodinamicamente irreversível, podendo ser definido também como a força resistiva de um corpo sobre outro.
- A principal causa de **fratura** nos polímeros é por ação prolongada e constante de tensões levando à **fluência**.

Atrito

- O atrito é um processo de dissipação de calor e transferência de massa termodinamicamente irreversível.
- Pode ser definido como a força resistiva que um corpo encontra ao se mover sobre outro.

- A superfície por mais polida que seja não é plana a nível microscópico.
- Apresenta asperezas que se tocam intimamente no contato entre corpos, de forma que a área real de contato A_r se restringe a poucos pontos, sendo muito menor que a área aparente de contato A_a

Atrito



Tribologia do PTFE

- O PTFE possui **baixo coeficiente de atrito** e **alta estabilidade térmica**, com isso é muito utilizado em diversas aplicações como mancais e selos de bombas.
- **Porém** o material apresenta baixa resistência ao desgaste por deslizamento, chegando a falhar prematuramente.

- O **atrito** gerado pelo movimento entre partes móveis é a maior causa de desgaste e dissipação de energia.
- Na tribologia possuem uma série de mecanismos de desgaste como: desgaste **adesivo**, desgaste **abrasivo**, desgaste por **fadiga**, desgaste por **fusão**, entre outros.

Energia Superficial

- Em um polímero é baixa, devido às longas cadeias de **carbono** onde cada átomo está ligado através de ligações covalentes, ao número máximo de vizinhos, formando uma macromolécula as quais são unidas entre si por ligações secundárias fracas.
- O PTFE possui uma das **menores** energias superficiais pois sua estrutura molecular é formada por cadeias lineares devido à fácil remoção destes no contato.

Fratura

- A principal causa de fratura nos polímeros é por ação prolongada e constante de **tensões** levando à fluência podendo ser observadas de dois tipos a fratura frágil e a fratura dúctil.
- A **frágil** é potencialmente mais perigosa pois ocorre sem a observância de deformação no material.
- Na **dúctil**, grandes deformações não recuperáveis ocorrem antes da ruptura real.

Metais

- Possuem estrutura cristalina na qual os átomos se dispõem ordenadamente, são relativamente resistentes e dúcteis a temperatura ambiente e mecanicamente resistentes em altas temperaturas.
- Podem ser combinados com outros metais ou não metais formando ligas com propriedades desejadas provenientes de ambas as partes.

Ligas metálicas

- Aço – ferro + C – alto ou baixo teor de carbono
- Ligas de Al
- Ligas de Cu
- Ligas de Ti
- Ligas de Metais Refratários: Nb, Mo, W, Ta

O Bronze

- Originalmente o termo é empregado em ligas **Cu/Sn** porém na atualidade se refere a ligas de Cu cujo principal elemento **não sejam** Ni ou Zn.
- Apesar do **alto custo** são ligas de excelente comportamento em casos onde prevalecem tensões cíclicas ou alternadas.
- Apresenta propriedades favoráveis como: resistência a corrosão e ao desgaste, elevada estabilidade térmica.

- Podem ser agrupados em famílias de acordo com o processo de **produção**:
- **Trabalhados**: bronze de fósforo (Cu Sn P); bronzes de chumbo e fósforo (Cu Sn Pb P); bronzes de alumínio (Cu Al); bronzes de silício (Cu Si);
- **Fundidos**: bronzes de estanho (Cu Sn); bronzes de estanho e chumbo (Cu Sn Pb); bronzes de estanho e níquel (CU Sn Ni); bronzes de alumínio (Cu Al).

O chumbo

- Possui alta **ductibilidade, maleabilidade e flexibilidade** sendo sua utilização desaconselhável quando houver repetidas aplicações de esforços mecânicos, tensão pela vibração, resfriamento e ainda dobramentos alternados.
- Suas propriedades favorecem a utilização como material sólido auto **lubrificante**.

- Sua alta **ductibilidade** e **maleabilidade** favorece uso em forma de chapas pela facilidade de ser trabalhável porém a alta flexibilidade pode resultar em baixa resistência contribuindo para o surgimento de fissuras quando submetido a repetidas aplicações de esforços mecânicos, tensão produzida pela vibração, resfriamento e dobramentos alternados.

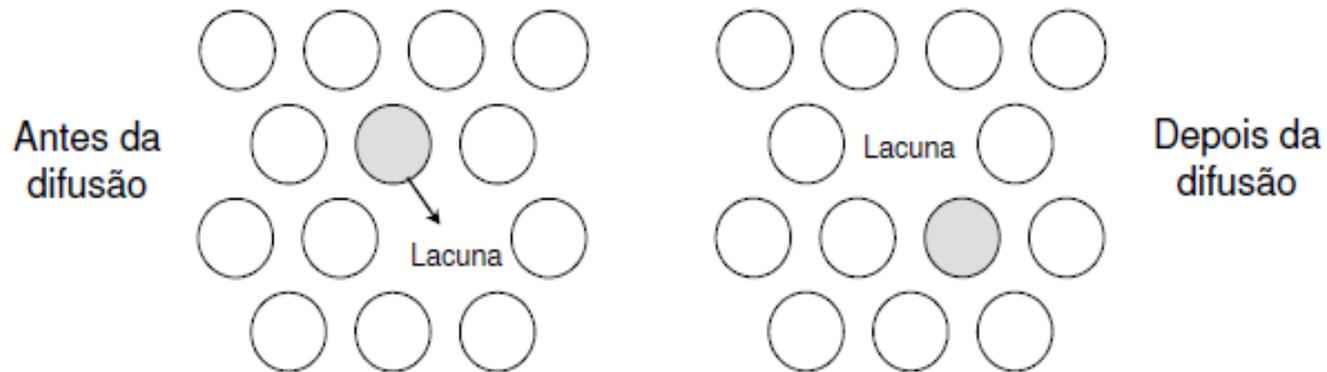
Difusão

- Processo pelo qual um material flui pelo outro concebendo um terceiro material com propriedades de ambos e que visa um ganho de desempenho na sua utilização, podendo ocorrer em materiais sólidos, líquidos e gasosos.

Difusão Atômica

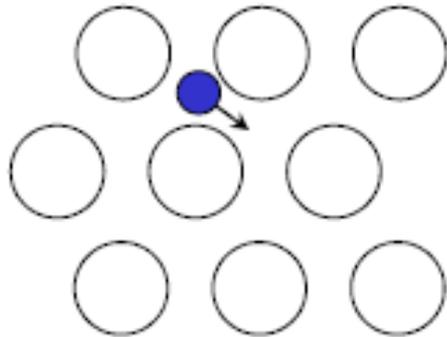
- É o movimento de matéria através de matéria sendo que os átomos estão em constante movimento, a medida que a temperatura é elevada o movimento atômico torna-se mais intenso.
- Os átomos estão em repouso absoluto apenas quando a temperatura chega ao zero absoluto (-273°C ; 0K ou $-459,6^{\circ}\text{F}$), acima dessas temperaturas eles vibram saindo de suas posições originais.

Mecanismos de Difusão por lacunas

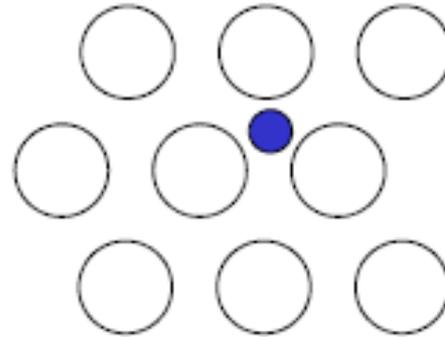


intersticial

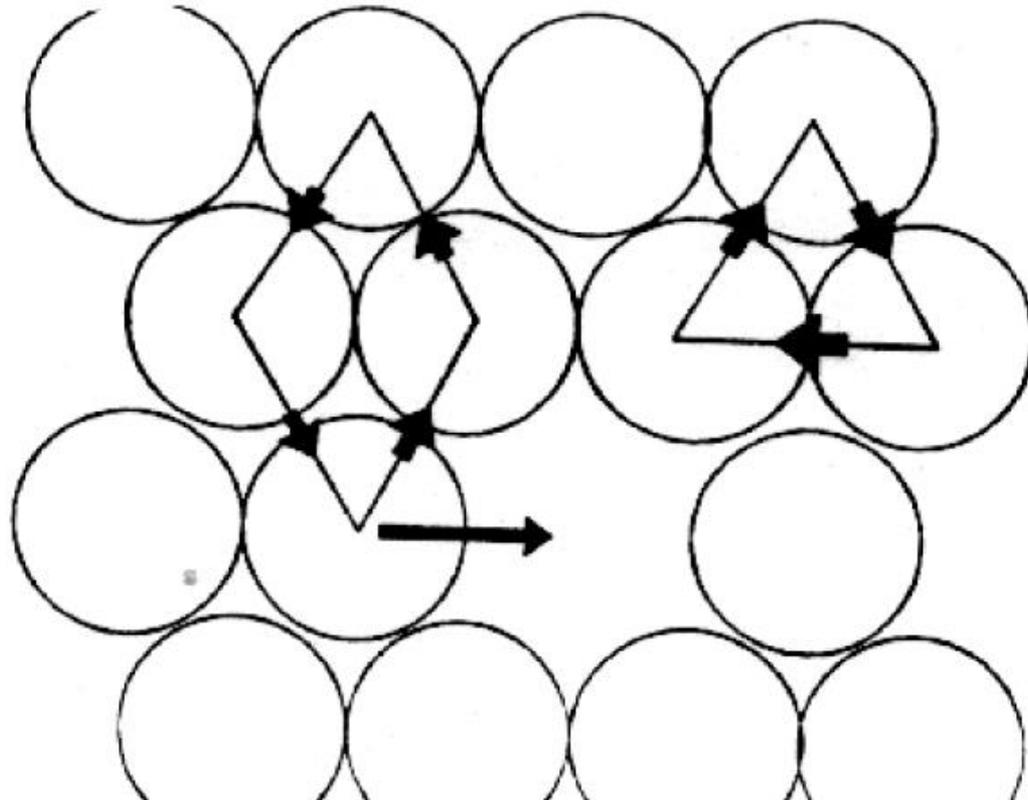
Antes da
difusão



Depois da
difusão



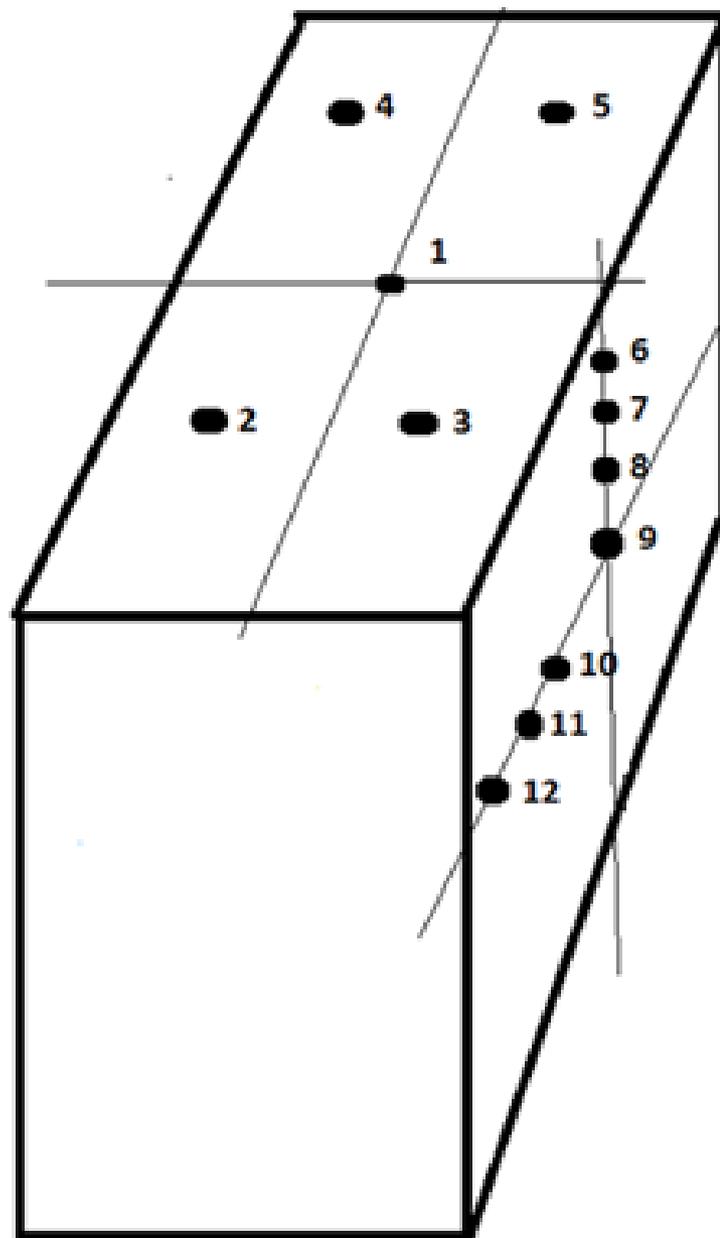
em anel

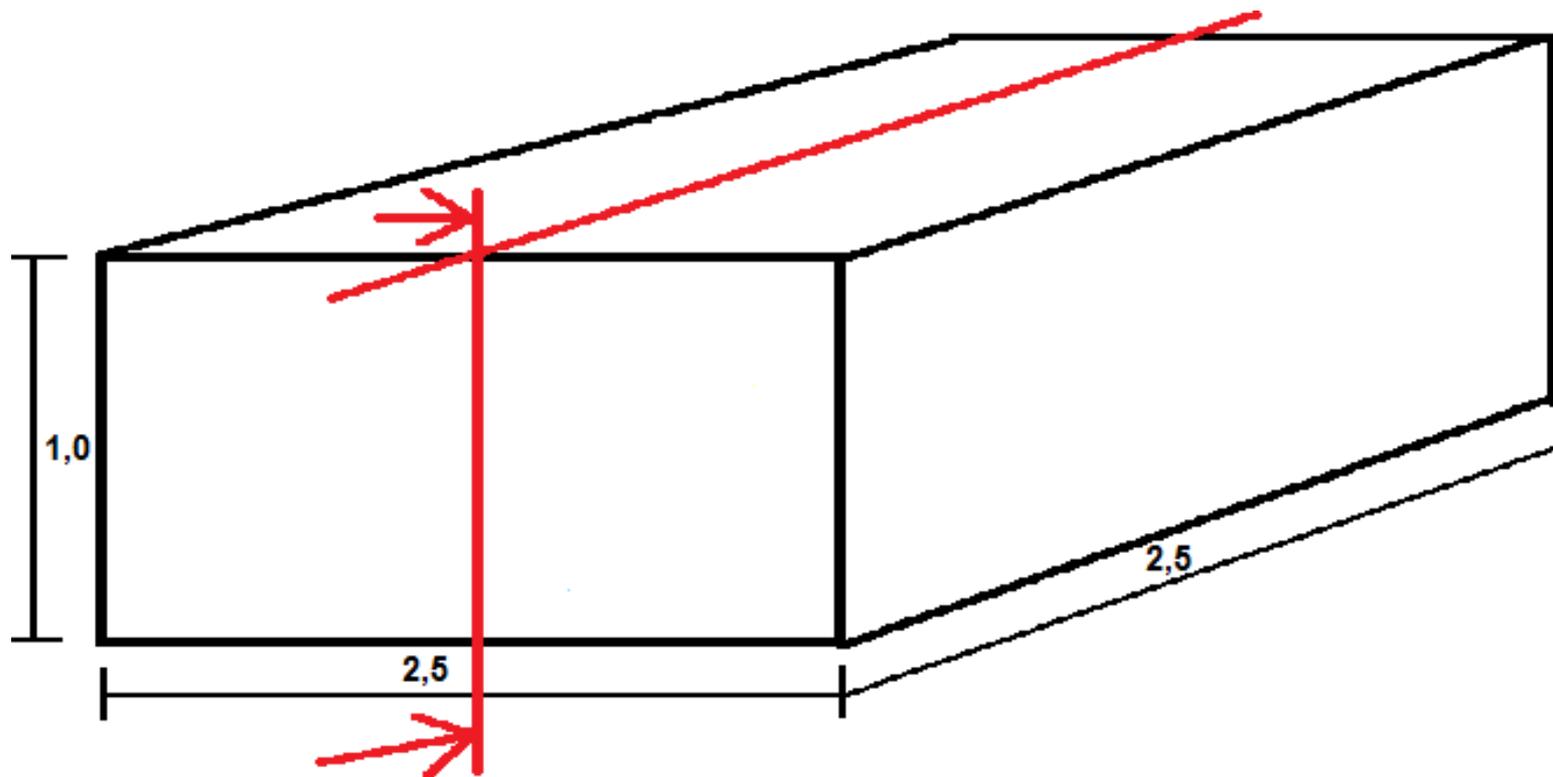


O Experimento

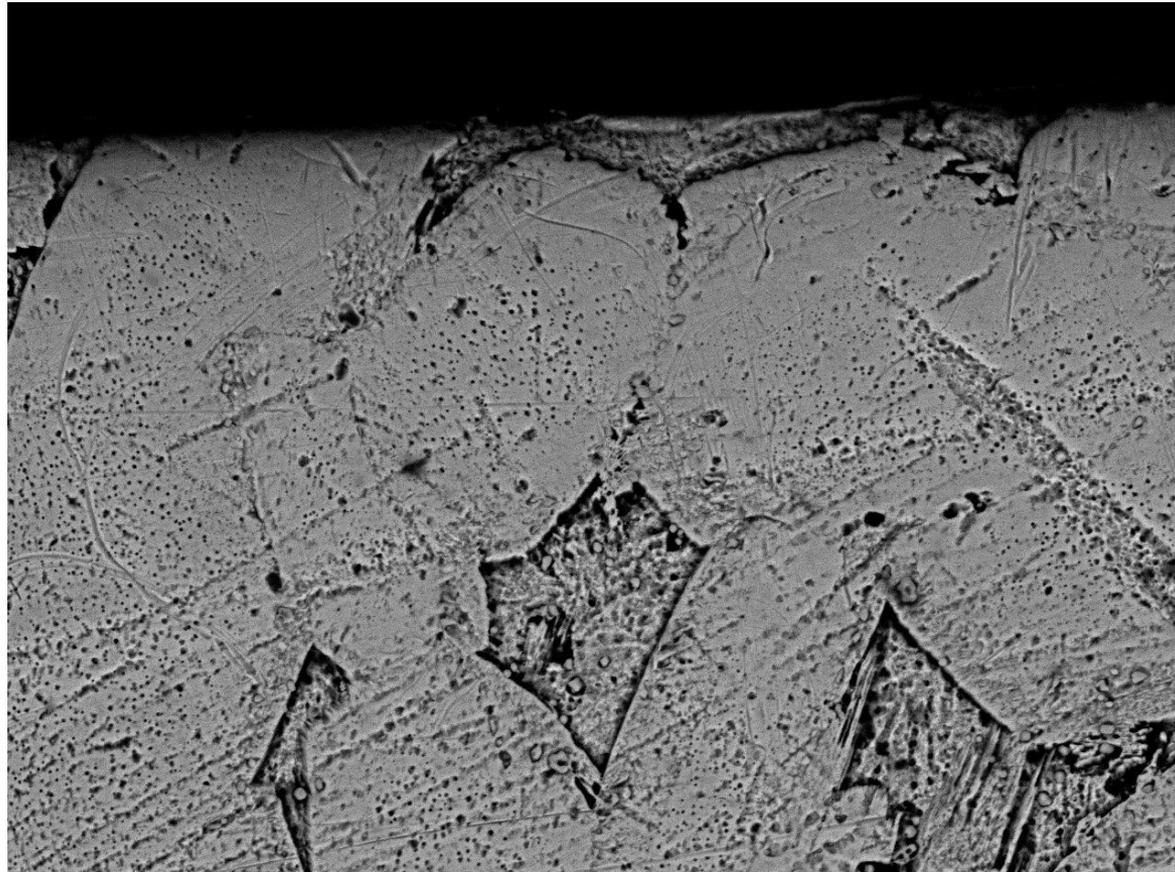
- Foram utilizadas 9 amostras de Bronze divididas em 3 grupos sendo submetidas à temperatura de 150° C em forno elétrico.
- Foram previamente desoxidadas na sua superfície e postas num recipiente refratário e completamente envolvidas por chumbo em pó.
- As amostras permaneceram no interior do forno com a temperatura previamente homogeneizada por 3, 4 e 5 horas cada grupo.

- Retiradas do forno foram colocadas para resfriamento ao ar livre.
- Logo após esse primeiro momento foram feitos ensaios de micro dureza sendo coletados 12 dados para cada amostra perfazendo um total de 108 informações conforme a figura a seguir:





Borda Lado Polido 3h

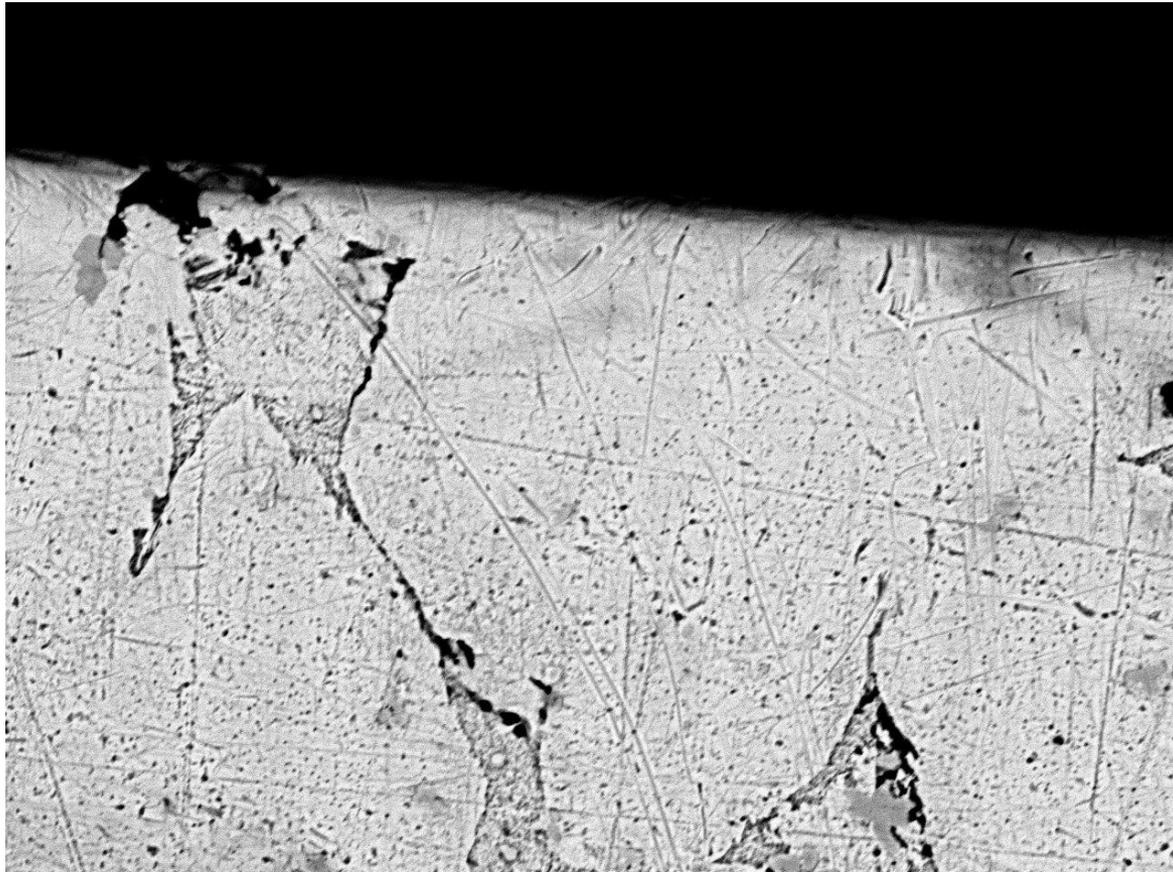


BRONZE 3H

2016/11/03

N D4.9 x2.0k 30 um

Borda Lado Polido 4h

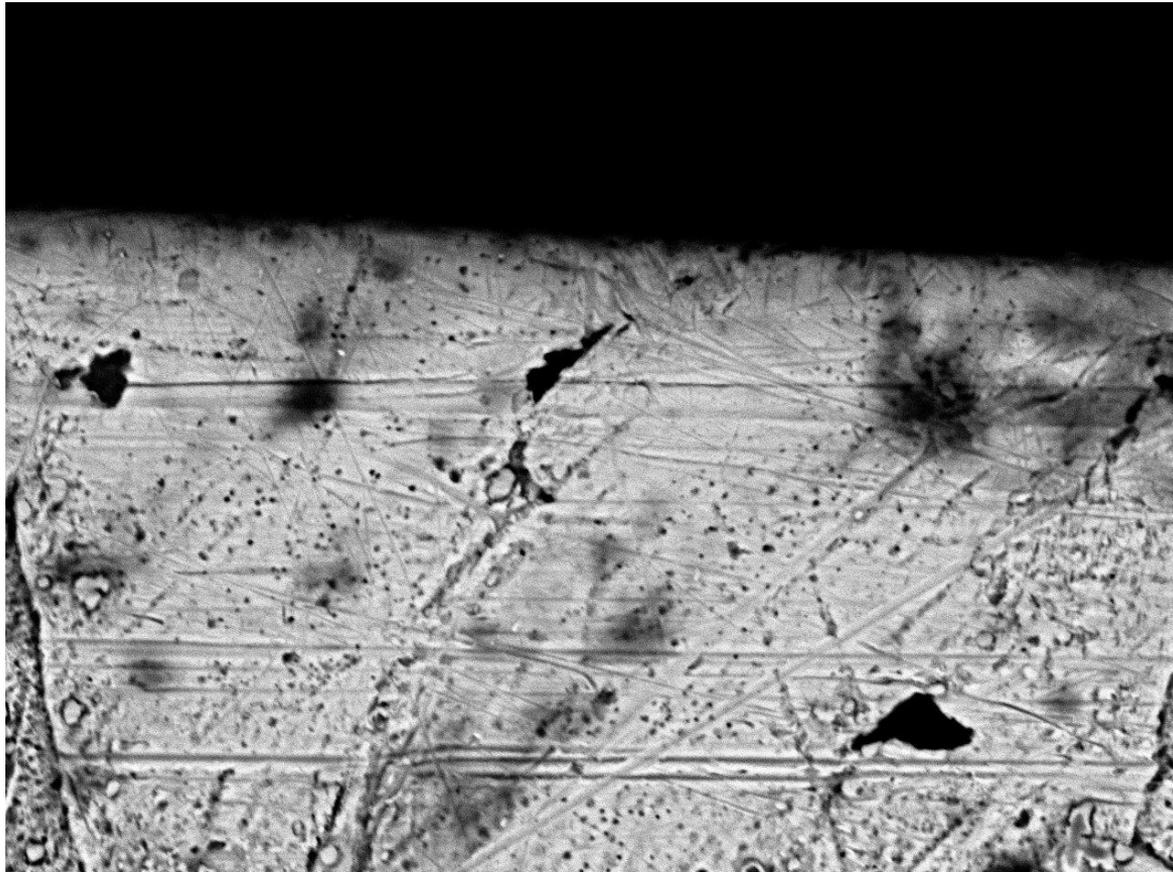


BRONZE 4H

2016/11/03

N D4.4 x2.0k 30 um

Borda Lado Polido 5h



BRONZE 5H

2016/11/03

N

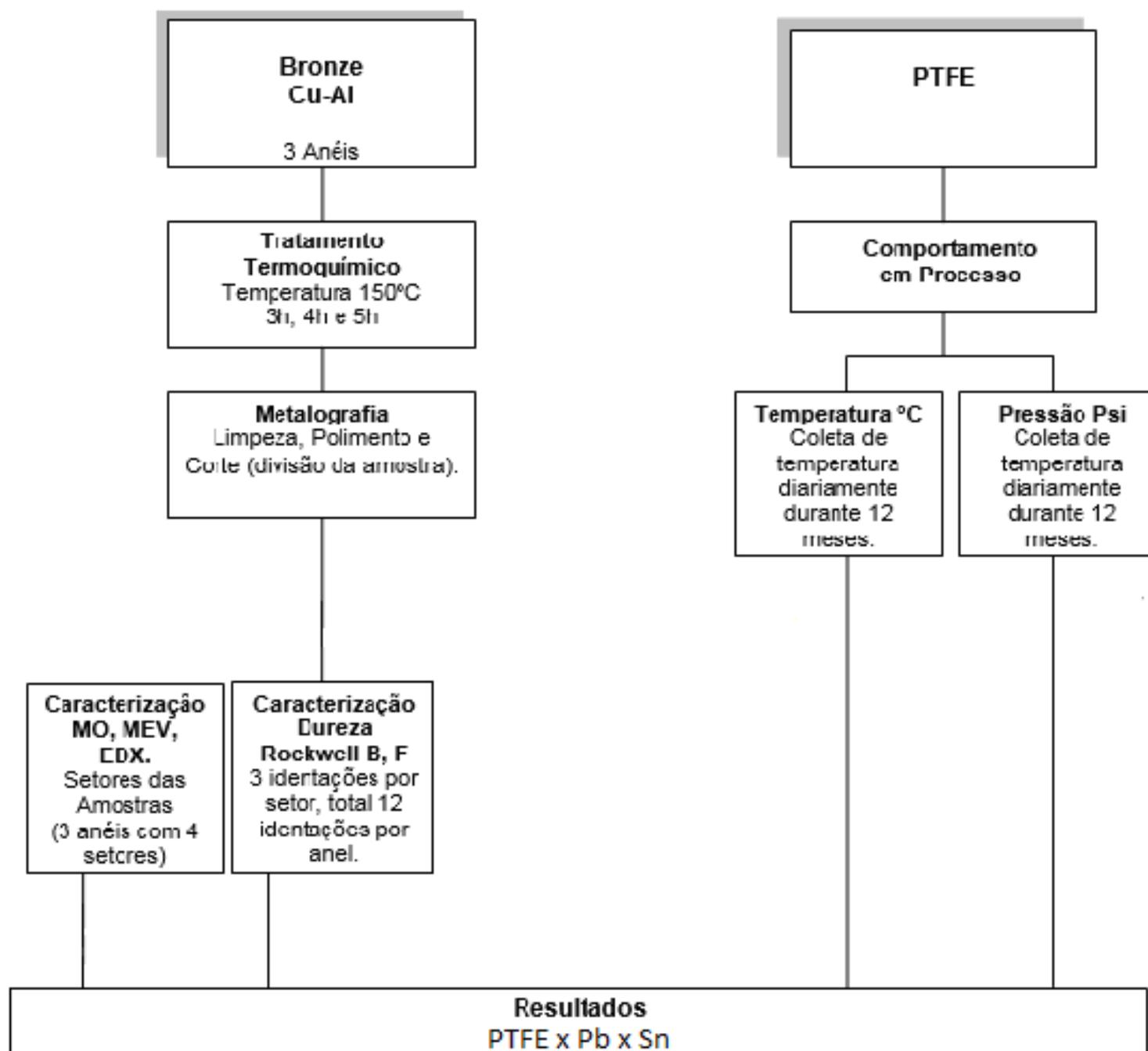
D4.5 x3.0k

30 um

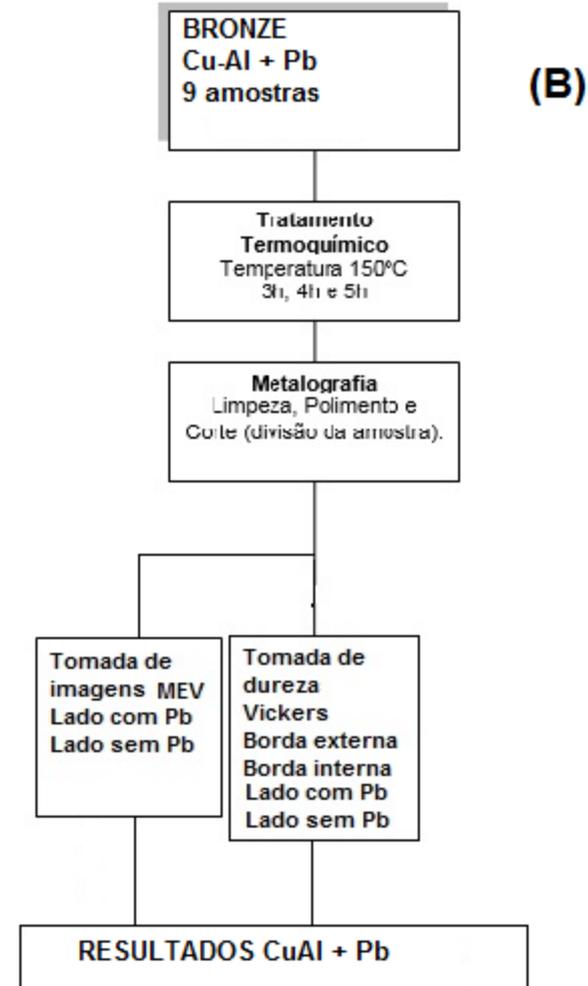
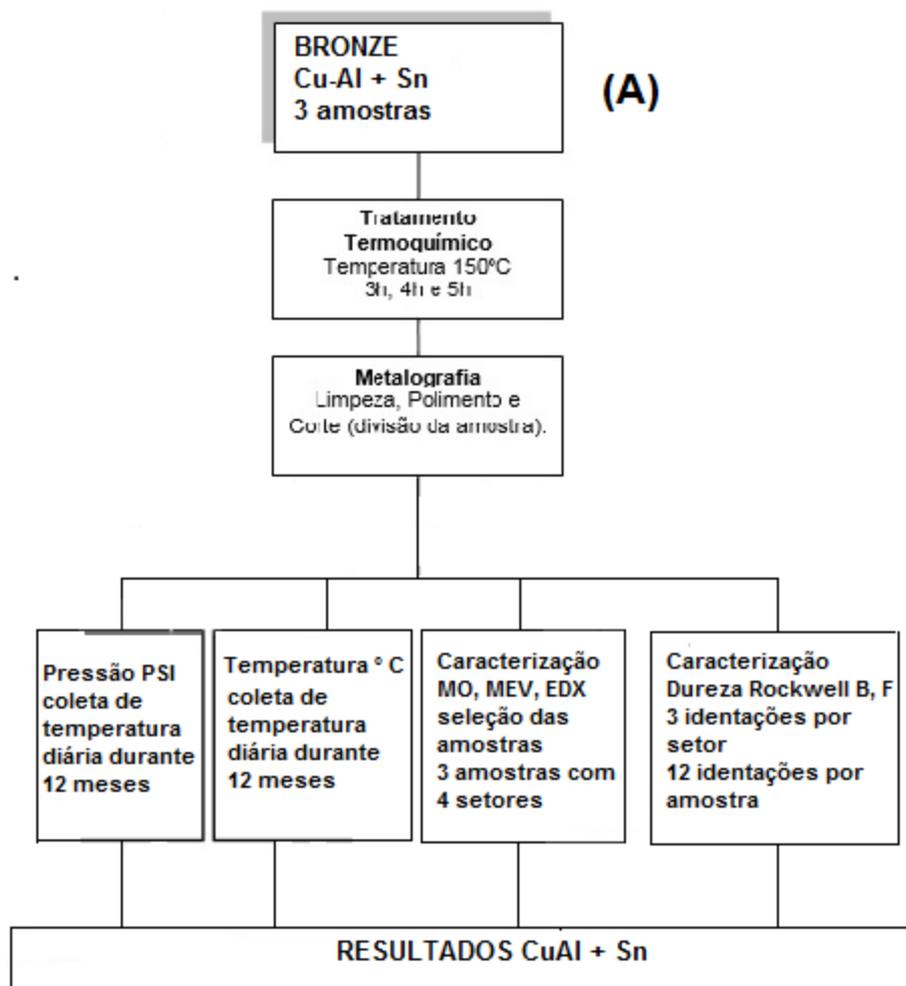
- O seccionamento da amostra foi feito com uma serra de disco.
- lixas de alta numeração –800 a 1200 – feita em carbeto de silício o que proporcionou um acabamento fino adequado às imagens que se desejava
- Normas ABNT – NBR 13284 (Preparação de Corpos de Prova Para Análise Metalográfica)

Comparativo entre PTFE e Bronze

- PTFE – dados coletados in loco
- BRONZE (CuAl+Pb) – tratamento termoquímico; caracterizações (metalografia, MO, MEV, Dureza Rockwell B e F)



• Rotas: **SILVA, L.A. x OLIVEIRA, A.**



- Foi observado que a dureza está relacionada ao **tempo de exposição** à temperatura do interior do forno em função da difusão ocorrida, ou seja, quanto maior o tempo de exposição maior foi o índice de Pb fluindo para o interior da amostra.

Proposta de Utilização

- alternativa aos lubrificantes:
- hidráulicos
- sólidos
- gasosos

CONCLUSÕES

- Dificuldade de difusão do Chumbo (Pb) pela rede cristalina do Bronze (CuAl) proporcionando a sua presença somente nas camadas superficiais da amostra;
- A tendência do Chumbo (Pb) difundir pelo plano (1,1,1) formando assim as Ilhas de Chumbo na superfície.

- Obtenção de um produto similar aos já existentes no mercado.
- A simplicidade do processo de tratamento termoquímico diante das complexas fases de fabricação das ligas obtidas por fusão ou metalurgia do pó.

- A não necessidade da utilização do **Michmetal** (liga com teor de 50% de Cério) que auxilia na miscibilidade dos metais pois a tendência do Pb é formar “ilhas” no interior do metal base não se dispersando homogeneamente por toda a liga inviabilizando assim o processo.

Propostas Futuras

- Ensaio de **DRX** para observar o tamanho real da camada de difusão do Pb na liga de CuAl;
- Confeccionar **anéis de vedação** e submetê-los a diferentes condições de operação em bombas do tipo alternativa, de forma a comprovar sua eficiência na **substituição** dos anéis de PTFE;

- **Comparar** os resultados de pressão e temperatura de operação, obtidos no experimento acima, com os resultados obtidos por **SILVA L.A.**, de forma a comprovar a melhor qualidade deste novo produto.