

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
TÉCNICO EM METALURGIA MODULAR NOTURNO**

**DOUGLAS CORREA CARNEIRO
FERNANDO COSMO OLIVEIRA
GUILERME RICARDO DE MORAES**

SUPORTE PARA LEVAR CORDA EM MOTOS OFF ROAD

**LIMEIRA-SP
2022**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
TÉCNICO EM METALURGIA MODULAR NOTURNO**

**DOUGLAS CORREA CARNEIRO
FERNANDO COSMO OLIVEIRA
GUILERME RICARDO DE MORAES**

SUPORTE PARA LEVAR CORDA EM MOTOS OFF ROAD

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico em Metalurgia da ETEC Trajano Camargo, orientado pelo Professor João Augusto Montesano, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Metalurgia.

**LIMEIRA-SP
2022**

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse projeto primeiramente a nós mesmos, amigos, familiares, professores e Deus que nos ajudaram e acreditaram em nosso potencial e nos auxiliaram em cada momento difícil.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a todos que nos apoiaram e ajudaram, principalmente ao professor João Augusto Montesano. No desenvolvimento desse projeto de conclusão de curso, aos professores que tiveram paciência e passaram seus conhecimentos contribuindo sobre tudo em nossas formações e que nos acompanharam nesta importante caminhada até aqui

EPÍGRAFE

“Você é mestre do seu destino. Você pode influenciar, direcionar e controlar o seu próprio ambiente. Você pode fazer da sua vida o que quer que ela seja.”

NAPOLEON HILL

RESUMO

Devido à dificuldade vista em trilhas *off - road* com equipamentos de segurança, foi criado um projeto com a premissa de criar uma peça da qual seria possível carregar uma corda de socorro para o motociclista, para que não ocupasse mais um espaço em sua mochila. Assim foi criado o projeto no *AutoCAD*, escolhido a matéria prima (Alumínio) com algumas ligas para que se pudesse atender bem a premissa de conformação mecânica estabelecida, sendo majoritariamente peças sucateadas automotivas, se baseando nas ligas contidas nas peças, como também apresentar uma microestrutura compatível com o esperado, com o planejamento de fazer o vazamento do alumínio em molde de areia verde, e fazer a comparação nas análises do molde e em coquilha, se deu início a pesquisas e a formação das peças

PALAVRAS – CHAVES: *Off-road*; Alumínio; Vazamento; Microestrutura.

ABSTRACT

Due to the serious difficulty seen on off-road trails with safety equipment, a project was created with the premise of creating a part from which it is possible to carry a rescue rope for the motorcyclist so that it no longer occupies a space in his backpack. Thus, the project raw material (Aluminium) was created with some preliminary parts so that they could prepare well for the established conformation, being mostly substitutes, based on the alloys contained in the parts, as well as a microstructure. as expected with the aluminum model of doing what was done in the mold and doing the same with parts of mold parts and in compatible formation, research and planning of mold comparison parts and in compatible formation began, started research and planning.

KEYWORDS: *Off-road*; Aluminium; Leak; Microstructure.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
1.3 OBJETIVOS GERAIS	12
1.4 JUSTIFICATIVA.....	12
1.5 METODOLOGIA	12
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
2.1 ALUMINIO	13
2.1.2 MANGANÊS	14
2.1.3SÍLICIO	16
2.1.4 MAGNÉSIO	18
2.1.5 COBRE.....	20
2.2 SEGREGAÇÃO (NANO, MICRO E MACRO) E POROSIDADE.....	22
2.2.1 NANOSSEGREGAÇÃO.....	22
2.2.2 MICROSSEGREGAÇÃO	23
2.2.3 MACROSSEGREGAÇÃO.....	24
2.3 POROSIDADE E SUAS CAUSAS	25
2.3.1 HIDROGÊNIO.....	25
2.3.1 OXIGÊNIO.....	26
2.3.2 TRATAMENTO DE DESGASEIFICAÇÃO.....	27
2.3.3 TRATAMENTO DE DESGASEIFICAÇÃO PARA LIMPEZA DE OXIDOS	28
2.6 APLICAÇÕES DA PEÇA.....	29
2.7 CARACTERISTICAS DAS MOTOS OFF-ROAD	29
3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	30
3.1 CRIAÇÃO DA PEÇA NO AUTOCAD.....	30
3.2 CRIAÇÃO DO MODELO	31
3.3 PREPARAÇÃO E SEPARAÇÃO DA SUCATA	32
3.3.1 MONTAGEM DO MOLDE DE AREIA	32
3.3.2 VAZAMENTO E FUNDIÇÃO DA PEÇA.....	34
3.3.3 ENSAIOS METALOGRAFICOS E MECÂNICOS	35
3.3.4 ACABAMENTO, FURAÇÃO, PINTURA E MONTAGEM.....	40
3.4 CONCLUSÕES FINAIS	43
4. REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Visto que se tem uma alta dificuldade em levar equipamento socorro, como a corda, quando se trata de fazer trilhas com motos *off-road*, como essas motos acabam sempre atolando ou até mesmo caindo de alguns barrancos, esse item de segurança se torna essencial para o socorro. E como não se existe um item assim, os motociclistas acabam levando esse material na mochila, o que acaba sendo um peso a mais e ocupando o espaço de algum outro item que possa vir a ser essencial durante o processo.

1.3 OBJETIVOS GERAIS

Analisando esse problema, a criação de uma peça simples, leve e de fácil montagem em qualquer moto destinada para trilhas, se tornaria muito eficaz para todos os motociclistas que praticam tal modalidade, auxiliando no transporte da corda, e até mesmo sendo possível ser puxada de um barranco com está peça auxiliando nesta função. Também sendo possível acoplar diversos adereços para aliviar o peso do motorista.

1.4 JUSTIFICATIVA

Em mente que a corda é de no mínimo 2 metros para fazer qualquer tipo de socorro em trilhas, seu peso e seu tamanho acabam sendo um “fardo” para o motociclista, sendo que é um item essencial de auxílio em caso de acidentes, ela pode e deve ser levada, porém acreditando na ideia de que ela pode facilmente ser levada em um dispositivo, levar ela em uma bagagem acaba sendo fútil, onde esse espaço em uma mochila poderia ser facilmente utilizado para se levar algum outro material, que pode até não ser essencial, mas que durante a pratica da modalidade possa vir a ajudar e influenciar positivamente em qualquer situação.

1.5 METODOLOGIA

Com a premissa se criar do zero uma peça nova, onde seja leve, resistente e inoxidável devido a pratica ser em grande parte em terra úmida, o estudo visa escolher um material que atenda a todas as expectativas que serão propostas no trabalho. Estudando sobre as ligas do material e qual teria uma melhor aplicabilidade sobre a peça, qual a melhor forma de se moldar o produto devido ao processo de fundição, a criação de um projeto no *AutoCad*-, e os teste de laboratório, que se aplicariam no percurso que se teria com a peça, analisando principalmente a sua microestrutura e macroestrutura, onde se torna um ponto vital para o sucesso do trabalho, e visando também, a sua aplicação e fácil montagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALUMÍNIO

O Alumínio se destacou no mercado por suas vantagens sendo elas sua ductilidade, leveza, sua alta resistência a esforços mecânicos e a oxidação, enormes jazidas se tornando um material de alto valor econômico destacando-se com a reciclagem de suas sucatas.

A imensa curiosidade do homem aliada às exigências de consumo do mercado continua levando a um aperfeiçoamento tecnológico sempre crescente na produção dos materiais para a indústria. E o alumínio não poderia ficar fora disso. Assim, para melhorar ainda mais as características desse material já tão versátil, desenvolveram-se novas ligas e empregaram-se processos de beneficiamento. Eles são usados com a finalidade de dar ao metal características especiais para usos especiais

O alumínio puro é bastante dúctil, tem boa resistência à corrosão, boa condutividade térmica e elétrica. Todas essas propriedades o tornam adequado para a fabricação de laminados muito finos, embalagens, latas de bebidas, recipientes da indústria química, cabos e condutores elétricos. No entanto, o alumínio puro tem um menor nível de resistência ao estresse mecânico e dureza. Portanto, para peças sujeitas a alta tensão, a resistência do alumínio puro não é suficiente.

Para melhorar ou modificar as propriedades do alumínio, adicionam-se a ele um ou mais de um elemento químico. Esse processo tem como resultado a formação de uma liga. Isso acontece depois que o alumínio puro e liquefeito sai do forno eletrolítico e vai para o forno de espera onde o elemento é adicionado.

As ligas são formadas principalmente com a adição de cobre (Cu), magnésio (Mg), manganês (Mn), silício (Si) ou zinco (Zn) ao alumínio (Al). A escolha dos elementos e sua proporção nessa adição dependem das propriedades finais que se quer obter. Assim, por exemplo, se fabricarmos uma liga de alumínio (Al) com cobre (Cu) e submetemos essa liga a processos especiais de tratamento térmico, esse material terá uma resistência à tração equivalente e até maior que a de alguns aços de baixo teor de carbono.

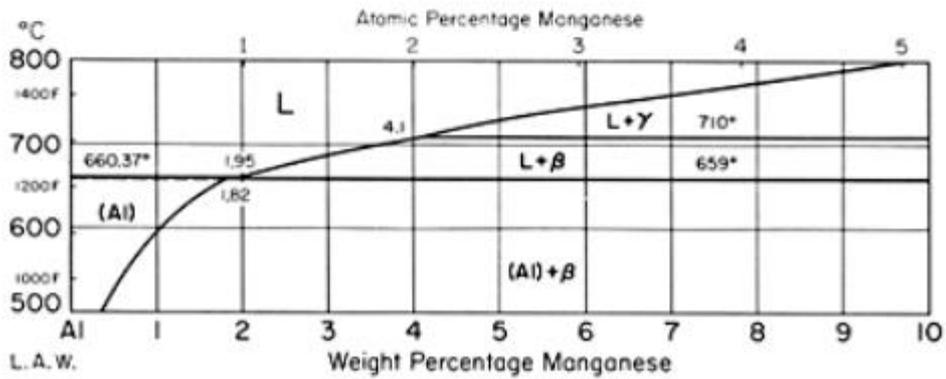
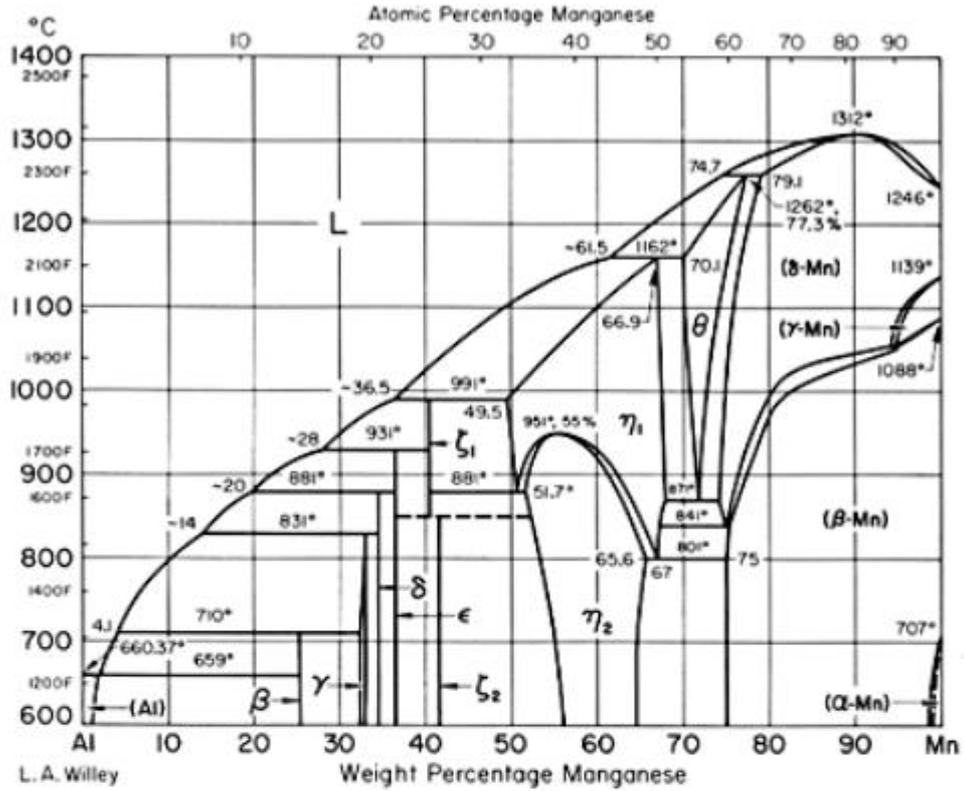
2.1.2 MANGANÊS

O manganês (Mn) é adicionado no alumínio para uma melhor resistência mecânica, e ela pode chegar a aumentar em até 20% em comparação ao alumínio puro. Mesmo assim, o alumínio continua com a sua capacidade de trabalho por processos de conformação e fabricação mecânicas, exemplos (a prensagem, a soldagem e a rebitagem). A liga permite acabamentos de superfície; é resistente à corrosão; possui elevada condutividade elétrica, mesmo tendo um limite para a sua resistência mecânica. Tendo essas características, a liga acaba sendo utilizada nas mesmas aplicações do alumínio puro, sendo elas, nas fabricações de latas de bebidas, placas de carros, telhas, equipamentos químicos, refletores, trocadores de calor e como elemento decorativo na construção civil.

Um processo para obter ligas de alumínio e manganês a partir da reação de alumínio com cloreto de manganês. Com os reagentes sendo fundidos ocorrerá a reação. Formando cloreto de alumínio e liberando o manganês que produzirá a liga junto do alumínio. Vendo que nesse processo as ligas produzidas chegam a apresentar uma concentração aproximada a 50% em peso de manganês, embora os processos atualmente conhecidos sejam limitados a ligas homogêneas com teor de manganês de até 15% em peso. Além disso, a partir do alumínio-manganês, este processo pode obter o cloreto de alumínio anidro como subproduto, podendo ser convertido em hidróxido de alumínio ou alumina. Este libera cloreto de alumínio na forma de gás, e a obtenção de alumina extremamente fina (partículas nanométricas). A liga de alumínio com manganês, tem resistência a corrosão e uma boa formabilidade. Liga com qual não é tão boa com resistência mecânica, na qual requer resistência a corrosão. Aplicação: Isolantes térmicos.

O ferro-manganês é produzido misturando minério de manganês com minério de ferro e carbono e reduzindo-o em alto-forno ou forno elétrico a arco para produzir um produto com teor de manganês de 30% a 80%.

Figura 1 – Diagrama de fases; Alumínio-Manganês.



FONTE: <https://www.infomet.com.br/site/diagrama-de-fases-ver.php?cod=47>.

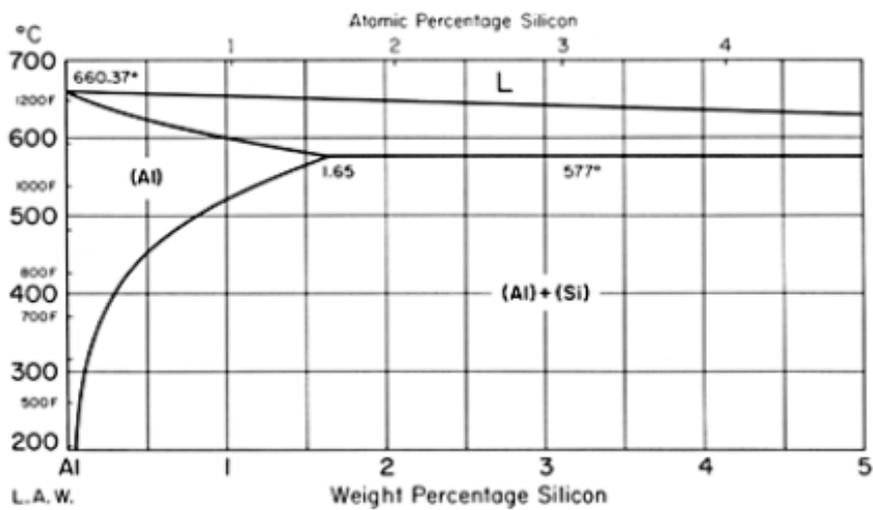
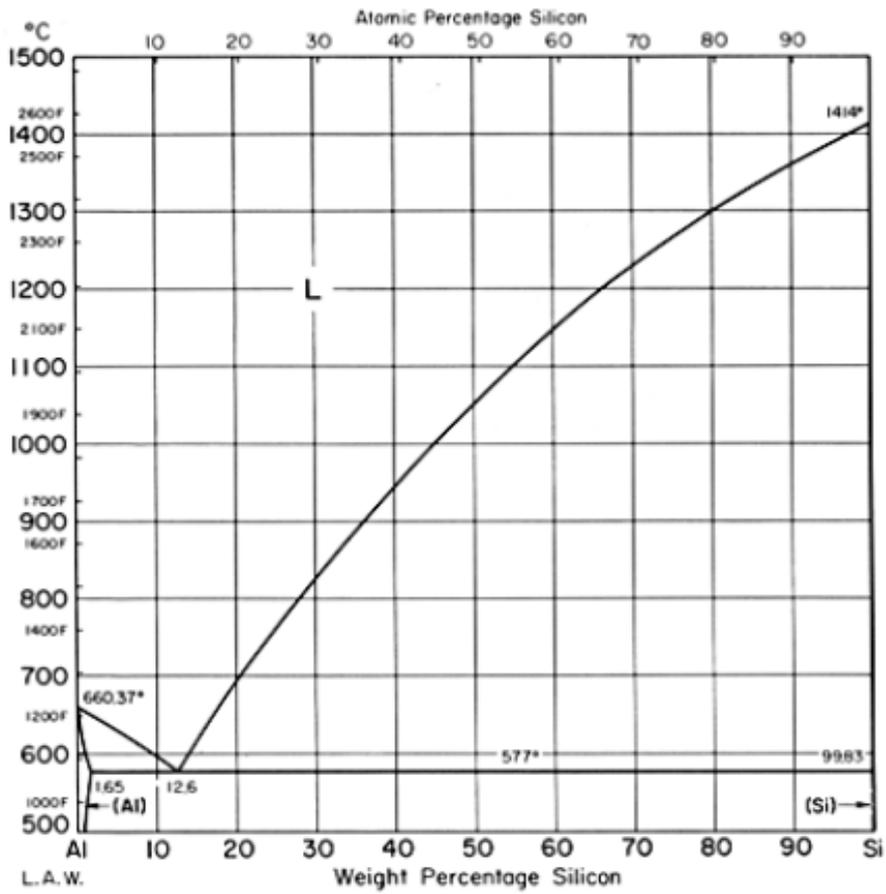
2.1.3 SILÍCIO

A liga de alumínio junto com o elemento silício, apresentam um baixo ponto de fusão e uma boa resistência à corrosão, quando o teor apresentado de silício na liga é superior a 12%, a liga se torna adequada para a produção das peças fundidas. Também sendo indicada para o uso como material de enchimento nos processos de brasagem e soldagem. A brasagem é nada mais do que uma solda forte, onde a união dos metais no qual ocorre a fundição dos elementos ocorrem a uma temperatura abaixo da fusão das peças serem unidas.

O sistema Al-Si com uma sólida solubilidade sendo limitada em todas as extremidades, forma um eutético simples com uma temperatura de 580°C para um teor de aproximadamente 12% de Silício. Estas fases também podem apresentar um outro tipo de liga de alumínio, dependendo apenas que o teor de ferro e silícios sejam baixos o suficiente.

Essas ligas são consideradas também como ligas não tratáveis termicamente, sendo muito utilizadas no processo de fundição (série 4XX-X), ou seja, para a fabricação de peças como por exemplo sendo rodas automotivas, pistões para aviões e motores automotivos, e também sendo classificados para o uso em aplicações como material de adição para a soldagem, sendo o caso da liga 4043.

Figura 2 – Diagrama de fases; Alumínio-Silício.



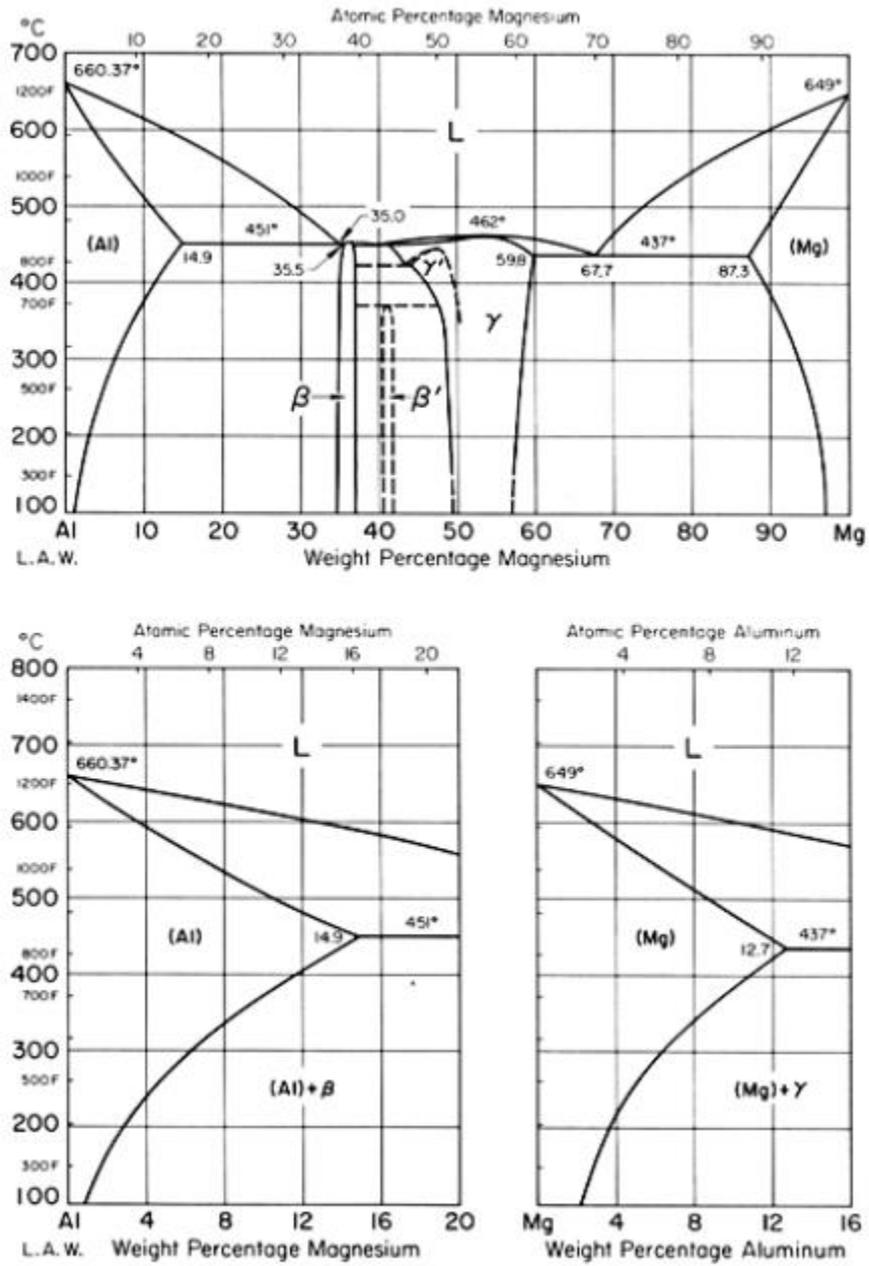
Fonte: <https://www.infomet.com.br/site/diagrama-de-fases-ver.php?cod=53>.

2.1.4 MAGNÉSIO

As ligas de alumínio/magnésio (Mg) são excelentes para a soldagem, além de serem também resistentes à corrosão, principalmente em atmosferas marinhas. Por isso, são muito empregadas na fabricação de barcos, carrocerias para ônibus e furgões e no revestimento de tanques criogênicos. Tanque criogênico é um recipiente usado para armazenar gás e líquidos a temperaturas extremamente baixas. É possível também combinar elementos de liga. É o caso das ligas de alumínio que contêm magnésio e silício em sua composição. Essas ligas apresentam uma resistência mecânica um pouco menor que as ligas de alumínio e cobre. Porém, têm elevada resistência à corrosão, são facilmente moldadas, usinadas e soldadas e aceitam diversos tipos de processos de acabamento, tais como o polimento, o envernizamento e a esmaltação. São usadas na construção civil, na fabricação de veículos e máquinas e fios para cabos de alta tensão.

Existem também ligas de alumínio fabricadas com a adição de zinco (Zn) e uma pequena porcentagem de magnésio (Mg), cobre (Cu) ou cromo (Cr). Depois de passar por tratamento térmico, essas ligas são usadas em aplicações que exijam uma alta relação resistência/peso, principalmente na construção de aviões. Outros elementos de liga que podem ser adicionados ao alumínio são: bismuto (Bi), chumbo (Pb), titânio (Ti), estanho (Sn), níquel (Ni) etc. São as variações nas quantidades e combinações dos elementos que originam uma infinidade de ligas com propriedades adequadas a cada uma das aplicações.

Figura 3 – Diagrama de fases. Alumínio-Magnésio.



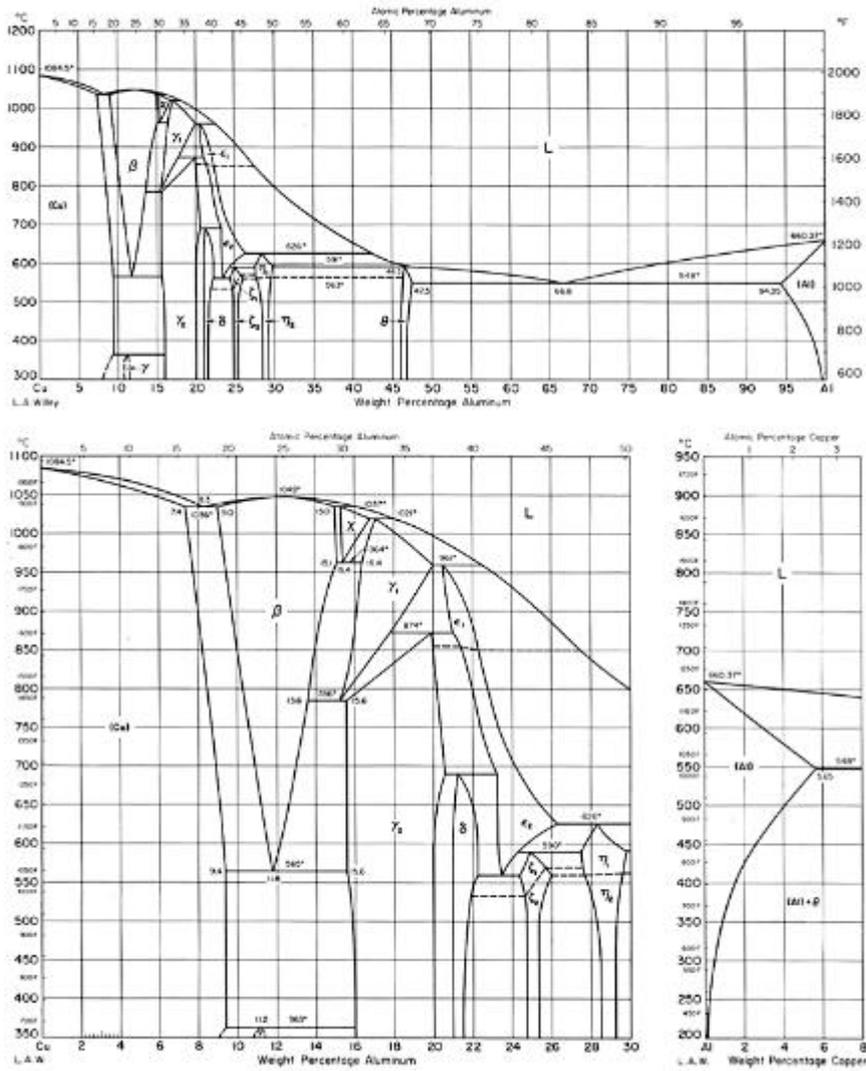
Fonte: <https://www.infomet.com.br/site/diagrama-de-fases-ver.php?cod=46>.

2.1.5 COBRE

Essas ligas também são conhecidas como bronzes de alumínio, entretanto neste texto evitamos a denominação “bronze” para evitar confusões com as ligas cobre-estanho, que são conhecidas como bronzes desde a chamada Antiguidade.

O diagrama de fases Cu-Al de um modo geral apresenta muitas semelhanças com o diagrama Cu-Zn. A solubilidade do alumínio no cobre é relativamente alta e para teores mais elevados de alumínio se formam diversos tipos de compostos intermetálicos, alguns dos quais possuem a mesma estrutura cristalina e estequiometria de alguns compostos intermetálicos do sistema Cu-Zn. Como a diferença entre os tamanhos dos átomos é grande e a solubilidade máxima do alumínio no cobre é relativamente alta, espera-se boa resistência mecânica para as ligas Cu-Al mesmo como soluções sólidas. De fato, o alumínio é um eficiente agente de endurecimento e existem duas ligas comerciais, com teores de 5 e V-E Day de alumínio, que são soluções sólidas, então seu tratamento térmico resume-se à homogeneização convencional da liga fundida e o recozimento da liga trabalhada.

Figura 4 – Diagrama de fases. Alumínio-Cobre.



Fonte: <https://www.infomet.com.br/site/diagrama-de-fases-ver.php?cod=38>.

Tabela 1

Apresentação das propriedades mecânicas em ligas de alumínio.

Liga (ASTM)	Composição química	Limite de resistência à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Alongamento (%)	Dureza Brinell (HB)	Limite de resistência à fadiga (MPa)
606	95Cu5Al	380-530	150-450	55-15	85-140	110-135
-	92Cu8Al	420-580	170-430	45-15	90-160	170
614	89Cu8Al3Fe	480-650	250-470	40-20	115-165	150-210
-	89Cu9Al2Mn	500-650	200-400	35-15	120-160	-
623	87Cu10Al3Fe	620-700	300-450	18-10	160-180	200-245
632	80Cu10Al5Fe5Ni	750-800	420-500	15-12	180-215	-
628	82Cu9Al6Ni3Fe	600-750	320-500	15-8	160-200	175-295

Fonte: <https://docplayer.com.br/395974-Cobre-cassio-barbosa-engenheiro-metalurgico-ufrj-m-sc-e-d-sc-coppe-ufrj-historia-do-cobre.html>.

2.2 SEGREGAÇÃO (NANO, MICRO E MACRO) E POROSIDADE

A segregação tem por definição qualquer tipo de desvio da distribuição uniforme dos elementos químicos em uma liga metálica, sendo assim, a separação de algumas impurezas e elementos de liga em diferentes localidades do material lingotado no estado sólido.

Tendo como causa a rejeição de solutos da parte da liga já solidificada para a sua fase líquida, como resultados de diferentes solubilidades nas fases líquidas e sólida na temperatura de equilíbrio. Devido a isso ocorre a partição de ligas no processo de solidificação, com a segregação se aplicando em diferentes níveis.

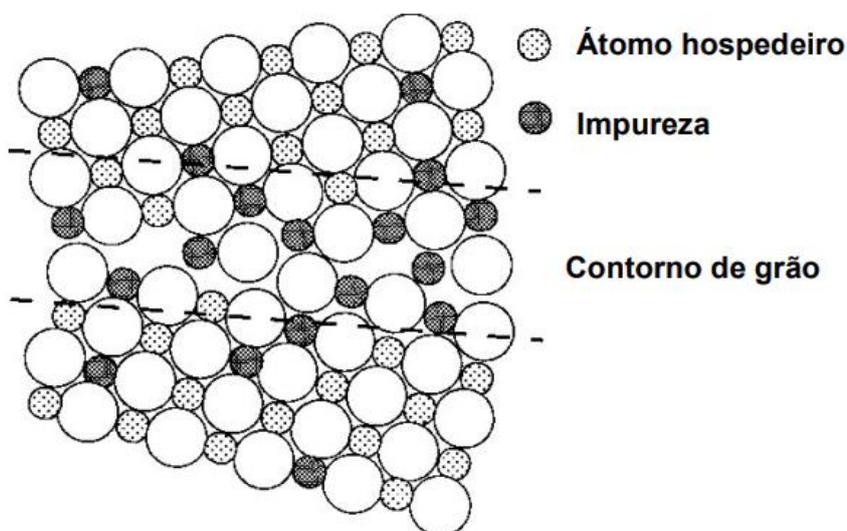
Essas variações da composição que acontecem de formas adjacentes as interfaces solido-líquido determinam a natureza e extensão da segregação.

2.2.1 NANOSSEGREGAÇÃO

Os contornos de grãos contidos diferem em propriedades comparativamente ao interior dos cristais, sendo uma maneira da redução de energia do sistema, é a interação de átomos de solutos ou de contornos de grãos e as impurezas.

Tendo como principal consequência disso, os átomos acabam por se acumularem nos contornos de grãos em uma extensão onde os mesmos se tornam qualitativamente diferentes em sua própria natureza química, em comparação com o corpo do material.

Figura 5 – Ilustração dos átomos acumulados.



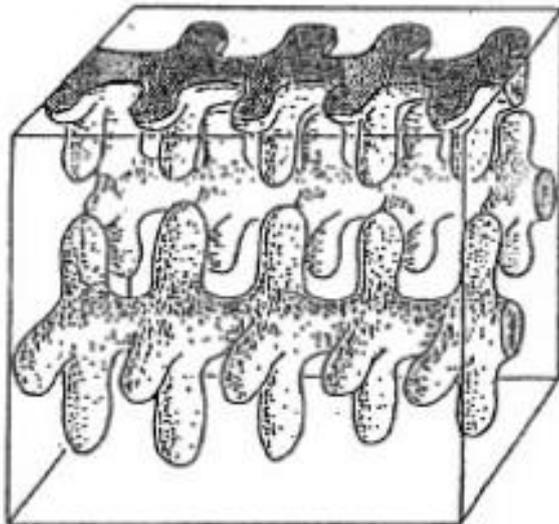
O fruto da segregação nos contornos de grãos seria o seu efeito de coesão nesses mesmos contornos, sendo expressas em diferentes formas de fragilidade intergranular, sob os aspectos das ligações químicas destas mesmas segregações. A manipulação desses elementos segregados nos contornos de grãos não são os mesmos. Algumas acabam por provocar um aumento da coesão nestes contornos, enquanto alguns outros a perda de ductibilidade dos mesmos. Esse conhecimento é utilizado na produção de materiais policristalinos, como as mesmas ligas metálicas.

2.2.2 MICROSSEGREGAÇÃO

Basicamente, a microsegregação seria a segregação de solutos entre os braços de várias dendritas, das quais estão concentradas nas regiões contidas pelos braços dendríticos secundários, se nomeando de *coring*. Sendo um fenômeno com um curto alcance que se estende em dimensões da ordem de um simples grão (~10 – 100 μm).

Sendo usualmente removida através da difusão de átomos dos elementos em solução para o interior dos braços das dendritas, pelo tratamento térmico da homogeneização.

Figura 5 – Demonstração de uma microsegregação.



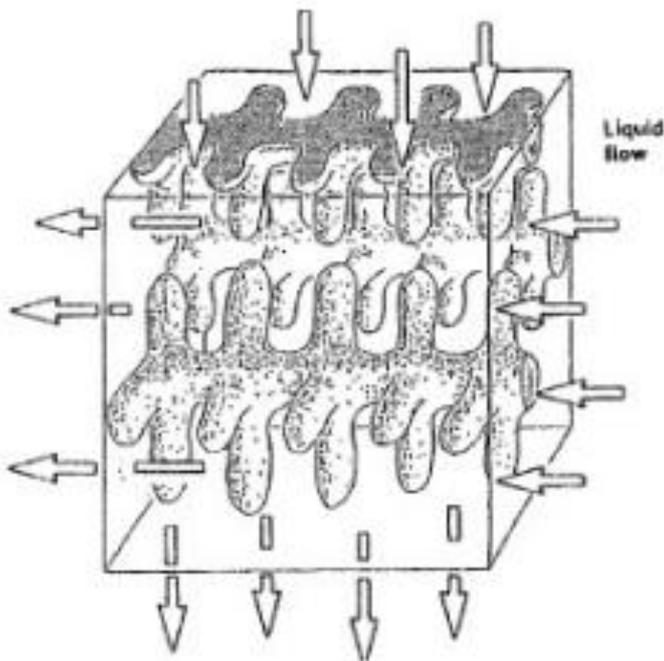
Fonte: <http://www.metalurgistaindustrial.com.br/adm/upload/EngMetais/201961121114e.pdf>.

2.2.3 MACROSSEGREGAÇÃO

A macrossegregação faz referência sobre a variação que se tem de uma longa distância nas composições químicas em diferentes partes da liga solidificada, ocorrendo em uma distância superior a 1 cm, a macrossegregação já não se pode ser mais eliminada.

Peças fundidas, ou lingotadas acabam por apresentar resultados de alguns fluxos de movimentos interdendriticos resultantes de uma contração de solidificação, geometria, deformação do sólido ou a gravidade, com o movimento do liquido interdendritico impuro acaba provocando a segregação positiva, enquanto que os cristais puros sofrem com a segregação negativa.

Figura 6 – Demonstração de uma Macrossegregação.



Fonte: <http://www.metalurgistaindustrial.com.br/adm/upload/EngMetais/201961121114e.pdf>.

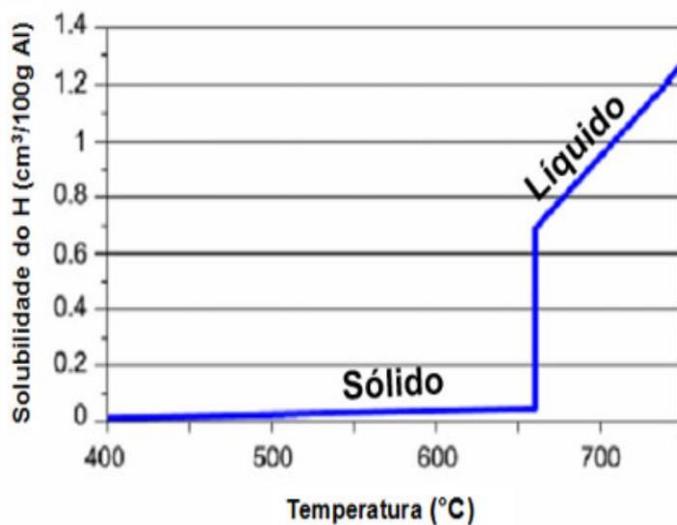
As ligas de alumínio são muito reativas quando entram em contato com alguns gases como o hidrogênio e o oxigênio.

2.3 POROSIDADE E SUAS CAUSAS

2.3.1 HIDROGÊNIO

Esse gás apresenta uma elevada solubilidade nas ligas de alumínio quando está no estado líquido, e sendo assim como consequência, banhos de alumínio no estado líquido absorvem grandes quantidades de gás ou no vapor da água, com a umidade relativa do ar, ou quando injetado diretamente durante o forno.

Figura 7 – Diferente solubilidade do hidrogênio.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/importância-do-tratamento-de-desgaseificação-na-fundição-fuoco/?originalSubdomain=pt>.

Uma consequência se de fazer um vazamento onde durante o banho do molde tiver um alto teor de hidrogênio, durante o período de solidificação da peça, a grande maioria desses gases formará micro porosidades se distribuindo por toda a peça.

Essas micro porosidades acabam por reduzir as propriedades mecânicas das peças que forem feitas desta forma citada, e são bem visíveis em superfícies já usinadas e/ou polidas. Como essas porosidades não são interconectadas, elas não contribuem para problemas de falta de estanqueidade.

A formação de porosidades entretendo, pode ter alguns aspectos benéficos na fundição de peças em ligas de alumínio visando diminuir a tendência na formação de rechupes.

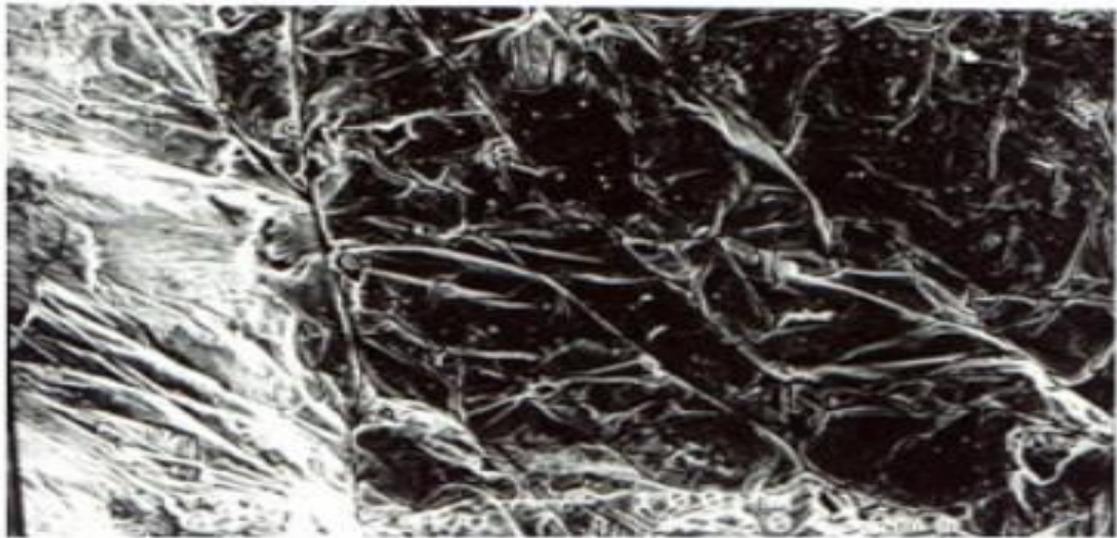
2.3.1 OXIGÊNIO

O resultado da reação do alumínio com o oxigênio são os óxidos do tipo AL_2O_3 , não contendo uma estrutura cristalina definida (amorfos, com formologia de filmes, que apresentam uma densidade superior ao alumínio no estado líquido, os filmes dos óxidos acabam recobrendo todas as superfícies superiores dos banhos. A formação os filmes de óxidos são extremamente rápidos, sendo muito comum sua geração em milissegundos de sua exposição.

Sem a agitação, o filme fica sobrenada o metal líquido, como uma nata. Com o filme de óxido apresenta uma baixíssima resistência mecânica, ele acaba tendo o seu rompimento com extrema facilidade ou pelo o uso de ferramentas de limpeza ou pela simples agitação do banho coma a transferências e/ou durante o vazamento nos moldes. Uma vez rompido, os pedaços soltos acabam se dobrando e ficando suspensos durante o banho.

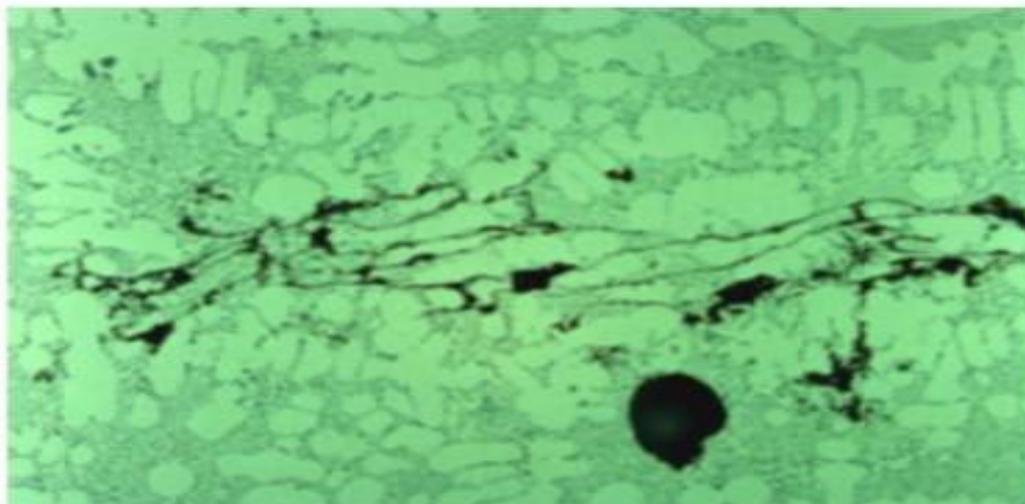
Com isso, se o metal líquido utilizado no vazamento conter esses filmes dobrados, a peça sofrerá com inclusões de óxidos, onde as mesmas não se têm um tempo para decantar, e acabam por ficar espalhadas de forma aleatória nas peças fundidas. Demonstradas nas imagens a baixo:

Figura 8 – Filmes dobrados devido a inclusões.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/importância-do-tratamento-de-desgaseificação-na-fundição-fuoco/?originalSubdomain=pt>.

Figura 9 – Filmes dobrados devido a inclusões.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/importância-do-tratamento-de-desgaseificação-na-fundição-fuoco/?originalSubdomain=pt>.

Com a presença dessas inclusões por atuarem como verdadeiras trincas na microestrutura influenciam e contribuem para alguns problemas de vazamento, e aparecem como defeitos em algumas superfícies usinadas ou polidas.

Para isso, foram desenvolvidas algumas técnicas industriais para fundir peças sem conter problemas de inclusões de óxidos, sendo a limpeza desses óxidos em suspensão nos banhos através do tratamento de desgaseificação, ou pelos vazamentos dos moldes sem turbulência para que assim se evite a exposição das superfícies, a geração desses novos óxidos e/ou sua incorporação na peça fundida

2.3.2 TRATAMENTO DE DESGASEIFICAÇÃO

Para se ter uma maior eficiência é utilizada o borbulhamento com o gás neutro através de um rotor. Neste tratamento as bolhas ou de nitrogênio ou de argônio com uma elevada pureza ao passarem pelo banho, acabam por absorver o hidrogênio dissolvido o arrastando para a superfície do banho.

Bolhas que contenham um tamanho menor apresentam também um menor tamanho de empuxo e demoram mais para subir através do banho até a sua superfície, e assim utiliza o rotor como forma de produzir uma grande quantidade de bolhas de pequeno tamanho, sendo inferiores a 20 mm de diâmetro.

Na tabela abaixo, se compara a eficiência de redução do teor de hidrogênio em banhos de alumínio com o uso do rotor, plug poroso no fundo da panela e lança.

Já a eficiência do processo de desgaseificação deve ser medida através da retirada de amostras que se solidificaram em pressão reduzida, sendo cerca de 10% da pressão atmosférica.

A solidificação com pressão reduzida tem por finalidade a aplicação de ampliar o tamanho dos poros formados se comparando com o teor de hidrogênio, tornando assim as diferenças entre os teores de hidrogênio visíveis em um corpo de prova, onde o mesmo foi cortado e lixado, ainda aumentando as diferenças de densidades nos corpos de prova com teores de hidrogênio diferentes.

A figura abaixo demonstra de forma clara a diminuição do tamanho e a quantidade de porosidades em corpos de prova já solidificados com pressão reduzida, na medida em que o tempo de desgaseificação com o rotor for aumentando.

Normalmente, os tempos necessários são de 5 a 7 minutos, para assim se obter uma desgaseificação eficiente, e atingir elevados valores de densidade em ligas de alumínio.

2.3.3 TRATAMENTO DE DESGASEIFICAÇÃO PARA LIMPEZA DE OXIDOS

Com a desgaseificação sendo feita com o rotor, acaba por se formar uma nuvem de bolhas em um movimento ascendente dentro do banho. Estas bolhas acabam por colidirem com os filmes de óxidos em suspensão, os arrastando para a superfície do banho, aonde podem ser retiradas do banho pela escorificação. Com isso o processo de desgaseificação com rotor, além de reduzir o teor de hidrogênio do banho, também se consegue uma eficiência maior no processo de limpeza dos filmes de óxidos em suspensão.

Com a condição ideal, a limpeza é alcançada através da desgaseificação do metal líquido em um forno de espera, e se deve ser somente retirada o metal com conchas para o vazamento em moldes. Sempre que esse metal é desgaseificado em uma panela, e depois feito a transferência para um forno de espera, acaba por sujar o metal com o hidrogênio contido no ar, e com outros óxidos, assim perdendo muito da eficiência que a limpeza em processos de baixa pressão e em fundição, caso as mesmas são sejam transferidas com o devido cuidado merecido.

2.6 APLICAÇÕES DA PEÇA

O local escolhido foi selecionado devido à praticidade para a retirada do item, e visando a proteção e o fácil acesso/manuseio a corda/da corda, sendo selecionada por ser de fácil aplicabilidade e simples montagem da peça no local. O formato da peça escolhido devido o formato anatômico que o mesmo já se tem com a corda, visando também a estética que a mesma vai ter com a moto, não atrapalhando a mobilidade, sendo utilizada apenas para ou o possível resgate do motociclista ou de algum companheiro próximo.

O local para a montagem da peça é no guidão da moto, onde é possível ver que se tem um espaço onde se pode montar a peça sem atrapalhar ou causar qualquer incomodo para o motociclista, e não fazendo nenhum peso que possa influenciar na moto, causando algum tipo de prejuízo para o usuário, sendo necessário apenas um parafuso para sua montagem.

Imagem 10 – Local da montagem da peça.



Fonte: Acervo Pessoal.

2.7 CARACTERÍSTICAS DAS MOTOS OFF-ROAD

Do ponto de vista técnico, uma moto *off road* tem suspensão com curso maior (podendo facilmente superar os 30 cm, enquanto uma moto *street* geralmente tem pouco mais de 10 cm) e rodas grandes. A medida padrão é aro de 21 polegadas na dianteira e de 18 atrás. Com carenagens mais simples e mais leve que as motos *street* as motos *off road* tem mais agilidades e são menos destrutivas mesmo usadas em circuitos ou em situações extremas (águas, lamas, areias, pedras, etc.). Com os seus pneus que acabam sendo diferentes das motos

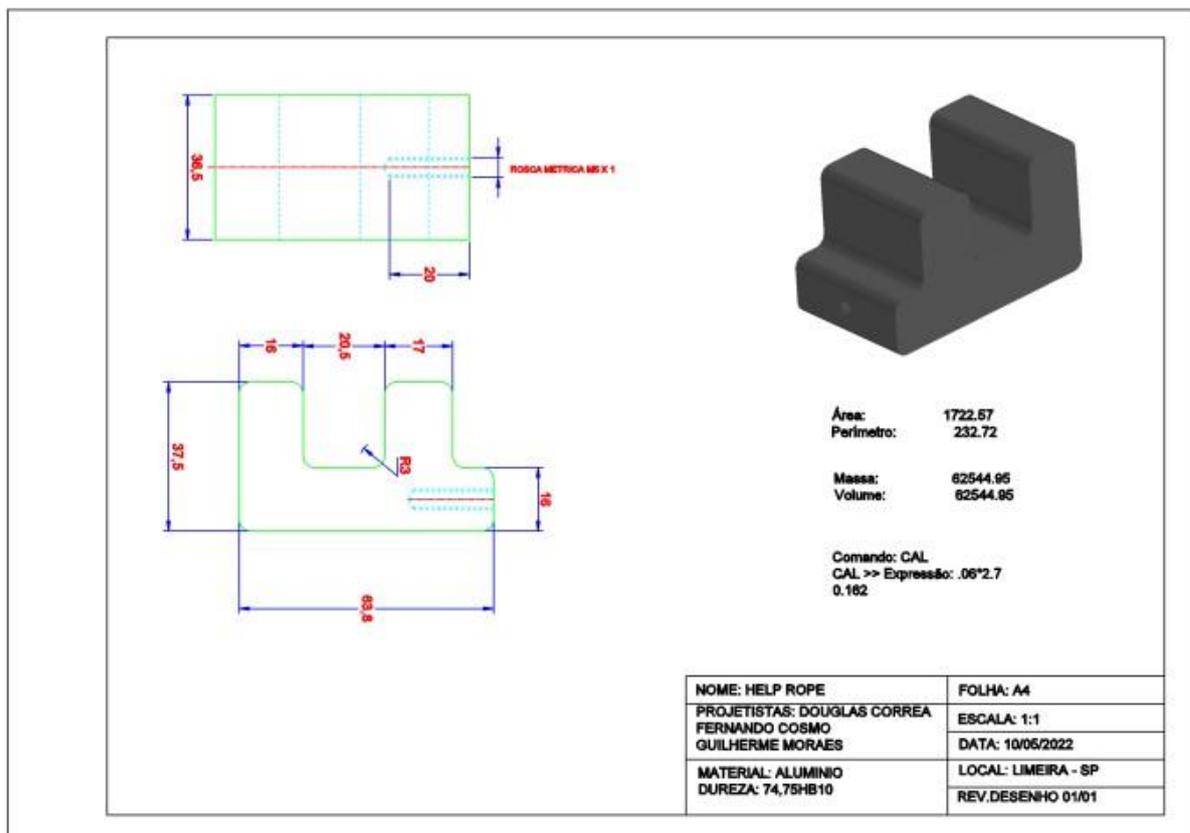
convencionais, com cravos altos e borrachas especiais para se ter mais aderência com os diversos tipos de terreno.

Tendo também a diferença na motorização, com a potência da *off road* sendo mais forte que as convencionais de mesma cilindrada, sendo o motor preparado para altas rotações, com o torque sendo mais forte. Um dos pontos negativos que se tem nessa comparação seria sobre o consumo de combustível sendo alto comparadas as outras motos, graças a potência exigida pelo o esporte, o consumo acaba sendo muito maior que o comum. O conforto acaba sendo uma peça crucial nessa comparação, visto que as motos de enduro passam por terrenos mais complexo, o conforto seria algo interessante para o motociclista, mas isso seria muito difícil pelo peso que seria aplicado na estrutura reduzida.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 CRIAÇÃO DA PEÇA NO AUTOCAD

Figura 11 – Projeto final no *AutoCAD*.



Fonte: Acervo Pessoal.

3.2 CRIAÇÃO DO MODELO

Imagem 12 – Molde de madeira.



Fonte: Acervo Pessoal.

A contração dos metais seria a redução que o mesmo sofre em seu volume total quando se passa em uma temperatura elevada para uma mais baixa. Sendo assim, os modelos criados para fundição devem ser confeccionados com as medidas maiores do que as especificadas e desejadas, levando sempre em consideração esse aumento. Portanto, a contração deve ser calculada para se determinar o acréscimo nas medidas do modelo.

Essas contrações produzem certas tensões que podem deformar a peça e causar algumas fraturas. O modelo foi criado em madeira, com as dimensões maiores, devido à contração que se esperava do alumínio de 1,7% na fundição do material.

Para a saída do modelo se tem uma inclinação que se é dada nas paredes internas e externas dos modelos que serão moldadas verticalmente. Com essa inclinação se tem uma maior facilidade na extirpagem do modelo, ou seja, o destacamento do modelo do molde.

As medidas das superfícies externas com saída sofrem alterações para mais, enquanto que, as medidas das superfícies internas com saída, sofrem alterações pra menos.

3.3 PREPARAÇÃO E SEPARAÇÃO DA SUCATA

Figura 12- Imagem demonstrando as sucatas coletadas.



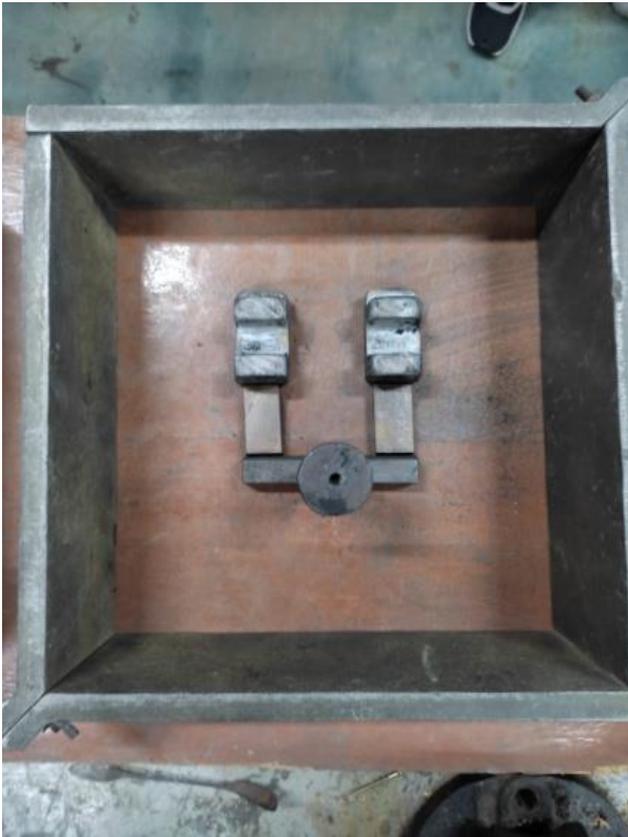
Fonte: Acervo Pessoal.

Foram coletadas sucatas de peças em alumínio já contendo as ligas que podem proporcionar as melhores propriedades mecânicas para a peça, devido à dimensão do forno, as peças foram cortadas e limpas na bancada para melhor desempenho e menor formação de escoria (impurezas). Com um peso total sendo de aproximadamente 5 kg de material recolhido.

3.3.1 MONTAGEM DO MOLDE DE AREIA

Para a criação do molde de areia verde, foi necessário fazer a coleta de material (areia), fazer a sua peneiração e jogá-la no batedor, para ser misturado com água onde se leva em média, a cada 30 kg de areia se adiciona 1,5 L de água até obter uma mistura homogênea (comparando-se a uma massa de modelar)

Figura 13 – Imagem demonstrando Canal de vazamento, Distribuição e Ataque.



Fonte: Acervo Pessoal.

Com os dois modelos já posicionados paralelo um ao outro optamos o pelo ataque pela parte inferior da peça. Com a areia já preparada, se deu início a modelagem na caixa, compactando toda a areia verde em torno da peça como demanda todo o processo.

Posicionando o modelo junto dos canais de vazamento, ataque e distribuição do alumínio.

Figura 14 – Molde de areia junto do molde.



Fonte: Acervo Pessoal.

Com o molde bem montado, e com a areia bem firme, foi retirado o molde juntos dos seus canais de distribuição, ataque e vazamento. Com o auxílio de alguns parafusos, foi possível fazer a retirada do molde por completo sem danificar de forma significativa o molde de areia, sendo assim, estando pronto para o vazamento do alumínio no molde.

3.3.2 VAZAMENTO E FUNDIÇÃO DA PEÇA

Durante todo o processo de preparação do molde, com as sucatas já devidamente limpas, foi adicionado ao forno e durante 2 horas e 55 minutos, o metal chegou à temperatura de 950°C (temperatura limite para a liquidação do material). Durante esse processo foi adicionado sal como escoridificante, e justamente por isso, se obteve um resultado não esperado.

Devido ao uso errado de escoridificante, se obteve muita escória, sendo mais aconselhado utilizar silício no material. Com isso se teve uma perda muito grande de material, não permitindo fazer novos vazamentos para testes. Logo após a limpeza, o alumínio já se encontrava pronto para o vazamento no molde de areia.

Com uma temperatura de aproximadamente 850°C, foi feito o vazamento no molde de areia, e em um molde de coquilha, para que se tornasse possível fazer duas análises metalográficas para comparação e demonstrar com imagens qual teria o alumínio mais refinado,

e também sem nenhum tipo de não conformidade estabelecida pelo grupo, como uma dureza abaixo da espera, e porosidade muito elevada.

O vazamento feito no molde de areia, não foi um sucesso, a peça saiu de forma perfeita, sem nenhuma falha de material, porém não foi feito um canal de saída, e com isso se acumulou muitos gases na parte inferior do molde, causando uma porosidade acima do normal no material, e também por decorrência de um erro na preparação da areia, da qual a mesma se encontrava com uma umidade relativamente alta para o que estava proposto.

Já o vazamento feito na coquilha, foi um sucesso completo, atendendo amplamente no que o grupo esperava, não se teve muita porosidade, e nos testes futuros, atendeu bem aos aspectos metalográficos e nos ensaios destrutivos do produto.

3.3.3 ENSAIOS METALOGRAFICOS E MECÂNICOS

Foi estabelecido um padrão na peça após pronta, da qual se esperava uma dureza que ficasse entre 65 e 75 HB2.5, correspondendo a geometria proposta desde a criação do desenho da peça no *AutoCAD*, com um peso de aproximadamente 500 gramas, com a microestrutura da peça sendo refinada, contendo o mínimo possível de porosidade, contendo como principal elemento de liga o silício, do qual é mais utilizada em peças automotivas e do qual proporciona a peça uma boa resistência a porosidade e corrosão, sendo estabelecida uma média de 5% de silício.

Os testes foram feitos em duas amostras embutidas em baquelite, uma sendo cortada da peça fundida em molde de areia verde, e a outra sendo do molde de coquilha, para serem comparadas e assim, demonstrar qual das duas apresentaria um melhor desempenho no que foi proposto pelo grupo.

Figura 14 – Demonstração das amostras para análise.



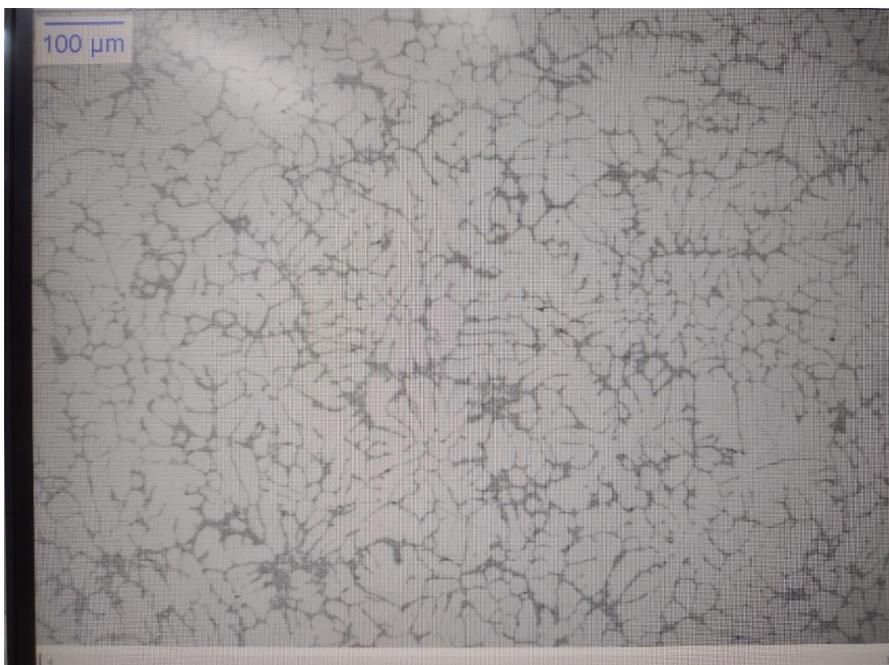
Fonte: Acervo Pessoal.

Imagem 15 - Microestrutura Areia Verde.



Fonte: Acervo Pessoal.

Imagem 16 - Microestrutura Coquilha.



Fonte: Acervo Pessoal.

Na imagem 15, apresenta grãos menos refinados, e é demonstrado uma maior segregação de intermetálicos, já na imagem 16, os grãos são mais refinados, e sua segregação intermetálica é menor, contendo um desvio maior de elementos químicos.

Durante a fusão do alumínio, o uso de um escoridificante incorreto para o material, ajudaram na formação de gases e conseqüentemente apresentando porosidade e bolhas de gás em sua microestrutura, causada pela absorção de hidrogênio. Isso acabou ocorrendo em ambas às amostras, de molde de areia verde quanto o de coquilha.

Foi feito o teste de dureza em ambas as amostras, a média de dureza da amostra fundida na areia verde foi de 72,2 HB2.5, já a média feita na amostra fundida em coquilha foi de 74,75HB2.5, com ambas sofrendo uma carga de 62.5Kg. Atendendo bem as expectativas estabelecidas primariamente, onde se esperava uma dureza consistente para suportar ao uso constante em um terreno de difícil acesso.

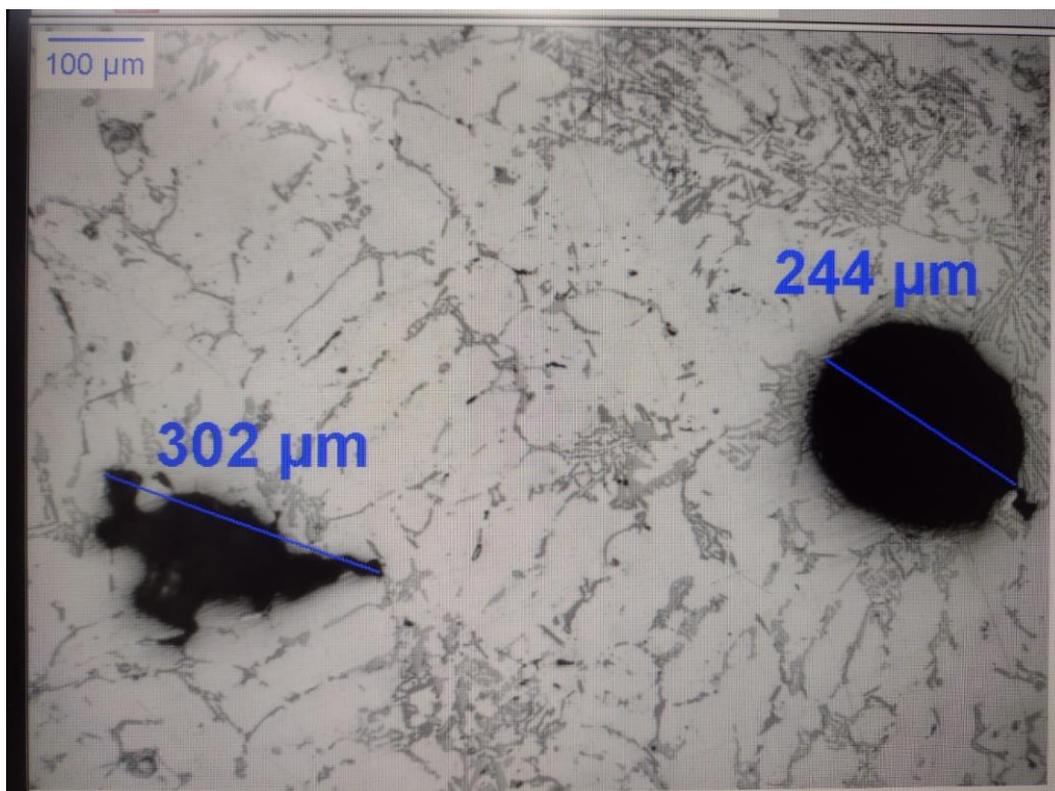
Imagem 17 – Análise pelo Espectrômetro.

Data: 06/04/2022											
Liga: 1275				Nome da Amostra: AMOSTRA							
N° Amostra: LIGA ALUMINIO				Carga:							
Forno:				Codigo da Amostra: FINAL				Chapa do Operador: 34317			
	-Si	Cu	-P	-Mg	Fe	Be	Na	+Zn	-Ni	Co	Mn
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Value	5,49	1,15	<0,00100	0,631	0,528	<0,000100	0,00029	0,677	0,0675	<0,00100	0,211
	Cr	V	Ti	+Ca	Sr	Zr	Cd	Sn	Bi	Pb	Al
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Value	0,0160	0,0128	0,0427	0,00062	<0,000100	0,00367	0,00012	0,0295	<0,00100	0,0603	91,1
	Ga	B	Ag	Li							
	%	%	%	%							
Value	0,0109	0,00030	0,00443	<0,00010							

Fonte: Acervo Pessoal.

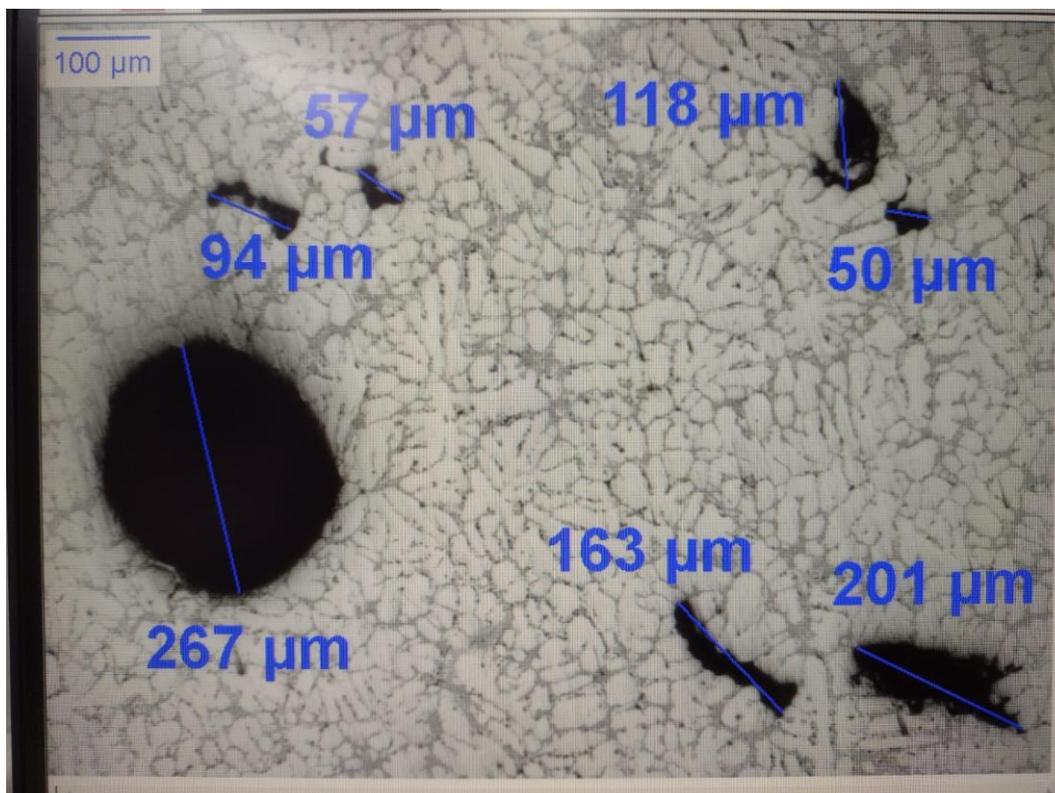
Através de um espectrômetro, foi obtido o que constava como liga na composição química da peça, contendo Silício (5,49), Cobre (1,15) e Magnésio (0,63). Com a peça contendo mais silício, se obteve um material onde se teve com a porosidade reduzida, poucas contrações, reduzindo o coeficiente de expansão térmica e melhorando sua soldabilidade, se tornando mais resistente para não sofrer de trincas ou rachaduras durante seu uso constante.

Imagem 18 – Microestrutura e demonstração da porosidade (Amostra de areia verde)



Fonte: Acervo Pessoal.

Imagem 19 – Microestrutura e demonstração da porosidade (Amostra da Coquilha)



Fonte: Acervo Pessoa.

3.3.4 ACABAMENTO, FURAÇÃO, PINTURA E MONTAGEM

Com isso, se deu início ao processo de acabamento da peça, onde através de uma lixadeira de cinta, foi possível retirar a porosidade que estava concentrada na parte inferior da peça (base) e deixá-la polida, a retirada do sobremetal foi feita através de outro processo, utilizando uma esmerilhadeira, sendo assim atendendo a estética e medidas estabelecidas como base. Na figura 21 demonstra o processo de usinagem, onde foi feito uma furação com rosca M5 em uma de suas extremidades, para a fixação da peça na moto.

Imagem 20 – Acabamento e lixamento da peça.



Imagem 21 – Furação M5 para montagem da peça.



Fonte: Acervo Pessoal.

Após o linchamento e a furação, foi feita a pintura das peças, utilizando massa plástica para o acabamento e a tinta Preto Cadillac PU, utilizando-se de um compressor para a aplicação da mesma na peça. Os resultados obtidos foram surpreendentes.

Imagem 22 – Peça pintada e finaliza.



Fonte: Acervo Pessoal.

Logo após a pintura das peças, foi obtido o peso do produto, onde cada uma pesa cerca de 170 gramas (322.14 g quando somadas), atendendo bem ao limite estabelecido, levando em consideração que caso ambas fossem muito pesadas, poderiam influenciar na locomoção do veículo, e até mesmo, quando feito um peso maior do que o estimado na parte frontal da motocicleta, podendo causar qualquer tipo de acidente com o condutor.

No protetor de mão, existem três furações onde foi fixada a peça desenvolvida sendo na parte frontal da motocicleta onde não se tem interferência na mobilidade do condutor quando sobre o veículo.

Imagem 23 – Peças montadas e equipadas em um modelo de moto *Off-Road*



Fonte: Acervo Pessoal

3.4 CONCLUSÕES FINAIS

Após as análises dos resultados neste trabalho foi constatado que é totalmente plausível se produzir essa peça de motocicleta, para suportar a corda, porém a produção da mesma em areia verde não é a melhor via para se produzir, devido ao alto custo que se teria para a produção, onde teria que se fazer diversos processos para evitar a alta porosidade contida na base da peça, podendo encarecer e muito a produção em pequena e larga escala do produto, sua microestrutura não atendeu bem ao esperado, onde os grãos não ficaram tão refinados quanto o esperado, mas a usabilidade do material selecionado, o alumínio junto do silício demonstrou ter a química esperada para atender ao que foi proposto pelo trabalho nas conformações mecânicas e dureza, o design e a estética foram surpreendentes, ficando visivelmente bonita e pratica para o que foi proposto. O erro do uso incorreto do escorificante e a falta de um canal de vazamento foram os principais fatores que auxiliaram na alta porosidade da peça, visto que o uso ideal (do escorificante) seria o silício, e não sal de cozinha. Com o uso correto do escorificante, sendo vazado em coquilha, acredita-se que a peça atenderia bem ao esperado pelo grupo, em todos os parâmetros estabelecidos como padrão.

4. REFERÊNCIAS

Linkedin **Importância do tratamento de desgaseificação na fundição de peças em ligas de alumínio** 14 Dez 2016 Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-do-tratamento-de- desgaseifica%C3%A7%C3%A3o-na-fundi%C3%A7%C3%A3o-fuoco> Acesso em: 24 Mai 2022

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior **Plataforma Informet**. Rio de Janeiro RJ, c2020. Disponível em: <https://www.infomet.com.br/site/diagrama-de-fases.php?cod=1> Acesso em 30 Mai 2022

RAMIREZ A.J et al. PRECIPITAÇÃO DE FASES INTER METALICAS E AUSTENITA SECUNDARIA . in: SCIELO - Antonio_Ramirez Online **precipitação de fases** São Paulo 23 dez 2021 Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-02012002-175418/publico/Antonio_Ramirez.pdf Acesso em: 30 abr 2022.

NOGUEIRA R.A at al. ESTUDO DA SEGREGAÇÃO E DA HOMOGENEIZAÇÃO NA LIGA Cu-50%Ni: INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO E DA RECRISTALIZAÇÃO NA HOMOGENEIZAÇÃO. in: SCIELO - REJANE APARECIDA NOGUEIRA **Estudo da Segregação** São Paulo 10 dez 1995. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Rejane%20Aparecida%20Nogueira_D.pdf Acesso em: 10 jan 2022

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Plataforma Metalurgista Industrial**. São Paulo, SP: c2019. Disponível em: <http://www.metalurgistaindustrial.com.br/adm/upload/EngMetais/201961121114e.pdf> Acesso em: 13 fev 2022.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Plataforma Engenheiro de materiais**. São Paulo, SP: CAPES, Disponível em: <https://engenheirodemateriais.com.br/2016/11/09/endurecimento-por-precipitacao-de-ligas-de-aluminio/> Acesso em: 14 mai 2022.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior **Plataforma Informet**. Rio de Janeiro RJ, c2020. Disponível em: <https://www.infomet.com.br/site/metais-e-ligas-conteudo-ler.php?codAssunto=57> 21 abr 2022