

GERALDO SÉRGIO VERONESI
Cirurgião-Dentista

*Este exemplar foi
devidamente corrigido
conforme resolução
CCPG - 036/83
Kousumi
30/09/87*

Influência de fontes de calor de fundição na dureza
superficial e na formação cristalina de ligas de
cobre-alumínio.

Orientador: Prof. Dr. Simonides Consani

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba da Universida-
de Estadual de Campinas, para a obten-
ção do título de Mestre em Ciências-
Área Materiais Dentários.

Piracicaba - S.P.

- 1987 -

Ao meu pai, à minha mãe, pelo
apoio e coragem;

À minha esposa Rita de Cássia, pelo
incentivo e dedicação;

À minha filha Danielle, razão
de vencer mais esta etapa;

dedico.

Aos meus irmãos e familiares
que participaram desta jornada;

ofereço.

MENSAGEM:

"Enquanto o homem não tiver se reconhecido como ser humano e, conseqüentemente, não organize o mundo humanamente, a sua natureza social se manifestará somente sob a forma de alienação e o seu sujeito, o homem, será um estranho para si próprio".

(Karl Marx)

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI,

Titular da disciplina de Materiais Dentários,
pela orientação através de valiosas sugestões durante a elaboração e transcrição deste trabalho.

Ao Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE,

Titular da disciplina de Materiais Dentários,
pelo apoio e dedicação, não poupando esforços para o bom desempenho deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Paulo Edson Bombonatti, pelas sugestões na elaboração da análise estatística.

Ao Dr. Ataulpa F. P. Meneghel pela atenção dispensada.

As colegas do curso de Pós-Graduação em Materiais Dentários, pelo espírito de companheirismo.

Ao Prof. João Batista Cruz , pela atenção dispensada na correção do vernáculo.

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por nos ter concedido bolsa de estudo.

Aos funcionários da disciplina de Materiais Dentários, Sr. Adário, pelo processamento das fotografias e Srta. Geni, pela atenção dispensada.

A todos meu sincero agradecimento.

I N D I C E

Capítulo 1	pag.
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 2	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
Capítulo 3	
PROPOSIÇÃO.....	22
Capítulo 4	
MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
Capítulo 5	
RESULTADOS.....	31
Capítulo 6	
DISCUSSÃO.....	46
Capítulo 7	
CONCLUSÕES.....	51
Capítulo 8	
SINÓPSE.....	53
Capítulo 9	
ABSTRACT.....	55
Capítulo 10	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
Capítulo 11	
APENDICE.....	61

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A prática odontológica rudimentar precede a era cristã, porém, como era de se esperar, existe pouca informação histórica sobre o emprego dos materiais e sua manipulação nesse período. Como exemplo, temos notícias de que os Fenícios e Etruscos já utilizavam bandas e fios de ouro substituindo os dentes para confecção de dentaduras.

A odontologia moderna, como hoje é conhecida, praticamente teve início no século XVIII, com a publicação do tratado de ¹⁰ **FAUCHARD**, em 1728, onde o autor descreveu vários tipos de restaurações dentárias. Mais tarde, ²⁰ **PFAFF**, em 1756, utilizou pela primeira vez um método de moldagem da boca com cera e obtenção de um modelo com gesso-paris. Porém, 1792 foi o ano no qual ⁵ **CHAMANT** patenteou um método para construção de dentes de porcelana. Este processo, a partir do século XIX, possibilitou a construção de incrustações de porcelana. No decorrer desse período aumentou o interesse no estudo dos materiais dentários metálicos, resultando também nas primeiras pesquisas sobre o amálgama. O avanço nos estudos e experimentos do amálgama culminaram com as ³ brilhantes descobertas de **BLACK**, em 1895. Descobertas que perpetuam até nossos dias, pelos grandes benefícios e conhecimentos conquistados a partir desse grande pesquisador.

Graças a esses estudos, vários pesquisadores se propuseram a investigar, com especial interesse entre os materiais dentários, a fusão dos metais e as técnicas para obtenção de uma peça metálica fundida a partir de uma matriz.

Com esse propósito, em 1932, MYERS¹⁸ realizou estudos relacionados à pressão regulada para fundição de ligas de ouro com a finalidade de prevenir o ricochete da liga fundida.

Com o aumento do número de pesquisas na área dos materiais dentários, relacionadas com as fundições de ligas de ouro, BRUMFIELD⁴, em 1945, descreveu alguns critérios e normas numa tentativa de padronizar os métodos de testes para metais preciosos utilizados na odontologia.

Os estudos de KEYS¹⁶ e PHILLIPS²¹ relacionaram a densidade das ligas para fundição, com as variáveis de posicionamento dos padrões de cera no anel de fundição. Essas pesquisas tiveram como finalidade avaliar o melhor posicionamento para obtenção de menores distorções das peças fundidas.

Nesta mesma linha de pesquisa, KAIREs¹⁴ et alii¹⁷ e LEWIS¹⁷, utilizaram as variáveis influência do resfriamento do anel de fundição e tratamento térmico da liga, na dureza superficial e na porosidade da peça fundida.

Para obtenção de peças odontológicas fundidas era utilizada principalmente a liga de ouro, porém, ultimamente este metal precioso de alto custo não estava ao alcance de muitos clientes. Este fator propiciou pesquisas no sentido de encontrar ligas que substituíssem o ouro nos trabalhos de prótese odontológica. Deste modo, apareceram no mercado especializado as ligas a base de Alumínio e de Cobre, que foram estudadas por GILLETTE¹³ et alii²⁴ e THOMSON²⁴, os quais demonstraram que os resultados da aplicação das mesmas eram clinicamente aceitáveis, não superando,

porém, algumas propriedades das ligas de ouro.

Para melhorar a qualidade das peças metálicas fundidas foram desenvolvidas e aperfeiçoadas várias máquinas de fundição. Estudos como os de FUSAYAMA et alii¹² e OGURA et alii¹⁹ correlacionaram os vários tipos de máquinas de fundição e as rugosidades superficiais das peças fundidas.

Entretanto, com respeito às fontes de calor, STRANDMAN et alii²³, verificaram as características das chamas de oxigênio/acetileno usadas nas fundições odontológicas.

Esses resultados nos levaram a questionar a possível influência de diferentes fontes de calor sobre a cristalização e dureza de ligas de cobre-alumínio.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre os trabalhos de pesquisa colocados ao nosso alcance, julgamos conveniente apresentar os resumos daqueles que nos pareceram de maior relevância para a colocação do assunto ora em pauta.

18

MYERS, em 1932, utilizando um corpo de prova em forma de disco, incluído em revestimento para fundição, efetuou a fusão da liga de ouro com uma fonte de calor oxigênio/gás numa máquina a ar comprimido. O autor concluiu que a pressão de 15 libras de ar foi suficiente para injetar a liga fundida no anel, obtendo uma fundição satisfatória e evitando o ricochete da liga fundida após acionar a máquina de fundição.

2

ASHER, em 1934, realizou um estudo para verificar a possível formação de uma liga odontológica, utilizando os metais ouro e cobre, cuja fusão foi efetuada num forno especial a gás, para formação da liga AuCu₃. Os padrões de cera foram confeccionados numa matriz de aço inoxidável medindo 20x5x5 mm. Os corpos de prova fundidos foram mantidos num forno elétrico a 600 °C por 6 horas. Após este período, algumas fundições foram mergulhadas em água fria, enquanto outras foram deixadas resfriar lentamente à temperatura ambiente. Após análise metalográfica, o autor concluiu que o sistema Au-Cu é uma série contínua de soluções sólidas, indicando a formação de um composto, que é afetado em vários níveis pelo tratamento térmico.

KEYS, em 1945, realizou estudos sobre fundições relacionando o posicionamento e o diâmetro dos condutos. Concluiu que os condutos de maior diâmetro, posicionados nos ângulos externos dos padrões de cera e uma maior proximidade da base formadora do cadinho ao padrão de cera, são condições que resultaram no maior sucesso das fundições. Outras considerações mostraram que a configuração da base formadora do cadinho deve ser cônica, para direcionar a liga fundida. Considerou também que os anéis metálicos devem permanecer envolvendo o revestimento após sua tomada de presa, o que facilita a manutenção do calor do revestimento durante a fundição até o resfriamento da liga. Em relação a vibração rigorosa do revestimento no anel, o autor concluiu que este mecanismo promove maior densidade do revestimento na parte inferior do anel, ocasionando maior expansão nesta área. Na confecção dos padrões de cera, a formação de ângulos internos retos deve ser evitada, para não proporcionar concentração de esforços e fratura das futuras peças fundidas quando submetidas a determinadas cargas.

BRUMFIELD, em 1945, descreveu alguns critérios e normas, numa tentativa de padronizar os métodos de teste para metais preciosos utilizados na odontologia, considerando: Seção A, classificação dos materiais: fios trabalhados, placas trabalhadas, ouro para fundição e soldas. Seção B, classificação das propriedades resultantes dos testes, 1-propriedades maiores e 2-propriedades menores. Seção C, definições das propriedades obtidas dos testes, 1-Resistência limite, 2-Máximo de resistência

à tração, 3-Módulo de elasticidade, 4-Módulo de resiliência, 5- Porcentagem de elongação, 6-Resistência, 7-Dureza, 8-Intervalo de fusão (Ponto abaixo e acima do intervalo de fusão), 9-Temperaturas. Seccção D, propriedades a serem determinadas para cada classe (Sec. A). Seccção E, métodos para teste de tração, 1-Amostras para testes, 2-Extensômetro ou medidor de esforço, 3-Máquina de teste, 4-Ruptura dentro de marcas calibradas, 5-Gráficos, 6-Computação dos resultados. Seccção F, Intervalo de fusão, 1.a)-Determinar o ponto mais alto do intervalo de fusão. 1.b)-Determinar o ponto mais baixo de fusão. Seccção G, teste de dureza e Apêndice.

21

PHILLIPS, em 1947, confeccionou aproximadamente 700 padrões de cera utilizando uma matriz MOD de aço inoxidável. Os padrões foram unidos a condutos longos e curtos, adaptados à base formadora do cadinho. A inclusão em revestimento foi feita de modo rotineiro. Os anéis de fundição foram mantidos num forno elétrico, por 20 minutos, à temperatura de 700^o F e, por 30 minutos, à temperatura de 1300^o F. A liga de ouro foi fundida com chama de gás/ar e neste experimento foram utilizadas máquinas de fundição à ar comprimido e centrífuga. Após o término do experimento, o autor concluiu que: 1-A utilização de condutos longos e curtos, numa máquina de fundição à ar comprimido, acima de 10 libras, apresentou resultados similares. Porém, com menor pressão, melhores resultados foram obtidos com condutos longos. 2-A retropressão da liga fundida, pode ser evitada usando pressão acima de 10 libras. 3-Para evitar falhas no preenchimento do

molde, pela liga fundida, a pressão de ar deve ser mantida por 6 segundos. 4-Quando foi utilizada máquina de fundição centrífuga, os padrões com condutos longos necessitavam de menos voltas na mola da centrífuga, comparados àqueles padrões com condutos curtos. 5-Observou-se maior porosidade nos corpos de prova quando se utilizou a máquina de fundição centrífuga.

14

KAIRES et alii em 1959, confeccionaram 40 corpos de prova, divididos em grupos de 10 amostras incluídos em cada anel de fundição. Os anéis foram mantidos num forno elétrico à temperatura de 1290^o F, por 10 minutos. Para efetuar a fundição de uma liga de ouro tipo IV, foi utilizado um aparelho de fundição elétrico, o Thermotrol. Após a fundição dos corpos de prova, o resfriamento foi feito à temperatura ambiente 5, 10, 15 e 20 minutos antes de imergi-los em água. Em seguida, os corpos de prova foram limpos e numerados. As fundições foram divididas em grupo A, composto por 20 corpos de prova, em que foi estudada a variação do tempo antes da imersão em água. E em grupo B, composto pelos 20 corpos de prova restantes, onde foram estudados outros métodos de tratamento de calor, isto é, aquecidos num forno elétrico a 1290^o F, por 10 minutos e, em seguida, mergulhados em água. As amostras localizadas próximas ao anel de fundição e ao centro eram polidas, enquanto que as restantes foram aquecidas a 850^o F, com redução da temperatura a 450^o F, por 30 minutos. Em seguida, foram imersas em água e polidas. Seis corpos de prova foram pré-aquecidos a 1290^o F, por 10 minutos, sendo metade resfriada lentamente à temperatura ambiente e outra metade res-

friada dentro do forno desligado; 10 amostras foram pré-aquecidas a 450 F, por 5, 10 e 20 minutos e imersas em água. Os autores fizeram testes de dureza Knoop e análises metalográficas dos experimentos, concluindo que: 1- No grupo A, foi observado maior valor médio de dureza aos 5 minutos após a fundição do corpo de prova. Os corpos de prova com 10 e 15 minutos apresentaram estruturas mais homogêneas e os corpos de prova com 5 e 20 minutos apresentaram estruturas menos homogêneas. 2- Com a variação dos métodos de tratamento de calor realizados nos corpos de prova do grupo B, foi observado que o resfriamento rápido não produz efeito de endurecimento, o qual é obtido com o resfriamento lento. A análise metalográfica revelou estruturas similares às aquelas encontradas no grupo A.

15

KASLOFF, em 1961, confeccionou 29 padrões de cera a partir de uma matriz MOD de aço inoxidável e 1 padrão de cera a partir de uma coroa total de aço inoxidável. Em seis padrões os condutos foram fixados nas proximais e nos 24 padrões restantes os condutos foram fixados no centro do corpo de prova. Foram incluídos 12 padrões em revestimento para expansão térmica e 3 padrões em revestimento para expansão higroscópica, totalizando 15 padrões fundidos numa máquina à ar comprimido. Outros 12 padrões de cera foram incluídos em revestimento para expansão higroscópica e fundidos numa máquina de fundição centrífuga horizontal. Também 2 padrões MOD foram incluídos em revestimento para expansão higroscópica e 1 padrão de coroa total em revestimento para expansão térmica, sendo que os 3 anéis foram fundidos

numa máquina de fundição centrífuga vertical a vácuo. Todos os anéis com revestimento para expansão térmica continham 2 tiras de amianto umedecidas. Estes anéis de fundição foram levados para um forno elétrico e aquecidos a temperatura de 1.000^o F, por 1 hora. Uma liga de ouro foi fundida com um maçarico de gás/ar. O autor concluiu que: As fundições pareceram clinicamente aceitáveis, porém a posição dos condutos em relação ao padrão de cera, bem como a quantidade de água adicionada na técnica de expansão higroscópica, afetaram a adaptação das fundições.

13

GILLETTE et alii, em 1969, confeccionaram padrões de cera de uma prótese parcial fixa superior com 6 elementos anteriores e de uma prótese parcial removível inferior anterior. A inclusão dos padrões de cera foi efetuada em revestimento para expansão térmica, utilizando a técnica rotineira das fundições a ouro. Os padrões, incluído em revestimento, foram aquecidos em um forno elétrico até a temperatura de 1.300^o F, para depois manter-se a temperatura entre 500 e 700^o F. Uma liga de alumínio, D-214, foi fundida, e os anéis foram deixados resfriar à temperatura ambiente. O acabamento e polimento das peças foram feitos rotineiramente. Os autores concluíram que: 1-A liga de alumínio D-214 não é onerosa, sendo prático e simples trabalhar utilizando os equipamentos de fundição. 2-Aceitável pelo paciente, exceto pelo seu gosto metálico. 3-A resistência não é comparada às ligas de ouro e cromo-cobalto, exigindo adequado volume de metal para fundição, o que se torna um obstáculo em determinadas circunstâncias. 4-Devido ao alto coeficiente de expansão térmica das ligas de

alumínio, condutos acessórios de ventilação devem ser feitos nos padrões de cera e, após a fundição, o resfriamento deve ser lento à temperatura ambiente. 5-Fundições de alumínio podem ficar permanentemente manchadas pela polarização anódica. 6-Parece possível uma larga aplicação destas ligas.

12

FUSAYAMA, em 1973, confeccionou padrões de cera em forma de placas retangulares de 11x7x1 mm, aos quais foi adaptado obliquamente, na extremidade superior dos padrões, um conduto de cera de 2 mm de diâmetro por 12 mm de comprimento. Foram montados 3 padrões numa base formadora do cadinho e incluídos a vácuo, com revestimento cristobalite, na proporção de 0,34, em anéis de 40 mm de diâmetro por 40 mm de altura. Deste modo, 9 padrões foram preparados e cada grupo de 3, fundido 3 vezes, obtendo um total de 27 padrões. Os anéis foram aquecidos num forno elétrico a 10^o C, por 2 minutos, e mantidos a 600^o C por mais de 10 minutos. Uma liga de ouro, tipo III foi fundida com as seguintes máquinas: Pressão a vapor; Ar comprimido; elétrica e gás/ar. Os resultados encontrados pelo autor demonstraram que os corpos de prova fundidos com a máquina de pressão a vapor apresentaram menos rugosidades em relação às outras máquinas. Quando foi comparado as máquinas elétricas e a gás/ar, as elétricas apresentavam corpos de prova com menos rugosidade. Foi observado que o aumento do número de voltas nas máquinas centrífugas provocava também um aumento das rugosidades dos corpos de prova.

STRANDMAN et alii, em 1976, realizaram um estudo das características das chamas de oxigênio-acetileno utilizadas nas fundições odontológicas. Foi planejada uma unidade de medição constituída de válvulas reguladoras da entrada e saída de gás e um barômetro. Uma liga de cromo-cobalto foi fundida numa máquina de fundição centrífuga com braço horizontal, utilizando como fonte de calor oxigênio/acetileno. Para cada mistura da chama(39, 42, 46, 48, 50, 52, 54, 56 e 59), foram confeccionados 6 corpos de prova e, para cada corpo de prova, o tempo de fundição variou de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 segundos. Também foi estudado uma variação da distância entre a chama e a liga no cadinho (40, 55 e 70 mm) e a quantidade de liga a ser fundida(10 a 50 gramas). Foi feita uma variação, sendo parte dos cadinhos pré-aquecidos a 1.000 °C e a outra parte não pré-aquecidos. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram: O índice de transferência de calor e tempo de fundição é governado pela:

- a) Temperatura na secção da chama utilizada.
- b) Tendência de oxidação na secção da chama utilizada.
- c) Temperatura inicial do cadinho.

Com chama não oxidante, o aumento da temperatura da liga variou diretamente com o efeito de aquecimento/temperatura na chama; com chama oxidante, o óxido criado retardou o aumento da temperatura da liga. Quando os cadinhos foram pré-aquecidos a 1.000 °C, o tempo de fundição foi pequeno. A variação na quantidade da liga não afetou a relação entre o tempo de fundição das várias chamas. Com o aumento da distância entre a chama e a liga, o tempo de fundição foi aumentado.

LEWIS, em 1977, fez um estudo, no qual utilizou 2 ligas, uma à base de Cobalto e outra à base de Níquel. Para cada liga, foram confeccionados 2 padrões de cera, utilizando uma matriz para confecção de corpos de prova padronizados para testes de tração. As ligas foram fundidas numa máquina de fundição automática (TICOMATIC). As peças fundidas foram analisadas radiográfica e metalograficamente. Dos resultados obtidos, o autor concluiu que: Com a temperatura do molde mais baixa que a da liga, haverá resfriamento superficial e, depois, conservação da liga líquida, para compensação da contração de resfriamento. Quando a temperatura do molde for mais alta que a da liga, haverá resfriamento uniforme e não haverá compensação da contração de resfriamento. O autor concluiu também que numa peça fundida é preferível a difusão de várias porosidades pequenas do que pouca porosidade, porém, de maior diâmetro, o que facilitaria a fratura.

EAMES et alii, em 1978, fizeram um estudo utilizando 3 ligas à base de ouro e 2 ligas à base de prata, confeccionando 3 padrões de cera em forma de lâmina para cada liga e incluídos em revestimento para expansão térmica. Os padrões para as ligas de ouro foram levados a um forno elétrico à temperatura de 900 F. Para as ligas de Prata, a temperatura do forno atingiu 1.300 F. As máquinas de fundição / fontes de calor utilizadas foram: Thermotrol (centrífuga) / eletricidade; Cronomatic (pressão a vácuo) / eletricidade; Tri-caster (pressão a vácuo) / gás e ar (ligas de ouro) e oxigênio e gás (para as ligas de prata); e Torit 270-B (centrífuga a vácuo). Após obtenção das fundições,

os corpos de prova foram montados em acrílico e comparados à matriz de aço inoxidável, distribuindo as fundições em 3 categorias: superior, média e deficiente. Com estes resultados, os autores concluíram que as 3 máquinas de fundição a vácuo produziram amostras com fidelidade de reprodução superiores aos das máquinas centrífugas.

26

WHIGHT et alii, em 1980, confeccionaram 54 padrões de cera de formato cilíndrico, com 10 mm de comprimento por 6 mm de diâmetro. Estes padrões foram divididos em 3 grupos de 18 padrões para testar os efeitos dos condutos acessórios (ventilação), largura do conduto principal e espessura do revestimento. Todos os condutos principais eram retangulares, com 1,25 mm de espessura por 5 mm de comprimento, variando a espessura da área de união com o padrão de cera em 1,2 e 3 mm. O padrão de cera unido ao conduto formava um ângulo de 135° . De cada grupo subdividido em apenas 12 padrões, eram confeccionados 2 condutos acessórios, em cera, para aumentar a ventilação. Outros 6 padrões, de cada grupo, não eram ventilados. Foi utilizado um revestimento à base de fosfato e um anel de aço inoxidável revestido internamente por uma tira de amianto. Após mistura do revestimento por 10 segundos, os anéis com os padrões foram preenchidos, variando de 6,34 ou 1,58 mm a espessura do revestimento para preencher totalmente o anel. Em seguida, os anéis foram colocados num forno elétrico à temperatura de 250°F , por 4 horas, com aumento da temperatura para 1300°F , mantendo-a por 2,5 horas. A liga de Ni-Cr foi fundida numa máquina de fundição Ticomatic e os corpos de prova foram

deixados resfriar lentamente à temperatura ambiente. Após limpeza e remoção dos condutos, os corpos de prova eram seccionados longitudinalmente ao meio e examinados macro e microscopicamente para verificação de possíveis defeitos, tais como porosidades ou fundição incompleta dos padrões. A partir desses resultados, os autores concluíram que: Todos os padrões com condutos acessórios (ventilados) e com área de união do conduto principal ao padrão de 2 a 3 mm não apresentaram falhas de fundição, sendo que a espessura do revestimento não interferiu nos resultados.

19

OBURA et alii, em 1981, confeccionaram 96 padrões de cera, a partir de uma matriz para coroa total, com 10mm de altura por 10mm de diâmetro. Os condutos foram adaptados na parte central das faces oclusais dos padrões. Os padrões foram incluídos em anéis metálicos de modo rotineiro, em revestimento à base de fosfato. Foi utilizada a liga Cameo (à base de ouro) e a liga Jelbon (à base de metal não precioso), as quais foram fundidas nas máquinas de fundição Thermotrol e Inductocast. Após a realização das fundições, os corpos de prova foram seccionados em 4 partes numeradas de 1 a 4, conforme o eixo rotacional da máquina de fundição. A análise das rugosidades das peças fundidas foi realizada através do uso de microscopia de varredura; e, para analisar os elementos metálicos, foi utilizada a análise radiográfica de microsonda. As seis variáveis investigadas, que poderiam afetar a rugosidade superficial foram: Tipo de liga, temperatura do molde (700 ou 800 °C), temperatura do metal fundido, máquinas de fundição, jato de areia e localização das seções. A

partir dos resultados, os autores concluíram que: 1- A porção secundária da coroa total fundida era mais porosa que a porção principal. 2- Temperaturas de fundição e do molde mais altas produziram fundições rugosas, sendo mais pronunciados na liga Jelbon. 3- O jato de areia reduziu a rugosidade, porém, produziu superfície fosca. O jato de areia afetou mais a liga Jelbon. 4-A morfologia e rugosidade superficial diferiram consideravelmente com o tipo de liga utilizada.

25

YLI-URPO et alii, em 1982, confeccionaram 18 padrões de cera utilizando uma matriz para coroa total de primeiro molar. Foi empregado um revestimento para expansão térmica (cristobalite, Kerr), vazado num anel metálico revestido internamente com uma tira de amianto. Os anéis de fundição, contendo os padrões de cera, foram mantidos num forno elétrico à temperatura de 500, 600 e 700 °C, por 30 minutos, antes da fundição. Foi utilizada uma liga de ouro tipo III, a qual foi fundida com um maçarico de gás/ar, numa máquina centrífuga. A partir dos resultados das adaptações das peças fundidas sobre a matriz, os autores concluíram que as peças melhor adaptadas foram aquelas, cujos anéis de fundição permaneceram no forno à temperatura de 700 °C.

11

SILVA FILHO, F. P. M., em 1983, estudou algumas variáveis para as ligas de Cu-Al: Efeito de ligas, técnicas de fusão, tratamentos térmicos na contração de fundição e dureza. Assim como o efeito de tipos cavitários e técnicas de fundição no desajuste cervical. Para verificação da contração de fundição,

foi utilizado o dispositivo de Earnshaw. As ligas de Cu-Al utilizadas foram: Duracast, Idealloy, Maxicast e Aurofill AF. Foram empregadas duas técnicas de fusão: Maçarico gás/ar com centrifugador convencional e centrífuga elétrica. Foram adotados dois tratamentos térmicos: Rápido (Anel mergulhado em água imediatamente após a fundição) e Lento (Anel aguardava dez minutos após fundição para mergulhá-lo em água). Para observação do desajuste cervical, foram utilizados dois troquéis de aço inoxidável (cavidade MOD e coroa total). Os corpos de prova, submetidos à análise de dureza Vickers e contração eram retangulares. Após realização do experimento o autor concluiu que: 1-A liga Maxicast apresentou maior contração e a liga Aurofill AF menor. 2-A liga Maxicast apresentou maior dureza e a Aurofill AF menor. 3-As técnicas de fusão influenciaram na contração de fundição, não influenciando na dureza Vickers. 4-Os tratamentos térmicos não tiveram efeito significantes sobre a contração e dureza. 5-As técnicas de fundição mostraram variabilidade significativa no desajuste cervical. 6-O tipo cavitário MOD condicionou menor desajuste cervical do que o tipo coroa total. 7-Na interação técnica de fundição x preparo cavitário, evidenciou que, para o preparo MOD a técnica de expansão higroscópica proporcionou menor desajuste, enquanto que para coroa total o menor desajuste foi proporcionado pela técnica de expansão térmica.

24
THOMSON, em 1983, estudou 3 ligas de bronze-alumínio e uma liga de bronze-silício. Confeccionou 5 padrões de cera para cada liga, utilizando como matriz um preparo padronizado para

coroa total de incisivo central. Após adaptação dos condutos de cera aos padrões, a inclusão foi feita em revestimento à base de fosfato, de modo rotineiro, em anel metálico. Em seguida, os anéis foram colocados num forno elétrico à temperatura de 250^o C, por 30 minutos, com elevação da temperatura para 700^o C, por 60 minutos. As ligas foram fundidas numa máquina de fundição (Thermotrol 2500) e, os anéis eram deixados resfriar à temperatura ambiente. Após limpeza das peças fundidas, foi feita uma avaliação clínica da adaptação das coroas à matriz. Com estes resultados, o autor concluiu que as adaptações à matriz foram clinicamente satisfatórias, necessitando de estudos posteriores em relação a outras variáveis.

7

COMPAGNI et alii, em 1984, confeccionaram 60 padrões de cera, os quais representavam uma coroa veneer de pré-molar, uma coroa veneer de molar e um pântico de pré-molar. Os 3 padrões de cera foram incluídos num único anel de fundição, variando a forma dos condutos, obtendo 5 anéis de fundição, com 5 diferentes formas dos condutos. Foi utilizado um revestimento à base de fosfato-magnésio. A inclusão do revestimento em anéis de fundição foi feita de modo rotineiro. Passada uma hora, os anéis foram levados a um forno elétrico à temperatura de 600^o F, por 30 minutos e, em seguida, transferidos para um forno pré-aquecido a 1.200^o F, por uma hora. Foram utilizados 5 anéis de fundição para cada máquina de fundição/fonte de calor: Centrífuga/gás e oxigênio; Centrífuga/indução; Aspiração e compressão/resistência elétrica e Centrífuga/resistência elétrica. Foi utilizada uma

nova liga para porcelana(V. Delta Aurofluid 3). Três minutos após a fundição, os anéis eram mergulhados em água. Em seguida os corpos de prova foram submetidos a análise metalográfica. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram: 1-Para fundir grande volume de liga, o conduto deve ser mais calibroso. 2-Em condutos retos não deve haver constricção. 3-Quando usar câmara de compensação nenhum conduto intermediário deveria situar entre ele e o padrão de cera. 4-Excelentes fundições podem ser realizadas com qualquer uma das máquinas de fundição e fontes de calor empregadas.

8

DONOVAN et alii, em 1985, utilizaram uma tela de nylon de 11x11mm com filamentos de 0,1mm de diâmetro, contendo 100 quadradinhos completos. O conduto foi unido à tela envolvendo 4 quadrados e permaneceram apenas 96 quadrados completos. Foi utilizado um revestimento aglutinado por fosfato, incluído num sistema de anel (Dispos-A-Ring). Foram utilizados 3 diferentes ligas: Ouro tipo III, Prata-Paládio e Níquel-Cromo-Berílio. A fonte de calor utilizada para a fundição das ligas foi oxigênio-acetileno e as máquinas de fundição foram: Uma centrífuga convencional de braço móvel e uma unidade Airspin com movimento da centrífuga vertical, acelerado por um cilindro pneumático e um pistão. Foram efetuadas 10 fundições, 5 com a unidade Airspin e 5 com a centrífuga. Os anéis de fundição foram levados a um forno elétrico desligado e a temperatura foi elevada a 600 F, por 30 minutos, para todas as ligas. Posteriormente, a temperatura foi elevada a 1.150 F, por 45 minutos para a liga de ouro, a 1.250 F, por 45 minutos para a

liga Ag-Pd e a 1.500⁰ F, por 45 minutos, para a liga Ni-Cr-Be. Os autores concluíram que os melhores resultados foram apresentados pela unidade Airspin, a qual apresentou o maior número de quadrados fundidos.

Capítulo 3

PROPOSIÇÃO

P R O P O S I Ç Ã O

Com base nas informações emitidas pelos diversos autores citados, julgamos válido propor um estudo para verificar a influência das fontes de calor gás/ar, oxigênio/gás e eletricidade sobre as ligas de cobre-alumínio, abrangendo as variáveis:

a) Dureza superficial;

b) Formação de grãos cristalinos.

Capítulo 4

MATERIAIS E MÉTODOS

M A T E R I A I S E M É T O D O S

Na confecção dos corpos de prova foram utilizadas três ligas de cobre-alumínio, das marcas comerciais Goldent(L.A.), Duracast (Marquart & Cia. Ltda) e Idealloy(Metalloy Ind. e Com. Ltda), fundidas por meio de três diferentes fontes de calor, fornecidas por maçarico de gás/ar (ORCA), maçarico de oxigênio/gás(DRAEGER) e uma máquina de fundição elétrica(Thermotrol 2.500, U.S.A.).

Para realização do processo de fundição, foram confeccionados quarenta e cinco modelos de cera azul(Kerr, tipo II), numa matriz metálica de aço inoxidável, com cavidade semelhante a um preparo M0(Fig.1).

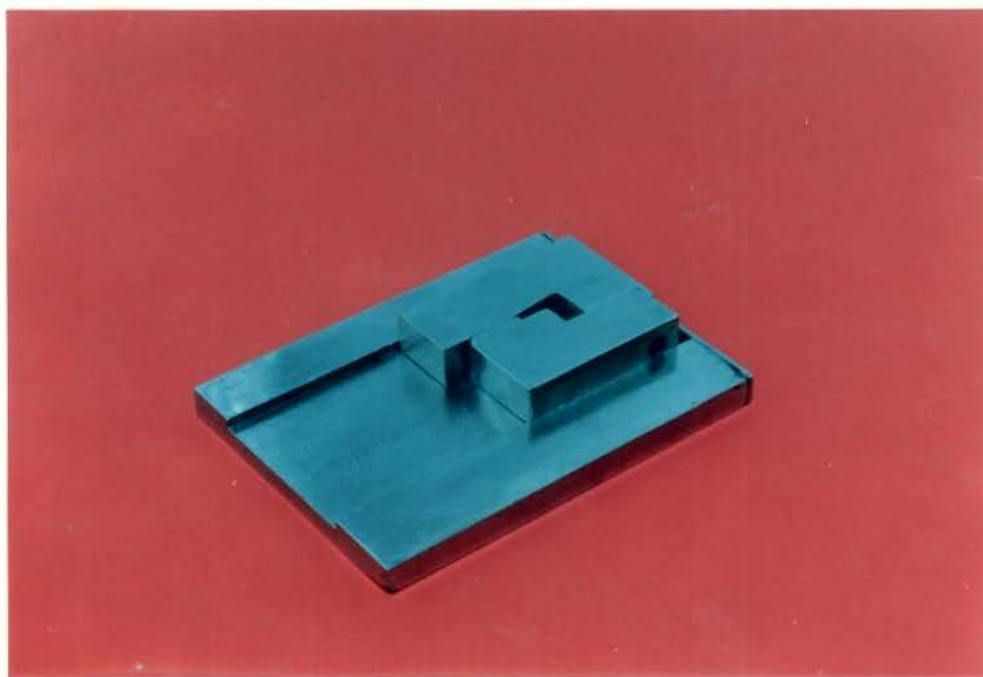


Fig. 1 - Matriz metálica.

A cera em bastão foi colocada num cadinho metálico, liquefeita numa estufa (HERAEUS) regulada a $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e vertida no interior da cavidade. Em seguida, sobre o conjunto matriz/cera liquefeita foi colocada uma placa de vidro e um peso metálico de 500 gramas, por 5 minutos, para compensar a contração da cera, durante o resfriamento. Em seguida, o excesso foi removido com uma lâmina afiada e o modelo retirado da matriz. Os modelos de cera foram fixados a um pino metálico oco, de aproximadamente 35 mm de comprimento por 1 mm de diâmetro, e, este a uma base formadora do cadinho, conforme técnica de rotina.

O conjunto foi adaptado a um anel metálico para fundição, com 45 mm de comprimento por 30 mm de diâmetro, revestido internamente com uma tira de amianto umedecida. Em seguida, o revestimento do tipo aglutinado por gesso (Herodent) foi vazado no anel, com auxílio de um vibrador mecânico (SGAI). A espatulação do revestimento foi mecânica-manual, por 45 segundos, nas proporções de A/P (30/100), segundo as instruções do fabricante. Após o revestimento ter tomado presa, a base e o conduto eram removidos por movimento de torsão. Posteriormente, os anéis foram colocados num forno elétrico (BRAVAC), inicialmente à temperatura ambiente, depois aumentando-a lentamente até atingir 700°C , permanecendo nesse ambiente por 15 minutos, para homogeneizar a temperatura. Após a fusão das ligas com as diferentes fontes de calor, os anéis foram retirados do forno, colocados na centrífuga convencional de mola, previamente carregada com três voltas e disparada. A quantidade de liga de Cu-Al, colocada no cadinho para fusão

foi de aproximadamente: Idealloy (6 gramas), Goldent (7 gramas) e Duracast (7,5 gramas). Posteriormente foram removidos da máquina de fundição e deixados resfriar até atingir a temperatura ambiente, sobre a bancada de trabalho. Em seguida, os corpos de prova foram retirados dos anéis e lavados em água corrente para eliminar os vestígios de revestimento. Os condutos foram removidos com disco de carburundo e o acabamento superficial da área de união do conduto com o corpo de prova foi feito com pedra de Arkansas.

Para cada fonte de calor, foram confeccionados 5 corpos de prova com cada tipo de liga de cobre-alumínio, totalizando 15 fundições por liga. (Tabela 1)

Tabela 1 - Fontes de calor

Fontes de Calor	Gás/Ar	Oxigênio/Gás	Elettricidade	TOTAL
Ligas de Cu-Al				
IDEALLOY	5	5	5	15
GOLDENT	5	5	5	15
DURACAST	5	5	5	15
			TOTAL	45



Fig. 2 - Corpos de prova fundidos.

Em seguida, os 5 corpos de prova, obtidos de acordo com os tipos de ligas, foram agrupados conforme a fonte de calor usada na fusão e incluídos em resina acrílica ativada quimicamente (Clássico), numa matriz metálica em forma de anel. O conjunto, contendo 5 corpos de prova, foi denominado de pastilha de prova. Deste modo, foram obtidos 9 pastilhas, as quais foram numeradas de 1 a 9. (Tabela 2)

Tabela 2 - Pastilhas de prova

Fontes de Calor	Gás/Ar	Oxigênio/Gás	Eletricidade
Ligas de Cu-Al			
IDEALLOY	1	2	3
GOLDENT	4	5	6
DURACAST	7	8	9

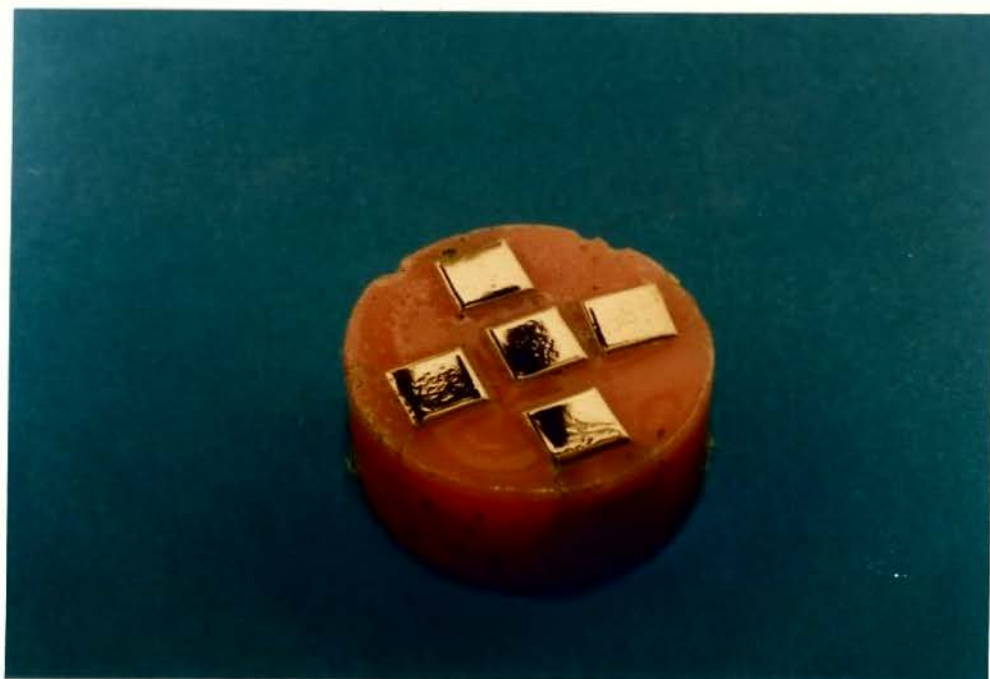


Fig. 3 - Corpos de prova incluídos em resina acrílica.

Em seguida, as pastilhas de prova foram acabadas e polidas da seguinte maneira:

O acabamento e polimento mais grosseiro foi feito manualmente, com a utilização de lixas de papel abrasivas (NORTON), em ordem decrescente de granulações (80, 180, 280, 400 e 600), refrigeradas a água.

O polimento metalográfico foi efetuado numa politriz (LUFERCO), com feltro e óxido de cromo, refrigerado a álcool, para evitar o superaquecimento das amostras. O polimento foi considerado satisfatório quando foi notada ausência de riscos deixados pelos abrasivos sobre as superfícies dos corpos de prova, verificados com o auxílio de uma lupa estereoscópica (CARL ZEISS).

Concluído o polimento, a análise da dureza superficial foi efetuada com penetrômetro (E. LEITZ WETZLAR), calibrado com uma carga axial estática de 100 gramas. As penetrações (Fig. 4) foram

feitas de acordo com a técnica do quadrante, sendo 5 penetrações em cada lado do corpo de prova e mais 5 no centro, perfazendo 25 penetrações em cada amostra, totalizando 125 na pastilha de prova.

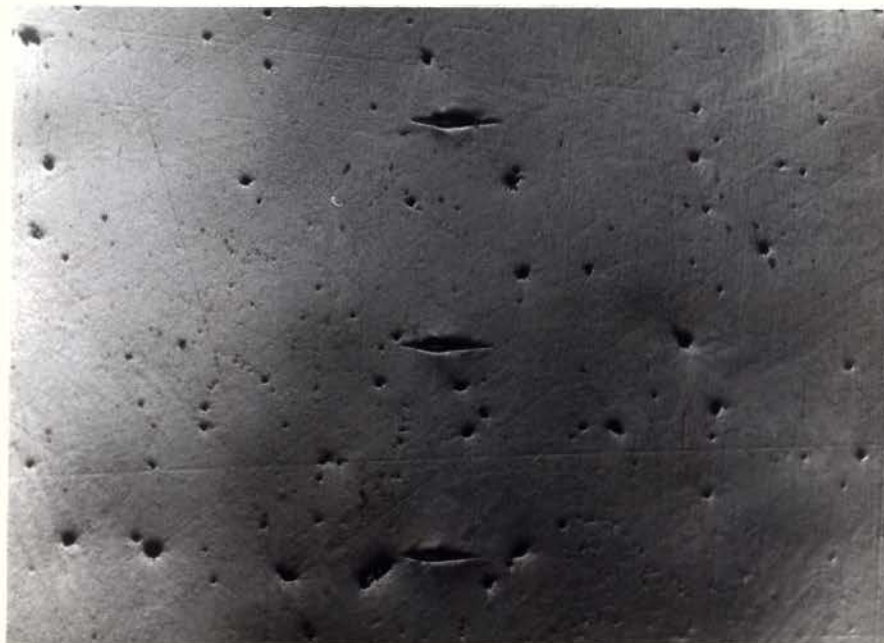


Fig. 4 - Imagem das penetrações nos corpos de prova.

Posteriormente, os valores de penetração foram transformados em dureza Knoop por meio de uma tabela de conversão e as médias das durezas superficiais foram submetidas à análise de variância.

Após a verificação da dureza superficial, as superfícies dos corpos de prova foram atacadas com uma solução reagente de água oxigenada (20 volumes) mais amônia, na proporção de 1:1. Os grãos cristalinos revelados pelo ataque metalográfico foram fotografados com um fotomicroscópio (CARL ZEISS), com filmes Kodak 32 ASA, com aumentos de 100 vezes no negativo.

Capítulo 5

RESULTADOS

R E S U L T A D O S

Os resultados da pesquisa estão representados sob forma de gráficos correspondentes às médias das durezas superficiais, as quais foram relacionadas com os tipos de ligas, segundo as fontes de calor. Os dados estão ilustrados nas figuras 5 e 6. Esses resultados foram submetidos à análise estatística e representados nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Os resultados da análise metalográfica estão representados nas figuras 7, 8 e 9. As fotografias, obtidas após o ataque metalográfico das superfícies dos corpos de prova, permitiram a observação da disposição dos grãos cristalinos relacionados com as variações determinadas pelas fontes de calor utilizadas.

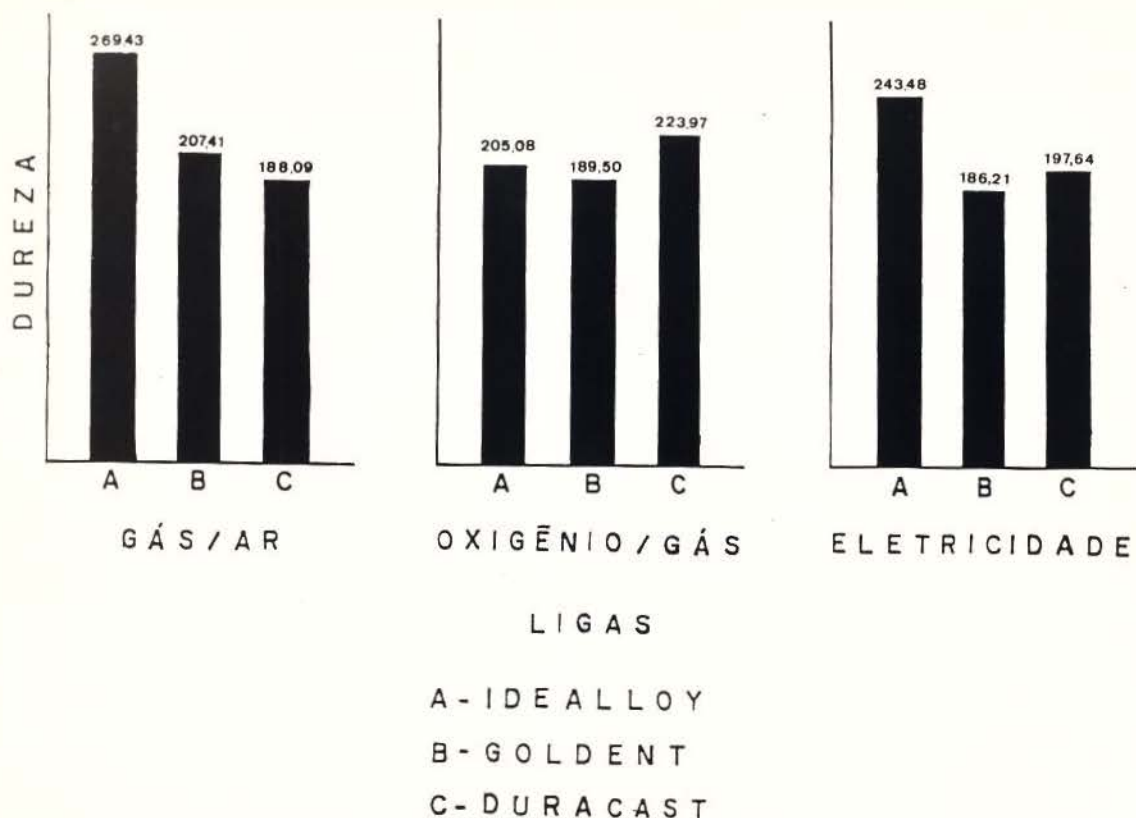
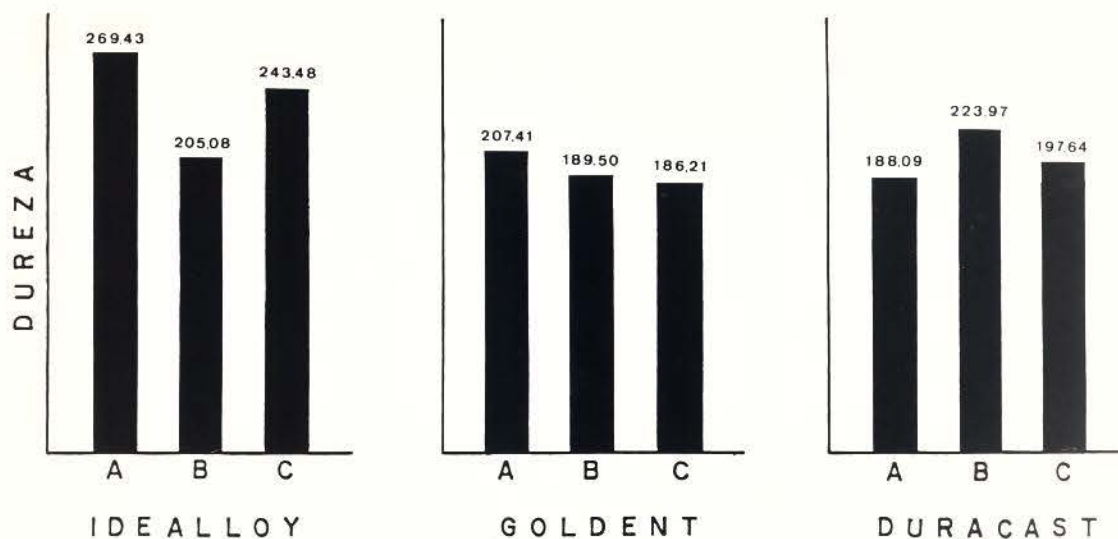


Fig. 5 - Dureza superficial das ligas Idealloy(A), Goldent(B) e Duracast(C), relacionado com as fontes de calor.

Quando a fonte de calor GÁS/AR foi utilizada, a liga(A) apresentou o maior valor de dureza superficial e a liga(C) apresentou o menor valor, enquanto que a liga(B) apresentou um valor de dureza intermediário entre as ligas (A) e (C).

Com a fonte de calor OXIGÊNIO/GÁS, a liga(C) apresentou o maior valor de dureza e a liga(B) apresentou o menor valor, enquanto que a liga(A) apresentou um valor de dureza intermediário entre as ligas (B) e (C).

Com a fonte de calor ELÉTRICIDADE, a liga(A) apresentou o maior valor de dureza e a liga(B) o menor valor, enquanto que a liga(C) apresentou um valor de dureza intermediário entre as ligas (A) e (B).



FONTES DE CALOR

A - GÁS / AR

B - OXIGÊNIO / GÁS

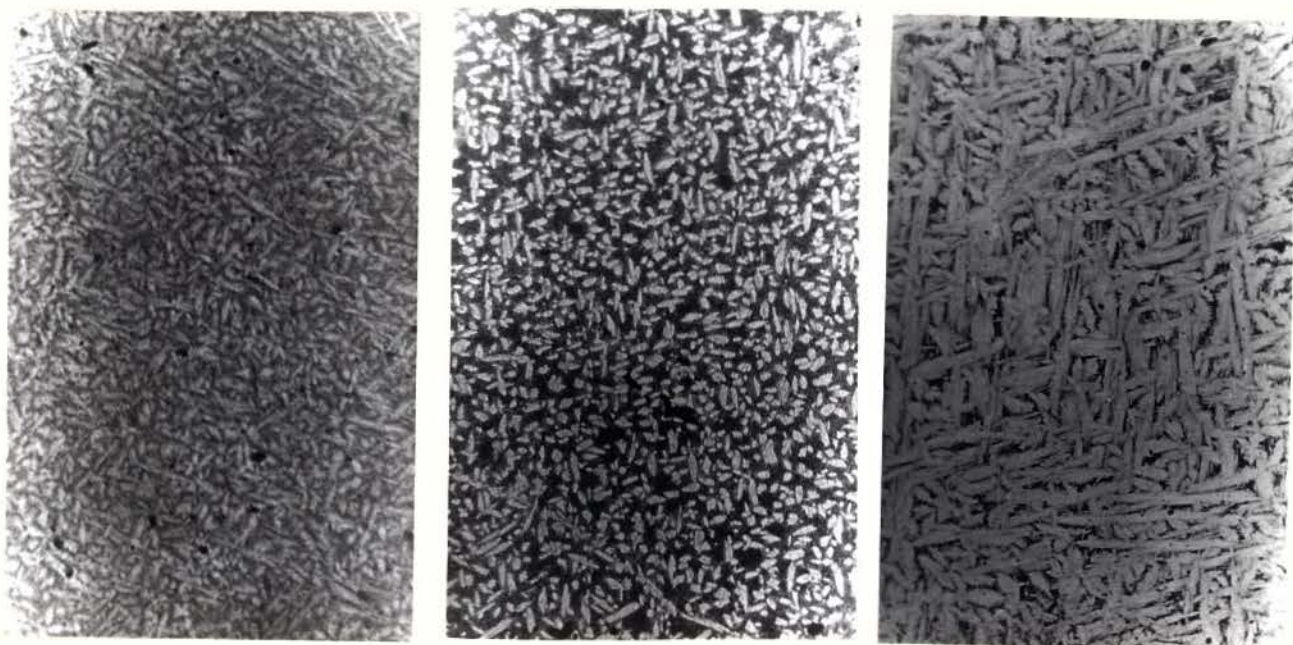
C - ELETRICIDADE

Fig. 6 - Influência das fontes de calor Gás/ar(A), Oxigênio/Gás(B) e eletricidade(C), relacionado à dureza superficial das ligas IDEALLOY, GOLDENT e DURACAST.

A liga IDEALLOY apresentou o maior valor de dureza superficial, quando foi utilizado a fonte de calor (A).

A liga GOLDENT não apresentou diferenças significativas nos valores de dureza superficial, sendo que, numericamente, com a fonte de calor (A), tenha apresentado o maior valor de dureza.

A liga DURACAST apresentou o maior valor de dureza superficial, quando foi utilizada a fonte de calor (B).



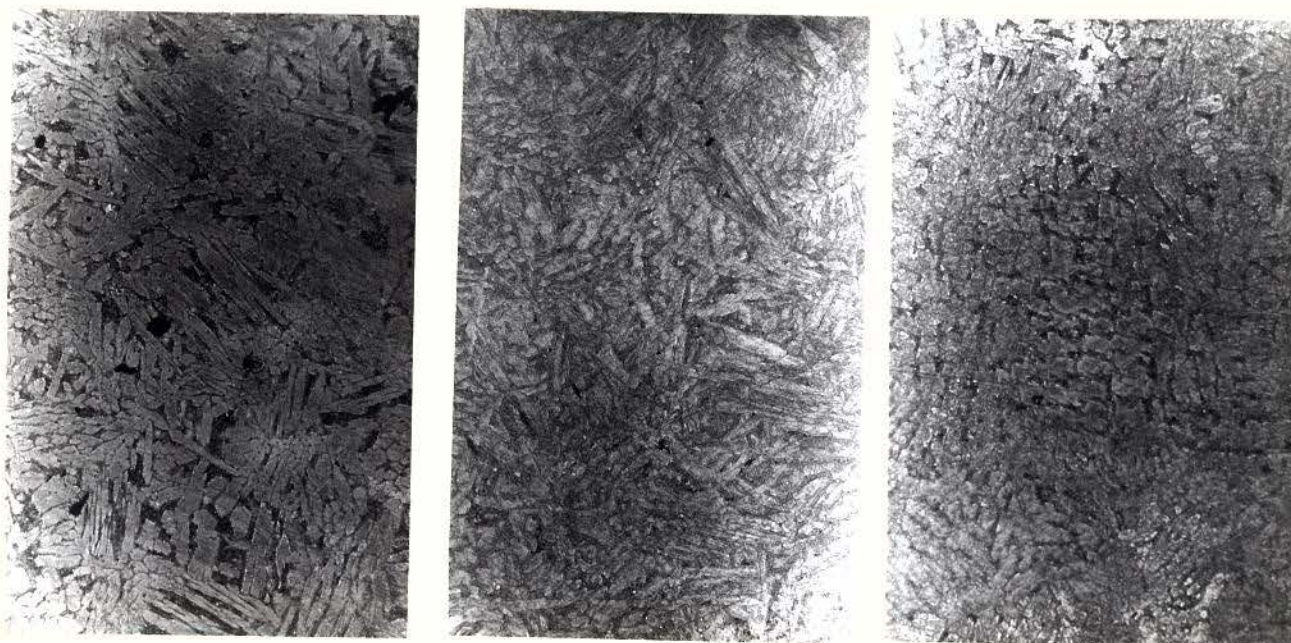
A

B

C

Fig. 7 - Fotomicrografias, após o ataque metalográfico, revelando os grãos cristalinos da liga IDEALLOY, de acordo com as fontes de calor: A(GÁS/AR), B(OXIGÊNIO/GÁS) E C(ELETRICIDADE). (100x)

Observamos em A que os grãos cristalinos se apresentam em menor tamanho e maior quantidade quando comparados com as fotomicrografias B e C. Em B, notamos um aumento do tamanho dos grãos cristalinos e uma diminuição da quantidade, situação que se repete em C.



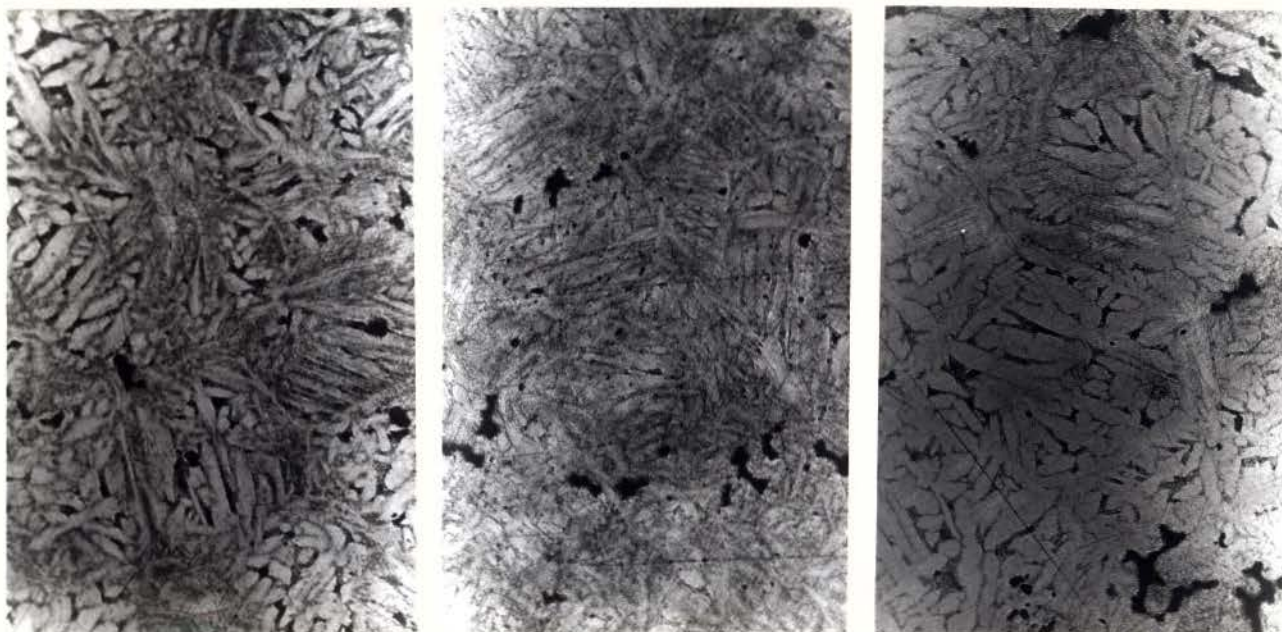
A

B

C

Fig. 8 - Fotomicrografias, após o ataque metalográfico, revelando os grãos cristalinos da liga GOLDENT, de acordo com as fontes de calor: A(GÁS/AR), B(OXIGÊNIO/GÁS) e C(ELETRICIDADE). (100x)

Não observamos diferenças de forma e quantidade dos grãos cristalinos por área em relação às fontes de calor, nas figuras A, B e C.



A

B

C

Fig. 9 - Fotomicrografias, após o ataque metalográfico, revelando os grãos cristalinos da liga DURACAST, de acordo com as fontes de calor: A(GÁS/AR), B(OXIGÊNIO/GÁS) e C(ELETRICIDADE). (100x)

Observamos maior quantidade de grãos cristalinos por área em B e a menor quantidade em C, quando comparadas com A.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Tabela 3 - Dados referentes as durezas das ligas estudadas, em função dos métodos de fusão nas cinco séries.

		S É R I E S				
MATERIAIS	TRATAMENTOS	1	2	3	4	5
IDEALLOY	GÁS/AR	276,6	267,2	255,4	287,6	260,1
	OXIGÊNIO/GÁS	176,2	235,2	220,2	158,2	234,9
	ELETRICIDADE	235,3	240,3	230,7	256,4	254,4
GOLDENT	GÁS/AR	189,3	238,1	194,7	202,9	211,8
	OXIGÊNIO/GÁS	175,9	212,9	192,7	191,4	174,5
	ELETRICIDADE	191,3	208,7	172,2	181,2	177,5
DURACAST	GÁS/AR	208,5	186,3	168,9	184,3	192,2
	OXIGÊNIO/GÁS	254,0	225,3	210,1	207,9	222,3
	ELETRICIDADE	199,3	215,3	202,7	177,0	193,6

6

Submetidos à Análise de Variância num esquema fatorial 3x3, em delineamento inteiramente casual com 5 repetições, proporcionaram o seguinte quadro de Análise de Variância (tabela 4).

Tabela 4 - Análise de Variância

FONTE DE VARIAÇÃO	S.Q.	G.L.	Q.M.	F
MATERIAIS (M)	16.999,4	2	8.499,700	24,46 *
TRATAMENTOS (T)	2.022,1	2	1.011,050	2,90 n/s
INTERAÇÃO MxT	13.214,7	4	3.303,675	9,50 *
RESÍDUO	12.508,1	36	347,447	
T O T A L	44.744,3	44		

* - Significativo a nível de 1%

n/s - Não significativo

cv - 8,78%

Observada a significância para o fator Materiais (ligas) verificou-se pelo método de Tukey se todos os resultados diferem entre si, ou se apenas para alguns deles é rejeitada a hipótese de igualdade.

Tabela 5 - Médias das durezas para o fator ligas e valor crítico para contraste.

LIGAS	DUREZA	TUKEY a 5%
IDEALLOY	239,27	
GOLDENT	194,34	16,59
DURACAST	203,18	

Na tabela 5 encontram-se os valores de dureza proporcionados pelas 3 ligas avaliadas e o valor crítico para contraste. Pelos valores apresentados, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a 16,59, fica rejeitada a igualdade entre elas e, conseqüentemente, entre as ligas correspondentes. Assim pode-se observar que a liga Idealloy apresentou maior valor de dureza e as ligas Duracast e Goldent apresentaram valores estatisticamente iguais.

A não significância encontrada para o fator Tratamentos (métodos de fusão empregados), demonstra que as 3 fontes de calor não interferiram na dureza das ligas estudadas.

Constatada a significância na interação Materiais x Tratamentos (tabela 4), procedeu-se ao desdobramento para verificar o

comportamento conjunto destes dois fatores. A análise de variância do desdobramento relativo aos Tratamentos (métodos de fusão) dentro dos Materiais (ligas), é apresentada na tabela 6, sendo constatada a significância dos métodos de fusão para as ligas Duracast e Idealloy, e a não significância para a liga Goldent.

Tabela 6 - Análise de Variância - Desdobramento dos métodos de fusão dentro das ligas.

FV	SS	GL	QM	F	
Met. Fusão d. Duracast	3.453,63	2	1.726,81	4,97	*
Met. Fusão d. Idealloy	10.484,40	2	5.242,22	15,09	**
Met. Fusão d. Goldent	1.298,63	2	649,31	1,87	ns

** - significante a nível de 1%

* - significante a nível de 5%

ns - não significante

Tabela 7 - Análise de Variância - Desdobramento das ligas dentro dos métodos de fusão.

FV	SS	GL	QM	F	
Ligas d. Gás/Ar	18.059,90	2	9.029,97	25,99	**
Ligas d. Oxigênio/Gás	2.974,56	2	1.487,28	4,28	*
Ligas d. eletricidade	9.179,44	2	4.589,72	13,21	**

** - Significante a nível de 1%

* - Significante a nível de 5%

Na tabela 7 encontram-se os dados do desdobramento referente aos Materiais (ligas) dentro dos Tratamentos (métodos de fusão). Nela verifica-se a significância das ligas dentro dos 3 métodos de fusão usados. Constatadas as significâncias dentro dos desdobramentos, aplicou-se o Teste de Tukey, cujos resultados encontram-se na tabela 8.

Tabela 8 - Médias (durezas) correspondentes à Interação Materiais x Tratamentos e valor crítico para contraste.

L I G A S				
TRATAMENTOS	DURACAST	IDEALLOY	GOLDENT	Tukey a 5%
Gás/Ar	188,04	269,38	207,36	
Oxigênio/Gás	223,92	205,02	189,48	28,74
Eletricidade	197,58	243,42	186,18	

Na tabela 8 pode-se constatar que o teste de comparações múltiplas para o estabelecimento de contraste, apresentou um valor crítico de 28,74. Assim, toda vez que a diferença entre as estimativas das médias for superior a este valor, fica rejeitada a igualdade entre elas. A significância apresentada pela interação Materiais x Tratamentos mostra que a dureza depende, tanto das ligas, como dos métodos de fusão empregados. Desta forma, a liga Duracast apresentou maior dureza quando fundida com a chama Oxigênio/Gás, tendo a fonte Elétrica proporcionado o valor mais baixo a mesma. Com a liga Idealloy, os maiores valores foram obtidos quando foi utilizada a fonte de calor Gás/Ar e Eletricidade e o menor valor com Oxigênio/Gás. A liga Goldent não foi influenciada em sua dureza pelo método de fusão empregado, isto é, os 3 métodos proporcionaram o mesmo resultado de dureza.

Capítulo 6

DISCUSSÃO

D I S C U S S Ã O

A partir dos resultados obtidos, foi feita uma análise da dureza superficial e da disposição dos grãos cristalinos.

Assim na fig. 5, foi possível observar que a liga IDEALLOY (A) apresentou maior valor de dureza superficial, quando a fonte de calor utilizada foi gás/ar e o menor valor, com a fonte de calor oxigênio/gás. A liga GOLDENT(B) também apresentou valores de dureza superficial ligeiramente maior com a fonte de calor gás/ar, quando comparada com os resultados obtidos com as demais fontes, cujas durezas não são significativas entre si. Porém, quando a liga DURACAST(C) foi analisada com todas as fontes de calor, o maior valor de dureza superficial foi obtido com a fonte oxigênio/gás, ficando os valores, entre as fontes restantes, não significativos entre si.

Uma análise da fig. 6 mostra-nos uma comparação das 3 ligas de Cu-Al, em relação a cada fonte de calor. Quando utilizamos a fonte de calor gás/ar, a liga IDEALLOY obteve o maior valor de dureza superficial. Quando foi utilizada a fonte de calor oxigênio/gás, a liga DURACAST obteve o maior valor de dureza superficial. E, quando a fonte de calor elétrica foi utilizada, a liga IDEALLOY obteve o maior valor de dureza.

O ataque metalográfico permitiu observar fotomicroscopicamente a disposição dos grãos cristalinos nas ligas de Cu-Al em relação às fontes de calor.

Como podemos observar, com a liga IDEALLOY, fundida com a

fonte de calor gás/ar (figura 7-A), os grãos cristalinos nas ligas de Cu-Al estão visualmente muito próximos entre si, não existindo muita nitidez dos espaços vazios entre os grãos. Por outro lado, quando a liga foi fundida com a fonte de calor oxigênio/gás (figura 7-B), podemos observar com maior nitidez a presença de espaços vazios entre os grãos cristalinos. Já, com a fonte elétrica (figura 7-C) apresentou espaços vazios considerados intermediários entre as anteriores.

Quando essas observações foram comparadas com os resultados apresentados na figura 6, verificamos que a fonte de calor A (GÁS/AR) proporcionou maior dureza superficial do que as demais fontes. Assim, através da análise de variância, observamos que o valor de dureza superficial foi mais significativo na figura 7-A e menos significativo naquela da figura 7-B.

Com a liga GOLDENT (figura 8), podemos notar aspectos similares nas disposições dos grãos cristalinos e na presença de espaços vazios entre si, em todas as condições estudadas.

Comparando essas observações com os resultados mostrados na Figura 6 e na tabela 6, notamos que as três fontes de calor utilizadas proporcionaram dureza superficial, estatisticamente não significativas entre si.

Com a liga DURACAST (figura 9-B), podemos observar que os grãos cristalinos estão muito próximos entre si, existindo pouca presença de espaços vazios. Nas figuras 9-A e 9-C a presença de espaços vazios entre os grãos cristalinos é mais nítida.

Após comparação dessas observações com os resultados apre-

sentados na figura 6, verificamos que a fonte de calor B (OXIGÊNIO/GÁS) proporcionou maior dureza superficial aos corpos de prova. Estes valores de dureza superficial (figura 6-C) apresentados na tabela 8 são estatisticamente significativos quando comparados com os dados apresentados na figura 6-B e não significativos com aqueles da figura 6-A.

Deste modo, de acordo com as disposições dos grãos cristalinos, julgamos correto poder afirmar que a maior proximidade entre os grãos cristalinos, com a diminuição dos espaços vazios entre si, proporcionaria maior dureza superficial ao corpo de prova.

Embora, o trabalho realizado por KAIRES et alii¹⁴ tenha demonstrado que as peças metálicas fundidas resfriadas à temperatura ambiente tenham apresentado maiores valores de dureza, o nosso trabalho demonstrou que essa dureza também sofre influência da fonte de calor utilizada.

Assim, acreditamos que a variação dos valores de dureza superficial de uma mesma liga de Cu-Al ocorreu, conforme a fonte de calor utilizada, provavelmente devido a composição da liga, que determinou padrões diferentes de cristalização sob a influência da fonte de calor. A possibilidade desta hipótese ser verdadeira está baseada no fato de que o método de resfriamento da liga, que poderia ocasionar diferenças de cristalização, foi padronizado para todos os ensaios e feito lentamente até atingir a temperatura ambiente.

Portanto, a análise dos resultados obtidos em nosso tra-

balho, permitiu observar variações nos valores de dureza superficial das ligas IDEALLOY e DURACAST, que, a nosso ver, estariam intimamente relacionadas com a disposição dos grãos cristalinos, cuja composição da liga sofreu influência de determinada fonte de calor utilizada, com exceção da liga GOLDENT que não apresentou valores de dureza superficial com diferenças significativas entre as 3 fontes.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

C O N C L U S Õ E S

A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que:

A - Os valores de dureza superficial das ligas apresentaram variações segundo as fontes de calor utilizadas, de modo que:

1 - A liga IDEALLOY apresentou valor de dureza superficial estatisticamente significativo, quando foi utilizada a fonte de calor gás/ar.

2 - A liga GOLDENT apresentou valores de dureza superficial estatisticamente não significativos entre as fontes de calor utilizadas.

3 - A liga DURACAST apresentou valor de dureza superficial estatisticamente significativo, quando foi utilizada a fonte de calor oxigênio/gás.

B - A disposição dos grãos cristalinos das ligas apresentaram variações segundo as fontes de calor utilizadas, de modo que:

1 - A liga IDEALLOY apresentou maiores grãos cristalinos por área, quando foi utilizada a fonte de calor gás/ar.

2 - A liga GOLDENT não apresentou diferença de grãos cristalinos segundo as três fontes de calor utilizadas.

3 - A liga DURACAST apresentou maiores grãos cristalinos por área, quando foi utilizada a fonte de calor oxigênio/gás.

Capítulo 8

SINÓPSE

S I N Ó P S E

Este trabalho teve como objetivo a análise da dureza superficial e da disposição dos grãos cristalinos de três ligas de Cu-Al (IDEALLOY, GOLDENT e DURACAST), fundidas segundo três fontes de calor (gás/ar, oxigênio/gás e eletricidade).

Foram confeccionados 45 modelos de cera (Kerr, tipo II), utilizando-se uma matriz de aço inoxidável, com uma cavidade semelhante a um preparo M0.

Após as fundições, 5 corpos de prova foram incluídos em pastilhas confeccionadas com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico), conforme a fonte de calor utilizada.

Estas pastilhas de prova, após acabamento e polimento, foram submetidas a análises das disposições dos grãos cristalinos. Estas análises foram registradas através do uso de fotomicrografias.

A análise da dureza superficial demonstrou que, quando foi utilizada a fonte de calor gás/ar, a liga IDEALLOY apresentou o maior valor. Quando foi utilizado a fonte de calor oxigênio/gás, a liga DURACAST apresentou o maior valor. Com a fonte de calor eletricidade, a liga IDEALLOY apresentou o maior valor de dureza.

A análise da disposição dos grãos cristalinos demonstrou que, o maior número de grãos cristalinos por área, coincidiram com aqueles corpos de prova que apresentaram os maiores valores de dureza superficial.

Capítulo 9

ABSTRACT

A B S T R A C T

This work had as objective the superficial hardness and the cristalines grains disposition analisis of three aluminum-copper alloys (IDEALLOY, GOLDENT and DURACAST) molten according to three heat sources (AIR/GAS, OXIGEN/GAS and ELECTRICITY).

Forty-five wax pattern were made using a stainless steel die, with a cavity like a M0 prepare.

After casting, five test bodies were included in pastilles made with chemically ativated acrilic resin (Clássico) pastilles according to the heat source used.

These test pastilles, after finishing and polishing, were subjected to the cristalines grains disposition analisis. These analisis were recorded through the use of photomicrographies.

The superficial hardness analisis demonstrated that when the air/gas heat source was used, the IDEALLOY alloy presented the higher value. When the oxigen/gas heat source was used, the DURACAST alloy presented the higher value. With the electricity heat source the IDEALLOY alloy presented the higher hardness value.

The cristalines grains disposition analisis demonstrated that, the biggest number of cristalines grains per area, coincided with those test bodies that presented the higher superficial hardness value.

Capítulo 11

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Specification number 5 for dental casting gold alloy. In Guide to dental materials and devices, 1974, 7 ed. Chicago, p. 181-88.
2. ASHER, H.H. Hardness study of transformations in gold-copper alloys. *J. dent. Res.*, 14(5): 349-58, 1934.
3. BLACK, G. V., 1895, Apud PHILLIPS, R. W., op. cit. ref. 22.
4. BRUMFIELD, R. C. Tentative standard methods of testing precious metal dental materials. *J. Am. dent. Ass.*, 42: 17-30, July 1945.
5. CHAMANT, 1792, Apud PHILLIPS, R. W., op. cit. ref. 22.
6. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. Experimental designs, 2 ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957.
7. COMPAGNI, R.; FAUCHER, R.R.; YUODELLIS, R.A.. Effects of sprue design, casting machine, and heat source on casting porosity. *J. prosth. Dent.*, 52(1): 41-45, July 1984.
8. DONOVAN, T.E. & WHITE, L.E.. Evaluation of an improved centrifugal casting machine. *J. prosth. Dent.*, 53(5): 609-612, May 1985.
9. EAMES, W.B. & MacNAMARA, J.F. Evaluation of casting machines for ability to cast sharp margins. *Oper. Dent.*, 3: 137-141, 1978.
10. FAUCHARD, 1728. Apud PHILLIPS, R. W., op. cit. ref. 22.
11. SILVA FILHO, F. P. M. Ligas do sistema Cobre-Alumínio. Efeito de ligas, técnicas de fusão e tratamentos térmicos na con-

- tração de fundição e dureza. Efeito de tipos cavitários de fundição no desajuste cervical. Araraquara, 1983 (Tese-Faculdade de Odontologia).
12. FUSAYAMA, T. & YAMANE, M. Surface roughness of castings made by various casting techniques. *J. prosth. Dent.*, 22(5): 529-35, May 1973.
 13. GILLETTE, W.B.; COHEN, G.; ABRAHAMSON, B. Cast-aluminum dental prostheses. *J. prosth. Dent.*, 21(1): 92-96, Jan. 1969.
 14. KAIRES, A.K. & THOMPSON, J.C. The effect of heat treatment variables on the microstructure and hardness of a cast dental gold alloy. *J. dent. Res.*, 38(5): 888-900, Sept.-Oct. 1959.
 15. KASLOFF, Z. Casting techniques and some variables. *J. prost. Dent.*, 11(3): 533-36, May-June 1961.
 16. KEYS, D.A. A study in casting density. *J. Am. dent. Ass.*, 32: 25-30, Jan. 1945.
 17. LEWIS, A.J. The effect of variations in mould temperature, metal temperature and mould size on the development of internal porosity in cast structures. *Aust. dent. J.*, 22(4): 243-46, Aug. 1977.
 18. MYERS, R.E. Variables pressure regulated to prevent rebound of molten metal during casting. *J. dent. Res.*, 12(2): 327-38, 1932.
 19. OGURA, H.; RAPTIS, C.N.; ASGAR, K. Inner surface roughness of complete cast crowns made by centrifugal casting machines. *J. prost. Dent.*, 45(5): 529-35, May 1981.

20. PFAFF, 1756. Apud PHILLIPS, R. W., op. cit. ref. 22.
21. PHILLIPS, R.W. Studies on the density of castings as relate to their position in the ring. J. Am. dent. Ass., 35: 329-42, Sep. 1947.
22. PHILLIPS, R. W. Materiais dentários de Skinner, 8 ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1984, p. 1-2.
23. STRANDMAN, E. & GLANTZ, P. On the characteristics of acetylene-oxygen flames used in dental casting. Odont. Revy., 27: 197-222, 1976.
24. THOMSON, D.H. Use of industrially available aluminum-bronze alloys for cast restorations. I. Preliminary study. Aust. dent. J., 28(3): 153-55, June 1983.
25. YLI-URPO, A. & KARMAKOSKI, P. Casting accuracy at different mould temperatures. Swed. dent. J., 6: 45-47, 1982.
26. WHIGHT, T.A.; GRISIUS, R.J.; GAUGLER, R.W. Evaluation of three variables affecting the casting of base metal alloys. J. prost. Dent., 43(4): 415-18, Apr. 1980.

Capítulo 10

A P E N D I C E

RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO
DO PENETRÔMETRO E. LEITZ WETZLAR

P A S T I L H A 1

70,0	71,5	71,5	70,0	76,0	78,5	70,0	75,0	73,5	74,0
75,0	71,5	76,5	70,5	78,5	78,0	78,0	78,0	74,0	71,0
77,0	72,5	75,0	71,5	72,0	71,0	75,5	81,0	75,5	78,5
70,5	70,5	74,5	79,0	72,0	74,5	77,5	71,5	78,5	71,5
74,0	67,0	72,0	77,5	74,0	67,0	72,0	73,5	74,0	75,0

81,0	88,5	73,0	97,5	79,0	68,5	75,0	73,0	68,5	71,5
74,0	75,5	75,0	82,5	77,0	72,5	68,0	71,0	69,5	71,0
76,0	76,0	78,0	77,5	80,0	71,0	72,5	73,5	67,0	69,0
74,5	78,0	75,5	79,5	83,0	76,0	69,0	70,0	66,0	71,5
77,0	76,0	122,5	84,0	73,0	75,0	61,0	70,5	71,5	71,5

87,5	82,0	67,0	64,0	71,5
73,5	74,0	75,0	73,5	73,5
75,0	72,0	73,0	70,5	73,5
72,5	72,0	70,5	72,5	72,5
85,5	84,0	70,5	79,0	78,0

P A S T I L H A 2

79,0	82,0	94,5	95,0	82,5	78,0	84,0	79,5	74,5	77,0
86,5	86,0	88,5	100,0	91,5	77,5	83,5	72,0	95,0	73,5
96,5	87,0	86,5	96,0	94,0	79,0	75,5	73,5	76,5	81,0
92,0	89,0	87,0	100,0	94,0	78,5	77,5	74,0	82,0	77,5
87,5	93,0	83,0	100,0	89,0	73,5	76,0	77,0	76,0	79,5

81,5	83,0	82,0	82,5	79,0	90,0	87,5	87,0	102,5	111,0
78,0	80,0	81,0	75,0	82,0	89,0	88,0	89,0	105,0	126,0
78,5	75,0	88,0	81,0	81,5	92,0	84,0	88,5	100,0	100,5
82,0	80,0	81,5	80,0	79,0	96,0	91,0	97,5	99,0	94,5
82,5	77,5	78,5	82,5	81,0	96,5	95,5	93,5	100,0	93,0

83,0	81,0	79,5	78,5	77,5
80,5	78,5	80,0	80,0	80,5
79,0	78,5	77,5	83,0	80,5
77,5	79,0	78,5	80,0	79,0
79,5	79,5	79,0	80,5	75,0

P A S T I L H A 3

73,5	77,5	77,0	83,5	77,0	77,5	77,0	73,0	77,0	79,0
78,0	72,0	81,0	76,5	78,0	76,0	73,0	77,0	80,0	80,0
77,5	79,5	76,0	84,0	80,0	72,0	75,0	78,5	76,5	78,0
75,5	75,0	77,5	78,0	85,5	78,0	78,0	78,0	78,0	75,0
77,0	77,0	79,5	77,5	74,5	76,5	78,5	76,5	79,0	78,5

76,5	73,5	79,0	84,5	88,0	80,5	75,0	72,5	71,0	76,5
80,5	75,0	80,5	78,5	77,0	73,0	73,0	75,0	70,5	74,5
80,0	78,0	75,5	81,0	72,0	72,5	73,5	75,5	76,0	74,0
76,5	77,0	77,0	81,5	75,0	81,0	71,0	76,0	77,0	74,0
79,5	85,0	79,0	79,5	79,5	77,5	73,0	77,0	73,5	72,5

75,0	75,5	77,5	75,5	75,5
69,5	74,5	76,0	74,5	75,0
78,5	73,0	73,0	77,5	79,0
71,0	75,0	71,5	81,5	79,5
70,0	73,5	71,5	75,5	75,0

P A S T I L H A 4

83,0	86,0	80,0	86,0	95,0	85,5	80,5	90,5	87,5	79,5
87,5	80,5	87,5	91,0	90,5	83,5	79,0	85,5	86,5	78,5
86,5	84,5	91,5	96,0	95,0	76,5	84,0	83,5	82,5	81,5
84,5	82,0	80,5	90,5	92,0	79,5	80,5	85,5	90,0	85,0
75,5	79,0	87,0	98,5	91,5	79,5	87,0	86,5	80,0	77,5

85,0	79,0	87,0	90,0	90,0	77,5	75,0	86,0	81,5	97,5
87,0	85,0	85,5	87,5	89,0	83,5	84,5	92,0	84,0	90,5
87,5	83,0	84,0	88,5	83,0	74,0	88,0	86,5	83,5	85,0
90,0	86,5	93,0	89,0	84,5	88,5	77,0	85,5	86,0	81,0
82,5	91,0	87,5	95,0	92,0	83,0	80,0	82,0	88,0	85,0

79,0	81,0	78,0	78,0	77,5
78,5	96,5	79,0	80,0	81,5
78,5	82,0	98,5	76,0	81,0
77,0	85,5	81,5	80,0	85,5
90,5	95,5	82,0	76,5	85,0

P A S T I L H A 5

79,0	92,0	102,0	91,0	86,5	84,0	86,0	84,0	83,5	82,5
88,5	80,5	95,0	82,0	83,5	85,0	86,5	83,0	85,0	85,0
90,5	93,5	85,0	95,5	104,0	85,5	79,5	97,0	83,0	85,5
91,0	114,0	89,0	87,5	88,5	83,0	82,0	94,0	107,0	80,5
84,0	94,5	96,5	82,5	95,0	83,0	79,5	88,0	81,5	83,5

94,5	84,5	87,0	84,5	78,0	82,0	88,5	86,5	89,5	78,5
84,5	89,5	86,5	87,0	87,5	91,0	82,0	88,5	86,0	89,5
81,0	79,0	94,5	96,5	91,5	83,0	79,0	85,5	87,5	94,0
81,5	79,5	84,0	92,0	87,0	82,0	76,5	88,5	88,0	119,0
88,5	87,0	83,0	84,5	84,5	87,5	83,0	84,5	82,5	94,0

81,5	93,5	113,5	113,0	77,5
95,0	82,5	94,5	87,5	88,5
94,5	88,0	115,0	91,5	81,0
93,0	94,0	87,5	89,0	90,0
91,0	87,0	88,0	85,0	87,0

P A S T I L H A 6

85,5	83,0	94,5	90,0	90,0	86,5	81,0	80,5	76,0	80,5
90,5	82,5	88,5	90,0	89,0	77,0	75,0	88,0	79,5	77,5
90,5	80,5	85,0	92,0	81,0	80,5	80,5	98,5	86,5	79,5
80,5	81,0	87,5	89,5	81,5	86,0	81,5	85,5	79,5	87,0
82,0	82,0	90,5	89,5	87,0	83,5	83,0	85,5	86,0	90,5

81,5	94,5	95,5	90,0	104,0	88,0	93,5	94,5	96,0	94,5
86,0	95,5	83,5	87,0	96,0	96,0	80,5	97,5	82,0	89,0
95,0	103,0	87,0	86,5	88,0	95,0	84,0	88,5	87,0	91,0
80,0	94,0	82,0	86,5	92,5	88,0	83,0	88,0	81,0	90,5
91,0	100,0	92,5	105,5	94,5	79,5	86,0	96,0	79,0	104,0

91,0	92,0	97,0	81,0	91,0
94,5	91,5	96,5	83,0	84,5
90,5	96,0	84,5	102,5	80,5
87,0	81,0	81,0	92,0	88,0
92,0	128,5	83,0	96,0	84,5

P A S T I L H A 7

72,0	78,0	87,5	82,5	86,0	84,0	86,5	84,5	91,0	99,0
80,5	80,0	83,5	87,5	80,0	84,0	85,5	81,5	84,0	88,0
82,0	81,5	76,5	87,5	85,0	91,0	81,0	133,0	83,5	87,0
78,5	84,0	84,5	78,5	89,5	78,5	80,5	81,5	84,0	94,0
82,0	77,5	93,0	90,0	86,5	84,5	83,5	114,5	88,0	91,5

84,0	85,0	91,5	97,0	91,0	82,0	131,0	88,0	75,5	112,5
91,5	96,0	95,0	92,0	100,0	92,0	79,0	78,5	86,0	130,0
86,0	86,5	98,5	96,0	91,0	84,5	81,5	81,0	92,0	89,0
92,0	93,5	95,5	87,0	85,5	91,0	83,0	81,5	91,5	85,0
93,5	81,5	92,5	103,5	102,0	89,5	87,5	80,5	84,0	100,0

85,0	86,0	127,0	95,0	88,0
82,0	88,5	78,0	81,0	86,0
85,5	96,0	83,5	88,5	79,5
85,5	82,0	82,0	84,0	85,0
93,0	84,0	86,0	82,0	83,0

P A S T I L H A 8

79,5	79,5	78,5	81,0	77,0	78,5	83,5	83,0	73,5	82,0
79,5	77,0	70,5	72,5	77,5	83,5	86,5	79,0	76,5	81,5
75,0	75,0	79,0	81,0	81,0	75,0	83,5	84,5	81,5	85,0
77,0	72,5	82,5	89,0	86,0	75,5	83,0	73,0	80,5	81,0
77,5	73,0	80,0	82,0	77,0	75,5	79,5	74,0	75,5	79,0

77,0	75,0	86,0	83,0	79,0	83,0	76,0	87,0	78,0	75,0
96,0	80,5	79,5	75,0	78,5	83,5	95,0	92,0	81,0	72,5
82,0	83,0	79,0	82,5	86,0	97,0	75,0	77,0	83,5	100,0
84,0	79,5	90,0	89,5	83,5	97,0	79,0	77,0	85,0	77,0
90,0	84,0	82,0	84,0	79,0	82,0	93,5	78,5	88,0	80,5

84,0	86,0	85,5	79,5	79,5
82,5	81,5	71,5	81,0	75,0
81,5	89,5	79,5	81,5	75,0
82,5	86,0	73,5	79,5	71,5
83,5	83,0	81,5	76,5	79,0

P A S T I L H A 9

82,5	89,5	83,0	81,5	81,0	80,0	77,0	80,5	82,0	83,0
85,5	91,0	86,5	82,5	81,5	80,5	84,5	77,5	82,0	84,0
81,0	83,5	85,5	90,0	83,5	78,0	80,5	77,5	85,5	84,0
86,0	79,5	91,5	87,5	81,5	76,5	78,0	110,5	81,5	80,0
85,0	84,0	87,0	80,0	87,0	83,5	78,5	82,5	78,0	80,5

83,0	79,5	85,5	80,5	82,5	91,0	86,5	89,5	114,5	127,5
83,5	79,5	93,5	79,5	84,5	94,0	80,5	87,0	93,5	79,0
84,5	87,5	85,5	80,5	89,5	102,0	89,5	98,0	82,5	87,0
89,0	82,5	85,5	80,0	82,0	93,0	96,0	86,5	93,0	84,5
81,0	83,0	92,0	83,0	83,0	78,5	81,0	82,0	96,5	87,5

87,5	83,0	91,5	84,0	86,0
86,0	83,5	98,0	79,5	88,0
85,5	92,5	91,5	81,0	88,5
80,5	87,0	84,0	79,5	89,0
88,5	86,0	84,0	83,5	82,5

RESULTADOS DA DUREZA VICKERS OBTIDO POR
MEIO DE TABELA DE CONVERSÃO

PASTILHA

NÚMERO 1

	290,4	278,2	278,2	290,4	246,4	230,8	290,4
	253,0	278,2	243,2	286,2	230,8	233,8	233,8
	240,0	270,6	253,0	278,2	274,4	282,2	249,6
	286,2	286,2	256,4	228,0	274,4	256,4	236,8
	259,8	317,0	274,4	263,8	259,8	317,0	274,4
S	1.329,4	1.430,2	1.305,2	1.319,6	1.532,2	1.320,2	1.285,0
M	265,88	286,04	261,04	263,92	306,44	264,04	257,00

	253,0	263,4	259,8	216,8	181,7	267,0	149,7
	233,8	259,8	282,2	259,8	249,6	253,0	209,0
	216,8	249,6	230,8	246,4	246,4	233,8	236,8
	278,2	230,8	278,2	256,4	233,8	249,6	225,2
	263,4	259,8	253,0	240,0	246,4	95,6	201,6
S	1.245,2	1.526,2	1.304,0	1.942,4	1.157,9	1.099,0	1.022,3
M	249,04	305,36	260,80	388,48	231,58	219,80	204,46

	228,0	303,2	253,0	267,0	303,2	278,2	185,8
	240,0	270,6	307,8	282,2	294,6	282,2	263,4
	222,4	282,2	270,6	263,4	317,0	298,8	253,0
	206,4	246,4	298,8	290,4	326,6	278,2	270,6
	267,0	253,0	382,4	286,2	278,2	278,2	194,6
S	1.163,8	1.355,4	1.512,6	1.389,2	1.519,6	1.415,6	1.167,4
M	232,76	271,08	302,52	277,84	303,92	283,12	233,48

	211,6	317,0	347,4	278,2			
	259,8	253,0	263,4	263,4			
	274,4	267,0	286,2	263,4			
	274,4	286,2	270,6	270,6			
	201,6	286,2	228,0	233,8			
S	1.221,8	1.409,4	1.395,6	1.309,4			
M	244,36	281,88	279,12	261,88			

PASTILHA

NUMERO 2

	228,0	211,6	159,3	157,6	209,0	233,8	201,6
	190,2	192,4	181,7	142,3	169,9	236,8	204,0
	152,8	188,0	190,2	154,4	161,0	228,0	249,6
	168,1	179,7	188,0	142,3	161,0	230,8	236,8
	185,8	164,5	206,4	142,3	179,7	263,4	246,4
S	924,9	936,2	925,6	738,9	880,6	1.192,8	1.138,4
M	184,98	187,24	105,12	147,78	176,12	238,56	227,68

	225,2	256,4	240,0	214,2	206,4	211,6	209,0
	274,4	157,6	263,4	233,8	222,4	216,8	253,0
	263,4	243,2	216,8	230,8	253,0	183,7	216,8
	259,8	211,6	236,8	211,6	222,4	214,2	222,4
	240,0	246,4	225,2	209,0	236,8	230,8	209,0
S	1.262,8	1.115,2	1.182,2	1.099,4	1.141,0	1.057,1	1.110,2
M	252,56	223,04	236,44	219,88	228,20	211,42	222,04

	228,0	175,7	185,8	188,0	136,8	115,5	206,4
	211,6	179,7	183,7	179,7	129,1	89,6	219,6
	214,2	168,1	201,6	181,7	142,3	140,9	228,0
	228,0	154,4	171,8	149,7	145,2	159,3	236,8
	216,8	152,8	156,0	162,7	142,3	164,5	225,2
S	1.098,6	830,7	898,9	861,8	695,7	669,8	1.116,0
M	219,72	166,14	179,78	172,36	139,14	133,96	223,2

	216,8	225,2	230,8	236,8
	230,8	222,4	222,4	219,6
	230,8	236,8	206,4	219,6
	228,0	230,8	222,4	228,0
	225,2	228,0	219,6	253,0
S	1.131,6	1.368,4	1.101,6	1.157,0
M	226,32	273,68	220,32	231,4

PASTILHA

NUMERO 3

	263,4	236,8	240,0	204,0	240,0	236,8	240,0
	233,8	274,4	216,8	243,2	233,8	246,4	267,0
	236,8	225,2	246,4	201,6	222,4	274,4	253,0
	249,6	253,0	236,8	233,8	194,6	233,8	233,8
	240,0	240,0	225,2	236,8	256,4	243,2	230,8
S	1.223,6	1.229,4	1.165,2	1.119,4	1.147,2	1.234,6	1.224,6
M	244,72	245,88	233,04	223,88	229,44	246,92	244,92

	267,0	240,0	228,0	243,2	263,4	228,0	199,2
	240,0	222,4	222,4	219,6	253,0	219,6	230,8
	230,8	243,2	233,8	222,4	233,8	249,6	216,8
	233,8	233,8	253,0	243,2	240,0	240,0	214,2
	243,2	228,0	230,8	225,2	196,9	228,0	225,2
S	1.214,8	1.167,4	1.168,0	1.153,6	1.187,1	1.165,2	1.086,2
M	242,96	233,48	233,60	230,72	237,42	233,04	217,24

	183,7	219,6	253,0	270,6	282,2	243,2	253,0
	240,0	267,0	267,0	253,0	286,2	256,4	294,6
	274,4	270,6	263,4	249,6	246,4	259,8	230,8
	253,0	216,8	282,2	246,4	240,0	259,8	282,2
	225,2	236,8	267,0	240,0	263,4	270,6	290,4
S	1.176,3	1.210,8	1.332,6	1.259,6	1.318,2	1.289,8	1.351,0
M	235,26	242,16	266,52	251,92	263,64	257,96	270,20

	249,6	236,8	249,6	249,6
	256,4	246,4	256,4	253,0
	267,0	267,0	236,8	228,0
	253,0	278,2	214,2	225,2
	263,4	278,2	249,6	253,0
S	1.289,4	1.306,6	1.206,6	1.208,8
M	257,88	261,32	241,32	241,76

PASTILHA

NÚMERO 4

	206,4	192,4	222,4	192,4	157,6	194,6	219,6
	185,8	219,6	185,8	171,8	173,7	204,0	228,0
	190,2	199,2	169,9	154,4	157,6	243,2	201,6
	199,2	211,6	219,6	173,7	168,1	225,2	219,6
	249,6	228,0	188,0	146,7	169,9	225,2	188,0
S	1.031,2	1.050,8	985,7	839,0	826,9	1.092,2	1.056,8
M	206,24	210,16	197,14	167,80	165,38	218,44	211,36
	173,7	185,8	225,2	196,9	228,0	188,0	175,7
	194,6	190,2	230,8	188,0	196,9	194,6	185,8
	204,0	209,0	214,2	185,8	206,4	201,6	181,7
	194,6	175,7	196,9	175,7	190,2	164,5	179,7
	190,2	222,4	236,8	209,0	171,8	185,8	157,6
S	957,1	1.743,8	1.103,9	955,4	993,3	934,5	1.056,2
M	191,42	348,76	220,78	191,08	198,66	186,90	211,24
	175,7	236,8	253,0	192,4	214,2	149,7	228,0
	179,7	204,0	199,2	168,1	201,6	173,7	230,8
	206,4	259,8	183,7	190,2	204,0	196,9	230,8
	199,2	181,7	240,0	194,6	192,4	216,8	240,0
	168,1	206,4	222,4	211,6	183,7	196,9	173,7
S	929,1	1.088,7	1.098,3	956,9	995,9	934,0	1.103,3
M	185,82	217,74	219,66	191,38	199,18	186,80	220,66
	216,8	233,8	233,8	236,8			
	152,8	228,0	222,4	214,2			
	211,6	146,7	246,4	216,8			
	194,6	214,2	222,4	194,6			
	156,0	211,6	243,2	196,9			
S	931,8	1.034,3	1.168,2	1.059,3			
M	186,36	206,86	233,64	211,86			

PASTILHA

NUMERO 5

	228,0	168,1	136,8	171,8	190,2	201,6	192,4
	181,7	219,6	157,6	211,6	204,0	196,9	190,2
	173,7	162,7	196,9	156,0	131,5	194,6	225,2
	171,8	109,5	179,7	185,8	181,7	206,4	211,6
	201,6	159,3	152,8	209,0	157,6	206,4	225,2
S	956,8	819,2	823,8	934,2	865,0	1.404,4	1.044,6
M	191,36	163,84	164,76	186,84	173,00	280,88	208,92
	201,6	204,0	209,0	159,3	199,2	188,0	199,2
	206,4	196,9	196,9	199,2	177,7	190,2	188,0
	151,2	206,4	194,6	216,8	228,0	159,3	152,8
	161,0	124,3	219,6	214,2	225,2	201,6	168,1
	183,7	214,2	204,0	181,7	188,0	206,4	199,2
S	903,9	945,8	1.024,1	971,2	1.018,1	945,5	907,3
M	180,78	189,16	204,82	194,24	203,62	189,10	181,46
	233,8	211,6	181,7	190,2	177,7	230,8	214,2
	185,8	171,8	211,6	181,7	192,4	177,7	157,6
	169,9	206,4	228,0	194,6	185,8	161,0	159,3
	188,0	211,6	243,2	181,7	183,7	100,5	164,5
	199,2	185,8	206,4	199,2	209,0	161,0	171,8
S	976,7	987,2	1.070,9	947,4	948,6	831,0	867,4
M	195,34	197,44	214,18	189,48	189,72	166,20	173,48
	162,7	111,5	111,5	236,8			
	209,0	159,3	185,8	181,7			
	183,7	107,6	169,9	216,8			
	161,0	185,8	179,7	175,7			
	188,0	183,7	196,9	188,0			
S	904,4	747,9	843,8	999,0			
M	180,88	149,58	168,76	199,80			

PASTILHA

NUMERO 6

194,6	206,4	159,3	175,7	175,7	190,2	216,8
173,7	209,0	181,7	175,7	179,7	240,0	253,0
173,7	219,6	196,9	168,1	216,8	219,6	219,6
219,6	216,8	185,8	177,7	214,2	192,4	214,2
211,6	211,6	173,7	177,7	188,0	204,0	206,4

S	973,2	1.063,4	897,4	874,9	974,4	1.046,2	1.110,0
M	194,64	212,68	179,48	174,98	194,88	209,24	222,00

219,6	246,4	219,6	214,2	159,3	156,0	175,7
183,7	225,2	236,8	192,4	156,0	204,0	188,0
146,7	190,2	225,2	157,6	134,1	188,0	190,2
194,6	225,2	188,0	222,4	161,0	211,6	190,2
194,6	192,4	173,7	171,8	142,3	166,3	129,1

S	939,2	1.079,4	1.043,3	958,4	752,7	925,9	873,2
M	187,84	215,88	208,66	191,68	150,54	185,18	174,64

131,5	183,7	162,7	159,3	154,4	159,3	171,8
154,4	154,4	219,6	149,7	211,6	179,7	159,3
183,7	157,6	201,6	181,7	188,0	171,8	173,7
163,6	183,7	206,4	183,7	216,8	173,7	188,0
159,3	225,2	192,4	154,4	228,0	131,5	168,1

S	795,2	904,6	982,7	828,8	998,8	816,0	860,9
M	159,04	180,92	196,54	165,76	199,76	163,20	172,18

168,1	151,2	216,8	171,8
169,9	152,8	206,4	199,2
154,4	199,2	136,8	219,6
216,8	216,8	168,1	183,7
86,8	206,4	154,4	199,2

S	796,0	926,4	882,5	973,5
M	159,20	185,28	176,50	194,70

PASTILHA

NÚMERO 7

	274,4	233,8	185,8	209,0	192,4	201,6	190,2
	219,6	222,4	204,0	185,8	222,4	201,6	194,6
	211,6	214,2	243,2	185,8	196,9	171,8	216,8
	230,8	201,6	199,2	225,2	177,7	230,8	219,6
	211,6	236,8	164,5	175,7	190,2	199,2	204,0
S	1.148,0	1.108,8	996,7	981,5	979,6	1.005,0	1.025,2
M	229,60	221,76	199,34	196,30	195,92	201,00	205,04
	199,2	171,8	145,2	201,6	196,9	169,9	151,2
	214,2	201,6	183,7	169,9	154,4	157,6	168,1
	80,4	204,0	188,0	192,4	190,2	146,7	154,4
	214,2	201,6	161,0	168,1	162,7	156,0	188,0
	109,5	183,7	169,9	162,7	214,2	166,3	134,1
S	817,5	962,7	847,8	894,7	918,4	796,5	795,8
M	163,50	192,54	169,56	178,94	183,68	159,30	159,16
	171,8	211,6	82,9	183,7	249,6	113,5	196,9
	142,3	168,1	228,0	230,8	192,4	84,2	211,6
	171,8	199,5	214,2	216,8	168,1	179,7	194,6
	194,6	171,8	206,4	214,2	169,9	196,9	194,6
	136,8	177,7	185,8	219,6	201,6	142,3	164,5
S	817,3	928,7	917,3	1.065,1	981,6	716,6	962,2
M	163,46	185,74	183,46	213,02	196,32	143,32	192,44
	192,4	88,2	157,6	183,7			
	181,7	233,2	216,8	192,4			
	154,4	204,0	181,7	225,2			
	211,6	211,6	201,6	196,9			
	201,6	192,4	211,6	206,4			
S	941,7	929,4	969,3	1.004,6			
M	188,34	185,88	193,86	200,92			

PASTILHA

NUMERO 8

	225,2	225,2	230,8	216,8	240,0	230,8	204,0
	225,2	240,0	286,2	270,6	236,8	204,0	190,2
	253,0	253,0	228,0	216,8	216,8	253,0	204,0
	240,0	270,6	209,0	179,7	192,4	249,6	206,4
	236,8	267,0	222,4	211,6	240,0	249,6	225,2
S	1.180,2	1.255,8	1.693,4	1.095,5	1.126,0	1.187,0	1.029,8
M	236,04	251,16	338,68	219,10	225,20	237,40	205,96

	206,4	263,4	211,6	240,0	253,0	192,4	206,4
	228,0	243,2	214,2	154,4	219,6	225,2	253,0
	199,2	214,2	196,9	211,6	206,4	228,0	209,0
	267,0	219,6	216,8	201,6	225,2	175,7	177,7
	259,8	249,6	228,0	175,7	201,6	211,6	201,6
S	1.160,4	1.190,0	1.067,5	983,3	1.105,8	1.032,9	1.047,7
M	232,08	238,00	213,50	196,66	221,16	206,58	209,54

	228,0	206,4	246,4	188,0	233,8	253,0	201,6
	230,8	204,0	157,6	168,1	216,8	270,6	209,0
	192,4	151,2	253,0	240,0	204,0	142,3	214,2
	204,0	151,2	228,0	240,0	196,9	240,0	209,0
	228,0	211,6	162,7	230,8	183,7	219,6	204,0
S	1.083,2	924,4	1.047,7	1.066,9	1.035,2	1.125,5	1.037,8
M	216,64	184,88	209,54	213,38	207,04	225,10	207,56

	192,4	194,6	225,2	225,2
	214,2	278,2	216,8	253,0
	177,7	225,2	214,2	253,0
	192,4	263,4	225,2	278,2
	206,4	214,2	243,2	228,0
S	983,1	1.175,6	1.124,6	1.237,4
M	196,62	235,12	224,92	247,48

PASTILHA

NUMERO 9

	209,0	177,7	206,4	214,2	216,8	222,4	240,0
	194,6	171,8	190,2	209,0	214,2	219,6	199,2
	216,8	204,0	194,6	175,7	204,0	233,8	219,6
	192,4	225,2	169,9	185,8	214,2	243,2	233,8
	196,9	201,6	188,0	222,4	188,0	204,0	230,8
S	1.009,7	980,3	949,1	1.007,1	1.037,2	1.123,0	1.123,4
M	201,94	196,06	189,82	201,42	207,44	224,60	224,68

	219,6	211,6	206,4	206,4	225,2	194,6	219,6
	236,8	211,6	201,6	204,0	225,2	162,7	225,2
	236,8	194,6	201,6	199,2	185,8	194,6	219,6
	117,6	214,2	222,4	179,7	209,0	194,6	222,4
	209,0	233,8	219,6	216,8	206,4	168,1	206,4
S	1.019,8	1.065,8	1.051,6	1.006,1	1.051,6	914,6	1.093,2
M	203,96	213,16	210,32	201,22	210,32	182,92	218,64

	209,0	171,8	190,2	177,7	109,5	88,2	185,8
	199,2	161,0	219,6	188,0	162,7	228,0	192,4
	177,7	136,8	177,7	148,2	209,0	188,0	194,6
	211,6	164,5	154,4	190,2	164,5	199,2	219,6
	206,4	230,8	216,8	211,6	152,8	185,8	181,7
S	1.003,9	864,9	958,7	915,7	798,5	889,2	974,1
M	200,78	172,98	191,74	183,14	159,70	177,84	194,82

	206,4	169,9	201,6	192,4
	204,0	148,2	225,2	183,7
	166,3	169,9	216,8	181,7
	188,0	201,6	225,2	179,7
	192,4	201,6	204,0	209,0
S	957,1	891,2	1.072,8	946,5
M	191,42	178,24	214,56	189,30

MEDIA FINAL DOS RESULTADOS
DA DUREZA VICKERS

P A S T I L H A 1

265,88	264,04	388,48	271,08	233,48
286,04	257,00	231,58	302,52	244,36
261,04	249,04	219,80	277,84	281,88
263,92	305,36	204,46	303,92	279,12
306,44	260,80	232,76	283,12	261,88
1.383,32	1.336,24	1.277,08	1.438,48	1.300,72
276,66	267,24	255,41	287,69	260,14
=>	S = 6.735,84	SM = 1.347,16	M = 269,43	

P A S T I L H A 2

184,98	238,56	219,88	166,14	223,20
187,24	227,68	228,20	179,78	226,32
185,12	252,56	211,42	172,36	273,68
147,78	223,04	222,04	139,14	220,32
176,12	236,44	219,72	133,96	231,40
881,24	1.178,28	1.101,26	791,38	1.174,92
176,24	235,65	220,25	158,27	234,98
=>	S = 5.127,08	SM = 1.025,41	M = 205,08	

P A S T I L H A 3

244,72	246,92	230,72	242,16	270,20
245,88	244,92	237,42	266,52	257,88
233,04	242,96	233,04	251,92	261,32
223,88	233,48	217,24	263,64	241,32
229,44	233,60	235,26	257,96	241,76
1.176,96	1.201,88	1.153,68	1.282,20	1.272,48
235,39	240,37	230,73	256,44	254,49
=>	S = 6.087,20	SM = 1.217,44	M = 243,48	

P A S T I L H A 4

206,24	218,44	191,08	217,74	220,66
210,16	211,36	198,66	219,66	186,36
197,14	191,42	186,90	191,38	206,86
167,80	348,76	211,24	199,18	233,64
165,38	220,78	185,82	186,80	211,86

946,72	1.190,76	973,70	1.014,76	1.059,38
189,34	238,15	194,74	202,95	211,87

=> S = 5.185,32 SM = 1.037,06 M = 207,41

P A S T I L H A 5

191,36	280,88	194,24	197,44	173,48
163,84	208,92	203,62	214,18	180,88
164,76	180,78	189,10	189,48	149,58
186,84	189,16	181,46	189,72	168,76
173,00	204,82	195,34	166,20	199,80

879,80	1.064,56	963,76	957,02	872,50
175,96	212,91	192,75	191,40	174,50

=> S = 4.737,64 SM = 947,52 M = 189,50

P A S T I L H A 6

194,64	209,24	191,68	180,92	172,18
212,68	222,00	150,54	196,54	159,20
179,48	187,84	185,18	165,76	185,28
174,98	215,88	174,64	199,76	176,50
194,88	208,66	159,04	163,20	194,70

956,66	1.043,62	861,08	906,18	887,86
191,33	208,72	172,21	181,23	177,57

=> S = 4.655,40 SM = 931,08 M = 186,21

P A S T I L H A 7

229,60	201,00	178,94	185,74	192,44
221,76	205,04	183,68	183,46	188,34
199,34	163,50	159,30	213,02	185,88
196,30	192,54	159,16	196,32	193,86
195,92	169,56	163,46	143,32	200,92

1.042,92	931,64	844,54	921,86	961,44
208,58	186,32	168,90	184,37	192,28

=> S = 4.702,40 SM = 940,48 M = 188,09

P A S T I L H A 8

236,04	237,40	196,66	184,88	207,56
251,16	205,96	221,16	209,54	196,62
338,68	232,08	206,58	213,38	235,12
219,10	238,00	209,54	207,04	224,92
225,20	213,50	216,64	225,10	247,48

1.270,18	1.126,94	1.050,58	1.039,94	1.111,70
254,03	225,38	210,11	207,98	222,34

=> S = 5.599,34 SM = 1.119,86 M = 223,97

P A S T I L H A 9

201,94	224,60	201,22	172,98	194,82
196,06	224,68	210,32	191,74	191,42
189,82	203,96	182,92	183,14	178,24
201,42	213,16	218,64	159,70	214,56
207,44	210,32	200,78	177,84	189,30

996,68	1.076,72	1.013,88	885,40	968,34
199,33	215,34	202,77	177,08	193,66

=> S = 4.941,02 SM = 988,20 M = 197,64

O presente trabalho foi apresentado a Exame de
Mestrado no dia.....de.....de 1987 e considerado
..... com avaliação....., tendo sido
examinadores:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(N O M E)

(F A C U L D A D E)