

## II.6. Características de algumas ligas de alumínio

Neste projeto, o conhecimento básico de algumas ligas de alumínio é fundamental; tais ligas, hoje utilizadas nas atividades do LabMat-FEI, e suas respectivas características, estão listadas à seguir:

- **AA7175**

De início, para que liga AA 7175 seja analisada e estudada de modo que satisfaçam futuras aplicações, é necessária a exposição de sua composição química nominal, que segue na tabela II.2[17]:

**Tabela.II.2 – Composição química nominal da liga AA7175**

% de massa dos elementos								
Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Cr	Zn	Ti	Outros
1.2 à 2.0	2.1 à 2.9	0.1 máx	0.15 máx	0.2 máx	0.18 à 0.28	5.1 à 6.1	0.1máx	0.15máx

Também é importante que se dê atenção a algumas propriedades mecânicas características da liga AA7175, tomando como exemplo algumas tâmporas. Estas propriedades estão listadas na Tabela II.3 [17]:

**Tabela.II.3 – Propriedades mecânicas da liga AA7175 nas tâmporas T66 e T736.**

Tempera	Limite de tração		Limite de escoamento		Limite de resistência à fadiga, à $5 \times 10^8$ ciclos		Alongamento em 75mm ou 3in
	MPa	Ksi	MPa	Ksi	MPa	Ksi	%
T66	593	86	524	76	159	23	---
T736	524	76	455	66	159	23	14

A densidade da liga AA7175 é  $2,8 \text{ g/cm}^3$  ou  $0,101 \text{ lb/in}^3$ . Estes dados valem a  $20^\circ\text{C}$  ou  $68^\circ\text{F}$ . [11] Em se tratando de propriedades térmicas, é de interesse a

temperatura *liquidus* e a temperatura incipiente de fusão da liga. Estas temperaturas estão listadas na Tabela II.4 [17]:

**Tabela II.4 – Propriedades térmicas: temperatura *liquidus* e temperatura incipiente de fusão da liga AA7175**

Temperatura <i>liquidus</i>		Temperatura incipiente de fusão	
°C	°F	°C	°F
635	1175	532	990

- **AA7475**

Analogamente a liga anterior, será necessário o fornecimento da composição química nominal da liga AA7475. Segue na tabela II.5 os dados [17]:

**Tabela.II.5 – Composição química nominal da liga AA7475**

% de massa dos elementos								
Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Cr	Zn	Ti	Outros
1.2 à 1.9	1.6 à 2.6	0.06 máx	0.10 máx	0.12 máx	0.18 à 0.25	5.2 à 6.2	0.06máx	0.15máx

As propriedades mecânicas da liga AA7475 são similares às da liga AA7175 devida a pequena diferença em sua composição química nominal, como mostram os dados na tabela II.6.[17]:

**Tabela.II.6 – Propriedades mecânicas da liga AA7475**

Tempera	Limite de Tração		Limite de escoamento		Alongamento em 50mm ou 2in
	MPa	Ksi	MPa	Ksi	%
T61	552	80	496	72	12
T761	524	76	462	67	12

A densidade da liga AA7475 é também  $2,8 \text{ g/cm}^3$  ou  $0,101 \text{ lb/in}^3$ , válidos a  $20^\circ\text{C}$  ou  $68^\circ\text{F}$ . A temperatura *liquidus* e a temperatura incipiente de fusão da liga AA7574 estão listadas na Tabela.II.7[17]:

**Tabela.II.7 - Propriedades térmicas: Temperatura *liquidus* e temperatura incipiente de fusão da liga AA7475**

Temperatura <i>liquidus</i>		Temperatura incipiente de fusão	
$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$
635	1175	538	1000

### • A413.1

Como a liga A413.1 é uma liga fundida, sua composição química nominal difere muito das ligas AA7175 e AA7475, principalmente pelo alto teor de silício, característica das ligas fundidas ou de fundição como mostra a Tabela.II.8 [18]:

**Tabela.II.8 – Composição química nominal da liga A413.1**

% de massa dos elementos								
Si	Cu	Mg	Mn	Fe	Ni	Zn	Sn	Outros
11.0 à 13.0	1.0 máx	0.1 máx	0.35 máx	1.3 máx	0.5 máx	0.5 máx	0.15 máx	0.25máx

Correlacionadas as composições químicas nominais, era de se esperar que as propriedades mecânicas da Liga A413.1 fossem bem distintas das ligas demonstradas anteriormente. As propriedades mecânicas da Liga A413.1 estão listadas na tabela.II.9. [18]:

**Tabela.II.9 – Propriedades mecânicas da liga A413.1**

Limite de escoamento		Limite de resistência à fadiga, à $5 \times 10^8$ ciclos		Alongamento em 50mm ou 2in
MPa	Ksi	MPa	Ksi	%
130	19	130	19	3.5

Também é dado que a sua densidade é  $2,657\text{g/cm}^3$  ( $0,096\text{lib/in}^3$ ) à  $20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ) e que o seu calor latente de fusão é  $389\text{ KJ/Kg}$  ( $167\text{Btu/lb}$ ). Por fim, seu intervalo de fusão vai de  $650$  à  $760^\circ\text{C}$ . [18]

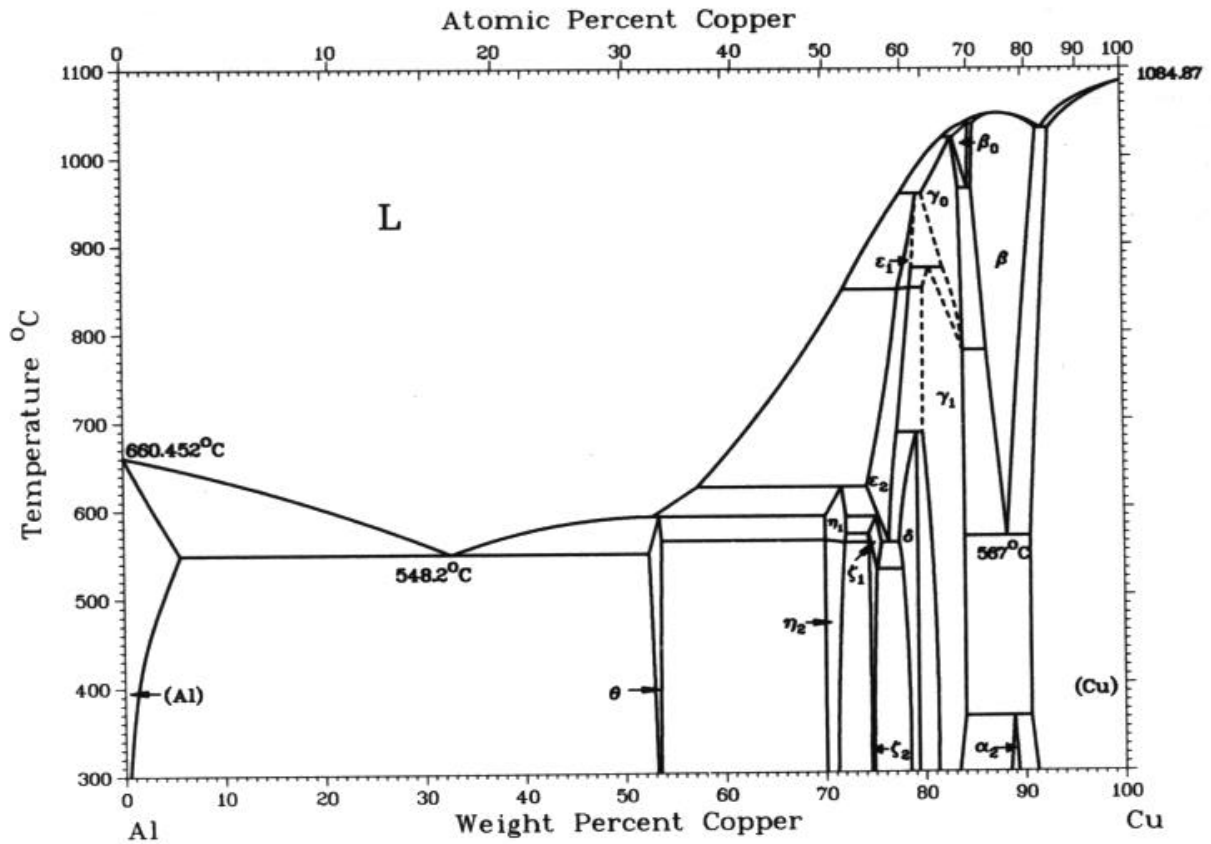
### • Ligas Al-Cu

As ligas Al-Cu, particularmente as ligas da série 2xxx, são aplicadas com grande êxito na construção de peças que devem ter uma grande resistência ao calor e dureza em estado quente, como por exemplo, no caso de pistões para motores de combustão, se bem que apresentam o inconveniente de um maior coeficiente de dilatação térmica se comparadas por exemplo, às ligas Al-Si. A presença do cobre faz com que não sejam aconselháveis para a construção de peças que devem resistir à corrosão. A liga eutética possui 33% de cobre e ponto de fusão aos  $548^\circ\text{C}$ , como pode-se ver no Figura.II.6. Na prática todas as ligas de alumínio e cobre estão compreendidas na zona com um conteúdo de cobre de até 13%, já que a partir deste valor em diante as mesmas são muito frágeis[14]. Na tabela.II.10 tem-se a composição química nominal de uma liga Al-Cu, a liga AA2014:

**Tabela.II.10 – Composição Química Nominal da liga AA2014**

% Massa dos elementos										
Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Outros
bal	0.5-1.2	0,7	3.9-5.0	0.4-1.2	0.2-0.8	0,1	-	0,25	0,15	0,15

Figura.II.6 – Diagrama de equilíbrio de fases Al-Cu[19]



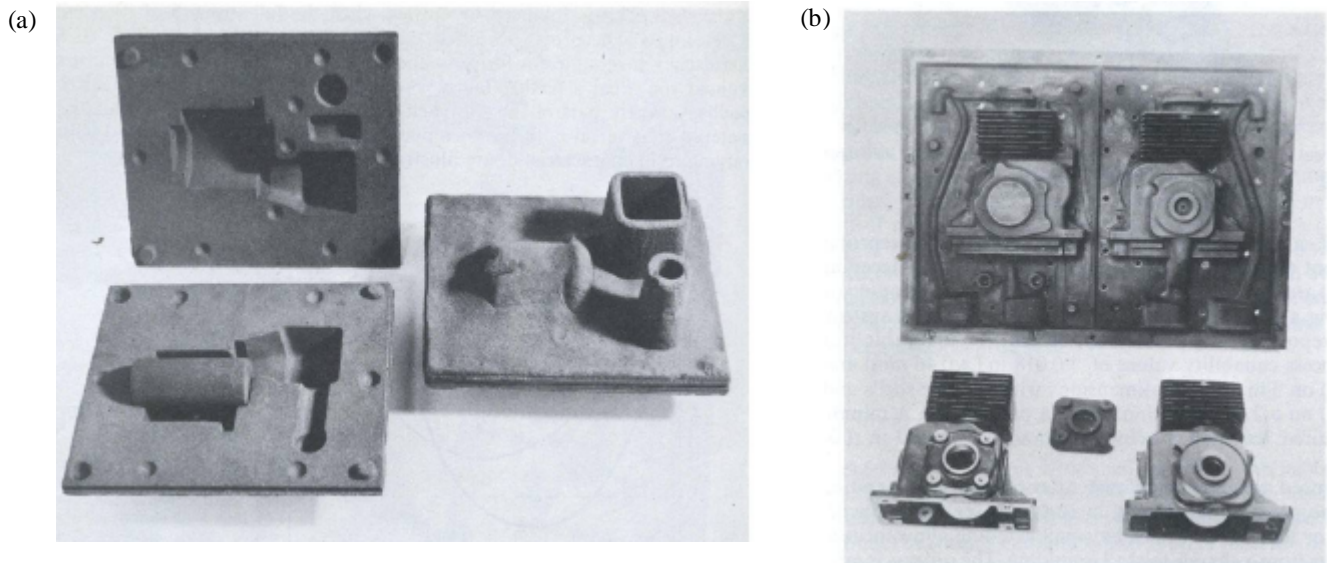
## II.7. Processo Shell Molding

O processo shell molding, ou processo de moldagem em casca, consiste no uso de uma areia de modelagem, geralmente areia de quartzo, coberta com uma resina sintética ligante (resina poliéster, uréia-formaldeído ou fenolformaldeído) comercialmente chamada de novolaca, para molde de fundição[20].

Em suma, o processo funciona da seguinte forma: sobre uma placa de modelo aquecida, após aspersão de um desmoldante, é derramada a mistura de areia e resina sintética. A resina é curada na faixa de 150°C a 280°C, formando-se uma casca em volta do modelo, podendo se obter a metade ou parte do molde (vide Figura.II.7). A casca formada pode ser extraída por meio de pinos extratores. Após sua extração, as

duas metades são acopladas por meio de colagem como por exemplo a HOTCOL 25, colante fornecido pela Bentomar, e pinos guia. O molde pronto para fundir pode ser vazado na posição horizontal ou vertical. Após o vazamento, o molde se desintegra por causa da queima da resina[22].

---



**Figura.II.7.(a):** Jogo de placa molde para shell molding (à esquerda da figura), e o molde para fundição em shell molding ( à direita da figura).[21] **(b):** A placa para modelagem de shell molding(acima), e o produto final já fundido (abaixo)[21]

---

Para que este processo seja tecnicamente viável para a produção de peças a casca deve ter resistência para que possa ser separada do modelo, o que, atualmente, é conseguido principalmente pela utilização de ligantes, como as resinas de fenol-formaldeído, as quais, sob calor, amolecem inicialmente, e então, com a ajuda de um endurecedor, tornam-se um polímero termofixo de alta resistência. A resina fenólica, na areia, forma uma cadeia entrelaçada de alta resistência e chega a um estado rígido e quebradiço com alta resistência mecânica na casca de areia. A resina, então, se

transforma em estado indissolúvel e infusível (comumente chamada de termofixa), permitindo o transporte de machos e moldes para estocagem e vazamento. [22,23]

Quanto mais fina a areia, tanto melhor será a superfície de peças fundidas, porém, maiores quantidades de ligante devem ser adicionadas para que se consiga uma determinada resistência do material de modelagem.[22]

O modelo usado no processo é geralmente feito de ferro fundido, mas o alumínio também pode ser usado, mas só é adequado para processos de pequena escala de produção. O motivo para isto é que o modelo de alumínio é menos resistente ao desgaste, sendo assim, o contato com a areia pode danificar seu acabamento superficial e também comprometer precisão dimensional da peça. Contudo, para a produção de poucas peças, é extremamente interessante, pois pelo alumínio ser um bom condutor térmico o tempo, e conseqüentemente a energia, necessários para curar a mistura areia-resina são aceitáveis.

O aquecimento do modelo é extremamente crítico: se uma temperatura muito alta for obtida a cura resultará na queima da resina, que poderá resultar na quebra da casca durante a fundição. Por outro lado, se a temperatura for muito baixa, apenas uma pequena camada do molde irá curar, fazendo com que a casca resistente fique fina, causando a quebra da mesma durante sua extração da placa do modelo. [24]

Para o aquecimento dos moldes podem ser utilizadas resistências elétricas aplicadas diretamente às placas suporte dos modelos ou ainda fomos aquecidos a gás, óleo diesel, elétricos ou por infravermelho. A técnica a ser seguida depende do tamanho das cascas que devem ser preparadas.[14]

Quanto à recuperação da areia, é possível reutilizá-la de duas maneiras:  
*Recuperação pneumática através de separação por impacto e recuperação térmica*

*pelo processo de prólise.* No primeiro, a recuperação é precedida de pré-trituração, separação magnética e peneiramento com malha grossa. A areia triturada é introduzida numa unidade de limpeza pneumática (de varias células). Seus maiores níveis de recuperação giram em torno de 50%. Já o segundo processo, também chamado de processo pirolítico, consiste na queima do material orgânico (resina) aderido à areia usada, em 800 a 900°C na presença de ar. O efeito regenerador resultante é de 95 a 100%, isto é, a areia possui, posteriormente, as mesmas qualidades da areia nova. Em experiências realizadas pelo alemão Heinz Berndt, foi constatado um aumento de resistência na areia após este processo, visto que aparentemente as cavidades e fendas da areia ficaram preenchidas com restos de resina. Numa recuperação bem feita, pode-se economizar entre 8 e 10% de resina.[22]

Os pontos fortes do processo residem na elevada precisão para a reprodução de contornos, ou seja, boa definição de detalhes com uma diferença de 0,3% à 0,7% das dimensões originais[21], e um acabamento superficial muito bom, que pode contar com uma rugosidade de 25 a 160  $\mu\text{m}$  [20,21]. Um de seus principais campos de aplicação é a produção de peças automobilísticas de excelente qualidade dimensional[22]. O processo pode ser aplicado tanto na fundição de ferrosos como na de não-ferrosos[20]. A areia é relativamente cara quando comparada com a areia-verde, porém, é mais barata que os materiais utilizados na fundição de precisão ou microfusão. [24]



## III. Materiais e Métodos

### III.1. Materiais

Durante as aplicações experimentais do projeto, serão utilizados quatro tipos de ligas. Elas estão divididas em dois grupos: *ligas trabalháveis* e *ligas para fundição*.

Dentro das ligas trabalháveis, serão usados três tipos de ligas:

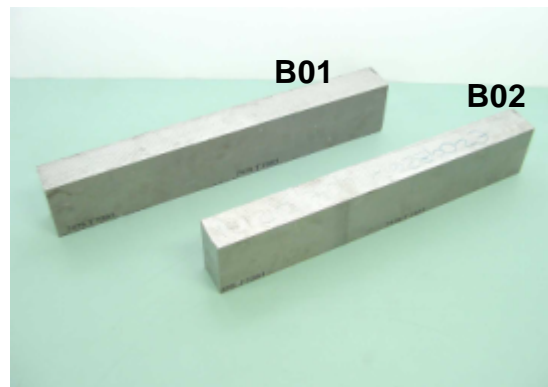
- A liga **AA7175**, que terá sua especificação confirmada, está na forma de corpos de prova utilizados para ensaios de tração e de fadiga no LabMat. De uma forma geral, serão denominados de corpos de prova A01, mostrados na figura.III.1



**Figura.III.1:** Foto dos corpos de prova de tração A01

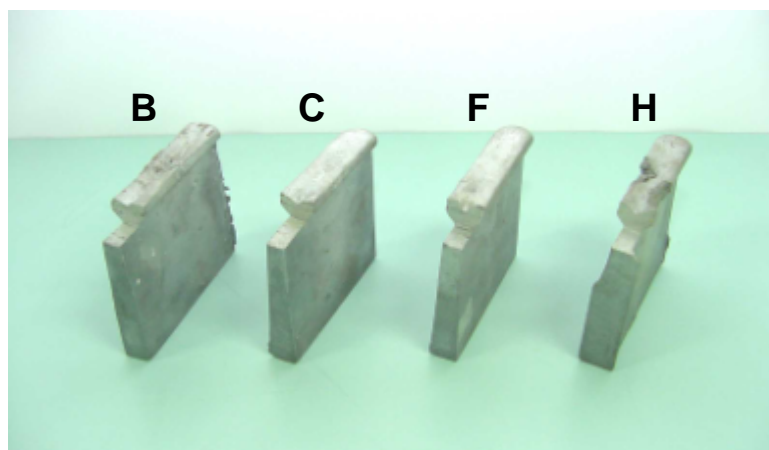
---

- A liga **AA7475** também terá sua especificação confirmada, ela se encontra na forma de dois blocos forjados denominados de B01 e B02 (vide Figura.II.2). Estes blocos são provenientes da sucata de fabricação de aviões da Embraer.



**Figura.III.2:** Foto dos blocos forjados B01 e B02

- A liga **AA xxxx**, que é uma liga trabalhada, ainda sem especificação, está na forma de quatro lingotes, denominados de B, C, F e H, como se segue na Figura.III.3. Estes, foram fundidos no LabMat à partir de sucatas em uma lingoteira, conforme mostra o apêndice A.



**Figura.III.3:**Foto dos lingotes B, C, F e H

No segundo grupo, que são as ligas para fundição, teremos em mãos o seguinte material:

- Liga **Axxx.x**, que se encontra na forma de dois lingotes, denominados de N°1 e N°3, como pode se ver nas Figura.III.4.(a) e Figura.III.4.(b) respectivamente, porém sem especificação inicial. Eles foram adquiridos com o propósito de assumirem o papel de ligas-mãe para fundição, tomando intrínseca a presença aproximada de 12% de Si em sua composição química.



**Figura.III.4.(a):** Foto do lingote N°1. **(b):** Foto do lingote N°3

Por último, se tem posse de limalha de cobre eletrolítico (99,9 % Cu), caso seja necessário a utilização do mesmo para a obtenção das ligas Al-Cu.

## **III.2.Métodos**

### **III.2.1.Análise química**

Tendo portanto dois tipos de ligas de alumínio não especificados, e dois a serem confirmados, como citado no item III.1, foi necessário realizar a análise química de cada material para que fosse possível especificá-los.

A análise química dos materiais foi realizada em base de amostras em forma de cavaco devidamente recolhidas, ou seja, sem contaminação. Estas foram encaminhadas ao IPEI, onde, através da espectroscopia atômica, foi realizada análise química (uma explicação mais detalhada e clara sobre o método da espectroscopia atômica aplicado pode ser vista no apêndice B deste relatório). Vale notar que apenas alguns elementos foram analisados na espectroscopia atômica<sup>1</sup>.

### **III.2.2.Identificação das ligas**

De posse dos resultados da análise química, foi possível especificar o tipo de liga dos lingotes N°1, N°3, B, C, F e H, e confirmar a especificação dos corpos de prova A01, e dos blocos forjados B02 e B02, comparando-os com as especificações da norma da *Aluminum Association*.

---

<sup>1</sup> O executante da análise química é capaz de verificar: Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Be, Cd, Ca, Co, Cr, Fe, Hg, K, W, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Sn, Si, Sn, Se, Ti, V, Zn e Zr.

### III.2.3. Projeção da composição química da liga a ser fundida.

De posse da análise química dos materiais que se tem posse, será utilizada uma planilha eletrônica elaborada no programa Microsoft Excel, que, através de cálculos de balanceamento tendo como dados de entrada os valores da massa e da porcentagem em massa das ligas que se tem posse, projetará a composição química da liga a ser fundida. Vide o esboço da planilha a ser utilizada:

**Tabela.III.1 – Planilha de projeção da análise química da liga a ser fundida**

Nome	Tipo de Liga	Massa Utilizada (Kg)	% Massa dos elementos				
			Al	Si	Cu	...	Outros
						...	
						...	
						...	
<b>Liga a processar</b>						...	

O cálculo da porcentagem em massa de cada elemento da liga a ser processada segue na fórmula abaixo:

$$\left[ \frac{\sum \left( \frac{\% \text{ em massa do elemento} \times \text{Massa de uma dada liga}}{100} \right)}{\text{Massa das ligas utilizadas}} \right] \times 100 = \% \text{ em massa do elemento na liga processada}$$

## III.2.4.Procedimentos de Refusão das Ligas Fundidas

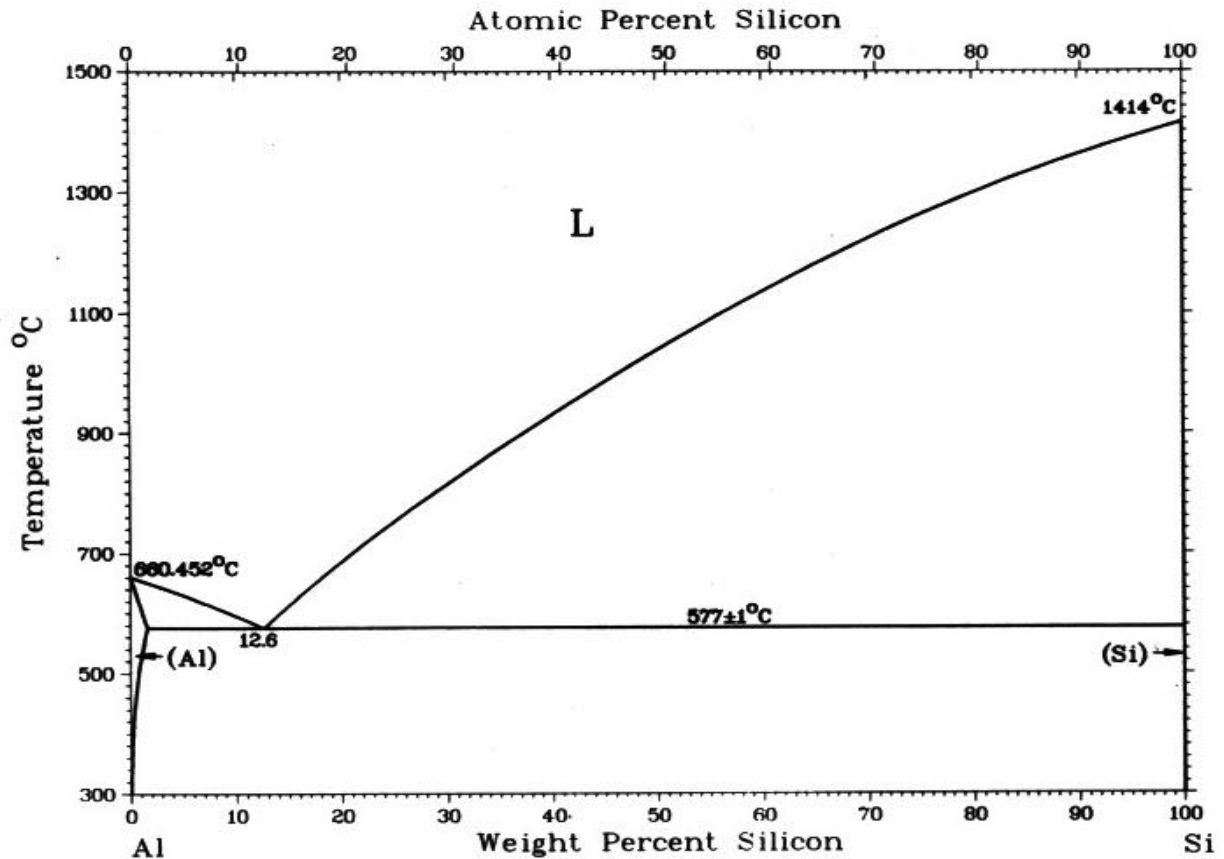
### III.2.4.1.Temperatura de Fundição

Para que se consiga fundir qualquer liga, é necessário que seja ultrapassado o ponto de fusão da mesma. Mas como a composição química pode mudar de uma liga para outra, e esta influencia diretamente com o comportamento da liga em relação à temperatura e conseqüentemente o ponto de fusão, acaba-se estabelecendo uma relação entre temperatura de fusão e composição química.

Assim, a partir do diagrama de equilíbrio de fases Al-Si (Figura.III.1), será possível estabelecer a temperatura de fusão das ligas para fundição de acordo com a porcentagem em massa de Si na liga. Não foi estudada a influência de outros elementos de liga no diagrama de equilíbrio de fases por causa da sua desprezível participação na % de massa nessas ligas, no caso, blocos N°1 e N°3, como poderá ser costatado no item IV.2.

A temperatura de fusão das ligas fundidas podem ser encontradas no diagrama de equilíbrio de fases da seguinte maneira: entrando com o valor da porcentagem em massa de Si no eixo das abscissas, rebatendo até a curva *liquidus*, e daí, traçando uma linha horizontal que até o eixo das ordenadas, obtém-se a temperatura de fusão para aquela liga.

Figura.III.1 – Diagrama de fase Al-Si [19]



### III.2.4.2. Molde para fundição

O molde para fundição dessas ligas será confeccionado no Laboratório de Materiais através do processo shell molding. Para a cura da areia-resina, será utilizado um sistema de aquecimento elaborado no próprio Laboratório de Materiais. Maiores detalhes sobre o funcionamento e a confecção deste sistema, se encontram no Apêndice C deste projeto.

## **III.2.5.Procedimentos de Refusão das Ligas Trabalhadas**

### **III.2.5.1.Temperatura de Fundição**

- *Lingotes B, C F e H*

É de se esperar, que sendo estes provenientes de sucata de alumínio, seus elementos de liga tenham participação desprezível na composição química, o que provocará pouca influência na temperatura de fusão. Assim, para os mesmos, será adotada como temperatura mínima de fusão a temperatura de fusão de uma liga de alumínio puro.

### **III.2.5.2.Molde para fundição**

O molde que será utilizado para a fundição das ligas Al-Cu será a mesma lingoteira utilizada na confecção dos lingotes B, C, F e H. Foto e desenhos da mesma se encontram no Apêndice A.

### **III.2.5.3Cálculo do volume e da massa utilizada para fundição de alumínio na**

#### **Lingoteira.**

Para este calculo é indispensável o cálculo do volume da própria lingotaria, pois ele terá que ser o volume do material fundido, a fim de que não haja desperdício e nem falta de material. Achado o volume, multiplica-se o seu valor numérico pelo valor da densidade média do alumínio, aproximadamente  $2,7\text{g/cm}^3$ , e por fim encontra-se a massa necessária para a fundição do lingote de alumínio.

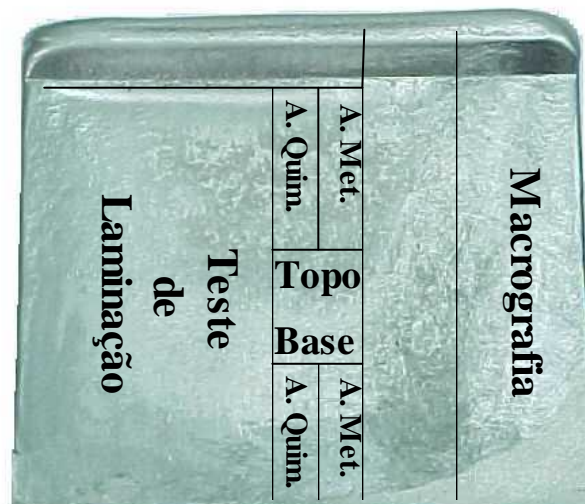


#### III.2.5.4.A fundição

Foram colocadas em um cadinho CCAF3, as ligas de Al que se deseja fundir de acordo com o volume do lingote a ser fundido. O cadinho e os materiais serão colocados juntos em um forno elétrico a temperatura de 750°C. Após a liquefação do alumínio serão acrescentados os elementos de liga necessários. Após a sua dissolução é então vazado o material fundido na lingoteira.

#### III.2.5.5.Análise dos lingotes fundidos

- Análise Química – Como já mencionado, a análise química foi realizada através de espectroscopia atômica. Serão retiradas amostras do topo e da base do lingote (vide figura III.2).



**Figura III.2-** Divisão que será realizada no lingote para análises

---

- *Análise Macrográfica* – A partir de um corte transversal no lingote, foi utilizado o reativo de Tucker para atacar a superfície do corte, a fim de se ter maior clareza na análise.



- *Laminação* – Foi realizada no laminador do Laboratório de Materiais com rotação de 250 rpm em passes de 0,5mm. A princípio será laminado o lingote sem tratamento térmico. Caso se faça necessário, a peça a ser laminada será recozida à 350°C por 4 horas .
- *Análise Metalográfica* – A análise foi realizada no microscópio Leica após a laminação do lingote. As amostras serão atacadas com solução de água destilada com 0,5% de HF.
- *Análise de Dureza* – Para a medições foi utilizada a escala Brinell com cargas de 15,625 e 31,25Kg e com um penetrador esférico de aço de 2,5mm de diâmetro. A análise foi realizada após a laminação.

## IV. Resultados

### IV.1. Identificação das ligas trabalháveis

Como explicado no item III.2.2, amostras dos lingotes B, C, F, H, dos corpos de prova A01 e dos blocos forjados B01 e B02 foram encaminhados para a análise química para a obtenção da composição química real dos mesmos. A Tabela IV.1 mostra a composição química real dos lingotes B, C, F e H em porcentagem de massa.

**Tabela.IV.1: Composição química real dos lingotes B, C, F e H**

Nome	% Massa dos elementos									
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Outros
<b>B</b>	96.72	0.37	0.25	0.80	0.14	0.15	0.016	0.19	0.88	0.48
<b>C</b>	97.11	0.08	0.31	0.79	0.10	0.10	0.015	0.15	0.94	0.41
<b>F</b>	96.92	0.35	0.25	0.82	0.14	0.15	0.018	0.20	0.69	0.46
<b>H</b>	97.06	0.42	0.23	0.80	0.14	0.14	0.018	0.19	0.62	0.38

A Tabela IV.2 mostra a composição química real dos corpos de prova A01 em porcentagem de massa.

**Tabela.IV.2: Composição química real dos corpos de prova A01**

Nome	% Massa dos elementos									
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Outros
<b>A01</b>	89.52	0.15	0.20	1.60	0.10	2.50	0.23	5.60	0.10	0.00

A Tabela IV.3 mostra a composição química real dos blocos forjados B01 e B02 em porcentagem de massa.

**Tabela.IV.3: Composição química real dos dos blocos forjados B01 e B02**

Nome	% Massa dos elementos									
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Outros
<b>B01</b>	89.75	0.067	0.017	1.61	0.001	2.17	0.21	6.00	0.017	0.16
<b>B02</b>	89.67	0.072	0.006	1.63	0.001	2.19	0.21	6.05	0.018	0.15

## IV.2. Identificação das Ligas Fundidas

Como explicado no item III.2.2, amostras dos lingotes N°1 e N°3 também foram encaminhadas para a análise química para a obtenção da composição química real dos mesmos. A Tabela IV.4 mostra a composição química real dos lingotes N°1 e N°3 em porcentagem de massa.

**Tabela.IV.4 – Composição química real dos lingotes N°1 e N°3**

Nome	% Massa dos elementos										
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Outros
<b>N° 1</b>	85.89	11.5	0.65	0.90	0.11	0.035	0.015	0.045	0.40	0.00	0.46
<b>N° 3</b>	86.00	12.2	0.57	0.40	0.27	0.077	0.021	0.03	0.17	0.00	0.26

## IV.3.Massa a Ser Utilizada Para Fundir Lingotes de Alumínio

Feito os cálculos explanados no item III.2.5.3., o resultado encontrado para o volume da lingoteira foi de 244,4cm<sup>3</sup> ou 244mL. Assim, a massa de alumínio a ser utilizada para a fundição na lingoteira é de 660g. Para efeitos de perdas com escórias durante a fundição e maior facilidade de cálculo na obtenção da liga a ser processada, será adotado uma massa de 700g para fundição de alumínio na lingoteria.

## IV.4. Fundição de Ligas Al-Cu

Para a obtenção de ligas Al-Cu por meio de fundição foi utilizado a planilha de projeção demonstrada no item III.2.3. Dois lingotes foram fundidos a fim de serem compatíveis com a liga AA2014, o lingote CH1 e o lingote A. As ligas utilizadas na elaboração, e a massa destas estão nas planilhas das tabelas IV.5 e IV.6.

**Tabela.IV.5 – Planilha de projeção do Lingote CH1**

Nome	Tipo de Liga	Massa Utilizada (g)	% Massa dos elementos											
			Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn	Outros
B	AAxxxx		96.72	0.37	0.25	0.80	0.14	0.15	0.016	0.19	0.88	0.00	0.08	0.48
C	AAxxxx	331	97.11	0.08	0.31	0.79	0.10	0.10	0.015	0.15	0.94	0.00	0.07	0.41
F	AAxxxx		96.92	0.35	0.25	0.82	0.14	0.15	0.018	0.20	0.69	0.00	0.08	0.46
H	AAxxxx	350	97.06	0.42	0.23	0.80	0.14	0.14	0.018	0.19	0.62	0.00	0.07	0.38
Nº 1	AA413,1		85.89	11.5	0.65	0.90	0.11	0.035	0.015	0.045	0.40	0.055	0.00	0.40
Nº 3	AA413,1		86.00	12.2	0.57	0.40	0.27	0.077	0.021	0.03	0.17	0.10	0.00	0.16
A01	AA7175		89.52	0.15	0.20	1.60	0.10	2.50	0.23	0.00	5.60	0.10	0.00	0.00
B01	AA7475		89.75	0.067	0.017	1.61	0.001	2.17	0.21	0.008	6.00	0.02	0.00	0.15
B02	AA7475		89.67	0.072	0.006	1.63	0.001	2.19	0.21	0.005	6.05	0.018	0.00	0.15
Cobre puro		22.7	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Liga a processar		703.7	93.95	0.25	0.26	4.00	0.12	0.12	0.02	0.17	0.75	0.00	0.07	0.38

**Tabela.IV.6 – Planilha de projeção do Lingote**

Nome	Tipo de Liga	Massa Utilizada (g)	% Massa dos elementos											
			Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn	Outros
B	AAxxxx	279.4	96.72	0.37	0.25	0.80	0.14	0.15	0.016	0.19	0.88	0.00	0.08	0.48
C	AAxxxx	270.1	97.11	0.08	0.31	0.79	0.10	0.10	0.015	0.15	0.94	0.00	0.07	0.41
F	AAxxxx	130.7	96.92	0.35	0.25	0.82	0.14	0.15	0.018	0.20	0.69	0.00	0.08	0.46
H	AAxxxx		97.06	0.42	0.23	0.80	0.14	0.14	0.018	0.19	0.62	0.00	0.07	0.38
Nº 1	AA413,1		85.89	11.5	0.65	0.90	0.11	0.035	0.015	0.045	0.40	0.055	0.00	0.40
Nº 3	AA413,1		86.00	12.2	0.57	0.40	0.27	0.077	0.021	0.03	0.17	0.10	0.00	0.16
A01	AA7175		89.52	0.15	0.20	1.60	0.10	2.50	0.23	0.00	5.60	0.10	0.00	0.00
B01	AA7475		89.75	0.067	0.017	1.61	0.001	2.17	0.21	0.008	6.00	0.02	0.00	0.15
B02	AA7475		89.67	0.072	0.006	1.63	0.001	2.19	0.21	0.005	6.05	0.018	0.00	0.15
Cobre puro		22.7	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Liga a processar		702.9	93.78	0.24	0.26	4.00	0.12	0.13	0.02	0.17	0.84	0.00	0.07	0.43

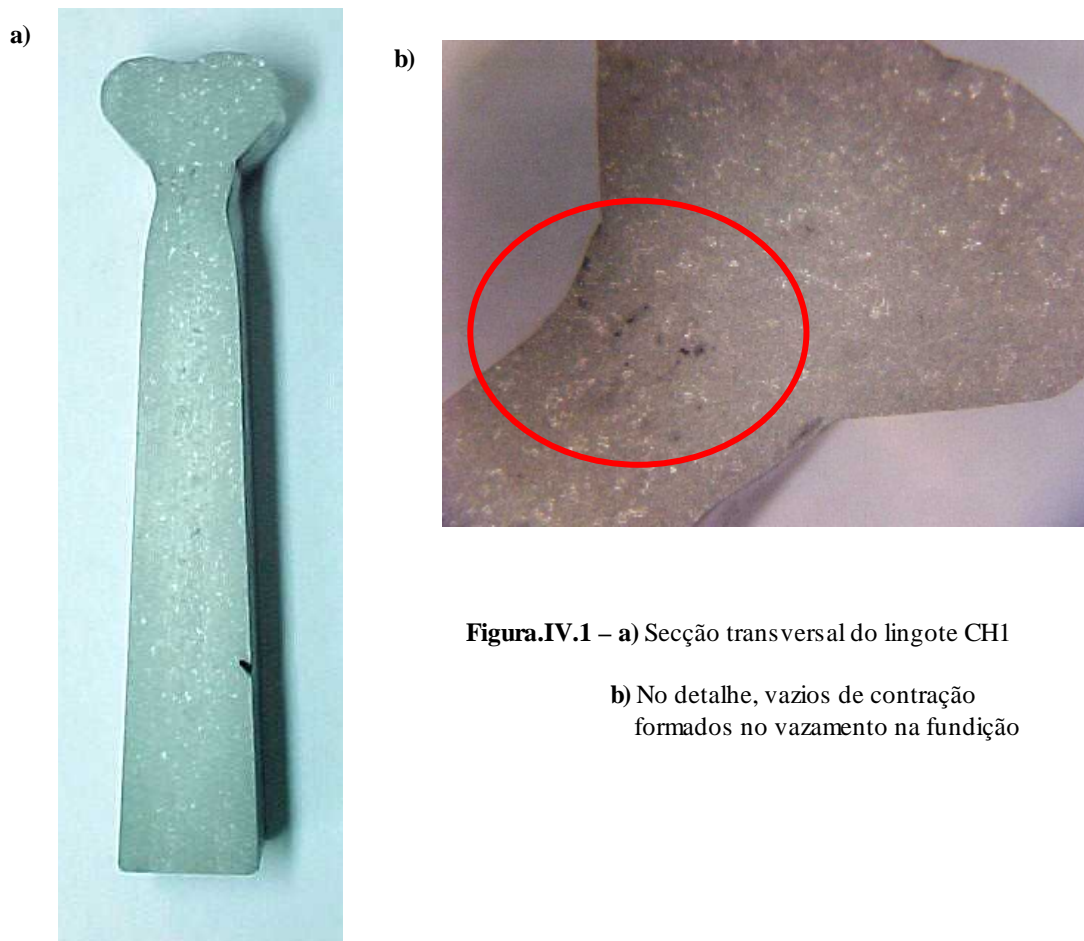
## IV.5. Análises dos lingotes fundidos

- *Análise Química* – O resultado da análise química dos lingotes CH1 e A estão listados na tabela.IV.7.

**Tabela.IV.7 – Composição química dos lingotes CH1 e A**

Nome	% Massa dos elementos										
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Outros
<b>CH1- Topo</b>	95.56	1.29	0.33	1.2	0.12	0.11	0.017	0.14	0.95	0.21	0.073
<b>CH1- Base</b>	94.87	1.65	0.34	1.30	0.12	0.11	0.015	0.18	0.99	0.25	0.175
<b>A</b>	92.50	1.36	0.28	3.71	0.12	0.10	0.017	0.14	0.88	0.20	0.693

- *Análise Macrográfica* – Esta análise só foi realizada n Lingote CH1. Foi possível notar a presença de grãos, como pode ser conferido na figuraIV.1(a), e vazios de contração na região próxima do massalote do lingote( Figura.IV.1(b))



**Figura.IV.1 – a) Secção transversal do lingote CH1**

**b) No detalhe, vazios de contração formados no vazamento na fundição**