

Rodrigo Antonio de Medeiros

**Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares
com diferentes extensões de *cantilever* e material de
revestimento oclusal**

**Araçatuba - SP
2014**



Rodrigo Antonio de Medeiros



**Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares
com diferentes extensões de *cantilever* e material de
revestimento oclusal**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia do Câmpus de Araçatuba – Unesp, para a obtenção do Grau de “Mestre em Odontologia” – Área de Concentração Prótese Dentária

Orientador: Prof. Adj. Marcelo Coelho Goiato

**Araçatuba – SP
2014**

Catálogo na Publicação (CIP)

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

Medeiros, Rodrigo Antonio de.

M488d Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares com diferentes extensões de *cantilever* e material de revestimento oclusal / Rodrigo Antonio de Medeiros – Araçatuba, 2014

73 f. : il. ; tab. + 1 CD-ROM

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia de Araçatuba

Orientador: Prof. Marcelo Coelho Goiato

1. Implantes dentários 2. Biomecânica 3. Prótese mandibular I. T.

Black D3

CDD 617.69

Dedicatória



Dedicatória

Aos meus pais Bartolomeu e Maria da Guia,

que no decorrer da minha vida proporcionaram-me, além de extenso carinho e amor, os conhecimentos da integridade, da perseverança e dedicaram-se à minha formação profissional.

Por essa razão, gostaria de vos dedicar este Mestrado, pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e reconhecer a vocês, minha imensa gratidão e amor.

“Sonhe com aquilo que você quer ser, porque você possui apenas uma vida e nela só se tem uma chance de fazer aquilo que quer.”

Clarice Lispector

Agradecimentos Especiais



Agradecimentos Especiais

Agradeço inicialmente a **Deus**, pela vida, por minha família, por todas as bênçãos e a possibilidade de empreender essa caminhada para alcançar meu sonho. Agradeço por colocar na minha vida pessoas amigas, que me apoiam a continuar com força e vontade para seguir meu caminho.

“Deus é o dono de tudo. Devo a Ele a oportunidade que tive de chegar aonde cheguei. Muitas pessoas têm essa capacidade, mas não têm essa oportunidade. Ele a deu para mim, não sei por quê. Sei que não posso desperdiçá-la.”

Ayrton Senna

Aos meus pais **Bartolomeu e Maria da Guia**, pelo amor incondicional, dedicação e comprometimento, não apenas na minha formação profissional, mas acima disso na minha educação e crescimento como ser humano. Muito obrigado por todos os momentos de broncas e de carinho, pois sem eles eu não seria quem eu sou. Agradeço por terem me dado todo o necessário para meu crescimento, algumas vezes em detrimento dos seus próprios sonhos. Espero conseguir retribuir pelo menos metade do que vocês fizeram por mim, pois sei que tudo é impossível. Agradeço o apoio nessa nova fase da minha vida, e sei que apesar da distância vocês estão comigo todos os dias, me dando forças para continuar.

Eu, Rafael, Denise e Daniela sabemos da infância sofrida que tiveram e do quanto lutaram para conseguir crescer na vida e conquistar tudo que possuem. Sabemos também o tanto que se dedicaram e se dedicam para nos dar a melhor educação. E todo o esforço dá frutos. Nossas conquistas são suas conquistas.

Deus não poderia ter me colocado em uma família melhor. Agradeço muito por vocês serem meus Pais!!!!

Agradeço também aos meus queridos irmãos, **Rafael, Denise e Daniela** que apesar da distância sempre me apoiam e ajudam no que preciso. Obrigado pelas brincadeiras e brigas de infância e pela cumplicidade de uma grande amizade que temos hoje em dia. Amo vocês!!!

“Os filhos não precisam de pais gigantes, mas de seres humanos que falem a sua linguagem e sejam capazes de penetrar-se o coração.”

Augusto Cury

A minha amada namorada **Danielle**, que além de me fazer feliz, ajudou-me durante todo o percurso com muita compreensão para eu conseguir conquistar parte do meu objetivo. Eu sempre imaginei uma mulher que me trouxesse paz, que me ouvisse e apoiasse nas minhas decisões, que me protegesse e que confiasse plenamente em mim, então eu conheci você. Faz-me descobrir a cada dia o quanto eu posso ser melhor e o quanto sou especial. Sei que essa distância é apenas uma fase, e o quanto é difícil ficarmos longe um do outro, mas as recompensas valerão pelos sacrifícios. Não existe a menor possibilidade de eu não te amar. Você é um anjo que Deus colocou em minha vida. Obrigado pela amizade e dedicação.

"Hoje eu acordei mais cedo e fiquei te olhando dormir, imaginei algum suposto medo para que tão logo pudesse te cobrir. Tenho cuidado de você todo esse tempo, você está sob o meu abraço e minha proteção. Tenho visto você errar e crescer, amar e voar, você sabe onde pousar. Ao acordar já terei partido, ficarei de longe, escondido, mas sempre perto, decerto, como se eu fosse humano, vivo, vivendo pra te cuidar, te proteger, sem você me ver, sem saber quem sou, se sou anjo, ou se sou seu amor. Afinal, quem eu sou? Seu anjo ou seu amor? Tenho asas? Anjos protegem, cuidam, aparecem invisíveis. Humanos também quando amam. Quero dizer que já não importa saber de onde venho, se tudo que sou pra você é amor. E se ainda assim quiser voar, te levo comigo, te mostro as estrelas, outros alados, Deus, a vida celeste. Depois voltaremos pra casa e mais uma vez, humanos, nos amarmos até morrermos, pra dizer que é seu o anel. Sou o seu amor na terra e seu anjo no céu."

Saulo Fernandes

Ao meu orientador **Professor Marcelo Coelho Goiato**, por ter me recebido tão bem em uma universidade que não conhecia meu trabalho. Obrigado professor pela oportunidade e confiança que o senhor deposita em mim. Tenho muito orgulho de estar em grupo forte como o nosso, liderado pelo senhor, e por todos os conhecimentos que o senhor me passa. Agradeço por todos os ensinamentos, como profissional e como ser humano, O senhor me cativou e compreendeu meu objetivo de vida, e faz do meu sonho um sonho seu também. Se Deus quiser será uma conquista nossa.

Muito obrigado por esses dois anos de convivência, aprendizado e amizade.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

Agradecimentos



Agradecimentos

A **Faculdade de Odontologia de Araçatuba**, na pessoa da sua Diretora, Professora Ana Maria Pires Soubhia, e na coordenadora do programa de pós-graduação em Odontologia, Professora Maria José Hitomi Nagata, pelo acolhimento oportunidade de realização do curso de Mestrado. Agradeço pelo empenho e dedicação para o crescimento faculdade.

A **CAPES** pelo financiamento do meu mestrado, concedendo bolsa durante todo o período.

A **FAPESP** pelo auxílio a projeto de pesquisa aprovado, favorecendo a confecção e compra de todo o material utilizado no trabalho.

A **Universidade de Brasília** pela minha graduação em Odontologia, que me deu capacidade de lutar pelos meus sonhos. Obrigado por todas as oportunidades de iniciações científicas e projetos de extensão durante meu curso e que fizeram despertar a vontade acadêmica.

Ao professor **Marcelo Ferraz Mesquita** por ter aceitado participar da minha banca examinadora. É uma grande honra poder contar com a sua presença. Sou um admirador do seu trabalho. Que o senhor continue sendo esse exemplo de profissional e referência para todos os alunos de pós-graduação.

A minha tia **Grigória** que, mesmo estando a muitos quilômetros de distância, se manteve incansável em suas manifestações de apoio e carinho. Obrigado tia por todas as oportunidades que a senhora me dá, sempre me apoiando em todas minhas decisões.

Você sabe a importância que tem na minha vida e o quanto sou grato por tudo que faz por mim.

Ao meu tio **José Domingos** que sempre se dedicou a minha educação e me apoiou em todas minhas decisões desde criança. Obrigado tio por todo amor e carinho que o senhor sempre demonstrou comigo.

À minha família, especialmente a **Erivânia, Anderson e Raísa** pelo amor demonstrado a minha pessoa e por me darem força para que continue na minha caminhada.

A minha avó **Terezinha** pelos cuidados e dedicação que a senhora teve com todos os netos. Muito importante na nossa criação e educação. Obrigado vó pelas energias gastas ao tentar conter nossas brincadeiras ou nossas brigas. A senhora é um anjo que Deus colocou nas nossas vidas.

Aos meus pequenos primos **Pedro Lucas e Luís Felipe** e à sobrinha **Ana Beatriz**, agradeço as brincadeiras e ao amor que eu sinto quando estou com vocês. Isso me dá forças para continuar sempre em frente.

A professora **Daniela Micheline** pela amizade e confiança. Dani, você é um exemplo de dedicação e referência como professora. Obrigado por todos os momentos de consolo e de tentativa de me animar, falando sempre que as coisas darão certas. Tenho confiança de que tudo sempre vai dar certo por ter do meu lado pessoas como você. Obrigado por me ajudar nessa caminhada.

Aos amigos de pós-graduação **Adhara, Agda, Daniel, Joel, Mariana, Douglas, Aline, Leonardo Faverani, Leonardo Piza, Rosse Mary, Amália, Marcela, Laura e**

Lucas que compartilharam comigo momentos de aprendizado. Rimos, choramos e nos ajudamos mutuamente. Obrigado a todos.

Agradeço a **Caroline** pela grande amizade. Carolzinha você foi a primeira pessoa a me acolher na turma. Obrigado pelo apoio, principalmente no começo de tudo. Sem você provavelmente não estaria aqui. Você sabe o quanto é especial.

Agradeço também a **Liliane** pela amizade em pouco tempo, mas já sólida. Lili, você é muito especial, todas as coisas que já me falou e que me fala ainda hoje são muito importantes para mim. Obrigado por tudo.

Agradeço a **Emily e Dante** pela amizade e companheirismo. Baiana, obrigado pelas palavras amigas e confiança. Admiro-te pela sua dedicação ao trabalho e sua integridade como pessoa. Dante, obrigado por sempre me receber tão bem e por ser uma referência de que todo esforço dá bons frutos.

Ao **Aljomar** pela amizade construída ao longo desses dois anos. Obrigado por ser minha dupla de mestrado e participar de todos os meus trabalhos, seja dando opinião ou ajudando nas partes práticas propriamente ditas. Obrigado também por compartilhar momentos felizes e tristes, mas que no final deu tudo certo.

Ao **Victor** por ser uma grande pessoa. Como já disse antes, você tem um coração muito grande. Obrigado pela amizade, confiança e apoio. Você é um exemplo de dedicação ao trabalho e de amigo. Compartilhamos de um mesmo objetivo, e com certeza iremos alcança-lo. Obrigado por tudo!!!

Ao **Aldiéris** por toda ajuda durante meu mestrado. Desde que eu soube que tinha passado na prova você vem me ajudando. Corrigindo meu projeto, procurando

apartamento pra mim, me levando pra conhecer Araçatuba, me ensinando a metodologia da fotoelasticidade. Obrigado pela dedicação e amizade que você tem por mim.

Ao **Valentim** por ser um grande amigo e por ser um exemplo de pós-graduando. Tenho em você uma referência na área e quero um dia ser metade do que você é. Obrigado Vala.

Aos meus amigos de graduação, especialmente ao **Douglas, Mateus, Anna, Alana, Renata, Winnie, Bianca**, que mesmo com a distância permanecem sempre comigo, me mandando mensagem e fazendo questão de me ver quando vou para Brasília. Vocês são muito especiais e tenho certeza que essa amizade será levada para o resto das nossas vidas.

A minha professora e amiga **Aline Úrsula** pelo apoio e amizade. Obrigado por me mostrar o caminho que quero seguir. Você é um exemplo de professora, sempre sorridente e amiga. Obrigado por me acolher e me apresentar à prótese bucomaxilofacial, pela qual me apaixonei e não consigo mais largar. Apesar dos momentos difíceis saiba que sempre terá um amigo para te apoiar e consolar quando precisar. Muito obrigado!!!

Aos meus amigos de colégio **Dayane, Mayara, Rodrigo e Carol** por todos esses anos de amizade. Parece que nossa amizade é como vinho, a cada ano que passa fica melhor. Apesar da distância e do pouco tempo que tenho para nos encontrar eu sei o quanto nossa relação é sólida e verdadeira. Grandes amigos são aqueles que apesar da distância sempre estão dentro de você. E é assim que me sinto em relação a vocês. Muito obrigado!!!

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese Dentária, **Magda, Dalete, Jander, Ana Marcelina, Eduardinho e Carlão** pela sua dedicação e trabalho e pelos momentos de confraternização. Obrigado a todos!!!

E a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para esta imensa felicidade que estou sentido neste momento.

A todos vocês, meu muito obrigado.

Epigrafe



Epigrafe

“Bons jovens têm sonhos ou disciplina. Jovens brilhantes têm sonhos e disciplina. Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas, que nunca transformam seus sonhos em realidade, e disciplina sem sonhos produz servos, pessoas que executam ordens, que fazem tudo automaticamente e sem pensar.”

Augusto Cury

Resumo



Resumo

Medeiros RA. Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares com diferentes extensões de cantilever e material de revestimento oclusal [dissertação].

Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista, 2014

Resumo

Neste estudo objetivamos a avaliação da distribuição de tensões na interface osso/implante, por meio do método da fotoelasticidade, em próteses mandibulares tipos protocolos de Branemark, com diferentes extensões de *cantilever*, materiais de recobrimento estético e uso de intermediários. Foi confeccionado um modelo fotoelástico de uma mandíbula edêntula, contendo cinco implantes 4.0x13 mm hexágono externo (HE) entre os forames mentonianos. Os grupos foram divididos da seguinte forma: Grupo 1 – UCLA e barra metálica; Grupo 2 – UCLA e revestimento oclusal em resina acrílica; Grupo 3 – UCLA e revestimento em cerâmica; Grupo 4 – Intermediário e barra metálica; Grupo 5 – Intermediário e revestimento em resina acrílica; Grupo 6 – Intermediário e revestimento em cerâmica. Com auxílio de uma máquina de ensaio EMIC inicialmente as forças de 70 N foram aplicadas em um ponto anterior, no implante mais posterior e em diferentes extensões de *cantilever* (até 37,5mm do último implante) na barra metálica e posteriormente nas próteses confeccionadas com barra metálica e revestimento em cerâmica e resina acrílica. Por meio de imagens fotográficas e auxílio do programa Adobe Photoshop CS6 nas imagens obtidas após o teste foi realizada a análise das tensões de acordo com o número de

franjas de alta intensidade e de acordo com a concentração e área de distribuição dessas tensões nos grupos testados. Os resultados mostraram um maior número de franjas de alta tensão com o aumento do *cantilever*, e melhor distribuição das tensões foram para os grupos com as próteses confeccionadas em resina acrílica e para os grupos que continham componente intermediário. Concluímos que o uso de intermediários com próteses protocolo em resina acrílica e a ausência do *cantilever* tende a apresentar menores números de franjas de alta tensão ao redor dos implantes.

Palavras-chave: Implantes Dentários, Biomecânica, Prótese Mandibular

Abstract



Abstract

Medeiros, RA. Stress distribution in mandibular Branemark's with different cantilevers lengths and coating materials. Araçatuba: Unesp – São Paulo State University; 2014.

Abstract

The aim of this study was to assess the stress distribution, through photoelastic method, on mandibular implant-supported prostheses (Brånemark protocol), associated with different cantilever lengths, aesthetic coating materials and implant abutment. One photoelastic model of an edentulous mandible was made. The model contained five external hexagon implants (HE) with 4.0mm diameters and 13mm lengths placed between the mental foramen. The groups were divided as follows: Group 1 - UCLA and metal bar; Group 2 - UCLA and occlusal acrylic resin coating; Group 3 - UCLA and porcelain coating; Group 4 - Abutment and metal bar; Group 5 - Abutment and acrylic resin coating; Group 6 - Abutment and porcelain coating. A force was applied, using a universal testing machine (EMIC), in different regions - in the most anterior implant, in the most posterior implant and in different cantilever extensions (up to 37.5 mm from the last implant) - in the metal bar and later in the metal bar with porcelain and acrylic resin coated prostheses. The results were obtained through photograph images and the Adobe Photoshop CS6 software was used for qualitative analysis. The analysis was performed according to the number of fringes with high intensity and to the stress distribution area. The results showed a greater number of high stress fringes as the

cantilever extension increases. Groups with acrylic resin coating and with abutments exhibited greater stress distribution. We concluded that the use of abutments in acrylic resin protocol prostheses and the absence of the cantilever tends to decrease stress around implants.

Key-words: Dental implants, Biomechanics, Mandibular prosthesis

Listas e Sumário



Lista de Figuras

Artigo:

- Figura 1** - Esquema mostrando distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos dois mais posteriores (A-P) e pontos de aplicação de carga nas extensões em *cantilever*..... 57
- Figura 2** - Aplicação de cargas em extensão de *cantilever* de 20 a 30 mm com revestimento oclusal em resina acrílica para os grupos com o uso de UCLA..... 57
- Figura 3** - Aplicação de carga em *cantilever* de 20 mm para o grupo com o uso de UCLA, mostrando a diferença entre os materiais de revestimento..... 57
- Figura 4** - Aplicação de carga em *cantilever* de 20 mm para os grupos com o uso de UCLA (G1, G2, G3) e de intermediário (G4, G5, G6)..... 58
- Figura 5** - Franjas de alta tensão finas e claras no implante distal mais próximo a aplicação de carga a partir de *cantilever* de 20 mm..... 58

Anexos:

- Figura 6** - Aplicação de cargas axiais nos grupos com UCLA (G1, G2 e G3) 60
- Figura 7** - Aplicação de cargas axiais nos grupos com componentes intermediários do tipo Mini-Pilar (G4, G5 e G6) 64
- Figura 8** - Modelo de gesso com marcações de perfuração 65
- Figura 9** - Medida da distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos mais posteriores 65
- Figura 10** Perfuração com broca esférica 65
- Figura 11** Perfurações realizadas para posterior fixação dos análogos..... 66
- Figura 12** Fixação dos análogos com resina autopolimerizável..... 66
- Figura 13** Transferentes quadrados adaptados aos análogos..... 66

Figura 14	Transferentes quadrados unidos com fio dental (A) e resina acrílica autopolimerizável (B).....	67
Figura 15	Após procedimento de moldagem, os implantes foram parafusados aos transferentes quadrados.....	67
Figura 16	Vazamento da resina fotoelástica PL-2.....	67
Figura 12	Tentativa de aplicação e carga oblíqua.....	73

Lista de Tabelas

Artigo:

Tabela 1 -	Divisão dos grupos testados	40
Tabela 2 -	Quantidade de franjas de alta intensidade (transição verde-rosa) de acordo com o ponto de aplicação de carga nos grupos com uso de UCLA	42
Tabela 3 -	Quantidade de franjas de alta intensidade (transição verde-rosa) de acordo com o ponto de aplicação de carga nos grupos com uso de componente intermediário Mini-Pilar.....	43

Lista de Abreviaturas

- 1 - mm – milímetro
- 2 - H.E. – Hexágono externo
- 3 - G1 – Grupo 1 (Barra metálica com uso de UCLA)
- 4 - G2 – Grupo 2 (Prótese com revestimento em resina acrílica e uso de UCLA)
- 5 - G3 – Grupo 3 (Prótese com revestimento em cerâmica e uso de UCLA)
- 6 - G4 – Grupo 4 (Barra metálica com uso de Mini-pilar)
- 7 - G5 – Grupo 5 (Prótese com revestimento em resina acrílica e uso de Mini-pilar)
- 8- G6 – Grupo 6 (Prótese com revestimento em cerâmica e uso de Mini-pilar)
- 9 - FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo
- 9 - lbf/pol2 – libras por polegadas quadradas
- 10 - Ind Com LTDA – Indústria e Comércio Limitado
- 11 - A-P – distância entre o centro do implante mais anterior e a linha que passa pela distal dos dois implantes mais posteriores
- 12 - Inc – Certificado Nacional de Incorporação
- 13 - EUA – Estados Unidos da América
- 14 - NC – Carolina do Norte
- 15 - UCLA – Pilar protético desenvolvido pela Universidade da Califórnia de Los Angeles
- 16 - Ni-Cr – Níquel-Cromo
- 17 - °C – Graus Celsius
- 18 -N – Newtons
- 19 – SP – São Paulo

Sumário

Página de título	33
Resumo	34
Introdução	36
Materiais e Métodos	38
Resultados	41
Discussão	44
Conclusão	49
Referências Bibliográficas	50
Anexos	58
Anexo 1 – Registros fotográficos das aplicações de cargas nos grupos testados	59
Anexo 2 – Etapas laboratoriais para confecção dos modelos fotoelásticos	65
Anexo 3 – Normas para publicação do periódico Journal Biomedical Optics	68
Anexo 4 – Tentativa de aplicação de carga oblíqua	73

Artigo





**Distribuição das tensões em próteses protocolo
mandibulares com diferentes extensões de cantilever e
material de revestimento oclusal***

*Este artigo será formatado de acordo com as normas do periódico *Journal of Biomedical Optics*



Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares com diferentes extensões de cantilever e material de revestimento oclusal

Rodrigo Antonio de Medeiros, DDS, MS,¹ Marcelo C Goiato, MS, PhD,² Daniela M dos Santos, MS, PhD,³

¹ Aluno de pós-graduação do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, área de concentração Prótese Dentária, Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, Brasil.

² Professor Adjunto do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, Brasil.

³ Professora Assistente do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, Brasil.

Apoio Financeiro: O presente estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP), São Paulo, Brasil (Processo FAPESP 2012/11336-7).

Autor Correspondente:

Marcelo Coelho Goiato

Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, área de concentração Prótese Dentária, Universidade Estadual Paulista – UNESP.



Distribuição das tensões em próteses protocolo mandibulares com diferentes extensões de cantilever e material de revestimento oclusal

Resumo

Neste estudo objetivamos a avaliação da distribuição de tensões na interface osso/implante, por meio do método da fotoelasticidade, em próteses mandibulares tipos protocolos de Branemark, com diferentes extensões de *cantilever*, materiais de revestimento estético e uso de intermediários. Foi confeccionado um modelo fotoelástico de uma mandíbula edêntula, contendo cinco implantes 4.0x13 mm hexágono externo (HE) entre os forames mentonianos. Os grupos foram divididos da seguinte forma: Grupo 1 – UCLA e barra metálica; Grupo 2 – UCLA e revestimento oclusal em resina acrílica; Grupo 3 – UCLA e revestimento em cerâmica; Grupo 4 – Intermediário e barra metálica; Grupo 5 – Intermediário e revestimento em resina acrílica; Grupo 6 – Intermediário e revestimento em cerâmica. Com auxílio de uma máquina de ensaio EMIC inicialmente as forças de 70 N foram aplicadas em um ponto anterior, no implante mais posterior e em diferentes extensões de *cantilever* (até 37,5mm do último implante) na barra metálica e posteriormente nas próteses confeccionadas com barra metálica e revestimento em cerâmica e resina acrílica. Por meio de imagens fotográficas e auxílio do programa Adobe Photoshop CS6 nas imagens obtidas após o teste foi realizada a análise das tensões de acordo com o número de franjas de alta intensidade e de acordo com a concentração e área de distribuição dessas tensões nos grupos testados. Os resultados mostraram um maior número de franjas de alta tensão com o aumento do *cantilever*, e melhor distribuição das tensões foi para os grupos com as próteses confeccionadas em resina acrílica e para os grupos que continham componente intermediário. Concluímos que o uso de intermediários com

próteses protocolo em resina acrílica e a ausência do *cantilever* tende a apresentar menores números de franjas de alta tensão ao redor dos implantes.

Palavras-chave: Implantes Dentários, Biomecânica, Prótese Mandibular



Introdução

Anteriormente ao uso dos implantes osseointegrados, a única opção de tratamento disponível para pacientes totalmente desdentados era a prótese total muco-suportada¹. Sabe-se que particularmente as próteses mandibulares apresentam um alto índice de insatisfação dos pacientes, devido principalmente a instabilidade e falta de retenção, levando a uma diminuição da auto-confiança, qualidade de vida, contato social e satisfação dos usuários².

Neste contexto as próteses totais inferiores implantossuportadas, tipo protocolo, podem ser considerada a melhor forma de reabilitação para edêntulos totais mandibulares, com base em avaliações de satisfação do paciente³. Para o planejamento ideal desses pacientes, alguns fatores biomecânicos devem ser considerados, tais como o material de recobrimento estético, uso de intermediários e extensão de *cantilever*.

Para a análise desse comportamento biomecânico a fotoelasticidade vem sendo bastante utilizada, pois esta simula as condições clínicas existente neste tipo de reabilitação⁴⁻⁶. Além disso, é um método já testado, viável, de relativa facilidade de construção dos modelos e de interpretação dos resultados⁷. Baseia-se no fenômeno de interferência ótica causado por uma luz polarizada que passa por um material birrefringente de dois índices de refração, gerando padrões de franjas⁸. Esses padrões de franjas isocromáticas correspondem a intensidade de tensão gerada no local analisado⁸.

Para prótese protocolo mandibular um do fator pouco relatado na literatura diz respeito à influência da distribuição de tensões por meio do uso de intermediários. Esses componentes protéticos se posicionam entre o implante e a prótese, sendo que sua



seleção está baseada na avaliação do espaço interoclusal, posição e angulação do implante, conveniência protética, e com a finalidade de compensar a distância da plataforma do implante em relação ao tecido mole^{9,10}. A biomecânica não é considerada nesta seleção devido aos poucos trabalhos⁸ que abordam a influência desses componentes na transferência de cargas ao sistema osso-implante.

Adicionalmente, para esse tipo de tratamento, torna-se muitas vezes necessário a existência de *cantilever* bilaterais para restabelecer ao paciente a capacidade de mastigação na região posterior¹¹. Encontram-se diversos estudos com diferentes extensões destes¹¹⁻¹⁵, sendo que a literatura é escassa em trabalhos que avaliem estas extensões sobre influência do tipo do material de revestimento oclusal.

Dessa forma, este estudo objetiva a avaliação da distribuição de tensões, por meio do método fotoelástico, de próteses protocolos mandibulares, com diferentes extensões de *cantilever*, materiais de recobrimento estético e do uso ou não de intermediários. A hipótese nula do estudo é que com o aumento do *cantilever* não será encontrada maior tensão ao redor dos implantes, e não haverá diferença na dissipação de carga entre tipos de recobrimento estético, e o uso de intermediários.



Materiais e Métodos

Um modelo experimental de gesso tipo IV (Durone, Dentsply Ind. Com. LTDA, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) de uma mandíbula edêntula recebeu cinco análogos dos implantes hexágono externo 4x13 mm (Neodent, Curitiba, Paraná, Brasil), com distância de 8 mm entre eles (Figura 1), com auxílio de um delineador para obtenção de paralelismo entre eles. Estes análogos foram distribuídos entre os forames mentonianos com a distância entre o centro do implante mais anterior e a linha que passa pela distal dos dois implantes mais posteriores¹⁶ (A-P) no valor de 15 mm (Figura 1). Transferentes quadrados foram parafusados aos análogos e esplintados com fio dental e resina acrílica (Duralay, MFO Co Worth, EUA). Este modelo foi moldado com silicone para obtenção do modelo fotoelástico⁴⁻⁷. No molde confeccionado, cinco implantes hexágonos externos 4x13 mm foram parafusados aos transferentes quadrados.

Posteriormente à adaptação dos implantes aos transferentes, a resina fotoelástica PL-2 (Vishay Measurements Group Inc. Raleigh, NC, EUA) foi manipulada de acordo com as recomendações do fabricante, vertida sobre o molde e colocado em um recipiente fechado sobre pressão de 40 lbf/pol² para a remoção de bolhas internas por 24 horas¹⁷. Os implantes hexágono externo foram posicionados ao nível do rebordo do modelo fotoelástico¹⁸.

Os grupos foram divididos de acordo a Tabela 1. Para cada grupo foi confeccionada uma barra metálica de Níquel-Cromo (Ni-Cr) (Fit Cast-SB, Talmax, Curitiba, Brasil), com 5 mm de altura por 5 mm de espessura, duas próteses protocolo mandibulares, uma com dentes artificiais em resina acrílica (Trilux Ruthinium, Pirassununga, São Paulo, Brasil) unidos a resina acrílica termo polimerizável (Vipi Produtos Odontológicos, Pirassununga, São Paulo, Brasil) e outra em cerâmica (Vita,



Bad Säckingen, Alemanha). As barras metálicas com ou sem revestimento estético possuem uma extensão em *cantilever* de 37,5 mm, o que condiz com 2,5 vezes a distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos dois mais posteriores¹⁵. Para os todos os grupos, as barras metálicas ficaram com a mesma distância do rebordo do modelo fotoelástico (4 mm), a fim de eliminar a altura oclusal como fator de influência no estudo, sendo que quando utilizado o intermediário foi compensado a altura da sua cinta de 2 mm.

Tabela 1: Divisão dos grupos testados

Grupos testados		
G1 - Barra Metálica com UCLA (Controle)	G2 - Prótese com dentes artificiais em resina acrílica com UCLA	G3 - Prótese com dentes artificiais em cerâmica com UCLA
G4 - Barra Metálica com Intermediário (Controle)	G5 - Prótese com dentes artificiais em resina acrílica com Intermediário	G6 - Prótese com dentes artificiais em cerâmica com Intermediário

Foi realizado o teste do parafuso único sobre as barra metálicas, com o objetivo de observar a ausência de movimento de báscula. Quando o resultado era negativo, foram realizados soldagens até a adaptação passiva desta. Torques de 20 N foram dados aos parafusos para as próteses com o componente UCLA com torquímetro digital (Lutron TQ-8800, Lutron Eletronic Enterprise, Taiwan), e para as próteses com componente intermediário mini-pilar foram dados torques de 20 N deste ao implante e 10N na adaptação da prótese ao intermediário.



Os modelos fotoelásticos com a barra e as próteses foram inseridos individualmente em um polariscópio circular adaptado a uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 300, São Paulo, SP, Brasil)¹⁷. Foram aplicadas cargas axiais de 70N em pontos fixos e padronizados: na região do implante mais anterior e mais posterior, e sequencialmente nas extensões de *cantilever* de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 37.5 mm em relação ao último implante (Figura 1).

A cada aplicação de carga o modelo fotoelástico foi submetido ao relaxamento térmico de tensão, em banho-maria a 50°C por 10 minutos e, posteriormente, 10 minutos em temperatura controlada (aproximadamente 20°C)¹⁹.

As tensões foram fotografadas por meio de uma câmera digital (Canon T3i, Canon Inc., Japão) e transferidas a um computador para análise qualitativa usando um software de imagem (ADOBE Photoshop CS6, Adobe Systems, San Jose, California, USA).

Os registros fotográficos foram analisados por dois observadores calibrados para verificar a direção de propagação e intensidade das tensões, conforme a análise qualitativa, já aplicada por vários autores^{4-7,17}. Foram contadas as franjas de alta intensidade, que condiz com a transição verde-rosa. Adicionalmente, a proximidade entre estas indicam maior concentração de tensão²⁰.



Resultados

De acordo com o número de franjas de alta tensão

Os resultados foram baseados na análise do padrão de tensões nos modelos fotoelásticos de acordo com o número de franjas de alta tensão. (Tabela 2 e 3)

Tabela 2: Quantidade de franjas de alta intensidade (transição verde-rosa) de acordo com o ponto de aplicação de carga nos grupos com uso de UCLA

Ponto de aplicação	G1	G2	G3	<u>Total</u>
	(Barra metálica)	(Revestimento – Resina)	(Revestimento – Cerâmica)	
Implante anterior	0	0	1	<u>1</u>
Implante Distal	4	3	4	<u>11</u>
<i>Cantilever 5 mm</i>	6	4	6	<u>16</u>
<i>Cantilever 10 mm</i>	9	7	7	<u>23</u>
<i>Cantilever 15 mm</i>	10	8	7	<u>25</u>
<i>Cantilever 20 mm</i>	12	9	8	<u>29</u>
<i>Cantilever 25 mm</i>	13	10	10	<u>33</u>
<i>Cantilever 30 mm</i>	17	11	12	<u>40</u>
<i>Cantilever 35 mm</i>	18	14	14	<u>46</u>
<i>Cantilever 37,5 mm</i>	20	15	14	<u>49</u>
<u>Total</u>	<u>109</u>	<u>81</u>	<u>83</u>	



Tabela 3: Quantidade de franjas de alta intensidade (transição verde-rosa) de acordo com o ponto de aplicação de carga nos grupos com uso de componente intermediário Mini-Pilar

Ponto de aplicação	G4	G5	G6	Total
	(Barra Metálica)	(Revestimento – Resina)	(Revestimento – Cerâmica)	
Implante anterior	0	0	0	<u>0</u>
Implante Distal	4	2	3	<u>9</u>
<i>Cantilever 5 mm</i>	5	4	5	<u>14</u>
<i>Cantilever 10 mm</i>	6	6	6	<u>18</u>
<i>Cantilever 15 mm</i>	8	8	8	<u>24</u>
<i>Cantilever 20 mm</i>	9	8	9	<u>26</u>
<i>Cantilever 25 mm</i>	12	8	10	<u>30</u>
<i>Cantilever 30 mm</i>	14	9	11	<u>34</u>
<i>Cantilever 35 mm</i>	17	12	12	<u>41</u>
<i>Cantilever 37,5 mm</i>	18	11	12	<u>41</u>
<u>Total</u>	<u>93</u>	<u>68</u>	<u>76</u>	

Para demonstração dos resultados, na Figura 2 apresentamos a aplicação de carga na extensão de *cantilever* de 20 a 30 mm para o grupo com UCLA, na Figura 3 os registros fotográficos demonstram a diferença entre os materiais de recobrimento, e na Figura 4 comparam o uso de UCLA com o componente intermediário Mini-pilar.

Os resultados mostraram nas tabelas 2 e 3 maior número de franjas de alta tensão com o aumento do *cantilever* utilizando UCLA ou componentes intermediários



do tipo Mini-pilar, independente do material de recobrimento estético. Também demonstraram menores números de franjas de alta intensidade em próteses confeccionadas com revestimento em resina acrílica, independente da extensão de *cantilever*, e principalmente quando foi utilizado componentes intermediários.

De acordo à área de concentração das franjas

Para todos os grupos, com o aumento do *cantilever* há uma maior concentração de franjas de alta tensão e o surgimento de tensões na região cervical, principalmente no implante distal próximo à aplicação das cargas. Foi verificado que quanto maior a concentração de tensões em uma região do implante, as franjas de alta tensão tendem a ficarem mais próximas, finas e claras até desaparecerem, havendo dificuldade para captura do registro fotográfico. Esta ocorrência foi mais evidente a partir do *cantilever* de 20 mm (Figura 5), onde franjas de alta intensidade se concentraram principalmente no implante mais distal próximo a aplicação de cargas. Apesar de não ter sido capturado pela fotografia, verificou-se ao longo do teste que as franjas de alta tensão estão em maior concentração nessas áreas.



Discussão

A hipótese nula do estudo não foi aceita, pois com o aumento do *cantilever*, o uso de UCLA e o revestimento oclusal em cerâmica verificou-se tendência de maior número de franjas de alta tensão.

O número de pacientes que opta por próteses fixas implanto-suportadas aumentou nos últimos anos²¹. Para pacientes edêntulos, prótese protocolo mandibular é um tratamento previsível e favorável²² que devolve a capacidade funcional, apresentando alta taxa de sucesso clínico²³.

O entendimento das consequências biomecânicas deve estar relacionado com o planejamento clínico de pacientes edêntulos²⁴. Sendo assim, um dos fatores que podem levar a complicações protéticas e biológicas é a ausência de dissipação de tensões ao sistema prótese/implante/osso, sendo de fundamental importância o estudo destas para a longevidade dos implantes²⁰. Além disso, a intensidade e localização de forças oclusais afetam a quantidade de tensões geradas na interface osso/implante²⁵.

Em próteses protocolo as tensões não são distribuídas uniformemente para todos os implantes, sendo concentradas principalmente nos implantes adjacentes às extensões em *cantilever*²⁶. Esse fator foi verificado pelo presente estudo, sendo que em todos os grupos a maior concentração de franjas de alta tensão foi encontrada nos implantes distais do mesmo lado em que estava sendo aplicada a carga. Concentrações excessivas de tensões podem resultar em perda óssea ao redor dos implantes²² onde a pressão aplicada pode exceder o potencial de reparação óssea²⁷.

Para o tratamento de pacientes edêntulos com prótese protocolo mandibular devem-se avaliar alguns fatores para que ocorra uma biomecânica favorável. Entre eles



encontra-se o tamanho do *cantilever*, o material de recobrimento estético e o uso de intermediários.

Levando-se em consideração o primeiro fator, a literatura preconiza diferentes extensões de *cantilever*. Alguns autores relatam que estes não podem exceder de 15 a 20 mm na mandíbula¹². Outros autores relatam que o *cantilever* mandibular não deve estender-se em duas vezes o tamanho da largura do pré-molar^{13,28}. Para McAlarney e Stavropolous²⁹ este não deve ser maior que 1,5 vezes a distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos dois mais distais. No entanto, segundo Misch, o *cantilever* não deve ser maior que 2,5 vezes essa distância¹⁵, em pacientes com ausência de parafunção. No presente estudo utilizamos a proporção de Misch com o objetivo de testar o limite máximo relatado na literatura, além de verificar a influência do material de revestimento e uso de intermediários em *cantilever* maiores. Apesar disso, sabemos que *cantilever* maiores que 25 mm são dificilmente encontrados clinicamente. Na literatura, encontramos em estudos *in vivo* extensões de até 21 mm²³ e de 28 mm em trabalhos *in vitro*³⁰.

Segundo os resultados do estudo, verificou-se que houve aumento de franjas de alta tensão em *cantilever* superiores a 20 mm, sendo que a partir dessa extensão houve grande concentração de tensões, principalmente no implante mais distal. Há também o surgimento de franjas de alta tensão na região cervical dos implantes, sendo que estas tendem ser mais danosas e podem acarretar grande perda óssea³¹. Estes resultados podem sugerir possível sobrecarga nos implantes em *cantilever* maior que 20 mm, ou seja, próximo ao limite estabelecido pela teoria de Skalak¹⁶, que estipula a extensão em valores menores ou iguais a 1,5 vezes a distância do implante mais anterior para a linha que passa pelos dois mais posteriores.



Para Gallucci et al²³, em estudo clínico, não encontra-se correlação de acordo com a extensão do *cantilever* em relação ao número e tipo de complicações biológicas e técnicas (falhas em implantes e próteses). Krenmair et al² em seu estudo clínico utilizaram *cantilever* com no máximo 1,5 vezes a distância anteroposterior dos implantes, não demonstrando prejuízo ao tecido peri-implantar quando essa relação é utilizada. Aglietta et al²² não encontraram efeitos deletérios no nível ósseo ao redor do implante mais próximo em no máximo 15 mm do *cantilever*. Bozini et al³² concluíram que esta extensão deve ser a menor possível, pois além da complicação biomecânica, existe a possibilidade de fratura da estrutura metálica, sendo que essa estrutura deve ser mais volumosa próxima ao último implante, para evitar esse tipo de falha protética.

Extensões longas, além de gerar maiores tensões ao sistema implante/osso, podem acarretar insucessos clínicos²³. Em estudo clínico, Gallucci et al²³ encontraram alta incidência de fratura da base acrílica da prótese ou dente de resina acrílica, sendo justificada pela deformação da estrutura metálica quando *cantilever* estão presentes. Este fato não foi encontrado neste estudo, devido a aplicações pontuais e estáticas de cargas.

Recomenda-se que o planejamento de prótese protocolo mandibular deve ser realizado com o objetivo de reduzir ao máximo o tamanho do *cantilever*. Para isso, uma opção é o uso de implantes posteriores inclinados que associados a próteses protocolos mandibulares diminuem o tamanho dessa extensão e, conseqüentemente, as tensões nos tecidos periimplantares e ao redor dos implantes³³.

Em relação ao material de revestimento, em nosso estudo encontramos que próteses com revestimento oclusal de resina acrílica apresentaram menores tensões, quando comparado com o revestimento oclusal em cerâmica e o grupo controle (barra



metálica). Esse resultado corrobora com Meriç et al³⁴ e Ciftci et al³⁵, em estudos de elementos finitos, onde próteses parafusadas de três elementos com resina acrílica apresentaram 25% menos tensão que as de cerâmica. Este material possui menor módulo de elasticidade (2,26 GPa) do que a cerâmica (70 GPa), favorecendo assim a absorção das forças e a transferência ao osso suporte³⁵. Em controvérsia, Santiago-Júnior et al³⁶, em estudo avaliando a influência do material de revestimento e do diâmetro do implante em próteses unitárias parafusadas por meio da metodologia de elementos finitos, concluíram que não há diferença na distribuição de tensão ao redor da interface osso/implante quando analisados diferentes materiais de revestimento, como resina acrílica e cerâmica. Provavelmente, esta diferença de resultados deve-se a detalhes das metodologias distintas.

Apesar disso, a resina acrílica possui algumas deficiências de propriedades mecânicas, como baixa resistência à abrasão e fratura, o que pode resultar, durante a mastigação, na exposição da barra metálica ou deficiência mastigatória devido à perda de dimensão vertical³⁷. Em relação à cerâmica, o problema mais encontrado é a fratura desse material, quando em oclusão dinâmica, pois a carga funcional somada à tensão residual do processo de fabricação pode favorecer esta falha da cerâmica³⁸.

Ao que se refere ao uso de intermediários sabemos que estes podem ser utilizados para solucionar problemas clínicos que comprometem o resultado final da restauração¹⁰, tais como profundidade da plataforma do implante, quantidade e espessura do tecido gengival e inclinação e localização do implante³⁹. Entretanto, pouco se sabe sobre a influência da dissipação de tensões ao aplicar cargas sobre as próteses. Os resultados desse estudo demonstraram que o uso de intermediários favorece a transmissão de tensões para o sistema ósseo, diminuindo o número de franjas de alta



tensão para todos os grupos testados. Provavelmente a transmissão das tensões é dissipada ao passar pelos intermediários, até encontrar o implante, diminuindo a transferência para o osso de suporte. Ochiai et al⁹ não encontraram diferença quando o intermediário foi utilizado, sendo que este autor não apresentou justificativa para esses resultados.

O presente estudo é um trabalho *in vitro* apresentando limitações, sendo necessários mais trabalhos com outras metodologias como elementos finitos e extensometria para complementação dos resultados encontrados.

Conclusão

Concluimos que o uso de intermediários em conjunto com prótese protocolo mandibular com revestimento oclusal de resina acrílica e redução do *cantilever* tende a apresentar menores tensões ao redor da interface osso/implante.



Referências Bibliográficas

1. Cakir O, Kazancioglu HO, Celik G, Deger S, Ak G. Evaluation of the Efficacy of Mandibular Conventional and Implant Prosthesis in a Group of Turkish Patients: A Quality of Life Study. *J Prosthodont*. 2014 Jan 13. doi: 10.1111/jopr.12120. [Epub ahead of print]
2. Krennmair G, Seemann R, Weinländer M, Krennmair S, Piehslinger E. Clinical outcome and peri-implant findings of four-implant-supported distal cantilevered fixed mandibular prostheses: five-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 May-Jun;28(3):831-40
3. Emami E, Heydecke G, Rompre' PH, de Grandmont P, Feine JS. The impact of implant-support for mandibular dentures on satisfaction, oral and general health-related quality of life: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Clin. Oral Impl. Res.* 20, 2009; 533–544
4. Ribeiro PP, Goiato MC, Pellizzer EP, Pesqueira AA, Haddad MF et al. Photoelastic Stress Analysis of Different Attachment Systems on Implant-Retained and Conventional Palatal Obturator Prostheses. *J Craniofac Surg* 2011;22: 523Y526
5. Ribeiro PP, Goiato MC, Pellizzer EP, Pesqueira AA, Haddad MF et al. Photoelastic Analysis of Implant-Retained and Conventional Obturator Prostheses With Different Attachment Systems and Soft Relining. *J Craniofac Surg* 2011;22: 797Y800
6. Tonella BP, Pellizer EP, Ferração R, Falcón-Antenucci RM, Carvalho PSP, Goiato MC. Photoelastic Analysis of Cemented or Screwed Implant-Supported



- Prostheses With Different Prosthetic Connections. *J Oral Implantol.* 2011 Aug;37(4):401-10.
7. Coelho Goiato M, Pesqueira AA, Falcón-Antenucci RM, Dos Santos DM, Haddad MF, Bannwart LC, Moreno A. Stress distribution in implant-supported prosthesis with external and internal implant-abutment connections. *Acta Odontol Scand.* 2013 Mar;71(2):283-8
 8. Goiato MC, Tonella BP, Ribeiro Pdo P, Ferraço R, Pellizzer EP. Methods used for assessing stresses in buccomaxillary prostheses: photoelasticity, finite element technique, and extensometry. *J Craniofac Surg.* 2009 Mar;20(2):561-4
 9. Ochiai KT, Ozawa S, Caputo AA, Nishimura RD. Photoelastic stress analysis of implant-tooth connected prostheses with segmented and nonsegmented abutments. *J Prosthet Dent* 2003;89:495-502.
 10. Drago C, Lazzara RJ. Guidelines for Implant Abutment Selection for Partially Edentulous Patients. *Compend Contin Educ Dent.* 2010 Jan-Feb;31(1):14-20, 23-4, 26-7; quiz 28, 44.
 11. Minoretti R, Triaca A, Saulacic N. Unconventional implants for distal cantilever fixed full-arch prostheses: a long-term evaluation of four cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012 Apr;32(2):e59-67.
 12. Kim Y, Oh T, Misch CE, Wang H. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin. Oral Impl. Res.* 16, 2005 / 26–35
 13. McAlarney ME, Stavropoulos DN. Theoretical cantilever lengths versus clinical variables in fifty-five clinical cases. *J Prosthet Dent.* 2000 Mar;83(3):332-43.



14. Greco GD, Jansen WC, Landre Junior J, Seraidarian PI. Stress analysis on the free-end distal extension of an implant-supported mandibular complete denture. *Braz Oral Res* 2009;23(2):175-81
15. Carl. E Misch. *Implantes dentários contemporâneos*. 2º Edição
16. Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J Prosthet Dent*. 1983; 49(6): 843-8.
17. Pesqueira AA, Goiato MC, dos Santos DM, Nobrega AS, Haddad MF, Andreotti AM, Moreno A. Stress analysis in oral obturator prostheses over parallel and tilted implants: photoelastic imaging. *J Biomed Opt*. 2013;18(10):106009
18. Tarnow DP, Wallace SS. The Effect of Inter-Implant Distance on the Height of Inter-Implant Bone Crest. *J Periodontol*. 2000 Apr;71(4):546-9.
19. Aguiar FA Jr, Tiozzi R, Macedo AP, Mattos Mda G, Ribeiro RF, Rodrigues RC. Photoelastic analysis of stresses transmitted by universal cast to long abutment on implant-supported single restorations under static occlusal loads. *J Craniofac Surg*. 2012 Nov;23(7 Suppl 1):2019-23
20. Coelho Goiato M, Pesqueira AA, Falcón-Antenucci RM, Dos Santos DM, Haddad MF, Bannwart LC, Moreno A. Stress distribution in implant-supported prosthesis with external and internal implant-abutment connections. *Acta Odontol Scand*. 2013 Mar;71(2):283-8
21. Bornstein MM, Halbritter S, Harnisch H, Weber HP, Buser D. A retrospective analysis of patients referred for implant placement to a specialty clinic: indications, surgical procedures, and early failures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008 Nov-Dec;23(6):1109-16.
22. Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, Salvi GE. A systematic review of the survival and complication rates of implant



- supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2009 May;20(5):441-51.
23. Gallucci GO, Doughtie CB, Hwang JW, Fiorellini JP, Weber HP. Five-year results of fixed implant-supported rehabilitations with distal cantilevers for the edentulous mandible. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Jun;20(6):601-7.
24. Sojic LT, Milic Lemic A, Tanasic I, Mitrovic N, Milosevic M, Petrovic A. Compressive strains and displacement in a partially dentate lower jaw rehabilitated with two different treatment modalities. *Gerodontology.* 2012 Jun;29(2):e851-7
25. Sahin S, Cehreli MC, Yalçın E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses--a review. *J Dent.* 2002 Sep-Nov;30(7-8):271-82.
26. Akça K, Iplikçioğlu H. Finite element stress analysis of the effect of short implant usage in place of cantilever extensions in mandibular posterior edentulism. *J Oral Rehabil.* 2002 Apr;29(4):350-6.
27. Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *Angle Orthod.* 2004 Feb;74(1):3-15.
28. Çehreli MC, Iplikcioglu H, Bilir OG. The influence of the location of load transfer on strains around implants supporting four unit cement-retained fixed prostheses: in vitro evaluation of axial versus off-set loading. *Journal of Oral Rehabilitation,* 2002 (29); 394-400
29. McAlarney ME, Stavropoulos DN. Determination of cantilever length-anterior-posterior spread ratio assuming failure criteria to be the compromise of the



- prosthesis retaining screw-prosthesis joint. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:331–339.
30. Sertgoz A, Guvener S. Finite element analysis of the effect of cantilever and implant length on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *J. Prosthet Dent* 1996;76:165-9.
31. Wang C, Li Q, McClean C, Fan Y. Numerical simulation of dental bone remodeling induced by implant-supported fixed partial denture with or without cantilever extension. *Int j numer method biomed eng.* 2013 Oct;29(10):1134-47
32. Bozini T, Petridis H, Garefis K, Garefis P. A meta-analysis of prosthodontic complication rates of implant-supported fixed dental prostheses in edentulous patients after an observation period of at least 5 years. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011 Mar-Apr;26(2):304-18.
33. Bevilacqua M, Tealdo T, Pera F, Menini M, Mossolov A, Drago C, Pera P. Three-dimensional finite element analysis of load transmission using different implant inclinations and cantilever lengths. *Int J Prosthodont.* 2008 Nov-Dec;21(6):539-42.
34. Meric, G ; Erkmen, E ; Kurt, A ; Tunc, Y ; Eser, A. Influence of prosthesis type and material on the stress distribution in bone around implants: A 3-dimensional finite element analysis. *Journal Of Dental Sciences*, 2011, Vol.6(1), pp.25-32
35. Ciftci Y, Canay S. The effect of veneering materials on stress distribution in implant supported fixed prosthetic restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000; 15: 571-82
36. Santiago Junior JF, Pellizzer EP, Verri FR, de Carvalho PS. Stress analysis in bone tissue around single implants with different diameters and veneering



- materials: a 3-D finite element study. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2013 Dec 1;33(8):4700-14
37. Drago C, Gurney L. Maintenance of implant hybrid prostheses: clinical and laboratory procedures. *J Prosthodont.* 2013 Jan;22(1):28-35
38. Koenig V, Vanheusden AJ, Le Goff SO, Mainjot AK. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: An up to 9-year retrospective study. *J Dent.* 2013 Dec;41(12):1164-74
39. Saab XE, Griggs JA, Powers JM, Engelmeier RL. Effect of abutment angulation on the strain on the bone around an implant in the anterior maxilla: a finite element study. *J Prosthet Dent.* 2007 Feb;97(2):85-92.

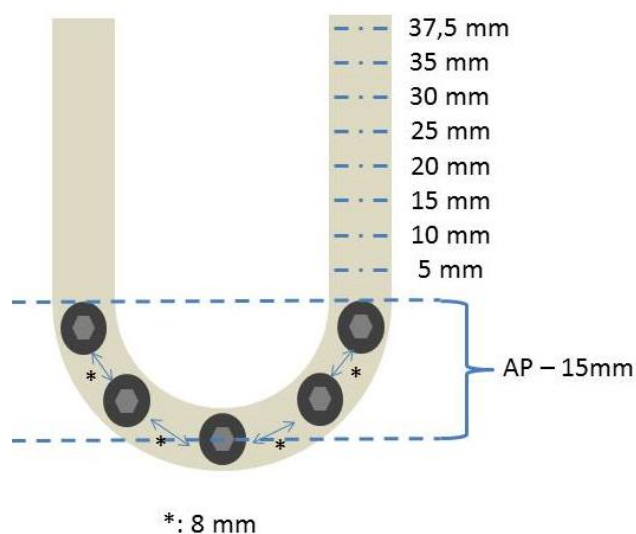


Figura 1: Esquema mostrando distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos dois mais posteriores (A-P) e pontos de aplicação de carga nas extensões em *cantilever*.

20 mm

25 mm

30 mm



Figura 2: Aplicação de cargas em extensão de *cantilever* de 20 a 30 mm com revestimento oclusal em resina acrílica para os grupos com o uso de UCLA

G1 (Barra Metálica)

G2 (Revestimento em Resina Acrílica)

G3 (Revestimento em cerâmica)



Figura 3: Aplicação de carga em *cantilever* de 20 mm para o grupo com o uso de UCLA, mostrando a diferença entre os materiais de revestimento.



Figura 4: Aplicação de carga em *cantilever* de 20 mm para os grupos com o uso de UCLA (G1, G2, G3) e de intermediário (G4, G5, G6)

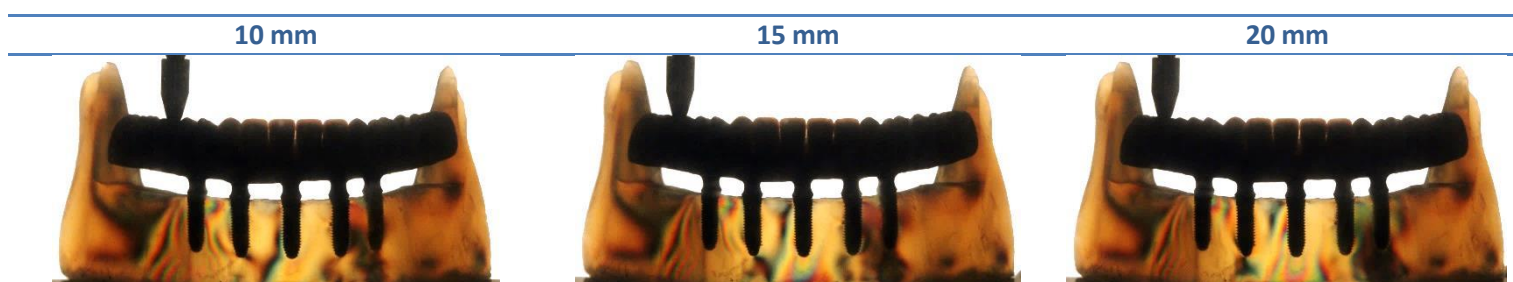


Figura 5: Franjas de alta tensão finas e claras no implante distal mais próximo a aplicação de carga a partir de *cantilever* de 20 mm.

Anexas



Anexo 1 - Registros fotográficos das aplicações de carga nos grupos testados

Grupo com uso de UCLA (G1, G2 e G3)

G1

G2

G3

Aplicação em ponto anterior

G1

G2

G3

Aplicação no implante mais posterior

G1

G2

G3

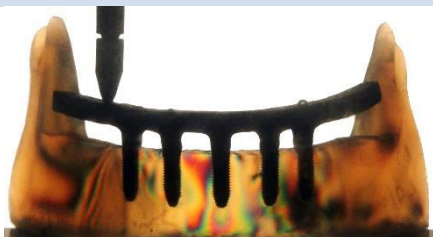
Aplicação em cantilever de 5 mm

G1

G2

G3

Aplicação em *cantilever* de 10 mm



G1

G2

G3

Aplicação em *cantilever* de 15 mm

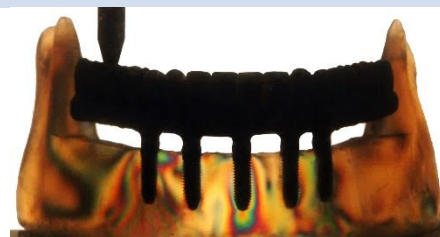
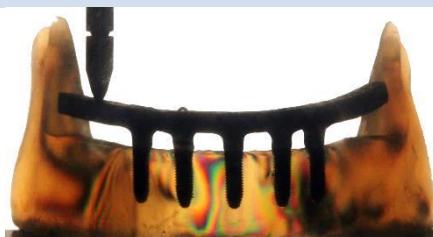


G1

G2

G3

Aplicação em *cantilever* de 20 mm



G1

G2

G3

Aplicação em *cantilever* de 25 mm



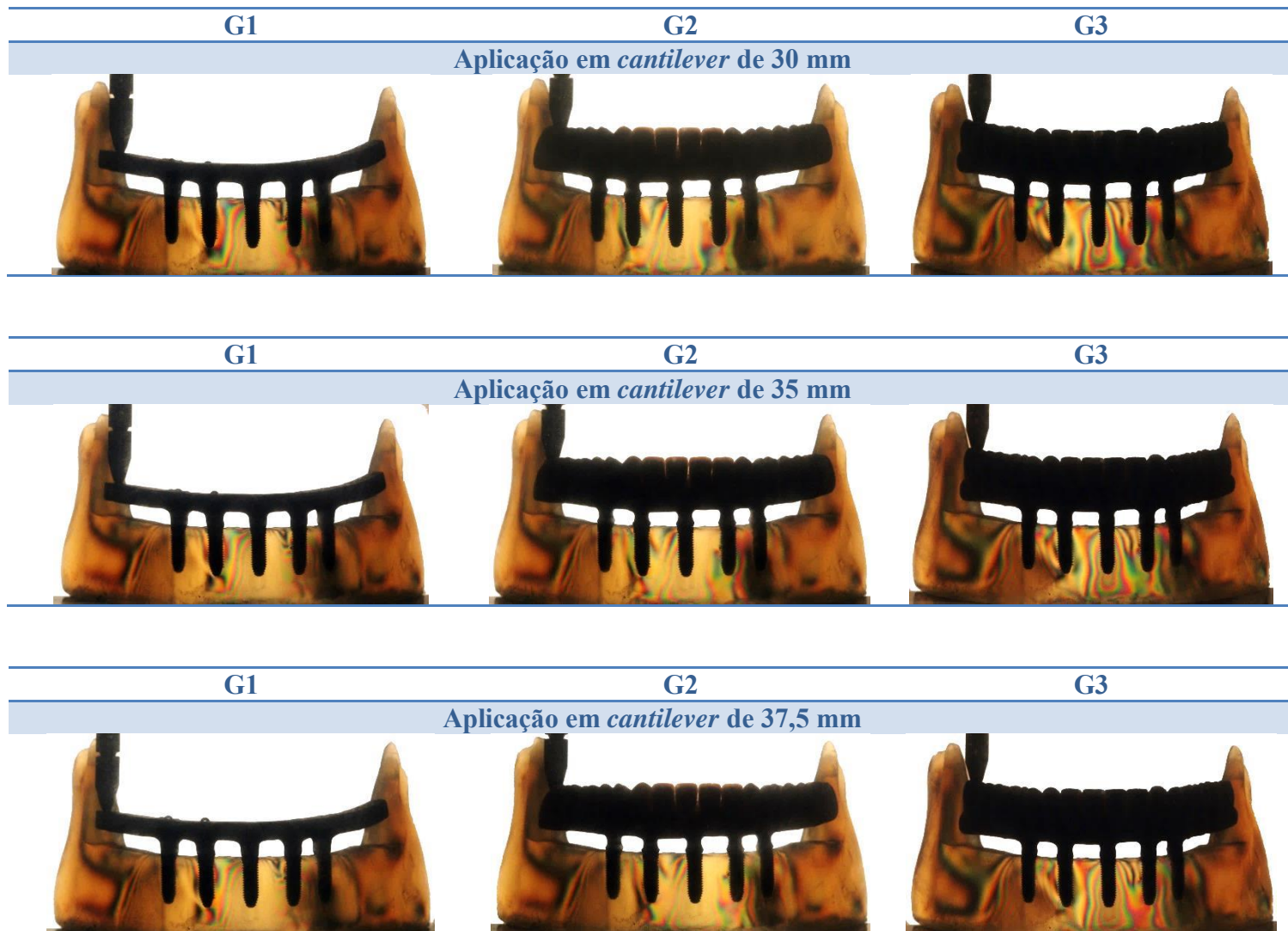
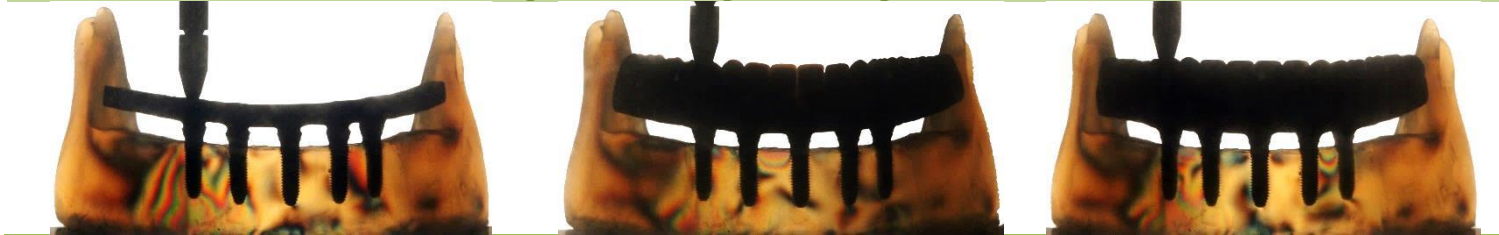


Figura 6: Aplicação de cargas axiais nos grupos com UCLA (G1, G2 e G3)

Grupo com uso de Mini-Pilar e cilindros protéticos para pilar cônico (G4, G5 e G6)



G4 G5 G6
Aplicação no impante mais posterior



G4 G5 G6
Aplicação em *cantilever* de 5 mm



G4 G5 G6
Aplicação em *cantilever* de 10 mm



G4 G5 G6
Aplicação em *cantilever* de 15 mm



G4

G5

G6

Aplicação em *cantilever* de 20 mm

G4

G5

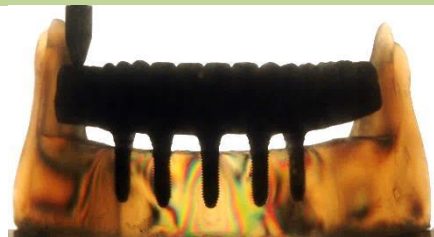
G6

Aplicação em *cantilever* de 25 mm

G4

G5

G6

Aplicação em *cantilever* de 30 mm

G4

G5

G6

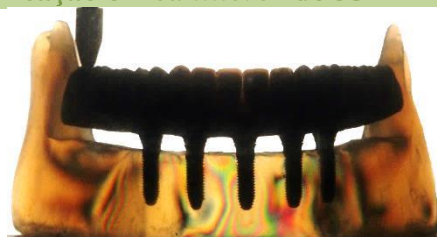
Aplicação em *cantilever* de 35 mm



Figura 7 - Aplicação de cargas axiais nos grupos com Mini-Pilar (G4, G5 e G6)

Anexo 2 - Etapas laboratoriais para confecção dos modelos fotoelásticos



Figura 8 - Modelo de gesso com marcações de perfuração

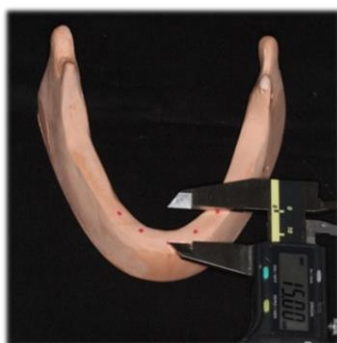


Figura 9 - Medida da distância entre o implante mais anterior e a linha que passa pelos mais posteriores



Figura 10 - Perfuração com broca esférica



Figura 11 - Perfurações realizadas para posterior fixação dos análogos

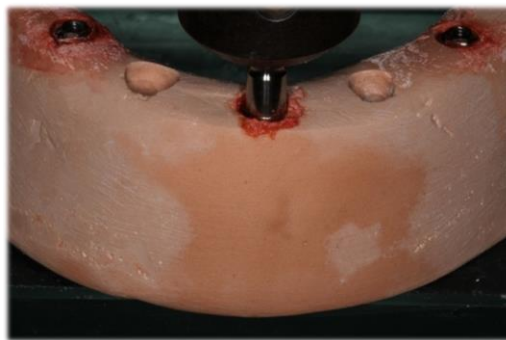


Figura 12 – Fixação dos análogos com resina autopolimerizável

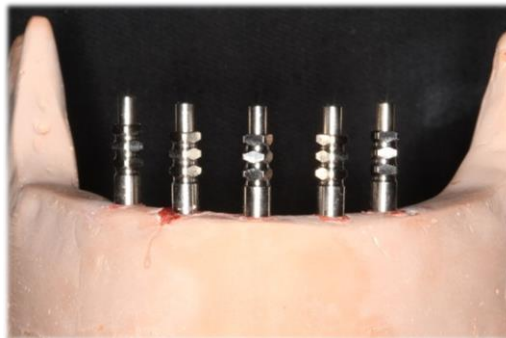


Figura 13 - Transferentes quadrados adaptados aos análogos

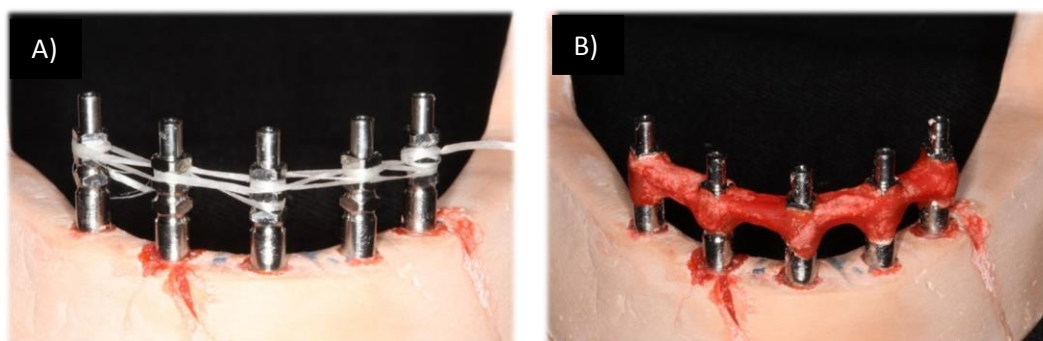


Figura 14 – Transferentes quadrados unidos com fio dental (A) e resina acrílica autopolimerizável (B)



Figura 15 – Após procedimento de moldagem, os implantes foram parafusados aos transferentes quadrados



Figura 16 - Vazamento da resina fotoelástica PL-2

Anexo 3 - Normas para publicação do periódico Journal Biomedical Optics

Prepare a Manuscript

Manuscripts should be submitted in English, and the presentation should be as succinct as comprehension will permit. **Manuscripts are reviewed and refereed.** Those accepted for publication are edited for conformance to the journal's style. Metric units should be used unless to do so is not feasible or would result in a serious loss of clarity.

For peer review, manuscripts should be submitted with the figures/tables and their captions incorporated into the same file as the manuscript text. However, upon acceptance, authors will be required to submit individual figure files and a properly formatted manuscript for use in production.

Authors are required to include a separate cover letter with their submission explaining the significance and novelty of the work, the problem that is being addressed, and why the manuscript belongs in this journal. This cover letter sample (.docx) can be used as a template.

Conference authors who are interested in submitting a proceedings manuscript to the journal should read the journal policies for submission guidelines.

SPIE journals typically allow only one round of major revision. Authors should carefully address all reviewer comments when submitting a revised manuscript.

English-Language Editing Services: If you are not a native English speaker, SPIE recommends that your manuscript be professionally edited prior to submission. SPIE authors will receive a 10% discount off the language editing services provided by

Editage, a recommended independent editorial service. More detailed information can be found at atspie.org/EnglishEditing.

The following file formats are accepted:

Text*:

- **Microsoft Word** (.doc and .docx): A Microsoft Word template is available to assist you with formatting. Use MathType for equations. Or, if using MS Word 2007 or later, the native equation editor can be used, but the document must be saved as .docx. Backsaving to .doc format will convert all equations to uneditable graphics, which cannot be used for typesetting. Please note that all accepted papers are professionally typeset; the template is intended as a guideline for author convenience.
- **LaTeX** (.tex). A LaTeX template is available to assist you with formatting. Please read the README.txt file to learn how to use the template. LaTeX users should submit a complete manuscript in single LaTeX (.tex extension) file. Figure files may be called in. Submission of .sty files or .bib files is not supported. Submissions in Plain TeX format or in dvi format are not supported. Authors may be requested to submit the manuscript in PDF format for the review process if the online submission system encounters problems with generating a PDF from the submitted LaTeX file. In such cases, if the manuscript is accepted, the authors will be asked to provide the LaTeX source file for use in production. Please note that all accepted papers are professionally typeset; the template is intended as a guideline for author convenience.

*For the review process, authors may choose to submit a single PDF document containing their manuscript, along with any supporting multimedia/supplementary files. Final files will then be requested in one of the acceptable formats indicated above if the manuscript is accepted.

Figures: TIFF, PostScript, EPS, or PDF (minimum 300 dpi resolution). See additional requirements below.



Multimedia: QuickTime nonstreaming video (.qt or .mov), or MPEG (.mpg). See additional requirements below.

Manuscripts must conform to the following requirements:

- **Title page:** List the paper title; the name(s) of the author(s); and the affiliation, complete mailing address, phone number, fax number, and E-mail address (if available) of each author. List sponsorship information in an acknowledgment section at the end of the paper.
- **Abstract:** (200 words maximum) It should be a summary of the paper and not an introduction. Because the abstract may be used in abstracting journals, it should be self-contained (i.e., no numerical references) and substantive in nature, presenting concisely the objectives, methodology used, results obtained, and their significance. For further guidelines, please read the brief article titled "How to Write an Abstract (PDF)," by Philip Koopman. (Courtesy of Philip Koopman, Carnegie Mellon University.)
- **Nontechnical Research Summary:** (200 words maximum) Please provide a short nontechnical summary of your research and its potential applications on the submission form. (This item does not need to be included on the actual manuscript file.) Nonspecialist readers should be able to understand the language used and the significance of the work. The summary should provide an accurate description of the importance of the research without overstating the potential impact of the paper. This research summary may be used by the journal for promotion of significant work.
- **Subject terms or keywords:** Keywords are required. Please provide 3-6 keywords related to your paper.
- **Text:** Type manuscript double-spaced, in a single column, using a readable font size (for example, 12-point type). Please add page numbers.
- **Equations:** Create equations using MathType or Equation Editor 3.0. If using Word 2007, do NOT use the more easily accessible Microsoft Math Editor.



When equations built with Microsoft's Editor are back-saved to the .doc format, they are converted to low-resolution graphics and will not be usable for composition. To use MathType or the old Equation Editor 3.0, you will need to select Object on the Text section of the Insert tab and then select MathType/Equation Editor in the drop-down menu.

- **References:** References to published literature must be typed double-spaced and numbered consecutively in the order of their citation in the text. Private communications or unpublished reports should be treated as references. Click here for sample book, journal, and Internet references. For references with three or fewer authors, list all authors. For references with four or more authors, list the first author only followed by "et al."
 - **Footnotes:** Use textual footnotes only when necessary to present important documentary or explanatory material whose inclusion in the text would be distracting.
 - **Figures:** must be submitted electronically in PS, EPS, TIFF, or PDF format. We cannot accept application files, i.e., Corel Draw, Microsoft Word, etc. Number all figures in the order that they appear in the text. All figure parts must be labeled (a), (b), etc. It is important that these instructions be followed precisely for the graphics files to be utilized in the journal production process.
 - **Figure and table captions:** Type double-spaced after the references to be typeset with the manuscript.
 - **Biographies:** Biographies of authors are included with each published paper. Starting in 2014, author photographs will no longer be published. Manuscripts should include a brief professional biography not to exceed 75 words. As an alternative to published author photographs, authors are encouraged to upload their photographs and update their online SPIE profile on our website at <http://spie.org/app/profiles/default.aspx>.
 - **Multimedia:** Video and audio files are accepted. Please refer to the multimedia guidelines below for specific submission guidelines and requirements.
-



Color Figures

Color printing: Authors or their sponsors must bear the cost of color printing. The cost is \$600 for the first color figure and \$300 for each additional color figure. Authors who would like figures printed in color must complete and return a Color Authorization Form (PDF) upon acceptance of their manuscript.

Color online only: All figures submitted electronically in color will be published in color online without charge, provided the figures are submitted in the proper format. Authors who wish to have color figures published in the print journal will incur color printing charges. Figures must be submitted electronically in TIFF, PostScript, or EPS. (We cannot accept JPEG, GIF, or any other file formats for production of figures.) Authors should submit a single color version of the figure. The black-and-white figure for print will be derived from the color file submitted by the author. Authors who choose to submit color figures are responsible for ensuring that the captions and descriptions in the text are suitable for both the color online and black-and-white print versions of the journal, and that the figure itself will be readable in both versions. Figures must be prepared according to the journal guidelines.

Anexo 4 - Carga Obliqua

Houve tentativas de aplicações de cargas oblíquas (45°) nos modelos fotoelásticos, porém não conseguimos aplicar em todos os pontos e próteses devido à instabilidade da ponta da máquina de ensaio universal, fazendo com que esta não permanecesse no ponto de aplicação correto. Segue em anexo algumas fotos que conseguimos com a aplicação da carga oblíqua.



Figura 10 – Tentativa de aplicação de carga oblíqua