

Este exemplar foi devidamente
corrigido conforme resolução
CCPE/036/83

Piracicaba, 8 de agosto de 1988
Prof. Automatturube

LAURA ZUCCO BRÔGLIO
Cirurgiã Dentista

DUREZA SUPERFICIAL DO AMÁLGAMA.
INFLUÊNCIA DOS OPERADORES.

Orientador: Prof. Dr. Luis Antonio Ruhnke

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Piracicaba da Universidade Estadual de
Campinas, para a obtenção do título de Mes-
tre em Ciências - Área Materiais Dentários.

PIRACICABA - S.P.
1988

B786d

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

DEDICATÓRIA

Dedico a todos aqueles que, de
alguma forma, contribuíram para a
realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Ruhnke

Professor Titular da Área de Materiais Dentários da FOP-
UNICAMP;

Orientador deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Simonides Consani

Professor Titular da Área de Materiais Dentários da FOP-
UNICAMP.

À Srt^a Geni Forti e ao Sr. Adário Cangiani

Funcionários da Área de Materiais Dentários da FOP-UNICAMP.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa.

Í N D I C E

	página
INTRODUÇÃO	2
REVISÃO DA LITERATURA	5
PROPOSIÇÃO	14
MATERIAIS E MÉTODOS	16
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	42
CONCLUSÕES	51
SINÓPSE	53
SYNOPSIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	64

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O amálgama é um composto metálico onde um dos componentes é o mercúrio. Para a formação do amálgama dentário, utilizamos ligas conhecidas comercialmente como limalhas de prata. A composição dessas ligas está sendo a cada dia mais elaborada para melhorar as propriedades do amálgama dentário.

Foi Tomes, em 1861, segundo MARTINS (25), um dos primeiros a pesquisar a influência da composição dos amálgamas dentais na contração e expansão e em outras propriedades físicas. Desde então, segundo a maioria dos autores, (6), (11), (13), (14), nenhum material de restaurações dentárias tem sido mais pesquisado e usado do que o amálgama.

Com o desenvolvimento científico, a composição do amálgama inicialmente recomendada por Black, em 1896, (35), foi se modificando assim como a forma das partículas. Em 1961, por um novo processo foi possível obter-se uma liga de prata para amálgama com partículas esféricas (35).

Em 1963, INNES e YOUDELIS (16) descreveram uma limalha experimental, da qual $\frac{2}{3}$ eram representados por partículas de formato e composição convencional e o $\frac{1}{3}$ restante, por partículas esféricas de liga eutética de prata-cobre. Uma das propriedades positivas desta liga é a quase total ausência da fase γ_2 , após aproximadamente uma semana. Estas ligas são conhecidas por ligas de fase dispersa e são

consideradas superiores às ligas de composição tradicional (7), (33), (35).

O sucesso das ligas de fase dispersa levou ao desenvolvimento das ligas de fase única, ou ternárias, assim chamadas porque cada partícula da liga apresenta a mesma composição química. O amálgama preparado a partir desta liga apresenta a característica de não ter a fase Y₂, após uma semana a 37°C (2).

Mas por ser o material dentário mais utilizado, o amálgama passou a ser também o mais abusivamente manipulado (6), (11), (13), (14). Este abuso na manipulação, entretanto, traz consequências sérias, como nos mostra LINK (21), em seu trabalho: "se ocorre um fracasso não se deve culpar o amálgama, deve-se buscar a causa na técnica de manipulação do material". Também HEALEY e PHILLIPS (13), estudando casos de falhas em restaurações, concluíram que 56% eram devidas a preparo cavitário incorreto e 44% dos casos devido à manipulação incorreta ou contaminação.

Mediante as afirmações como estas anteriormente descritas, e que nos parecem corretas, em nosso trabalho resolvemos verificar a ação de diferentes manipuladores em alguns aspectos das ligas de prata para amálgama dentário.

REVISÃO DA LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

Tomes, segundo MARTINS (25), desde 1861 se preocupou em pesquisar a composição química dos amálgamas, e depois dele, inúmeros trabalhos seguiram-se na tentativa de aperfeiçoar ao máximo a composição química do mais utilizado material restaurador em Odontologia.

A partir de 1946, alguns autores já citados na introdução do nosso trabalho, (6), (11), (13), (14), começam a reconhecer a maneira abusiva de como o amálgama dentário é utilizado.

Este fato também foi reconhecido por MARTINS (25), que em 1965, relatando em seu trabalho alusões de autores que reconheciam o uso abusivo do amálgama, propôs correlacionar métodos de manipulação da mistura limalha-mercúrio com a resistência à compressão, escoamento e dureza Knoop.

PHILLIPS (35) afirma que a vida limite de uma restauração de amálgama é determinada por 2 fatores: 1º) dentista e assistente e 2º) material. Para melhor entendimento dos fatores determinantes da vida útil do material é necessária uma melhor compreensão das fases que se formam em um amálgama odontológico e dos componentes que dão origem a estas fases.

Atualmente, as ligas de prata convencionais para amálgama dentário são constituídos de aproximadada

mente 60% de prata, 6% de cobre, 29% de estanho, 2% de zinco e 3% de mercúrio, segundo a especificação nº 1 da A.D.A.. Estas ligas podem ser em partículas de forma irregular ou de tendência esférica e de tamanhos variáveis (35).

A parte essencial dessas ligas "convencionais" ou de limitado conteúdo de cobre está formada pelo composto intermetálico Ag_3Sn , que contém aproximadamente 75% de prata e 25% de estanho e é geralmente chamado de fase γ . Quando este composto reage com o mercúrio formam-se duas novas fases sólidas, uma prata-mercúrio (Ag_2Hg_3), chamada fase γ_1 , e outra de estanho-mercúrio (Sn_7Hg) ou (Sn_8Hg), chamada de fase γ_2 , que passam a constituir a matriz do amálgama, ficando inserido nesta, porções sem reagir de partículas originais de fase γ (35).

Em 1963, INNES e YOUDELIS (16) descrevem uma limalha experimental com alteração da composição tradicional, na qual 2/3 eram representados por partículas de forma to e composição convencionais e 1/3 por partículas esféricas de liga eutética de prata-cobre. Segundo GARONE NETO (10), esta limalha foi patenteada em 1967 por Youdelis e lançada no Canadá em 1968, com o nome comercial de Dispersalloy.

Em 1970, NAKAI et alii (26) correlacionam a microestrutura do amálgama com sua dureza superficial, observando que uma condensação descuidada diminui consideravelmente essa propriedade. Isto foi verificado quando a dureza superficial foi medida em lugares de difícil condensação. Neste trabalho, NAKAI et alii também afirmam que a dureza era menor em regiões que contavam com pequena quantidade

de de partículas sem reagir (γ). Outra observação importante diz respeito às ligas de partículas esféricas que, de acordo com o estudo, dão melhores resultados quando usada menor quantidade de mercúrio para trituração e menor pressão de condensação. Em caso contrário, resultados indesejáveis, com relação à dureza, são esperados.

STARR (36), em 1971, faz uma comparação das técnicas de condensação com dentistas graduados e estudantes de Odontologia e encontra similaridade nos valores individuais para os testes de resistência à compressão.

Ainda em 1971, FRAUNHOFER e STAHELI (9) afirmam que a resistência do amálgama é particularmente influenciada pela condensação cuidadosa na cavidade e que uma boa condensação aumenta a proporção da fase γ_1 . Estudando a dureza superficial do amálgama, verificaram que esta aumenta com o tempo, ocorrendo maior aumento no período de 3 horas a 3 dias. Com relação às ligas de partículas esféricas foi lembrado pelos autores que a menor pressão de condensação produz melhor adaptação às paredes da cavidade.

YOUNG Jr. et alii (38), em 1973, fazem um interessante estudo metalográfico do amálgama dental, onde a microestrutura de Ag_3Sn , ou fase γ , como é chamada mais recentemente, foi analisada para determinar a natureza da variação da resistência do amálgama dental contendo mercúrio em várias porcentagens.

DUPERON et alii (7), em 1971, mostraram que restaurações de amálgama feitas com ligas de fase dispersa eram clinicamente superiores às restaurações de amálgama pobre em cobre, quando estas restaurações eram avaliadas quan

to à resistência e à degradação marginal. A superioridade desses amálgamas de fase dispersa sobre os amálgamas convencionais é atribuída à eliminação da fase "gamma-2".

Em 1974, ASGAR (2) produziu uma liga de composição única, contendo aproximadamente 12% de cobre, onde as partículas podem ter formato similar ou irregular, ou ainda, terem formato esferoidal.

PHILLIPS (35) afirma que o sucesso dos amálgamas com ligas de fase dispersa levou ao desenvolvimento de outro tipo de liga rica em cobre. Contrariamente às limalhas de ligas misturadas, cada partícula deste novo tipo de limalha apresenta a mesma composição química. Assim, elas são chamadas de liga de composição única.

Em 1976, MAHLER et alii (22) descreveram a liga de composição única, em peso, como sendo 60% de prata, 27% de estanho e 13% de cobre. Em sua análise estrutural não encontram a formação da fase γ_2 , e dizem que a natureza e localização do produto de reação sobre o estanho, sugerem que o Cu_3Sn na liga original se dissocia e recombina com o estanho livre para formar Cu_6Sn_5 .

Ainda em 1976, MALHOTRA e ASGAR (24) realizam um estudo com 8 ligas comerciais para correlacionar "creep" e γ_2 , pois acreditavam que ligas sem γ_2 tinham menor "creep"; este fato foi comprovado através dos dados por eles obtidos. Encontram também que as ligas Aristalloy CR, Dispersalloy, Sibralloy e Tytin não contêm fase γ_2 .

ASGAR (3), em 1977, apresenta a primeira liga de composição única com 60% em peso de prata, 27% em peso de estanho e 13% em peso de cobre, e a não formação de

fase γ_2 .

As proporções apresentadas por ASGAR (3), são confirmadas no mesmo ano por OKABE et alii (28), mas frisam que as proporções podem variar em peso para 40% em prata, 30% em estanho e 30% em cobre, e pela análise estrutural não encontram cristais γ_2 .

OKABE et alii (27), em 1977, analisaram, através de difração eletrônica, a zona de reação ao redor do eutético Ag-Cu disperso no amálgama Dispersalloy, concluindo que a mesma é constituída de $\text{Cu}_6\text{-Sn}_5$ e Ag_2H_3 .

Ainda no ano de 1977, JENSEN (17) estudou as fases contidas em amálgamas de prata convencional sem zinco e amálgama de prata com alto conteúdo de cobre. Através de difração por raio X e cálculo estequiométrico não encontra a fase γ_2 nos amálgamas com alto conteúdo de cobre, para menores concentrações de mercúrio. A fase γ_2 , segundo o autor, aumenta nos amálgamas com concentrações maiores de mercúrio e trituração prolongada.

ABBOTT e MAKINSON (1), em 1978, dividiram as ligas de composição única em 3 tipos: 1) uma liga ternária, rica em prata; 2) uma liga ternária com alto teor de cobre e 3) uma liga quaternária contendo índio. Neste trabalho, desenvolvem novos sistemas de ataque, para possibilitar o estudo da microestrutura do amálgama dental.

Ainda em 1978, OKABE et alii (29), (30), encontram significativa diferença na reação de amalgamação de ligas de composição dispersa e de composição única; principalmente nos cristais η , que nas ligas de fase única são encontrados como rede de cristais em forma de barras, na su-

perfície das partículas da liga, e são muito maiores que os cristais encontrados nas camadas de reação que circundam Ag-Cu, em amálgamas de fase dispersa.

No mesmo ano, OKABE et alii (31), prosseguindo suas pesquisas, encontraram em amálgamas de composição única duas fases: a fase γ_1 (Ag_2Hg_3) e a fase η (Cu_6Sn_5), ficando, portanto, os grãos η (Cu_6Sn_5) embebidos dentro e entre os grãos γ_1 . Não encontraram a fase γ_2 contida nestes amálgamas.

OKABE et alii (32), em 1979, concluíram que os cristais formados nos amálgamas de fase dispersa são menores e mais espaçados entre si do que os encontrados nos amálgamas de composição única.

No mesmo ano, MAHLER e MARANTS (23) realizaram um estudo correlacionando o operador com o desempenho clínico do amálgama; concluíram que existe uma interação entre liga-operador, ou seja, o operador influencia o desempenho da liga, sendo que as ligas sem a fase γ_2 mostraram-se menos suscetíveis às diferenças manipulativas do operador.

Entretanto, mesmo as ligas de fase única podem apresentar a fase γ_2 , segundo afirmação de OKABE et alii (33), em 1980. A fase γ_2 poderá aparecer se a partícula atomizada não tiver sido tratada termicamente ou se tiver sido tratada por longo tempo a uma temperatura excessivamente alta.

No mesmo ano LEINFELDER (20) concluiu que as ligas com alto teor de cobre podem eliminar a fase γ_2 , produzindo restaurações de amálgama com menos falhas marginais do que as ligas de composição tradicional, e que diferentes

características entre as ligas requerem técnicas de manipulação modificadas.

A partir de 1980 há uma maior preocupação com o desempenho clínico das ligas do que propriamente com sua estrutura metalográfica, como nos mostram os trabalhos de LEINFELDER (20) e OSBORNE e GALE (34), por exemplo, que por dois anos analisaram o desempenho clínico de nove marcas comerciais de amálgamas ricos em cobre e uma marca tradicional, com relação à integridade marginal. Ambos encontraram que as marcas com alto conteúdo de cobre apresentavam melhor integridade marginal que a marca tradicional; entretanto, entre as marcas com alto conteúdo de cobre, técnicas de manipulação eram necessárias para se obter os melhores resultados para integridade marginal.

Entretanto, alguns trabalhos continuavam sendo feitos no sentido da microestrutura do amálgama. Em 1982, JONES et alii (18) fizeram um exame da microestrutura do amálgama com trituração retardada, relacionando este fato a resistência à compressão. E afirmam que o desconhecimento das características de manipulação dos materiais é uma prática que pode afetar as propriedades do material.

CAVICKSHANKS-BOYD (5), ainda em 1982, fez um estudo sobre o tamanho das partículas, morfologia, composição e fases contidas em amálgamas convencionais e com alto teor de cobre, e encontrou que diferenças nestes aspectos, influenciaram o desempenho dos amálgamas.

Em 1982, BROCKHURST e BEECH (4) avaliaram a resistência à compressão, "creep", deformação plástica e troca dimensional de 50 ligas de baixo e alto conteúdo de co-

bre, de acordo com as especificações da A.D.A.. Neste trabalho, os autores afirmaram que o fator mais significativa na atuação clínica é a escolha da liga.

Em 1983, FANIAN et alii (8) estudaram a infiltração marginal do amálgama odontológico em função dos vários tipos de partículas e composição química. Os autores chegaram à conclusão que a infiltração marginal não depende somente do tipo de partícula ou conteúdo de cobre, e que partículas esféricas devem ser condensadas com menor pressão, utilizando condensadores maiores que o normal, para ótima adaptação marginal.

IGLESIAS et alii (15), no mesmo ano, efetuaram um estudo sobre algumas propriedades dos amálgamas com alto conteúdo de cobre, comparando manipulação manual e mecânica. Concluíram que as orientações do fabricante devem ser seguidas, e que o amálgama deve ser triturado e condensado corretamente para se conseguir as melhores propriedades físicas de uma determinada liga.

A influência de vários operadores nas propriedades do amálgama dental, foi estudada por LEUNG e WING (19), em 1985. Eles encontraram significantes diferenças entre operadores para resistência à compressão após 1 hora, principalmente para as ligas esféricas que são dependentes de técnica de trituração e condensação. Com relação ao "creep", nenhuma diferença entre operadores foi notada para a técnica de condensação manual.

PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

Tendo em vista a opinião dos autores anteriormente citados, propomos neste trabalho verificar a influência de três diferentes operadores sobre:

A. A dureza superficial do amálgama dental, nos seguintes períodos após condensação:

1º) 7 dias

2º) 15 dias

3º) 30 dias

B. A microestrutura do amálgama dental aos 30 dias após condensação.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas 4 marcas comerciais de limalha de prata, 3 com alto conteúdo de cobre e 1 convencional, sendo que as com alto conteúdo de cobre eram divididas em 2 ligas de fase única e uma liga de fase dispersa. Os materiais e as proporções liga/mercúrio estão apresentados na Tabela I.

Os corpos de prova foram obtidos a partir de cavidades cilíndricas, de 3 mm de diâmetro por 2 mm de altura, confeccionadas em matriz de nylon de 38 mm de diâmetro.

As cavidades foram feitas de acordo com uma distribuição por quadrantes; cada quadrante da matriz recebeu uma cavidade e no centro delimitado pelas linhas imaginárias que dividem os quadrantes foi feita mais uma cavidade, totalizando 5 cavidades por matriz. Os amálgamas foram preparados em meio ambiente, de acordo com as instruções do fabricante para a proporção limalha/mercúrio, através de trituração manual. Nesta etapa do trabalho, assim como para a condensação dos amálgamas, foram utilizados 3 diferentes operadores.

Cada operador proporcionou, triturou e condensou porções de amálgama de prata para uma matriz de nylon com 5 cavidades, sendo que cada cavidade foi condensada com amálgama recém-triturado, para cada marca comercial de limalha. Os corpos de prova foram confeccionados sem padrão

nização rígida entre os operadores, para que pudéssemos analisar as possíveis diferenças existentes entre operadores nas técnicas de trituração e condensação.

Após a confecção, os corpos de prova foram armazenados em ambiente de 100% de umidade relativa, à temperatura de 37°C, por 24 horas. Após decorridas as 24 horas, as amostras foram polidas e armazenadas em umidade relativa de 100%, a 37°C, por mais 5 dias, totalizando 7 dias de armazenagem após condensação.

O polimento superficial das amostras foi efetuado na seguinte sequência: inicialmente, os corpos de prova foram desgastados com uma folha de lixa nº 200; a seguir, com uma nº 400 e, após esta, uma nº 600, sempre irrigados com água. A parte final do polimento foi executada com tecido de seda e polidor para amálgama dentário (Amalgloss, S. S. White). No intervalo entre as fases do polimento, as superfícies dos corpos de prova foram lavadas com água corrente para remover as partículas abrasivas e observadas em microscópio óptico.

Após o período de armazenagem, os espécimes polidos foram submetidos ao teste de dureza superficial, por meio de impressões deixadas pelo penetrômetro Durimet com ponta Knoop. Este teste foi repetido aos 15 dias e 30 dias após condensação, sendo que os corpos de prova também ficaram armazenados em 100% de umidade relativa, à temperatura de 37°C.

Em cada corpo de prova foram feitas 5 impressões, com o penetrômetro calibrado para uma carga axial de 200 g. As impressões foram efetuadas de acordo com a distribuição

buição por quadrantes, de forma que cada quadrante recebeu uma penetração e o centro delimitado pelas linhas imaginárias divisórias dos quadrantes também recebeu uma penetração, totalizando 5 impressões por corpo de prova.

O valor individual de cada impressão foi considerado como o resultado de uma leitura única e a média das penetrações de cada corpo de prova correspondeu à média aritmética das 5 leituras.

Como a matriz apresentava cinco corpos de prova, foram obtidas 5 médias; destas médias foi calculada a média aritmética final, que foi considerada o resultado da dureza, medida em micrômetros.

Posteriormente, estas medidas foram transformadas em valores de dureza Knoop, por meio de tabela de conversão.

Os valores obtidos foram submetidos à análise estatística (ver Anexos).

Após os testes de dureza, os corpos de prova foram novamente polidos, conforme descrição anterior, e atacados com as soluções mostradas na Tabela II, para realização da análise microestrutural, segundo ABBOTT e MAKINSON (1). Para os corpos de prova com o amálgama de marca comercial Novo True Dentalloy, usamos para o ataque metalográfico, uma solução de hidróxido de sódio e iodo; esta solução era esfregada sobre os corpos de prova por 10 segundos e então submersa na solução por mais 5 minutos, após decorrido este tempo o corpo de prova era lavado e seco.

Após efetuarmos o ataque metalográfico, os corpos de prova eram fotografados em um fotomicroscópio II

Carl Zeiss, utilizando filme Fuji Color HR, 100 ASAS, com aumento de 200X no negativo.

O mesmo procedimento foi efetuado para os amálgamas de fase única e fase dispersa, só que com soluções de ataque diferentes, como podemos notar na Tabela II. Para os amálgamas de marca comercial Ventura III e Novalloy foram utilizadas soluções de hidróxido de sódio e iodo (a), seguida de solução de tiosulfato de sódio (b), esfregava-se a solução (a) por 5-15 segundos e a solução (b) por 5 segundos. Para o amálgama de marca comercial Dispersalloy utilizamos como sistema de ataque iodo em álcool etílico (a) seguido de solução hipotônica em água (b), sendo que a solução (a) foi esfregada por 10 segundos e a solução (b) por 5 segundos.

Tabela I - Ligas seleccionadas para o teste e proporções usadas.

LIGA	COMPOSIÇÃO	PROPORÇÃO LIGA/MERCÚRIO
Ventura III	fase única	1/1
Novalloy	fase única	1/1
Novo True Dentalloy	tradicional	10/13
Dispersalloy	fase dispersa	1/1

Tabela II

Tipo de Amálgama	SISTEMA DE ATAQUE		Tempo de Aplicação
	Reagente	Concentração	
Convencional	Hidróxido de sódio e iodo	5% sol. NaOH (somar 20% de iodo e aquecer a solução)	Esfregar por 10 seg. e então emergir a amostra na solução por 5 minutos
Fase Dispersa Ternário Quaternário	Hidróxido de sódio Solução de iodo seguido de tiosulfato de sódio	a) 1,25% NaOH sol. e 5% de iodo b) 5% de sol. hipotônica	Esfregar a solução (a) por 5-15 seg. e a solução (b) por 5 seg.
Fase Dispersa e alto teor de cobre - Ternárias	Iodo em álcool seguido de solução "hipo"	a) 4% de iodo em álcool etílico b) 5% de "hipo" em água	Esfregar a solução (a) por 10-15 seg. e a solução (b) por 5 seg.

RESULTADOS

RESULTADOS

DUREZA SUPERFICIAL

Na tabela III, a, b, c, observamos os resultados obtidos para dureza superficial após 7 dias, 15 dias e 30 dias, da condensação do amálgama.

Nos gráficos 1, 2, 3 e 4, verificamos a análise gráfica das 4 ligas envolvidas neste estudo, utilizadas por 3 diferentes operadores, com relação à dureza Knoop.

Através das tabelas e gráficos podemos observar diferenças entre os resultados obtidos pelos diferentes operadores.

Para a liga Ventura, observamos que o operador C obteve os melhores resultados para 7, 15 e 30 dias, enquanto o operador B obteve resultados inferiores para os dois períodos finais, entretanto seu resultado para o período de 7 dias foi superior ao do operador A. Ao final do período de 30 dias os resultados dos 3 operadores, embora diferentes, não tinham significância estatística.

No caso da liga Novalloy, observamos o contrário: o operador B obtém resultados similares ao operador A para o período de 7 dias, e resultados superiores aos demais operadores para o período de 15 e 30 dias, enquanto o operador C obtém resultados inferiores para os 3 períodos.

Na análise da liga Dispersalloy o operador A

obtêm o melhor resultado para o período de 7 dias; entretanto, os melhores resultados para o período de 15 e 30 dias são conseguidos por B, e o operador C obtêm resultados inferiores nos 3 períodos.

Os resultados apresentados na análise estatística demonstram, através dos testes aplicados, existir uma diferença significativa entre os operadores para os amálgamas A₂ (Novalloy), A₃ (Novo True Dentalloy) e A₄ (Dispersalloy) e também diferenças significantes entre os amálgamas para os tempos T₁ (7 dias), T₂ (15 dias) e T₃ (30 dias), sendo que o efeito tempo é significativo quando aplicado o teste de Tukey ao nível de 5%.

ANÁLISE MICROESTRUTURAL

1. LIGA DE PRATA PARA AMÁLGAMA VENTURA

Através da análise das fotomicrografias para esta marca comercial de liga para amálgama de prata, pudemos verificar a presença da fase Cu-Sn (η), sendo que a quantidade observada variou de um operador para outro. Observamos também a presença dos cristais de fase γ_1 e a fase ϵ , além das partículas inatacadas (γ) e vazios.

Pudemos observar, também, que no amálgama manipulado pelo operador B, embora em pequena quantidade, existe uma maior diferenciação no formato das partículas não reagidas pelo mercúrio (fase γ), assim como uma menor presença do componente intermetálico γ_1 .

2. LIGA DE PRATA PARA AMÁLGAMA NOVALLOY

Na análise microestrutural realizada na limalha de marca comercial Novalloy, observamos as fases ϵ , η , γ_1 , e vazios.

Notamos, para esta liga preparada pelos 3 diferentes operadores, uma grande semelhança na quantidade de partículas não reagidas pelo mercúrio, assim como na quantidade de grãos da fase γ_1 , ϵ e η . Entretanto, a quantidade de poros nestes corpos de prova analisados foi diferente, em ordem existiram mais em C, A e B.

3. LIGA DE PRATA PARA AMÁLGAMA NOVO TRUE DENTALLOY

Quando analisamos as fotomicrografias das amostras preparadas pelos 3 diferentes operadores, a partir desta marca comercial de limalha convencional para amálgama, pudemos observar as fases γ , γ_1 e γ_2 , além de poros.

Na análise entre operadores, notamos que as amostras confeccionadas pelo operador A apresentavam grande quantidade de grãos γ_2 , moderada quantidade de grãos γ e menor quantidade de grãos γ_1 , quando comparadas com as amostras dos operadores B e C.

Quando comparamos as amostras do operador C, pudemos observar que estas apresentavam moderada quantidade de partículas não reagidas com o mercúrio (γ) e moderada quantidade de grãos γ_2 , sendo a quantidade de grãos γ_1 semelhante ao encontrado nas amostras do manipulador B.

4. LIGA DE PRATA PARA AMÁLGAMA DISPERSALLOY

Na análise da microestrutura do amálgama feita a partir da liga Dispersalloy, encontramos as fases: γ_1 , γ , ϵ , η , para todos os operadores.

Os operadores A e B confeccionaram amostras com uma estrutura de aspecto semelhante. Nas estruturas das amostras preparadas pelos operadores A e B, notamos uma maior quantidade de partículas Ag_3Sn sem serem reagidas, assim como partículas Cu-Sn com maior frequência, isto se comparadas às amostras do operador C. A quantidade de grãos γ_1 é semelhante para as amostras de todos os operadores.

Tabela III (a) - Média de Dureza Superficial para os manipuladores A, B e C, aos 7 dias após condensação dos amálgamas.

Ventura	Novalloy	Novo True Dentalloy	Dispersalloy
A 182,3	A 155,9	A 85,12	A 144,5
B 174,3	B 156,6	B 129,5	B 141,1
C 186,0	C 133,7	C 102,4	C 116,2

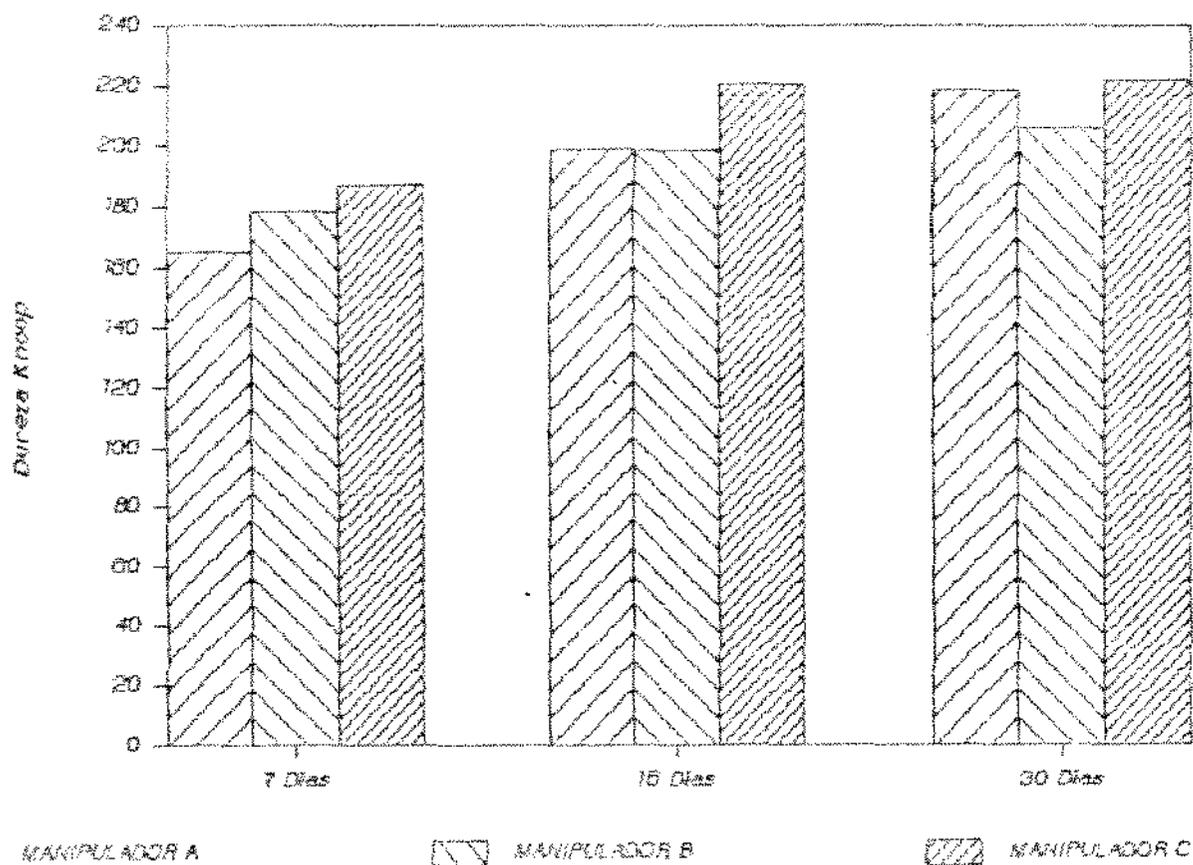
Tabela III (b) - Média de Dureza Superficial para os manipuladores A, B e C, aos 15 dias após condensação dos amálgamas.

Ventura	Novalloy	Novo True Dentalloy	Dispersalloy
A 199,0	A 170,8	A 110,9	A 156,0
B 198,0	B 192,0	B 137,1	B 171,6
C 217,2	C 136,7	C 123,3	C 129,2

Tabela III (c) - Média de Dureza Superficial para os manipuladores A, B e C, aos 30 dias após condensação dos amálgamas.

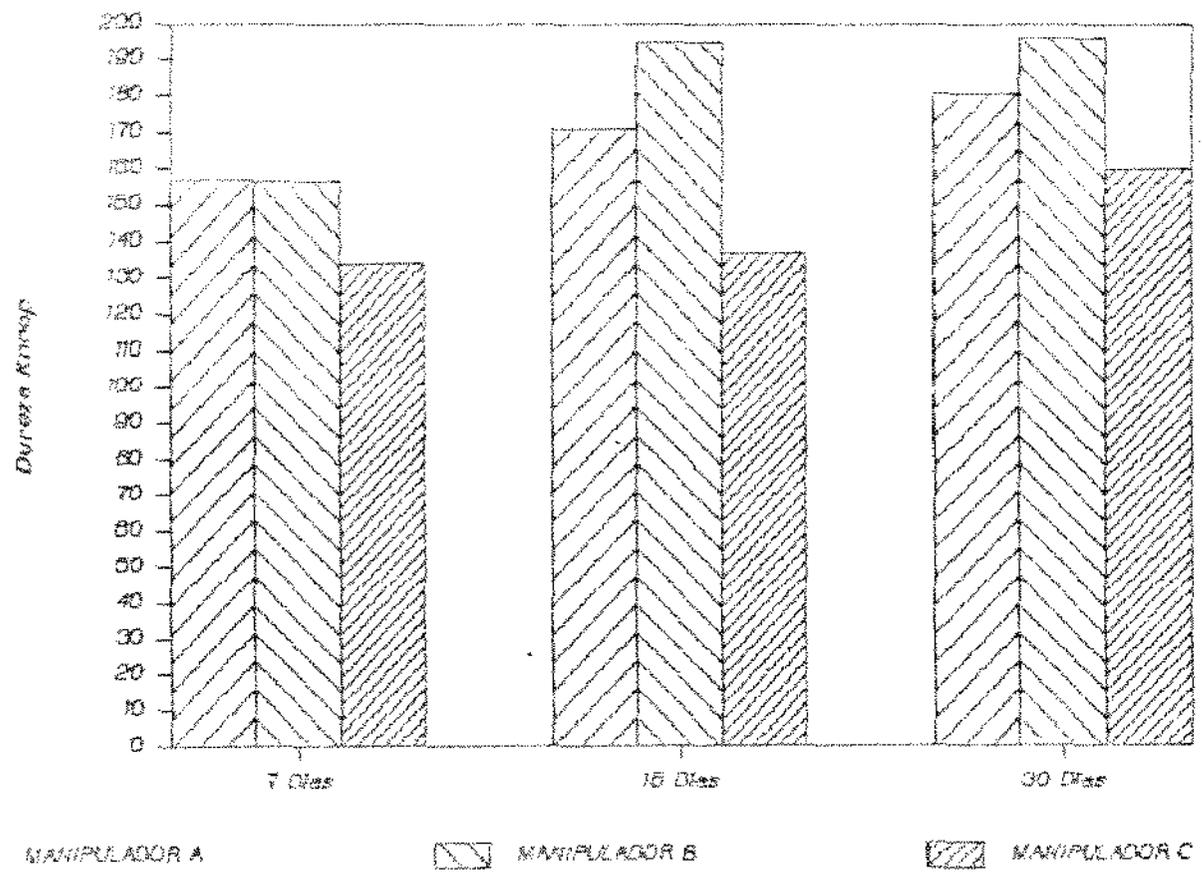
Ventura	Novalloy	Novo True Dentalloy	Dispersalloy
A 218,7	A 180,1	A 112,4	A 189,0
B 205,9	B 194,7	B 142,5	B 190,0
C 220,3	C 159,6	C 126,3	C 153,8

Liga Ventura



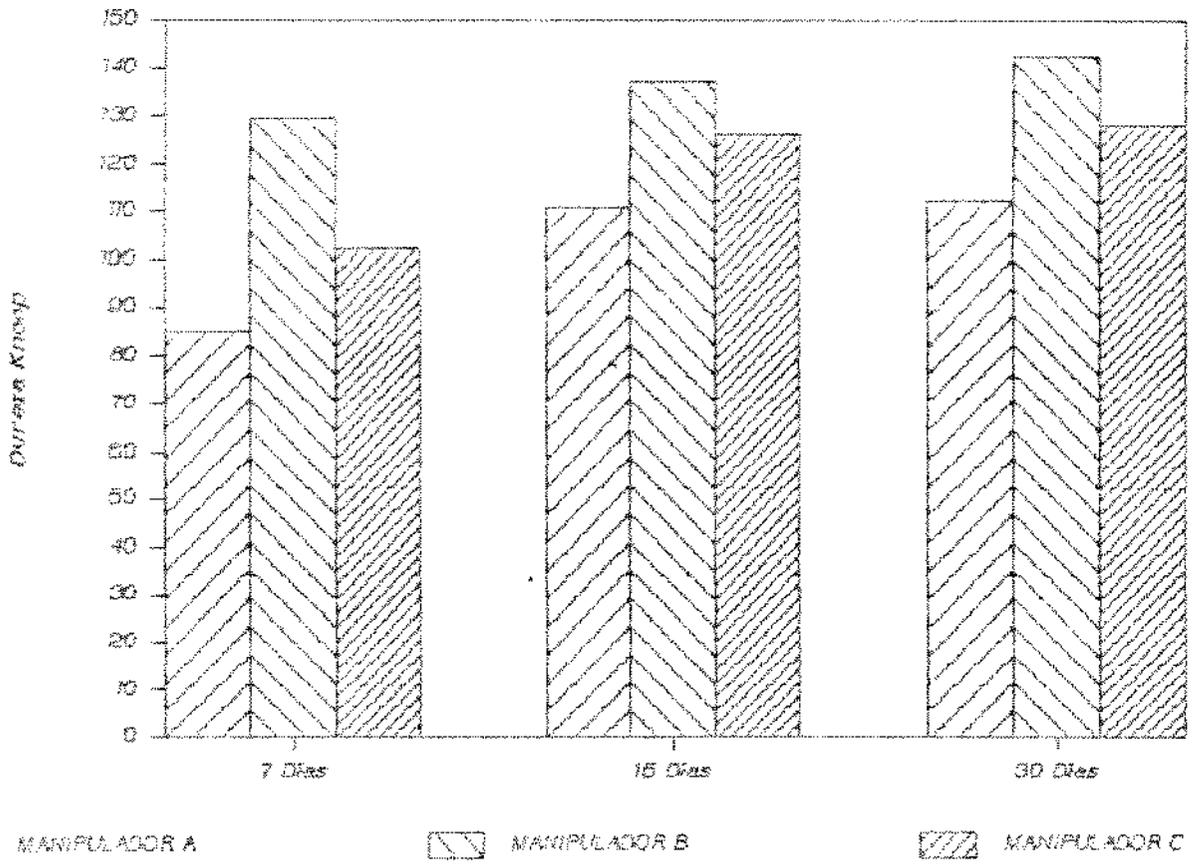
1 - Análise gráfica da liga Ventura aos 7, 15 e 30 dias, para 3 diferentes manipuladores, com relação à dureza Knoop.

Liga Novalloy



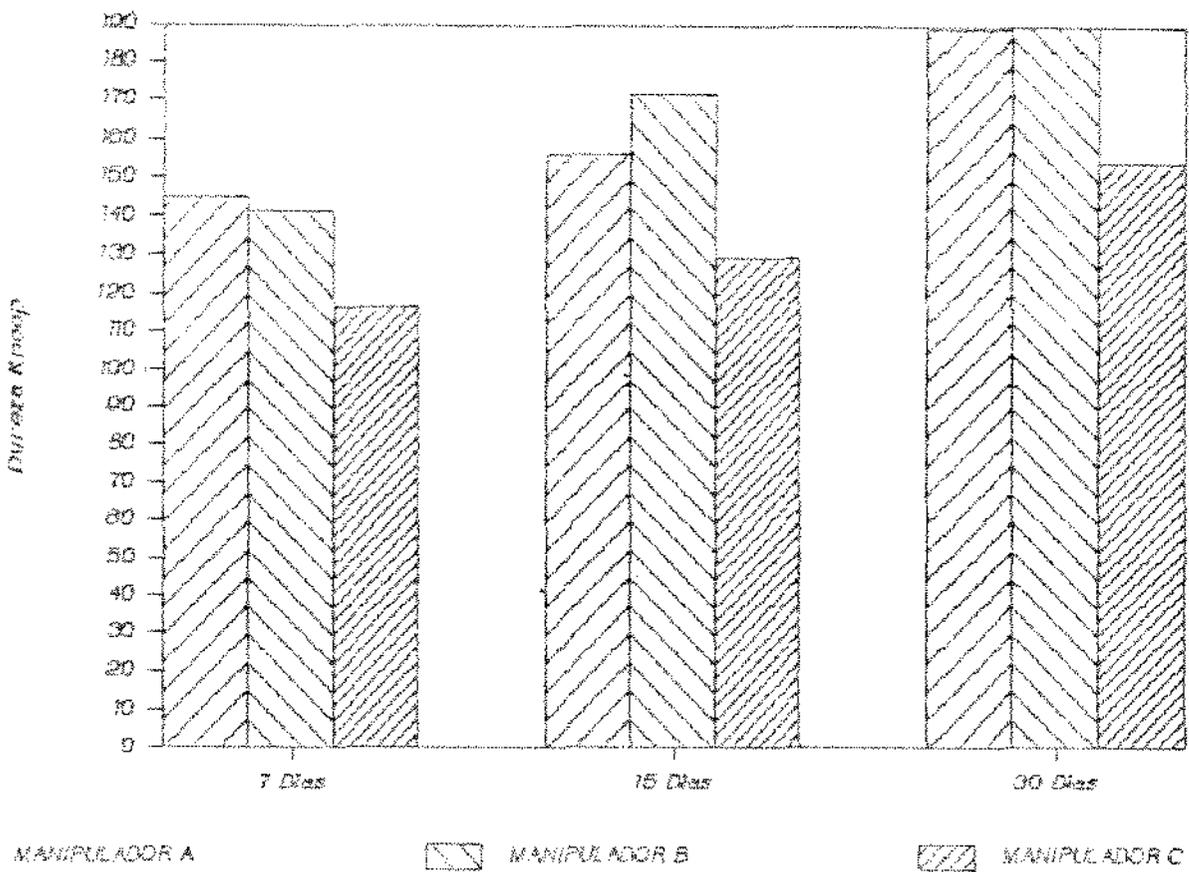
2 - Análise gráfica da liga Novalloy, aos 7, 15 e 30 dias, para 3 diferentes manipuladores, com relação à dureza Knoop.

Liga Novo True Dentalloy



3 - Análise gráfica da Liga Novo True Dentalloy, aos 7, 15 e 30 dias, para 3 diferentes manipuladores, com relação à dureza Knoop.

Liga Disporsalloy

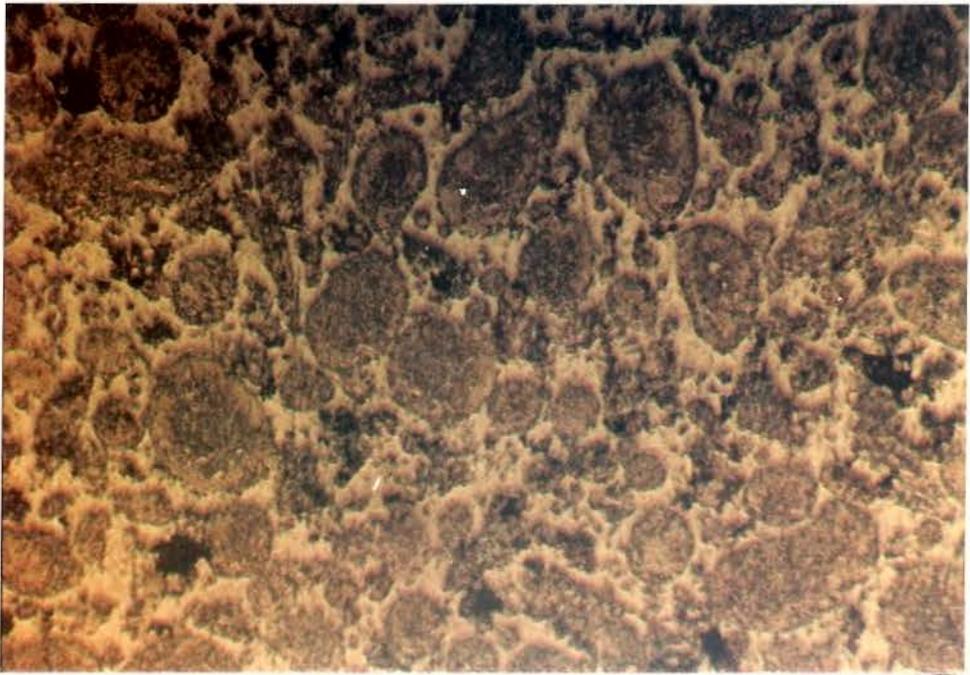


4 - Análise gráfica da liga Disporsalloy, aos 7, 15 e 30 dias, para 3 diferentes manipuladores, com relação à dureza Vickers.

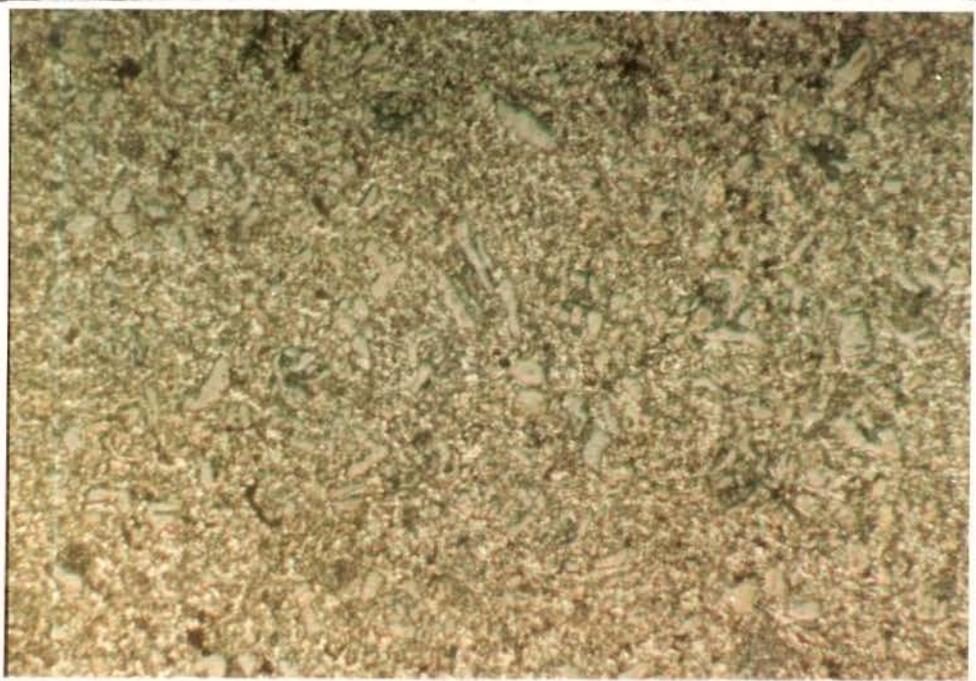
LEGENDA DAS FOTOS

Amostras com 30 dias após condensação:

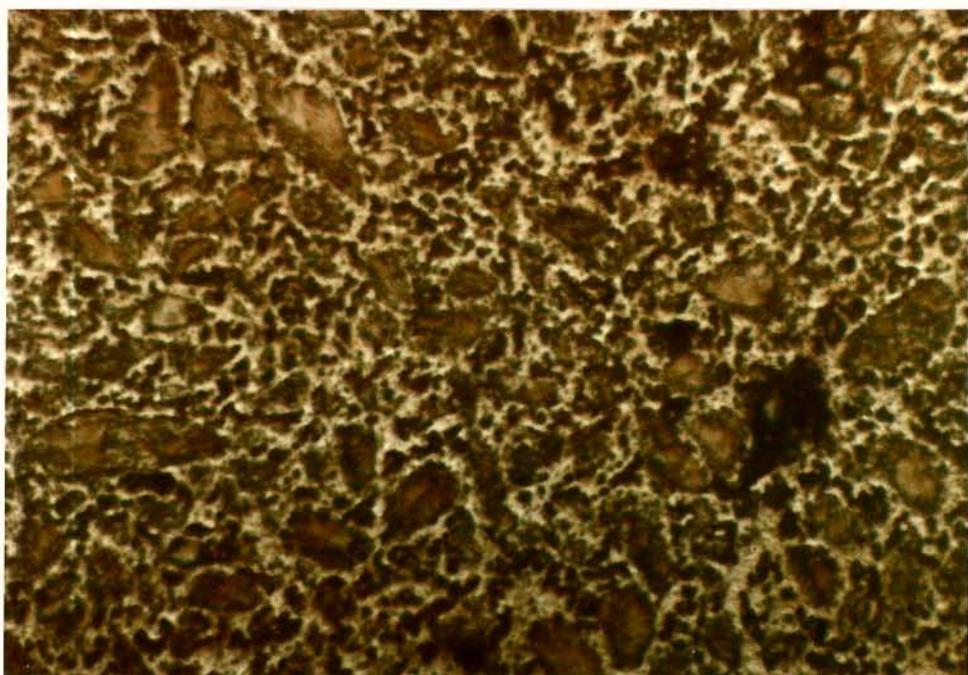
- 1) Gama 1 (Ag-Hg)
- 2) Partículas inatacadas pelo mercúrio (AgSn)
- 3) ϵ (Cu_3Sn)
- 4) η (CuSn)
- 5) Poros e vazios
- 6) Gama-2
- 7) Ag-Cu



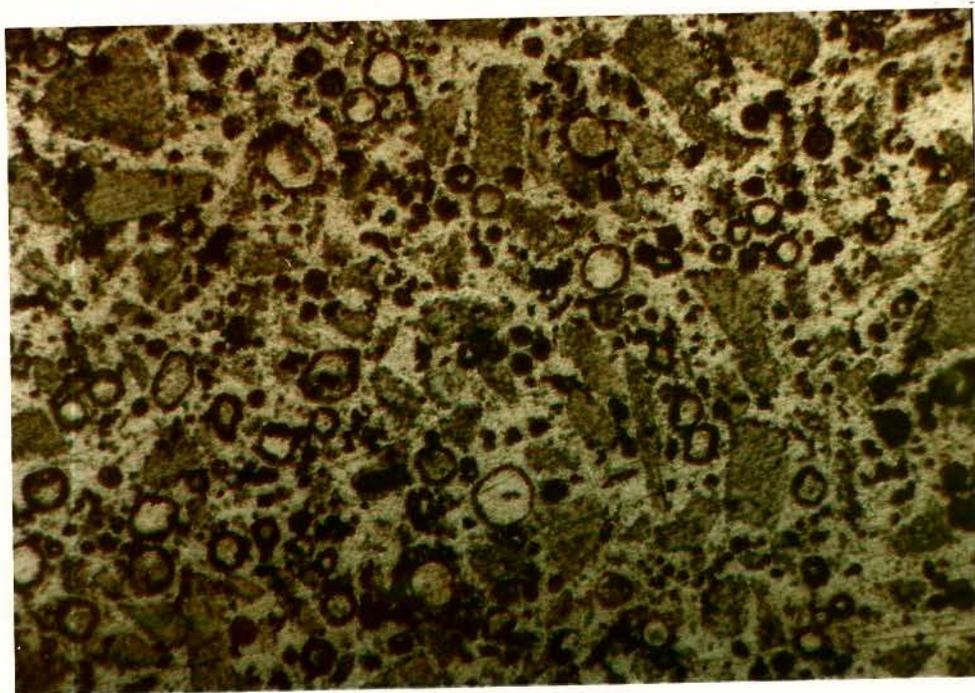
Fotografia 1 - Liga Ventura, manipulador A.



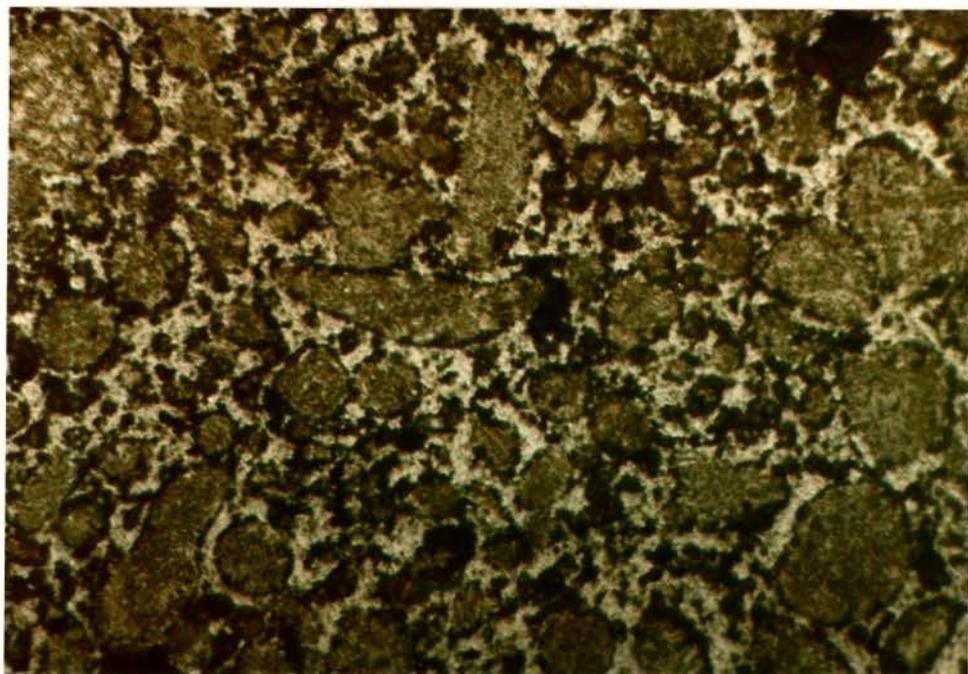
Fotografia 2 - Liga Novalloy, manipulador A.



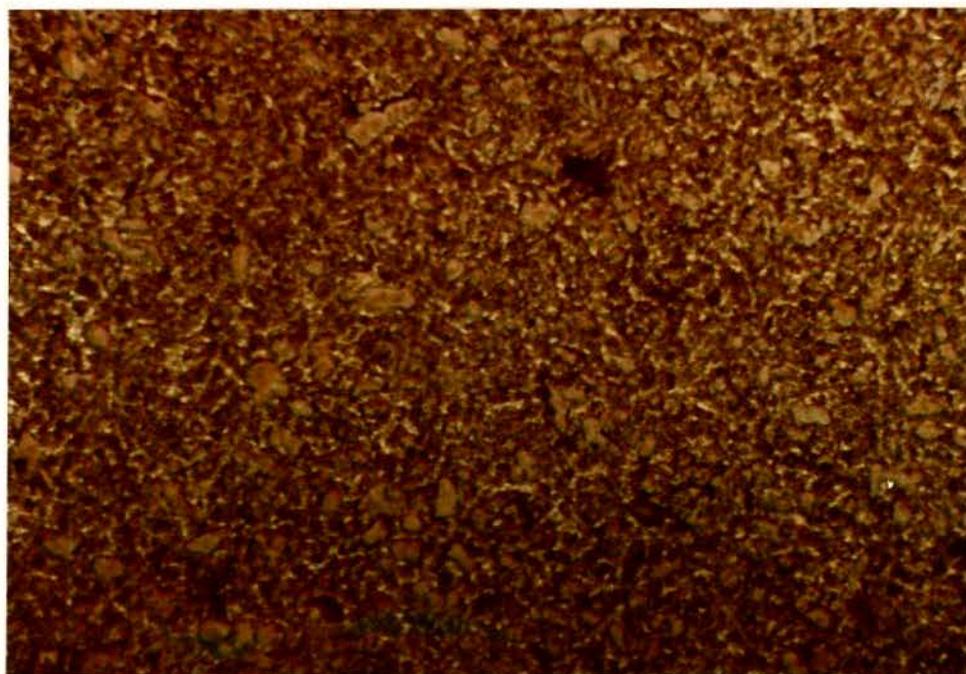
Fotografia 3 - Liga Novo True Dentalloy, manipulador A.



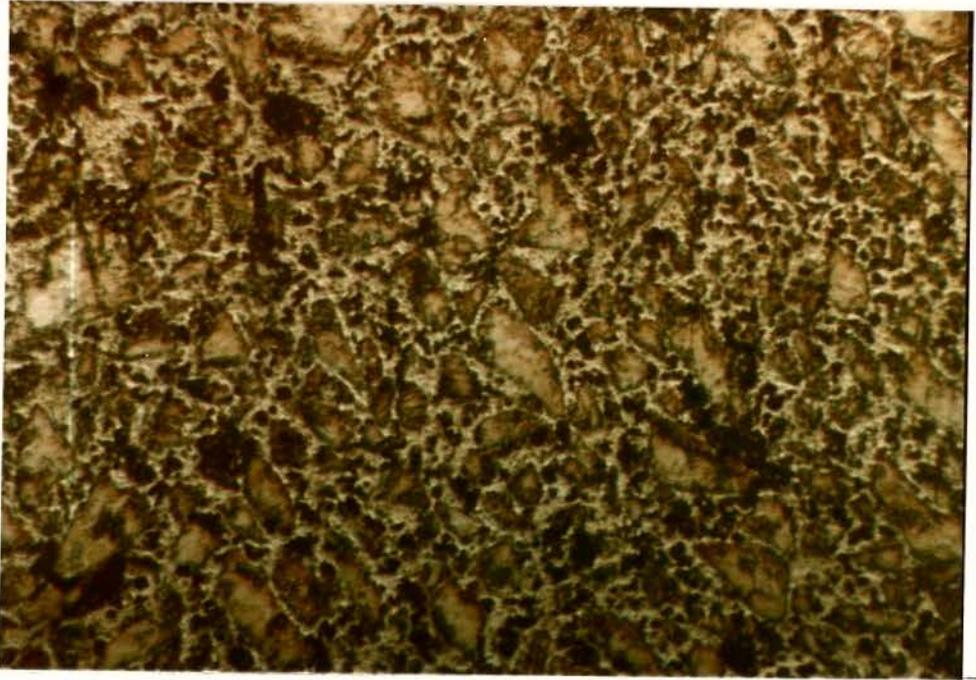
Fotografia 4 - Liga Dispersalloy, manipulador A.



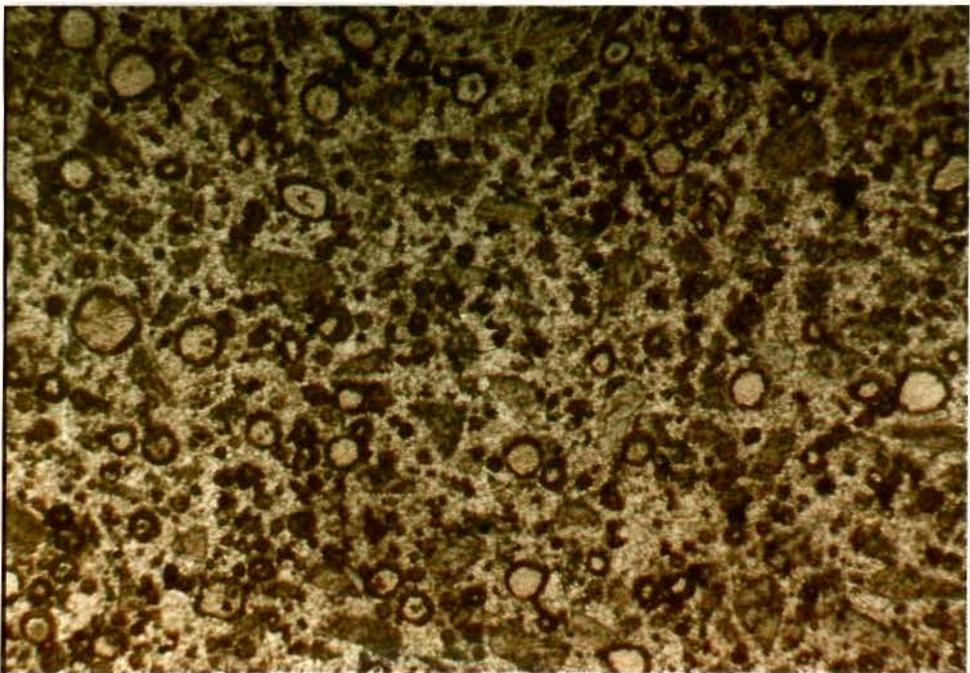
Fotografia 5 - Liga Ventura, manipulador B.



Fotografia 6 - Liga Novalloy, manipulador B.



Fotografia 7 - Liga Novo True Dentalloy, manipulador B.



Fotografia 8 - Liga Dispersalloy, manipulador B.

DISCUSSÃO

DISCUSSÃO

DUREZA SUPERFICIAL

MAHLER e MARANTZ (23) realizaram um estudo correlacionando o operador com o desempenho clínico do amálgama; concluíram que existe uma interação entre liga-operador, ou seja, o operador influencia o desempenho da liga, sendo que as ligas sem a fase Y2 mostraram-se menos suscetíveis às diferenças na habilidade do operador. Isto nos parece verdadeiro, pois em nossos estudos, resultados diferentes de dureza superficial foram encontrados para uma mesma liga quando manipulada por diferentes operadores, sendo que a liga mais afetada pelas diferenças no modo de manipular dos operadores foi uma liga de composição tradicional (New True Dentalloy).

Assim como a composição da liga é um fator de interação liga-operador, o modo como a liga é triturada e condensada, influi diretamente na dureza superficial. A importância da trituração e condensação do amálgama dentário na dureza superficial já foi salientada em trabalhos de autores como JENSEN (17), LEUNG e WING (19), IGLESIAS et alii (15), JONES et alii (18), FANIAN et alii (8), FRAUNHOFER e STAHELI (9), GREASLEY e BAKER (12), NAKAI et alii (26) e STARR (36).

A técnica de manipulação é especialmente im

portante para ligas esféricas ou usinadas de composição tradicional, ou seja, com baixo teor de cobre. No caso das partículas esféricas elas necessitam menor quantidade de mercúrio para trituração e menor pressão de condensação (8), (9), (16), (19) e (26).

Encontramos, também em nossos estudos, que, independentemente do operador, a dureza superficial aumenta com o decorrer do tempo, como já foi descrito por FRAUNHOFER e STAHELI (9), em 1971, o que pode ser confirmado facilmente através da análise gráfica.

De acordo com nossos resultados e os dados encontrados por outros autores, parece-nos correto discordar da afirmação de BROCKHURST e BEECH (4) de que o fator mais significativa na alteração clínica de um amálgama odontológico é a escolha da liga. Ao nosso ver, o principal é que o operador siga as instruções do fabricante na proporção liga/mercúrio, no modo de trituração e condensação do amálgama, pois o desconhecimento das características de manipulação e utilização dos materiais é uma prática que pode afetar as propriedades físicas e, conseqüentemente, a atuação do amálgama como material restaurador. Este ponto de vista também é confirmado por autores como HEALEY e PHILLIPS (13), IGLIASIAS et alii (15) e JONES et alii (18).

Portanto, parece-nos muito acertada a afirmativa de PHILLIPS (35), que a vida limite de uma restauração de amálgama depende principalmente de dois fatores: 1º) dentista e/ou assistente e 2º) material.

Em nossos estudos os operadores obtiveram resultados para dureza superficial diferentes, para um mesmo

tipo de limalha, num mesmo período de tempo, e quando observamos as fotomicrografias dos 3 operadores, de uma mesma marca comercial de amálgama, num mesmo período de tempo, notamos existir diferenças na estrutura metalográfica do amálgama. Por isso, parece-nos correto afirmar que o operador influencia na quantidade de fases de cristalização do amálgama, fato que influenciará a dureza superficial do amálgama. NAKAI et alii (26), em seus estudos, também afirmam existir estreita relação entre dureza e microestrutura do amálgama, sendo que locais que contavam com menor quantidade de fase Y, tinham menor dureza superficial.

OBSERVAÇÃO MICROESTRUTURAL

Através da análise das fotomicrografias, pudemos observar diferenças estruturais em uma mesma marca comercial de liga, manipulada pelos diferentes operadores. Estas diferenças estão mais diretamente relacionadas com a quantidade de fases de cristalização presentes na liga, tanto na liga de composição tradicional como nas de alto conteúdo de cobre.

Para facilidade de compreensão, faremos a discussão para cada liga individualmente.

1. VENTURA

A liga de prata para amálgama odontológico Ventura é rica em cobre e tem composição única. Segundo a maioria dos autores, (3), (22), (24), (28) e (31), nas ligas de composição única não há conformação da fase γ_2 , uma fase considerada menos resistente. Entretanto, esta fase pode se formar caso a limalha não tenha sido tratada termicamente, ou tratada por longo tempo. Na análise microestrutural da liga de composição única Ventura, realizada em nossos estudos, não encontramos a fase γ_2 nas amostras confeccionadas por nenhum dos três operadores.

Sob o aspecto de dureza superficial, os valores obtidos nas amostras confeccionadas por 3 diferentes operadores não foram estatisticamente significantes. Entretanto, diferenças estruturais no formato das partículas da fase γ e quantidade de fase γ_1 foram encontradas, fato que, segundo LEUNG e WING (19), é esperado, pois as ligas de partículas esféricas dependem de técnica.

Com relação à microestrutura propriamente dita, as diferenças encontradas nos levam a acreditar que sejam consequência de uma diferenciação no modo de condensação, pois estas diferenças residem principalmente no formato das partículas.

Segundo NAKAI et alii (26), a falta de condensação produz um amálgama com menor dureza superficial, mas no caso dos amálgamas esféricos, uma pressão excessiva trará resultados indesejáveis com relação à dureza. Em seu trabalho afirmam também que quanto menor a quantidade de fase

γ , ou seja, partículas sem reagir, menor a dureza superficial do amálgama. Estes resultados confirmam os nossos, pois na análise microestrutural da liga Ventura, o operador C apresentava em suas amostras uma maior uniformidade e quantidade de grãos γ (Figuras 1, 5 e 9), e foi o operador C quem obteve os maiores resultados de dureza superficial nas medições efetuadas nesta liga.

2, LIGA NOVALLOY

A liga Novalloy é uma liga também rica em cobre, de composição única, mas de partículas irregulares.

Segundo PHILLIPS (35), os poros são sempre formados durante o crescimento dos cristais γ_1 e γ_2 quando o amálgama é condensado pelos métodos comuns, com aumento na quantidade de vazios quando a condensação é deficiente. Ainda segundo o autor, estes poros influem diretamente na resistência e na dureza superficial do amálgama.

Na microestrutura desta liga, encontramos a principal diferença entre as amostras confeccionadas pelos diferentes operadores, na quantidade de poros ou vazios (Figuras 2, 6 e 10).

Segundo NAKAI et alii (26), os poros ou vazios acarretam efeitos indesejáveis, principalmente com relação à dureza superficial, que diminui à medida que poros e vazios aumentam.

Fatores, como forma de condensação e trituração, influem na quantidade de vazios ou poros (9), (13), (38).

GREASLEY e BAKER (12) afirmam, em seu estudo, que a diminuição na força de condensação aumenta a quantidade de vazios ou poros, enquanto IGLESIAS et alii (15), em seus estudos, destacam que o processo de trituração mecânica torna menor a existência de vazios no amálgama.

Todas essas afirmações vêm se juntar ao encontrado por nós em nossos estudos, pois nas amostras do operador C encontramos a maior quantidade de vazios quando comparamos as fotomicrografias dos três operadores (Figuras 2, 6 e 10), e foi justamente o operador C que apresentou os menores valores de dureza superficial para os testes de dureza realizados nas amostras do amálgama Novalloy. Com relação à força de condensação, vimos na discussão da liga Ventura que o operador C apresenta estruturalmente uma maior uniformidade das partículas, que foi atribuída a uma menor pressão de condensação, o que é desejável no caso de ligas com partículas esféricas; no caso da liga Novalloy, de partículas irregulares, essa menor força de condensação produziu um maior número de vazios e, conseqüentemente, uma menor dureza superficial.

3. NOVO TRUE DENTALLOY

A liga Novo True Dentalloy é uma marca comercial de composição tradicional, ou seja, constituída aproximadamente de 65% de prata, 6% de cobre, 27% de estanho e 2% de zinco (35).

Quando uma liga com esta composição é mistu

rada com o mercúrio, há uma reação formando a fase γ_1 (Ag_2Hg_3), γ_2 (Sn_7Hg) ou (Sn_8Hg), que passam a ser a matriz do amálgama, ficando inseridos nesta, partículas originais de fase γ (Ag_3Sn) sem reagir.

PHILLIPS (35) afirma que o componente mais fraco física e mecanicamente em um amálgama é a fase γ_2 . A dureza de γ_2 é aproximadamente 10% da dureza de γ_1 , enquanto a dureza da fase γ é maior que a da fase γ_1 .

Segundo alguns autores, (12), (15), (20), (24), as ligas que contêm a fase γ_2 , ou seja, as de composição tradicional, estão mais sujeitas às características de manipulação dos operadores, fato comprovado em nossos estudos. Esta caracterização acreditamos ser devido a diferenças de condensação e trituração.

FRAUNHOFER e STAHELI (9) afirmam em seus estudos, que uma boa condensação aumenta a quantidade de fase γ , independentemente da quantidade de matriz formada. Isto nos parece correto, visto que a maior dureza foi encontrada para o manipulador B, que apresentava a estrutura com maior quantidade de grãos γ e menor quantidade de vazios (Figuras 3, 7 e 11).

4. DISPERSALLOY

A liga Dispersalloy é uma marca comercial muito utilizada em estudos sobre amálgama, quando quer se utilizar uma liga de fase dispersa. Isto devido ao fato de ter sido a primeira marca comercial de liga de fase disper

sa a ser patenteada, em 1968 (18), por seus criadores, INNES e YOUDELIS, que já haviam descrito esta limalha em 1967, de forma experimental (16).

A liga de prata Dispersalloy é composta de 2/3 de partículas de formato convencional e o 1/3 restante por partículas esféricas de liga eutética de prata-cobre.

A principal diferença encontrada entre os corpos de prova confeccionados pelos diferentes operadores, em nossos estudos, foi na quantidade de fase γ (Figuras 4, 8 e 12), e quanto maior a quantidade de fase γ maior foi a dureza superficial medida em nossas amostras. Portanto, parece-nos correta a afirmação de NAKAI et alii (26) de que quanto maior a quantidade de fase γ , maior a dureza superficial.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos com os corpos de prova confeccionados pelos três diferentes operadores, parece-nos correto concluir que:

1) A dureza superficial do amálgama também sofre influência das características de manipulação inerentes ao operador.

2) Algumas diferenças na microestrutura foram encontradas numa mesma marca comercial, quando os espécimes foram confeccionados por diferentes operadores.

3) Independente das ligas utilizadas em nossos estudos, os amálgamas preparados por diferentes operadores apresentaram um aumento na dureza superficial com o decorrer do tempo.

4) Há uma diferença significativa entre os amálgamas para os tempos de 7, 15 e 30 dias com relação à dureza superficial.

SYNOPSIS

SYNOPSIS

It was the object of this paper to analyse the superficial hardness of four commercial brands of dental amalgams (Ventura, Novalloy, New True Dentalloy and Dispersalloy) manipulated by three different operators.

From each of these commercial brands, each operator confectioned five different test bodies, which were stored for periods of 7, 15, and 30 days at 37°C. At the end of each period of time, superficial hardness measurements were taken, which were afterwards submitted to a statistical analysis.

After a period of 30 days the test bodies were submitted to micro-structural analyses. These analyses were registered by means of photomicrographies.

On analysis of the micro-structure, it was found that there were some differences in test bodies confectioned from the same commercial brand by the same operator.

The analysis of superficial hardness demonstrated that dental amalgam is influenced by the manipulation characteristics inherent in the operator.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, J.R. & MAKINSON, O.F. Etches for the microstructure of dental amalgams. J. dent. Res., 57 (7-8) : 790-5, 1978.
2. ASGAR, K. Amalgam alloy with a single composition behavior similar to Dispersalloy. J. dent. Res., 52: 60, 1974.
3. ASGAR, K. Amalgam alloy with a single composition. J. dent. Res., PROGRAM AND ABSTRACT, 23. 1977.
4. BROCKHURST, P. & BEECH, D.R. Evaluation of 50 low and high copper amalgams according to standards. Aust. dent. J., 27(5): 306-9, 1982.
5. CAVICKSHANKS-BOYD, D.W. Physical metallurgy of dental amalgams. 1. Particle-size analysis and phase content of amalgam alloys. J. Dent., 10(3): 207-16, 1982.
6. COLBY, G. Amalgam. Dent. Items, 74: 1035-38, 1952.
7. DUPERON, D.F.; NEVILE, M.D.; KASLOFF, Z. Clinical evaluation of corrosion resistance of conventional alloy, spherical-particle alloy, and dispersion-phase alloy. J. prosth. Dent., 25(6): 650-6, 1971.

8. FANIAN, F.; HADAVI, F.; ASGAR, K. Marginal leakage of dental amalgam. Operative Dent., 8(1): 11-7, 1983.
9. FRAUNHOFER von, J.A. & STAHELI, P.J. Micro-hardness and compressive strenght of preamalgamated and non-prea amalgamated conventional and spherical amalgam alloys. Br. dent. J., 131(4): 145-51, 1971.
10. GARONE NETTO, N. Contribuição para o estudo da corrosão da superfície do amálgama. São Paulo, 1976. [Tese (Livre Docência) - F.O.U.S.P.].
11. GIOVACCHINI, L.U. & ALVAREZ, R.J. Operatoria dental obturaciones plasticas. Buenos Aires, El Ateneo, 1946. vol. 8. p. 155.
12. GREASLEY, A. & BAKER, D.L. Physical properties of la-the-cut and spherical amalgams. Br. dent. J., 144(10): 303-11, 1978.
13. HEALEY, H.J. & PHILLIPS, R.W. A clinical study of amal gam failures. J. dent. Res., 28: 439-46, 1949.
14. HUMBLE, A.; GIOVACCHINI, L.U.; ALVAREZ, R.J. Operato-ria dental obturaciones plasticas. Buenos Aires, El Ateneo, 1946. vol. 8. p. 15.

15. IGLESIAS, A.M. et alii. Some properties of high-copper amalgam alloys comparing hand and mechanical trituration. J. prosth. Dent., 52(2): 194-8, 1984.
16. INNES, D.B.K. & YOUDELIS, W.V. Dispersion strengthened amalgams. J. Can. dent. Ass., 29(9): 587-93, 1963.
17. JENSEN, S.J. Phase content of a high copper dental silver amalgam. Scand. J. dent. Res., 85(4): 297-301, 1977.
18. JONES, J.K.; SHEN, C.; REITZ, C.D. Effect of delayed trituration on compressive strength and microstructure of two high-copper dental amalgams. Operative Dent., 7(4): 122-9, 1982.
19. LEUNG, L. & WING, G. The influence of operator variables on laboratory properties of dental amalgams. J. dent. Res., 64(4): 651, 1985. [Abstract nº 18]
20. LEINFELDER, K.F. Clinical performance of amalgams with high content of copper. Operative Dent., 5(3): 125-30, 1980.
21. LINK, V.A. Restauraciones anatómicas de amalgama, trad. por Francisco Calderon. México, UTHEA, 1944. p. 199-200.

22. MAHLER, D.B.; ADEY, J.D.; VAN EYSDEN, J. Microprobe analysis of a high copper amalgam alloy. J. dent. Res., 55:B 283, 1976. [Abstract nº 887]
23. MAHLER, D.B. & MARANTZ, R. The effect of the operator on the clinical performance of amalgam. J. Am. dent. Ass., 99(1): 38-41, 1979.
24. MALHOTRA, M.L. & ASGAR, K. Relationship between micro-estruure creep and strenght in dental amalgam. J. dent. Res., 55: B 283, 1976. [Abstract nº 885]
25. MARTINS, P.P.M. Contribuição ao estudo da manipulação do amãlgama de prata. Tese para concurso de Catedrã tico de Materiais Dentãrios, 1965.
26. NAKAI, H.; ISHIZAKI, N.; NIHEI, I. The microstructure, and hardness of dental amalgams. J. Osaka Dental University, 4(2), Oct. 1970.
27. OKABE, T. et alii. Analysis of Asgar-Mahler reaction zone in Dispersalloy amalgam by electron diffraction. J. dent. Res., 56(9): 1037-43, 1977.
28. OKABE, T.; MITCHELL, R.; WRIGHT, A.H.; FAIRHURST, C.W. Amalgamation reaction on higher copper single compositions alloy (abstr.). J. dent. Res., 56, nº 146, Feb. 1977.

29. OKABE, T. et alii. A study of high copper amalgams. I. A comparison of amalgamation on high copper alloy tablets. J. dent. Res., 57(7-8): 759-67, 1978.
30. OKABE, T. et alii. A study of high copper amalgams. II. Amalgamation on a Hg-plated high copper alloy containing 30 wt% Cu. J. dent. Res., 57(7-8): 768-71, 1978.
31. OKABE, T. et alii. A study of high copper amalgams. III. Sem observations of amalgamation of high copper powders. J. dent. Res., 57(11-12): 975-82, 1978.
32. OKABE, T. et alii. A study of high copper amalgams. IV. Formation of Cu-Sn (Cu_6Sn_5) crystals in a high copper dispersant amalgam matrix. J. dent. Res., 58(3): 1087-92, 1979.
33. OKABE, T. et alii. Effects of annealing alloy powder on light copper amalgams properties. J. dent. Res., 59: 969, 1980. [Abstract nº 329]
34. OSBORNE, J.W. & GALE, E.W. Clinical performance of certain commercial high-copper content amalgam. J.A.D.A., vol. 100, June 1980. p. 867-69.
35. PHILLIPS, W.R. Materiais Dentários de Skinner. 8.ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1984.

36. STARR, J.M. Comparison of manual and mechanical condensation of amalgam by dental students and by graduate dentists. J. dent. Educ., 35: 183-4, 1971.

37. SWARTZ, M.L. & PHILLIPS, R.W. Influence of manipulative variables on the marginal adaptation of certain restorative materials. J. prosth. Dent., 12(1): 172-81, 1962.

38. YOUNG Jr., F.A.; WILSDORF, H.G.F.; PAFFENBARGER, G. C. Some relationships between microstructure and strength of Ag₃Sn and dental amalgam. J. dent. Res., 52(2) : 281-90, 1973.

ANEXOS

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (T)	2	29787,2753	14893,6377	52,0183*
Amalgama (A)	3	143357,1228	47785,7076	166,8990*
Operador (O)	2	11539,6280	5769,8140	20,1520*
Int. A x O	6	18536,8429	3089,4738	10,7905*
Int. A x T	6	4383,9178	730,6530	2,5519*
Int. O x T	4	1179,6136	294,9034	1,0300
Int. A x O x T	12	4754,2515	396,1876	1,3837
Resíduo	144	41229,3839	286,3152	
T O T A L	179	254768,0358		

* significativa a 5%

Como as interações duplas A x O e A x T foram significantes, obteve-se a análise a seguir:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo (T)	2	29787,2753	14893,6377	52,0183*
Op. dt. A ₁	2	1506,3551	753,1776	2,6306
Op. dt. A ₂	2	10337,6325	5168,8163	18,0529*
Op. dt. A ₃	2	8491,4776	4245,7388	14,8289*
Ap. dt. A ₄	2	9741,0057	4870,5029	17,0110*
Am. dt. T ₁	3	40057,9779	13352,6593	46,6362*
Am. dt. T ₂	3	53099,8653	17699,9551	61,8198*
Am. dt. T ₃	3	54583,1974	18194,3991	63,5468*
Int. O x T	4	1179,6136	294,9034	1,0300
Int. A x O x T	12	4754,2515	396,1876	1,3837
Resíduo	144	41229,3839	286,3152	
T O T A L	179	254768,0358		

* significativa a 5%

A₁ - VenturaA₂ - NovalloyA₃ - Novo TrueA₄ - DispersalloyT₁ - 7 diasT₂ - 15 diasT₃ - 30 dias

01: A

02: B

03: C

TESTE DE TUKEY

Médias

p/ tempo: T₁ = 141,7130
 T₂ = 161,7466
 T₃ = 172,7933

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR}{r}}$$

$$r = 60$$

$$\Delta = 3,31 \sqrt{\frac{286,3152}{60}}$$

$$*\Delta = 7,2306 \text{ (d.m.s.)}$$

$$T_3 - T_1 = 31,0803*$$

$$T_3 - T_2 = 11,0467*$$

$$T_3 > T_2 > T_1$$

$$T_4 - T_1 = 20,0336*$$

"O efeito de tempo é significativo ao nível de 5%"

Médias - Operadores dentro de amálgama

- *
01: A
- 02: B
- 03: C

OP	01	02	03
A ₁	194,4133	193,0133	205,9267
A ₂	169,2533	181,0933	144,7000
A ₃	102,8067	136,3533	117,3187
A ₄	159,5933	167,4667	133,0733

$$r = 15$$

$$\Delta = 3,31 \sqrt{\frac{286,3152}{15}}$$

$$*\Delta = 14,4612 \text{ (d.m.s.)}$$

P/ Amálgama A₁ (Ventura) 03-01 = 11,5134 N.S.
 03-02 = 12,9134 N.S.
 01-02 = 14,000 N.S.

P/ Amálgama A₂ (Novalloy) 01-03 = 24,5533*
 02-03 = 36,3933* 01,02 > 03
 02-01 = 11,84

P/ Amálgama A₃ (New True) 03-01 = 14,5120
 02-03 = 19,0346 02 > 03 > 01
 02-01 = 33,5466

P/ Amálgama A₄ (Dispersalloy) 01-03 = 26,52
 02-03 = 34,3934 01,02 > 03
 02-01 = 7,8734

"Há diferenças significantes entre operadores para os amálgamas A₂, A₃ e A₄"

Médias - Amálgama dentro de tempo

Amalg.	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
T ₁	176,8667	150,3733	105,6653	133,9467
T ₂	206,1133	167,4467	124,7600	148,6667
T ₃	210,3733	177,2267	126,0533	177,5200

$$\Delta = 3,63 \times \sqrt{\frac{286,3152}{15}}$$

$$\Delta = 15,8593 \text{ (d.m.s.)}$$

P/ Tempo T₁ (7 dias)

$$A_1 - A_2 = 26,4934$$

$$A_1 - A_3 = 71,2014$$

$$A_1 - A_4 = 42,9200$$

$$A_2 - A_3 = 44,7080$$

$$A_2 - A_4 = 16,4266$$

$$A_4 - A_3 = 28,2814$$

$$A_1 > A_2 > A_4 > A_3$$

P/ Tempo T₂ (15 dias)

$$A_1 - A_2 = 38,6666$$

$$A_1 - A_3 = 81,3533$$

$$A_1 - A_4 = 57,4466$$

$$A_2 - A_3 = 42,6866$$

$$A_2 - A_4 = 18,7800$$

$$A_4 - A_3 = 23,9067$$

$$A_1 > A_2 > A_4 > A_3$$

P/ Tempo T₃ (30 dias)

$$A_1 - A_2 = 33,1466$$

$$A_1 - A_3 = 84,3200$$

$$A_1 - A_4 = 32,8533$$

$$A_2 - A_3 = 51,1734$$

$$A_4 - A_2 = 0,2933$$

$$A_4 - A_3 = 51,4667$$

$$A_1 > A_2, A_4 > A_3$$

"Há diferenças significantes entre amálgamas para os tempos T₁, T₂ e T₃".

O presente trabalho foi apresentado a Exame de Mes
trado no dia de de 1988 e considerado
....., com avaliação,
tendo sido examinadores:

.....

.....

.....

(N O M E)

(F A C U L D A D E)