

FACULDADE SETE LAGOAS

ANDRÉ RODRIGUES MACHADO

FABRICAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS METÁLICAS ATRAVÉS DE  
LIGAS PRÉ SINTERIZADAS NO SISTEMA CAD-CAM.

OSASCO

2018

ANDRÉ RODRIGUES MACHADO

FABRICAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS METÁLICAS ATRAVÉS DE LIGAS  
PRÉ SINTERIZADAS NO SISTEMA CAD-CAM.

Monografia apresentada ao Curso de  
Especialização da Faculdade Sete Lagoas,  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Especialista em Prótese Dentária.

Área de concentração: Prótese Dentária

Orientador: Prof. Dr. Júlio Nogueira

OSASCO  
2018

RODRIGUES, ANDRÉ MACHADO

Fabricação de infraestruturas metálicas através de ligas pré  
sinterizadas no sistema cad-cam - 2018.21 f.

Orientador: Prof. Júlio Nogueira  
Monografia (especialização) – Faculdade Sete  
Lagoas, 2018.

1. Pré sinterização 2. CAD/CAM

I. Título. II. Júlio Nogueira

FACULDADE DE SETE  
LAGOAS

Monografia Intitulada “**fabricação de infraestruturas metálicas através de ligas pré sinterizadas no sistema cad-cam.**” de autoria do aluno André Rodrigues Machado, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Júlio Celso Nogueira - Orientador

---

Prof.Dr.Rcardo Jun Furuyama – Examinador

---

Prof.Dr. Claudio Akira Yamaguchi- Examinador

Osasco,13 de abril de 2018.

## RESUMO

As ligas a base de CO-CR comercialmente utilizadas para a confecção de próteses dentárias com o auxílio da tecnologia CAD-CAM ainda apresentam limitações quando comparadas as próteses usinadas em matérias cerâmicos. A principal limitação é devido à elevada dureza das ligas CO-CR na condição maciça, o que dificulta a usinabilidade. Assim, necessita-se de maior tempo de fresagem, além de elevado desgaste das fresas e equipamentos mais robusto, o que aumenta o custo final da prótese. Uma alternativa para a redução de custos é realizar o processo análogo aquele aplicado na produção de próteses a partir de blocos de zircônia. Neste caso, os blocos são fabricados a partir de pós de CO-CR e são comercializados na forma pré-sinterizada, que facilita a sua usinagem. Após obtenção da prótese por fresagem esta é então sinterizada para atingir as dimensões e propriedades mecânicas desejadas.

Palavras-chave: CO-CR, PRÓTESES, CAD-CAM

## **ABSTRACT**

The commercially available CO-CR-based alloys for the manufacture of dental prostheses with the aid of CAD-CAM technology still present limitations when compared to prostheses machined in ceramics. The main limitation is due to the high hardness of the CO-CR alloys in the massive condition, which makes machining difficult. Thus, longer milling time is required, in addition to high wear of milling cutters and more robust equipment, which increases the final cost of the prosthesis. An alternative to reducing costs is to perform the process analogous to that used in the production of prostheses from zirconia blocks. In this case, the blocks are manufactured from CO-CR powders and are marketed in the pre-sintered form, which facilitates their machining. After obtaining the prosthesis by milling it is then sintered to achieve the desired mechanical properties and dimensions.

Keywords: CO-CR, PROSTHESIS, CAD-CAM

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>2. PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
3.1. LIGA DE COBALTO CROMO.....	10
3.2. LIGA DE CO-CR PRÉ SINTERIZADO.....	11
3.3. DISCREPÂNCIA MARGINAL E AJUSTE INTERNO.....	15
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>

## 1- INTRODUÇÃO

Entre os trabalhos que podemos oferecer aos pacientes que necessitam de reabilitações dentárias unitárias ou múltiplas destaca-se aqueles feitos em cerâmica sobre infraestrutura metálica(OLIVIERI *et. al.*, 2000). As infraestruturas metálicas desses trabalhos foram sempre feitas sobre um modelo de gesso e enceramento com a fundição feita pela técnica de cera perdida.

Atualmente o desenvolvimento das tecnologias digitais possibilita a confecção dessas infraestruturas metálicas utilizando métodos de escaneamento assistido por computador (CAD) associados a aparelhos de fresagem que, utilizando fresas, reproduzem em bloco metálico a imagem planejada sobre o escaneamento do modelo de trabalho ou da própria boca.( Jong-Kyoung Park *et. al.*, 2016).O bom ajuste marginal nas coroas metalo cerâmicas é um dos fatores técnicos mais importantes para minimizar o acúmulo de placas, reduzir a chance de caries recorrentes e doenças periodontal, além disso o sucesso e longevidade da coroa depende muito dessa adaptação. Nessa revisão de literatura será estudado a técnica de fabricação de estruturas metalocerâmicas no sistema CAD-CAM com liga metálica de cobalto cromo (CO-CR) pre sinterizada.

A técnica de fabricação convencional e mais comum para coroas metalo cerâmicas é a técnica da cera perdida, ( Hasan Kocaa\_gao\_glu *et. al.*, 2017 ) com a inovação do sistema CAD-CAM que projeta em 3D o desenho de uma estrutura protética num computador (Computer Aided Design) seguido da sua confecção por uma máquina de fresagem (Computer Aided Manufacturing) já é possível uma nova técnica de confecção de estruturas metálicas.

A liga de NICR ainda é bastante utilizada na confecção de próteses fixas metalo cerâmica. Para melhorar a resistência e deixar a liga mais limpa após a fundição foi introduzido o berílio (NI-CR-BE), porem se descobriu com os estudos que o berílio causa câncer no pulmão, ainda sim as ligas de NI-CR sem berílio continuam no mercado, apesar de estudos apontarem que 10-20 % da população apresenta uma reação alérgica ao níquel. Com isso o uso das ligas de CO-CR que são muito utilizadas nas armações de removíveis estão começando a fazer parte das próteses fixas. Se sabe que as ligas de CO-CR são mais resistentes a corrosão e menos

alérgicas que as ligas de NI-CR, portanto não era tão utilizada na prótese fixa pela sua dureza e difícil manuseio. Com a tecnologia CAD CAM as ligas de CO-CR ganharam uma nova versão de fabricação, ligas não sinterizadas pelo processo de moagem da liga, e as ligas totalmente sinterizadas. A liga de fundição de CO-CR tem alta carga de cromo já as ligas pré sinterizadas possuem 30% a menos de cromo, é preciso a sinterização da liga após a fresagem em um forno a base de argônio, a estrutura é fresada considerando a contração da liga em 11 % dependendo do fabricante e da máquina, já as ligas totalmente sinterizadas não precisam de um processo após sua fresagem porem pela dureza da liga causa uma abrasão maior nas ferramentas de fresagem(OLIVIERI *et. al.*, 2000).

## **2- PROPOSIÇÃO**

O objetivo desse estudo é fazer uma revisão de literatura do sistema de fabricação de estruturas metálicas para próteses fixas e unitárias com o uso do sistema CAD CAM através das ligas de CO-CR pre sinterizadas.

Busca por artigos no PUB-MED

### 3- REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Liga de cobalto cromo

**Cobalto:** O cobalto é um metal com características e propriedades muito próximas às do níquel, porém com maior resistência mecânica e um custo ainda mais alto. A resistência à corrosão do cobalto também é elevada. À temperatura ambiente a estrutura cristalina do cobalto é hexagonal compacta, porém a 417 °C o cobalto sofre transformação alotrópica, tornando-se cúbica de face centrada, porém a transformação inversa (formação da fase hexagonal abaixo de 417 °C) é lenta. Entretanto, a presença de níquel e carbono a partir de determinados teores pode fazer com que a liga de cobalto se apresente com estrutura cristalina cúbica estável em temperaturas de trabalho, ou seja, em altas temperaturas, da ordem de 760 a 980 °C, ou mesmo à temperatura ambiente (BALDISSERA, SILMARA CRISTINA. 2007)

É importante ressaltar que, para certos tipos de aplicações, a estabilidade da fase cúbica à temperatura ambiente é um fator importante, pois proporciona à liga maior resistência ao choque térmico. Algumas propriedades físicas do cobalto puro: número atômico: 27, massa atômica: 58,93, densidade (massa específica: 8,83 g/cm<sup>3</sup>), ponto de fusão: 1495 °C, condutividade térmica: 69,04 W/m.K, resistividade elétrica: 52,5 nanoohm.m, condutividade elétrica: 28 % IACS.

**Cromo:** A palavra cromo vem do grego Chroma, que significa “cor”, porque os seus compostos apresentam grave variedade de cores. É um metal prateado, brilhante, com grau de dureza elevado e quebradiço. Apresenta um comportamento magnético fraco; à temperatura ambiente, não sofre ação de agentes corrosivos. Numa liga, a função principal do cromo é a de aumentar a resistência contra a corrosão e a pigmentação, podendo ser comparado à pintura do carro. Densidade: 7,2g/cm<sup>3</sup>; ponto de fusão: 1.907°C. Como no caso das ligas de níquel o principal elemento de liga a conferir boa resistência à oxidação nas ligas de cobalto é o cromo (OLIVIERI *et. al.*, 2000)

Nesse sentido, o teor crítico de cromo fica entre 20 e 30 %, sendo que para este teor mais elevado a taxa de oxidação se reduz em quatro ordens de grandeza em

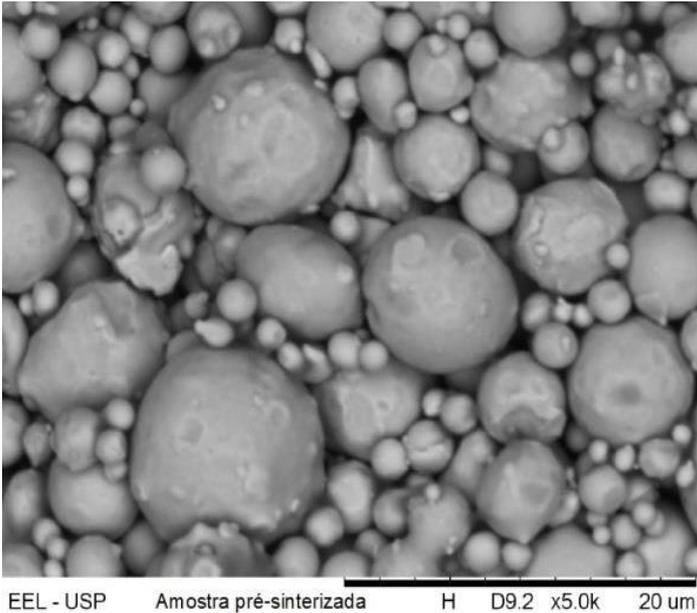
relação à taxa de oxidação do cobalto puro. Por exemplo, a liga de cobalto contendo 30 % de cromo consiste na base das ligas de Cobalto usadas na fabricação de implantes ortopédicos e dentários. Esta liga é muito resistente à corrosão à temperatura ambiente, devido à formação da camada passivada de óxido de cromo. Por este motivo, a maioria das superligas à base de cobalto apresenta significativos teores de cromo. Embora as ligas cobalto-alumínio mostrem resistência à corrosão ainda superior à das ligas cobalto-cromo, devido à formação da camada passivada de óxido de alumínio, as ligas Co-Al não possuem resistência mecânica suficiente em altas temperaturas. Por outro lado, nas ligas de cobalto contendo 20 % de cromo, ensaiadas em temperaturas entre 900 e 1100 °C, ao ar e no oxigênio por tempos de até 240 horas, o ferro e o níquel não acarretaram nenhum efeito significativo, ao contrário do manganês, que aumentou a tendência à descamação. Em algumas situações específicas o molibdênio, o vanádio e o tungstênio podem ser nocivos. É importante observar que a resistência à corrosão a quente das ligas CO-CR em geral não é afetada pela presença de enxofre no gás quente do mesmo modo que ocorre para as ligas à base de níquel. Assim como nas ligas de níquel, o cromo é o elemento chave na resistência à oxidação e os efeitos de outros elementos, adicionados com o objetivo de aumentar a resistência mecânica, devem ser analisados cuidadosamente no que se refere aos seus efeitos em termos de resistência à oxidação e corrosão a quente (BALDISSERA, SILMARA CRISTINA. 2007).

### **3.2 Liga de CO-CR pré sinterizado**

A sinterização de blocos de CO-CR é regida pela sinterização no estado sólido, visto que não há formação de fase líquida (Germanet *al.*, 1996). O processo de densificação e obtenção das propriedades mecânicas desejadas é o resultado da ativação de diferentes mecanismos de transporte de massa, durante as etapas da sinterização. Mecanismos de transporte de massa possuem como força matriz a diferença de potencial químico entre as interfaces, que proporcionam o fluxo difusional de átomos e lacunas, promovendo a redução da energia livre do sistema (Upadhyaya *et al.*, 2011)

Os aspectos microestruturas característicos das ligas à base CO-CR produzidas por metalurgia do pó proporcionam vantagens em relação a ligas fundidas. A fina distribuição dos grãos contribui para uma melhora na homogeneidade química, resistência mecânica, corrosão e ductilidade (Rodrigues *et al.*, 2011). O controle da porosidade em implantes cirúrgicos possibilita uma melhora no crescimento do tecido ósseo, além da combinação com outros materiais formando compósitos, melhorando a biofuncionabilidade das ligas (SONG, C., PARK, H., SEONG, H. & LÓPEZ. 2006). Nas infraestruturas de próteses dentárias a porosidade influencia na união micromecânica entre a cerâmica de cobertura e o metal. As ligas de CO-CR com faixa de composição química estabelecida pela ASTM 1537-11 apresentam a transformação polimórfica das fases  $\gamma\text{Co}$  (CFC)  $\leftrightarrow$   $\epsilon\text{Co}$  (HC) em temperaturas próximas a  $\sim 855^\circ\text{C}$ ., no entanto, esta transformação tem cinética lenta, assim em ligas produzidas por metalurgia do pó o resultado é uma fração das fases  $\gamma\text{Co}$  e  $\epsilon\text{Co}$  presentes na temperatura ambiente em uma condição metaestável. Os mecanismos da transformação variam de acordo com as condições de tratamento aplicadas, podendo ocorrer em tratamentos isotérmicos. (SANTOS, FREITAS, NUNES. 2016).

As micrografias do material na condição pré-sinterizada mostram que as partículas apresentam formato esférico e possuem diâmetros variados (Fig. 1). As partículas com diâmetros menores se alojam nos interstícios das partículas maiores, elevando o grau de empacotamento do compacto.



**Fig.1** – Micrografias (MEV/ERE) de CO-CR. Amostra como recebida. Ampliação de 5000x.(Santos, C.; Freitas, B.X.; Nunes, C.A).

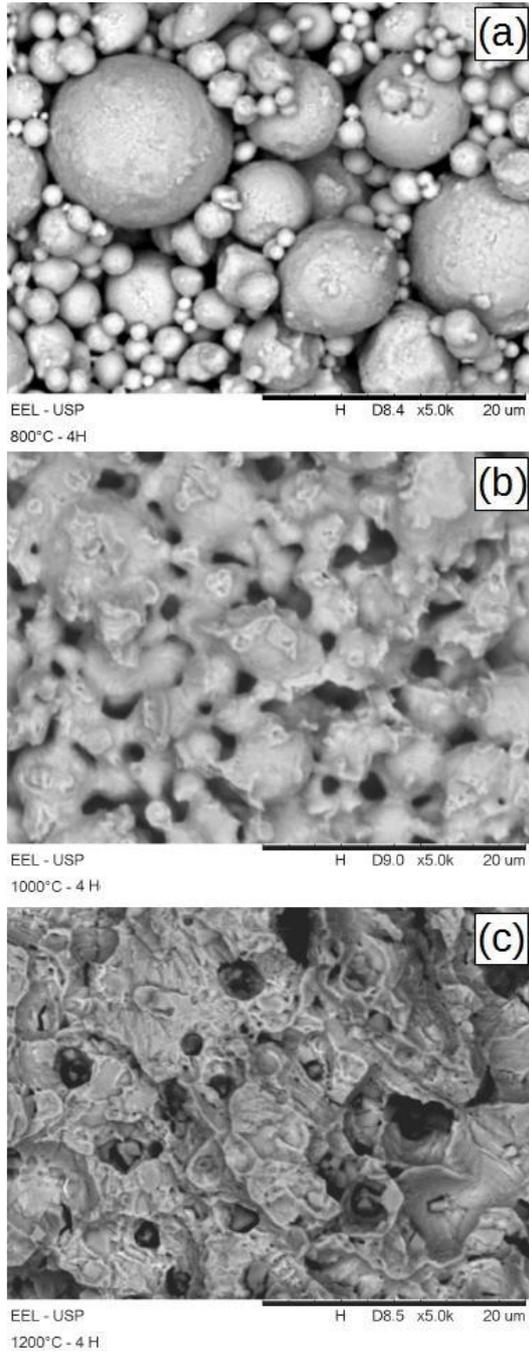
Portanto, as partículas estavam somente em contato uma com as outras, sem a formação de pescoços, sugerindo que caso o fabricante tenha realizado a pré-sinterização, este processo não alterou o formato das partículas.

**A Fig. 2 (A, B e C)** apresenta micrografias obtidas por MEV/ERE da superfície de fratura das amostras. Estas apresentam a evolução dos estágios de sinterização no estado sólido.

**Na Fig. 2A** observou o aumento da região de contato entre as partículas, formação dos primeiros pescoços e a manutenção do formato esférico das partículas, sugerindo um estágio inicial da sinterização no estado sólido.

**Na Fig. 2B** ficou evidenciado a formação dos contornos de grão, a eliminação da porosidade aberta, o crescimento dos pescoços, a perda do formato esférico das partículas através do coalescimento das partículas menores e o processo de esferoidização dos poros. Características estes presentes em um estágio intermediário de sinterização.

**Na Fig. 2C** a porosidade era esférica e observou a redução da porosidade residual, indicando um estágio final de sinterização.



**Fig. 2** – Micrografias (MEV/ERE) de CoCrMo; (A) 800°C – 4horas; (B)1000°C – 4horas; (C)1200°C – 4 horas. Ampliação de 5000x.

(Santos, C.; Freitas, B.X.; Nunes, C.A).

### 3.3 Discrepância marginal e ajuste interno

A falta de adaptações marginais pode causar problemas gengivais, periodontais e solubilidade do cimento além da baixa longevidade da coroa, os artigos estudados nessa revisão de literatura mostram que a técnica de confecção das estruturas metalo cerâmicas (coping) influenciam para o sucesso da coroa. A técnica de cera perdida depende da habilidade manual do técnico e tem passos laboratoriais desafiadores que requerem um técnico experiente, além disso o processo pode sofrer alterações nos materiais. Introduzindo a fabricação de estruturas assistidas por computador CAD-CAM os erros durante o processo podem ser minimizados e assim ter uma boa adaptação interna (Jong-Kyoung Park *et al.*, 2016). Os artigos apontam uma diferença entre as opiniões quanto discrepância marginal relacionando a técnica utilizada, alguns mostram que a técnica de cera perdida não tem diferença significativa para a técnica de fresagem em ligas pé sinterizada e ligas sinterizadas de CO-CR já outros trabalhos mostram que à sim uma diferença considerável para técnica assistida por computador frente a técnica de cera perdida (Hasan Kocaagaoglu *et al.*, 2013)

Muitos estudos foram realizados para representar o máximo da espessura marginal clinicamente aceitável declaram que a diferença marginal vertical variou entre 10 e 160  $\mu\text{m}$  já a adaptação interna variou entre 81 e 136  $\mu\text{m}$  foram clinicamente aceitáveis. No entanto, de acordo com Martins Lm *et al.* a aceitação clínica de ajuste interno parece ser aproximado entre 50 a 100  $\mu\text{m}$  (Martins *et al.*, 1985). Bever *et al.* relataram que um espaço de 50  $\mu\text{m}$  no chanfro será suficiente para um melhor assentamento na área da margem cervical (Bhagkaran *et al.*, 2013).

Segundo Jong-Kyoung, McLean e Von Fraunhofer encontraram discrepância marginal de no máximo de 120 micrometros analisando mais de 1000 metalo cerâmica, no entanto os autores relataram que o máximo aceitável de uma discrepância marginal é de 100  $\mu\text{m}$  para o sucesso e longevidade da coroa. O tamanho das discrepâncias marginais é controverso e depende do cimento a ser utilizado. Kydd *et al.* estudou dentes com coroas metalo cerâmica perdidos por doença periodontal que apresentaram 74  $\mu\text{m}$  de discrepância marginal e apresentavam micro infiltrações. Com base nesses estudos é preciso todo esforço

para fabricar coroas com menor discrepância possível, alguns estudos já mostram um valor bem mais aceitável entre 33 a 62  $\mu\text{m}$ . [10] além disso a geometria do preparo e sua terminação resultam para um bom ajuste interno da coroa sobre o pilar (Jong-Kyoung Park *et al.*, 2016).

O ajuste interno mesmo que seja feito minimamente pode influenciar nas paredes axiais e oclusais alterando também a acomodação do cimento entre o preparo e o dente. As estruturas metálicas fabricadas pelo método de fresagem com ligas de CO-CR pre sinterizadas apresentam um ajuste interno menor e mais uniforme entre suas paredes. Um comparativo feito entre a fabricação de uma zircônia e a fabricação de uma infraestrutura metálica foi realizado e mostrou que a infraestrutura metálica apresenta um ajuste interno menor com relação a zircônia (MARTINS *et al.*, 2012)

#### 4- DISCUSSÃO

Entre todas as pesquisas dessa revisão de literatura se observa que a nova técnica de fabricação de estruturas metálicas a partir da moagem da liga de CO-CR, pré sinterizada, assistida por computador e sua fabricação por fresagem tem uma boa aceitação dentre todos os trabalhos.

Foram avaliados em todos os trabalhos o ajuste marginal e interno das coroas, com silicone internamente das estruturas, para uma melhor avaliação quanto ao desajuste interno. O método de fabricação afeta o ajuste interno das restaurações destinadas, para cada técnica o ajuste interno vai influenciar na discrepância marginal das coroas.

O desajuste interno é bastante controverso entre os autores, pois se depende muito do tipo de preparo e cimento a ser utilizado, esta revisão de literatura não fez pesquisas quanto a técnicas de preparo e nem utilização de cimento.

McLean e Von Fraunhofer dizem que até 120  $\mu\text{m}$  são aceitáveis para coroas metalo cerâmica, já Kydd et al estudou dentes com coroas metalo cerâmica perdidos por doença periodontal que apresentaram 74  $\mu\text{m}$  de discrepância marginal, e ainda sim apresentavam micro infiltrações.

O método de fabricação afeta o ajuste interno das restaurações destinadas, para cada técnica o ajuste interno vai influenciar na discrepância marginal das coroas.

A técnica da cera perdida a mais tradicional e mais antiga, e a técnica de fresagem a partir de sistemas CAD-CAM, tanto para metais pré sinterizado quanto a metais totalmente sinterizado tiveram resultados aproximados e aceitáveis.

As ligas totalmente sinterizado tiveram uma diferença mínima quanto a técnica de ligas pré sinterizado e técnica de cera perdida segundo o autor Park JK *et al*, ambas as técnicas tiveram melhores resultados em relação ao ajuste marginal e adaptação interna do que os metais totalmente sinterizado.

De acordo com o autor Hasan KG *et al*, as ligas totalmente sinterizadas não tiveram diferença em relação as demais técnicas apresentadas, todas foram clinicamente aceitáveis.

## **5- CONCLUSÃO**

As estruturas fabricadas pelo sistema CAD CAM a partir de ligas pre sinterizadas em CO-CR possuem bons resultados com relação a técnica de cera perdida.

As técnicas de fabricação das estruturas influenciam no ajuste interno e adaptação marginal das coroas.

## REFERENCIAS

Baldissera, Silmara Cristina. **Caracterização microestrutural e resistência à corrosão de ligas Co-Cr-Mo utilizadas em próteses dentárias.** 142 f; 2007.

Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. **Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses.** *Clin Oral Investig.* 13: 343-349; 2009.

Bhaskaran E, Azhagarasan NS, Miglani S, Ilango T, Krishna GP, Gajapathi B. **Comparative Evaluation of Marginal and Internal Gap of Co-Cr Copings Fabricated from Conventional Wax Pattern, 3D Printed Resin Pattern and DMLS Tech: An In Vitro Study.** *J Indian Prosthodont Soc.* 13: 189-195; 2013.

**Effect of repeated ceramic firings on the marginal and internal adaptation of metal ceramic restorations fabricated with different CAD-CAM Technologies**  
Hasan Kocaa\_gao\_glu, DDS, PhD,a Haydar Albayrak, DDS, PhD,b Halil Ibrahim Kilinc, DDS, PhD,b and Hasan Önder Gümüs, DDS, PhDc; 2017.

**Evaluation of the fit of metal ceramic restorations fabricated with a pre-sintered soft alloy.**Jong-Kyoung Park, MS,a Hae-Young Kim, DDS, PhD,b Woong-Chul Kim, PhD,c and Ji-Hwan Kim, PhDd; 2016.

Fransson B, Oilo G, Gjeitanger R. **The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study.** *Dent Mater.* 1: 197-199; 1985.

German, R. M. **Sintering theory and practice.** Jhon Wiley & Sons, 1996.

**Internal and marginal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses fabricated with 3 different techniques** Harald Nesse, DDS,a Dina Mari Åkervik Ulstein, DDS,b Malene Myhre Vaage, DDS,c and Marit Øilo, DDS, PhDd; 2015.

**Internal fit of two all-ceramic systems and metalceramic crowns.** Leandro Moura

Martins<sup>1</sup>, Fabio Cesar Lorenzon<sup>1,2</sup>, Alcides Oliveira de Melo<sup>3</sup>, Luciana Mendonça da Silva<sup>1,2</sup>, José Luiz G. de Oliveira<sup>4</sup>, Pedro Cesar Garcia de Oliveira<sup>5</sup>, Gerson Bonfante<sup>6</sup> Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K; 2012.

**Marginal and internal fit of Cerec CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont.* 16:244-8;2003.**

Olivieril, Karina Andrea Novaes. **Análise química, microestrutural, determinação das propriedades mecânicas e dureza de ligas odontológicas (Ag Pd,Co Cr e NiCr) fundidas em diferentes temperaturas.** 2000.

Rodrigues, W. C., Broilo, L. R., Schaeffer, L., Knornschild, G. & Espinoza, F. R. M. **Powder metallurgical processing of Co-28%Cr-6%Mo for dental implants: Physical, mechanical and electrochemical properties.** *Powder Technol.* 206, 233–238; 2011.

**Sinterização de blocos metálicos de CoCrMo utilizados na fabricação de próteses dentárias por prototipagem CAD/CAM.** Santos, C. (1); Freitas, B.X. (2); Nunes, C.A. (2); (1) UERJ-FAT; (2) USP-EEL; 2016.

Song, C., Park, H., Seong, H. & López, H. F. **Development of athermal  $\epsilon$ -martensite in atomized Co-Cr-Mo-C implant alloy powders.** *Acta Biomaterialia.* 2, 685–691, 2006.

Upadhyaya, A. & Upadhyaya, G. S. *Powder Metallurgy - Science, Technology and Materials.* Universities Press-IIM. 2011.