Geraldo Francisco Kasbergen

Efeito do tratamento térmico nos fios ortodônticos de aço inoxidável

Araçatuba – SP

2007

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Geraldo Francisco Kasbergen

Efeito do tratamento térmico nos fios ortodônticos de aço inoxidável

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos

Araçatuba – SP

2007

Catalogação-na-Publicação

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

K19e

Kasbergen, Geraldo Francisco
Efeito do tratamento térmico nos fios ortodônticos de aço inoxidável / Geraldo Francisco Kasbergen. - Araçatuba : [s.n.], 2007
123 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia, Araçatuba, 2007
Orientador: Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos

1. Fios ortodônticos 2. Tratamento térmico

Black D4
CDD 617.643

Geraldo Francisco Kasbergen

Nascimento	26 de janeiro de 1950
Naturalidade	Belo Horizonte - MG
Filiação	Antonius Laurentius Kasbergen
	Maria Anna Brouwers
1970 - 1974	Curso de Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (FOUFMG)
1975 - 1978	Clínica Privada em Patos de Minas – MG
1979.....	Clínica Privada em Belo Horizonte – MG
1982 - 2001	Oficial Cirurgião-Dentista do Quadro de Oficiais de Saúde da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG)
1984	Especialista em Odontopediatria pelo Conselho Federal de Odontologia – CFO
1988.....	Professor Adjunto III da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da Universidade de Itaúna (FOUI), Itaúna -MG
1997 - 1999	Especialista em Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares pela Faculdade de Odontologia de Araçatuba – FOA/ UNESP, Araçatuba - SP
2006.....	Curso de Mestrado em Odontologia, área de Ortodontia, realizado na Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, Araçatuba - SP

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha mãe Maria Anna, aos meus filhos Ingrid e Thiago, à Rosilene e à minha irmã Lídia que deram-me a oportunidade de alcançar mais esta conquista, um sonho antigo, e que, com todo carinho, compreensão, solidariedade e amor estimularam-me a lutar sempre, a cada momento, até o fim dessa jornada. Desculpem-me pelas horas nas quais apenas pude estar presente em pensamento.

A DEUS, Senhor do Universo, sempre presente para aqueles que acreditam, pela proteção e bênçãos durante todos os momentos enquanto freqüentei o curso. Agradeço também por ter-me proporcionado saúde para trabalhar, estudar, ensinar, viver e sorrir, hoje e sempre. É incrível a presença de DEUS!

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia – Campus de Araçatuba - UNESP, nas pessoas do seu Diretor Professor Titular Pedro Felício Estrada Bernabé e Vice-Diretora Professora Adjunta Ana Maria Pires Soubhia, muito agradecido pela oportunidade em realizar o curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Idelmo Garcia Rangel, coordenador do Programa de Pós-graduação em Odontologia desta Instituição, pela maneira cordial como sempre nos tratou, pela desdobrada dedicação à nossa formação científica, clínica e pessoal, agradeço a oportunidade. Certamente me orgulharei sempre.

Agradeço imensamente ao Exmo. Sr. Prof. Dr. Faiçal David Freire Chequer, Magnífico Reitor da Universidade de Itaúna e ao Prof. Dr. Juracy Corrêa da Silveira, DD. Coordenador da Faculdade de Odontologia da Universidade de Itaúna pela confiança, pelo empenho em ajudar-me e por terem proporcionado a oportunidade e o apoio irrestrito para que frequentasse o curso de Mestrado. Minha mais profunda gratidão.

Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi, um dos responsáveis pelo estímulo para que eu fizesse esse curso de Mestrado, concretizando então meu antigo sonho. Obrigado principalmente pela confiança e amizade, por mostrar-me a ciência, a pesquisa, o embasamento científico e o ensino, compartilhando seu conhecimento e experiência. Agradeço também pela orientação segura e criteriosa durante as diversas fases desse trabalho e o interesse em motivar-me sempre, às vezes é

certo, de forma dura, mas com certeza para que eu crescesse. E eu cresci. Minha eterna gratidão. Que DEUS o abençoe e a todos os seus.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos, meu co-orientador, como agradecê-lo? Quantas horas de seu precioso tempo o senhor disponibilizou para ajudar-me, ora nos ensaios, ora na estatística, muitas vezes na pesquisa bibliográfica, sempre com uma atenção especial, com muita simplicidade, disponibilidade e um enorme conhecimento científico. Muito obrigado mesmo.

Aos docentes da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia – Campus de Araçatuba - UNESP, Prof. Dr. Eduardo César Almada Santos, Prof. Dr. Francisco Antônio Bertoz, Prof. Dr. Marcos Rogério de Mendonça e Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi, muito obrigado pela confiança em acolher-me no curso de Mestrado. De forma especial ensinaram-me não apenas nos momentos de ciência, mas de vida, os meus mais sinceros agradecimentos pelo carinho, amizade e consideração. Os senhores contribuíram decisivamente para meu crescimento profissional.

A todos os professores e colegas de mestrado do curso básico (tronco comum) por compartilharem comigo seu conhecimento e suas experiências pessoais, pelo incentivo e apoio nos momentos de dificuldade. Obrigado também pelos inúmeros momentos de alegria. Pena que a convivência foi pouca. Em especial ao Prof. Dr. Wilson Roberto Poi, professor nato, de grande habilidade na arte de conquistar, de doar, de sorrir, de ensinar. Fica a lembrança de uma das várias atitudes nos ensinada por ele que contribuem

bastante na arte de ser professor: “Acrescente uma dose generosa de amor no ato de ensinar, ao próximo e a si mesmo”. Minha eterna admiração!

Aos colegas e amigos de curso Bruna Ramos Meireles, Carlos Eduardo Shimabucoro, Flávia de Moraes Arantes, Gustavo Silva Siécola, Leila Murad e Pedro Marcelo Tondelli, meus mais sinceros agradecimentos pelo estímulo constante, pelos bons momentos de convívio e pela enriquecedora troca de conhecimentos profissionais e pessoais. Em especial agradeço ao amigo Pedrão, pelo dinamismo, pela sinceridade, competência e amizade sempre demonstradas, na alegria dos bons momentos e na ansiedade das horas difíceis, dando-me forças para que eu continuasse persistindo.

Agradecimento muito especial faço aos meus amigos Alex Luiz Pozzobon Pereira, doutorando em Ortodontia, meu companheiro de residência, e Felipe Camargo Munhoz, mestrando em Estomatologia, pela convivência diária, por terem compartilhado momentos importantes para a realização desse trabalho e pelo auxílio imensurável, no transcorrer de toda essa minha jornada. Vocês são pessoas íntegras e sempre, de forma totalmente despretensiosa, dispostas a ajudar. Meus eternos agradecimentos pela maneira bastante agradável com que nos relacionamos, aprendemos, construímos e solidificamos a nossa amizade. Amizade significa ajudar o outro a se tornar alguém um pouco melhor. Muito obrigado, com força, por sentir-me bem melhor!

À amiga Yésselin Margot Miranda Zamalloa, estagiária da disciplina de Ortodontia e aos amigos Rodrigo Castellazzi Sella e Mauro Carlos Agner Busato, doutorandos em Ortodontia, minha gratidão pelo convívio, aliás, sempre agradável, pelos ensinamentos e pela grande disponibilidade para auxiliar-me. As pessoas entram em nossa vida por acaso, mas não é por acaso que elas permanecem.

Aos colegas da turma anterior de mestrado, Fernanda Azambuja Macedo, Lílian Maria Brisque Pignatta, Ronan Alcântara Machado e Túlio Silva Lara, pelas experiências e aprendizado. De forma bastante especial ao meu amigão Ronan, companheiro de morada, leal, correto, dedicado, de uma competência ímpar e de um coração enorme, que sempre, de forma totalmente desprendida ajudou-me, quer com palavras, quer com atitudes. Fica o exemplo. Muito obrigado, amigão!

Aos funcionários da Pós-Graduação Diogo, Marina e Valéria, muito obrigado pela prestatividade, eficiência e carinho, sorrindo sempre, com que me atenderam todas as vezes que necessitei.

Aos funcionários da biblioteca Ana Cláudia, Ana Paula, Cláudio, Fernando, Ivone, Izamar, Júnior, Luana, Luzia e Maria Cláudia pela disponibilidade e carinho em auxiliar-me sempre. À Ana Cláudia que com seu ”pente fino” corrigiu esta dissertação, meus sinceros agradecimentos.

Obrigado aos funcionários da Disciplina de Ortodontia da F.O.A. Bertolina, Fátima e em especial ao companheiro e grande amigo Ilídio (Lidinho), atencioso, educado, disponível em todos os momentos e que sempre com um enorme sorriso atendeu-me e a todos no decorrer desta jornada.

Ao meu tio Frei Aristides Kasbergen O.F.M. (in memoriam), um dos grandes responsáveis pela minha formação, minha eterna gratidão.

Aos amigos Aires, Alexandre, Gil Moreira, Marcos Vinícius, Mário e Ricardo, meus colegas docentes da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da Universidade de Itaúna, agradeço pela amizade, estímulo, apoio, solidariedade e que sempre souberam que a única forma de conhecer é descobrir, e que fazer descobrir é a única forma de ensinar. Agradeço também aos Professores Davi, Irineu, José Cláudio, Juscelino, e Oteir, que de forma muito carinhosa me acolheram na Discipina de Clinica Integrada no ano letivo de 2006.

À minha secretária Adircele, minha gratidão e homenagem pela competência, responsabiidade, dedicação, lealdade, amizade e também pelo simples sorriso ao longo desses vários anos de convívio. À Ivete, sua substituta temporária, também meu agradecimento.

À minha sobrinha Ludimila Kasbergen Silva, mestranda em Ortodontia pela PUC – MG, obrigado pelo apoio, incentivo e troca de experiências. Você vai longe garota!

Ao meu amigo Ricardo Ferreira de Jesus e sua esposa Jaqueline, colaboradores eternos, o meu muito obrigado.

Às demais pessoas amigas, muitas com certeza, que direta ou indiretamente me animaram nessa empreitada, e que foram pacientes e compreensivas nos momentos de ausência diante de meus esforços para a realização desse curso de Mestrado. Peço-lhes desculpas ao não mencioná-las, por limitações alheias à minha vontade. A todos esses talentos o meu muito obrigado.

Epígrafe

”A alegria está na luta,
na tentativa e no sofrimento envolvido,
não na vitória propriamente dita”.

M. Gandhi

KASBERGEN, G. F. **Efeito do tratamento térmico nos fios ortodônticos de aço inoxidável.** 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento térmico (ou revenido) nos fios ortodônticos de aço inoxidável de Cromo Níquel (CrNi). Foram utilizados 40 arcos das espessuras 0.014”(0,35mm), 0.016”(0,40mm), 0.018”(0,45mm) e 0.020”(0,50mm). Os arcos foram divididos nos grupos sem e com tratamento térmico e, posteriormente, mensurados nas regiões anterior e posterior por meio do “software” AutoCad 2000 antes e após os ensaios mecânicos de compressão e tração por meio da máquina de ensaio universal EMIC. Os resultados foram submetidos à análise estatística com teste de multivariância ANOVA em nível de 5% ($p<0,05$). Diante da metodologia utilizada neste estudo, pode-se concluir que os arcos ortodônticos tratados termicamente apresentam suaves modificações transversais na região anterior e maiores aumentos transversais na região posterior, porém, provavelmente, sem relevância clínica. Os arcos sem e com tratamento térmico submetidos à força de compressão não apresentaram alterações transversais significantes nas regiões anterior e posterior. Nos arcos sem tratamento térmico submetidos à força de tração ocorreram aberturas mais acentuadas na região anterior nos arcos 0.020”. Na região posterior, a abertura proporcionada pela tração ocorreu com maior intensidade nos arcos sem tratamento térmico. Os arcos com tratamento térmico submetidos à força de tração não alteraram a distância transversal na região anterior. Nos arcos tratados termicamente constatou-se

uma maior estabiidade, principalmente quando submetidos à tração ou à abertura.

Palavras chave: Fios ortodônticos. Tratamento térmico. Movimentação dentária.

KASBERGEN, G. F. **Heat treatment effects in orthodontics stainless steel wire.** 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of heat treatment in orthodontic wires of Chrome Nickel (CrNi) stainless steel. 40 arches of 0.014" (0,35 mm), 0.016" (0.40 mm), 0.018 "(0.45 mm) and 0.020" (0.50 mm) were used. The arches were divided 2 groups: with and without heat treatment and then measured in anterior and posterior regions using AutoCad 2000 software before and after tension and compression tests, using universal testing machine EMIC. The results were submitted to ANOVA multivariance test for statistical analysis with level of 5% ($p<0.05$). Through the methodology used in this study it can be concluded that the orthodontic arches with heat treatment presented soft transversal changes in the anterior region and larger transversal increases in the posterior region, probably without clinical relevance. The arches with and without heat treatment submited to compression force did not show significant transversal changes in the anterior and posterior regions. The arches 0.020" without heat treatment submited to traction force presented the largest increases in width in the anterior region. Traction force at posterior region led to arch openning with greater intensity in arches without heat treatment. The arches with heat treatment submited to traction force didn’t change the transversal distance in the anterior region. It was found that arches with heat treatment had greater stability, especially when submitted to traction or opening forces.

Keywords: Orthodontic wires. Thermic treatment. Tooth movement.

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 Distribuição dos ensaios mecânicos realizados entre os grupos, regiões e fases de leitura. 63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fio retificado com comprimento de 150mm	50
Figura 2	Diagrama OrtoForm III – 3M/Unitek	50
Figura 3	Diagrama OrtoForm III – 3M/Unitek, com demarcação das extremidades do arco	51
Figura 4	Arco posicionado sobre o diagrama	51
Figura 5	Folha de papel milimetrado A4 com demarcação da linha vertical	52
Figura 6	**A)** Diagrama transparente posicionado sobre a folha de papel de milimetrado e fixado com durex. **B)** Fotocópia do diagrama sobre o papel milimetrado	53
Figura 7	**A)** Arco .020” sobreposto à fotocópia do diagrama. **B)** Delimitação horizontal inferior na fotocópia do diagrama	54
Figura 8	Demarcação da região posterior na fotocópia do diagrama	54
Figura 9	**A)** Demarcação da região anterior na fotocópia do diagrama. **B)** Imagem em maior aumento da demarcação da região anterior.	55
Figura 10	Fotocópia plastificada do diagrama finalizado	56
Figura 11	Arco sobreposto ao diagrama e demarcação dos pontos.	56
Figura 12	Armazenamento dos arcos.	57
Figura 13	Máquina de solda Kernit.	58
Figura 14	Cronômeto Technos digital quartz	59
Figura 15	Multifuncional PSC1510 (Impressora, Scaner e Copiadora)	60
Figura 16	Programa AutoCad 2000 exemplificando a mensuração da região anterior	60
Figura 17	**A)** Máquina de ensaio universal EMIC (modelo DL3000), **B)** Detalhe do registro das cargas, **C)** Detalhe dos dispositivos aplicadores de carga – ensaio de compressão e **D)** Detalhe dos dispositivos aplicadores de carga – ensaio de tração.	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região anterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R)	69
Gráfico 2	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região anterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R)	69
Gráfico 3	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região posterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R)	70
Gráfico 4	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região posterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R)	71
Gráfico 5	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido	72
Gráfico 6	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido	74
Gráfico 7	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido	75
Gráfico 8	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido	77
Gráfico 9	Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido	78

Gráfico 10 Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco .**018”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 80

Gráfico 11 Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco .**020”**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido 81

Gráfico 12 Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais nas **regiões anterior e posterior** dos fios .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R) 67

Tabela 2 Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais nas **regiões anterior e posterior** dos fios .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R) 68

Tabela 3 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido 72

Tabela 4 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 73

Tabela 5 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido 75

Tabela 6 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 76

Tabela 7 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido 78

Tabela 8 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco .**018",** antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 79

Tabela 9 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco .**020",** antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido 81

Tabela 10 Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido 82

SUMÁRIO

1 Introdução 28

2 Revisão de Literatura 32

3 Proposição 46

4 Material e Método 48

4.1 Material 49

4.2 Métodos 49

4.2.1 Preparo dos fios e dos arcos 49

4.2.2 Confecção dos arcos 50

4.2.3 Confecção do diagrama para obtenção das distâncias transversais 52

4.2.4 Demarcação dos arcos 56

4.2.5 Armazenamento dos arcos 57

4.2.6 Tratamento térmico ou Revenido(R) 58

4.2.7 Escaneamento para mensurações 59

4.2.8 Obtenção das Mensurações 60

4.2.9 Ensaio Mecânico de Compressão e Tração 61

4.2.10 Mensurações efetuadas antes dos ensaios mecânicos 62

4.2.11 Mensurações efetuadas após os ensaios mecânicos 63

4.2.12 Abreviatura e descrição dos ensaios mecânicos realizados entre os grupos, regiões e fases de leitura 64

4.2.13 Análise estatística 65

5 Resultados 66

5.1 Efeito do tratamento térmico antes dos ensaios mecânicos de compressão e tração 67

5.1.1 Região Anterior 68

5.1.2 Região Posterior 70

5.2 Efeito do ensaio mecânico de compressão e tração 71

5.2.1 Arco .014” - Compressão 71

5.2.1.1 Região anterior 71

5.2.1.2 Região posterior 72

5.2 .2 Arco .014” - Tração 73

5.2.2.1 Região anterior 73

5.2.2.2 Região posterior 73

5.2.3 Arco .016” - Compressão 74
5.2.3.1 Região anterior 74
5.2.3.2 Região posterior 74
5.2.4 Arco .016” - Tração 75
5.2.4.1 Região anterior 76
5.2.4.2 Região posterior 76
5.2.5 Arco .018” - Compressão 77
5.2.5.1 Região anterior 77
5.2.5.2 Região posterior 78
5.2.6 Arco .018” - Tração 79
5.2.6.1 Região anterior 79
5.2.6.2 Região posterior 79
5.2.7 Arco .020” - Compressão 80
5.2.7.1 Região anterior 80
5.2.7.2 Região posterior 81
5.2.8 Arco .020” - Tração 82
5.2.8.1 Região anterior 82
5.2.8.2 Região posterior 82
6 Discussão 84
6.1 Efeito do tratamento térmico antes do ensaio mecânico 95
6.1.1 Região anterior 95
6.1.2 Região posterior 96
6.2 Efeito dos ensaios mecânicos de compressão e tração nos arcos com e sem tratamento térmico 97
6.2.1 Região anterior 97
6.2.1.1 Sem tratamento térmico (sem revenido) - S 97
6.2.1.2 Com tratamento térmico (com revenido) - R 98
6.2.2 Região Posterior 100
6.2.2.1 Sem tratamento térmico (sem revenido) - S 100
6.2.2.2 Com tratamento térmico (com revenido) - R 101
6.3 Considerações Gerais 102
7 Conclusão 107

Referências 109
Anexos 115

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

A efetividade do movimento ortodôntico envolve a interação adequada de fatores relacionados ao paciente, à mecânica aplicada, aos dentes e às suas estruturas de suporte. Particularmente, é dependente da ação dos fios ortodônticos, conforme suas características estruturais e mecânicas (BURSTONE, 1981; GURGEL, et al, 2001).

Na seqüência tradicional de substituição dos fios de aço inoxidável utilizada na fase de alinhamento e nivelamento, a transição progressiva dos calibres dos fios altera a quantidade de força liberada (GURGEL, et al, 2001).

Quando o fio recebe tensão antes de atingir o seu limite de proporcionalidade, responderá voltando à sua forma original, e, portanto, estará na sua fase elástica. Após o limite elástico, passará para a fase plástica, porque muda sua forma sem retornar à original (FERREIRA, 2001). No entanto, frente a uma deflexão exagerada, o fio não retorna mais à sua forma original, ou seja, ocorre uma deformação permanente. Isso acontece porque a deflexão ultrapassou o limite elástico do fio, também chamado de limite de proporcionalidade (GJERDET; HERO, 1987; KUSY, 1997).

No momento em que um fio é deformado, existem várias tensões internas, isto é, seus átomos são deslocados na grade espacial e as forças interatômicas desequilibram-se. Essa situação de instabilidade decorre do fato de alguns átomos aproximarem-se e outros estarem demasiadamente distantes. Com o tempo, os átomos tendem a retornar à posição de origem por difusão, com conseqüente distorção do fio. Esse processo chama-se liberação de tensões (GJERDET; HERO, 1987).

Para evitar esse fenômeno, faz-se, após a dobradura do fio de aço, o aquecimento a uma temperatura de 450 graus Celsius por 10 minutos, até que o fio torne-se acastanhado. Esse processo é conhecido como “tratamento térmico recuperador” e devolverá à microestrutura do metal o seu aspecto normal. Outra maneira de se realizar esse tratamento é passar seguidamente o fio já dobrado sobre a chama de uma lamparina a álcool, até que fique castanho em toda a sua extensão (FERREIRA, 2001).

Clinicamente, quando o ortodontista manipula os fios de aço empregando dobras, alças ou mesmo estabelecendo uma nova forma ao arco, os fios atingem uma alta tensão interna e necessitam de tratamento térmico (OH; KIM, 2005).

O uso coerente dos fios ortodônticos, acompanhado de um diagnóstico e planejamento adequados, resulta numa correção ortodôntica mais eficiente e realizada em menor período de tempo.

Para o entendimento da influência do tratamento térmico recuperador nas propriedades desses fios, são necessários estudos com mensurações precisas de suas propriedades sob a ação desse tratamento.

Neste sentido, existem muitas informações conflitantes, e, ainda, insuficientes em relação às alterações induzidas pelo procedimento de tratamento térmico recuperador, o que torna controversa a realização desse procedimento no meio ortodôntico. A consideração de todos esses fatores em conjunto com o pouco número de publicações que envolve o assunto, constituíram o objetivo desta pesquisa.

Todos os trabalhos consultados na literatura são referentes a etapas laboratoriais e não investigam a realização desse procedimento na prática

clínica. Muitos ortodontistas realizam esse procedimento em lamparina a álcool, como citado anteriormente, ou mesmo utilizando um aparelho de solda com dispositivo especial para essa finalidade. Ambos os procedimentos parecem não encontrar respaldo criterioso de tempo e temperatura na literatura.

Como são procedimentos de rotina realizados por grande parte dos ortodontistas, é importante que se investigue a ação destas manobras nas propriedades físicas dos fios de aço inoxidável.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

As primeiras contribuições para a área da ortodontia foram feitas pelos franceses e ingleses, em uma época em que essa especialidade ainda não existia formalmente. Juntamente com esses precursores está Fauchard (1723) que inventou o arco de expansão e fez a primeira discussão ampla sobre aparelhos. Tido como pai da odontologia, detalhou o uso de fios de ligadura de ouro ou prata como aparelhos mecânicos. Corrigia problemas de alinhamento dentário por meio de pressão digital e fios de seda (KUSY, 2002).

Pela definição do dicionário Ferreira (2004), entende-se por fio: “Porção de metal, muito flexível, de seção circular, com diâmetro muito reduzido em relação ao comprimento” . De grande importância, destaca-se sua capacidade de transmitir força ao longo de seu comprimento (NIKOLAI, 1997).

Atualmente existem inúmeras ligas de metais que são oferecidas em forma de fios e que são utilizadas na ortodontia. São denominados fios ortodônticos, sendo o principal componente da terapia com aparelhos fixos.

O ortodontista pode determinar o formato do arco de fio de acordo com diagramas pré-determinados para que exerça força sobre braquetes fixados nas coroas dentários e promova movimentação (CAPELOZZA FILHO; CAPELOZZA, 2004).

Uma vez ativados, os fios ortodônticos têm a capacidade de acumular forças mecânicas e então transmití-las aos dentes, por meio do braquete ou da banda, em todos os três planos do espaço para promover, ao longo do tempo, de um deslocamento controlado do elemento dentário ou de um conjunto de dentes. O fio pode também, além de promover movimentação dentária, garantir

ancoragem, ao opor-se a forças que causariam futuros deslocamentos. Desta forma, o fio também tem a função de estabilizar o arco, impedindo movimentos indesejados (NIKOLAI, 1997).

Cabe ao profissional, no momento de selecionar o fio mais conveniente para uma determinada situação, escolher aquele que apresenta maior ou menor deformação, pequena ou grande capacidade de ativação, menor ou maior rigidez, menos ou mais resistência.

Por serem leves e contínuas, as forças desempenhadas pelos fios ortodônticos podem reduzir o desconforto do paciente, a hialinização tecidual e a reabsorção subjacente. Quando a força é aplicada, o fio deve comportar-se de forma elástica por um período de semanas a meses. Para conseguir esse objetivo, quatro ligas de fio ortodôntico estão disponíveis hoje no mercado: aço inoxidável, cromo-cobalto, níquel titânio e beta titânio (KUSY, 2002).

Segundo Kohl, em 1964, as propriedades mecânicas e físicas dos materiais usados em ortodontia apresentam grandes mudanças sob condições variáveis de manipulação. Por essa razão, para um correto uso desses materiais na construção de aparelhos ortodônticos, o profissional deve conhecê-los mais detalhadamente e também suas respectivas propriedades. Com relação aos fios, deverá familiarizar-se com suas propriedades mecânicas (KEYS, 1973; TWELFTREE et al., 1977). Com isso, o ortodontista irá proporcionar maior benefício ao tratamento obtendo melhores resultados (KAPILA; SACHDEVA, 1989).

Segundo alguns autores (BRANTLEY, 1976; KOHL, 1964; PHILLIPS, 1984), para se conhecer um fio ortodôntico, são três as características

importantes a serem consideradas: rigidez, resistência e seu limite de trabalho, ou seja, flexibilidade máxima.

A rigidez é definida pela quantidade de força acumulada para cada milímetro de ativação do fio. Essa característica não é interessante para as fases iniciais do tratamento ortodôntico. Por esta razão, a redução dos calibres dos fios torna-se fundamental para diminuir sua rigidez. Por isso, o tratamento convencional com fios de aço inclui uma seqüencia de fios progressivamente mais calibrosa, para que, quando os dentes apresentarem-se muito desalinhados e/ou desnivelados, o fio possa ser defletido mais, com baixa liberação de força e sem sofrer uma deformação permanente (GURGEL et al., 2001).

A resistência está relacionada à máxima tensão que o fio pode suportar antes de romper-se (ANUSAVICE, 2005). Segundo Wilkinson em 1962, no processo de trefilação, ao ser reduzido o diâmetro do fio, a resistência à tração aumenta. Também concluiu que altas temperaturas no processo de soldagem reduziam a resistência à tração, dureza e limite de proporcionalidade nos fios, sendo que, dentre essas propriedades, o limite de proporcionalidade foi o mais afetado.

A flexibilidade é a propriedade apresentada por determinados corpos de serem passíveis a grandes deformações elásticas quando estão sob a ação de tensões de pequena magnitude, dependendo muito da forma da estrutura do material. Flexibilidade máxima é a deformação elástica apresentada por uma estrutura quando sofre tensões correspondentes ao seu limite de proporcionalidade (YS). É calculada através da equação: Flexibilidade máxima = YS/E. Assim, a flexibilidade máxima é inversamente proporcional ao módulo

de elasticidade (E). Quanto menor for o módulo de elasticidade ou dureza, maior será a flexibilidade do fio (HAZEL; WEST, 1986; PHILLIPS, 1984; VIEIRA, 1965).

Num gráfico tensão / deformação, ao ser atingida uma tensão em que a deformação do material já não é proporcional à tensão, chega-se a um ponto chamado limite de proporcionalidade, já mencionado anteriormente. Havendo remoção da carga, o metal fica com uma deformação permanente (GURGEL et al., 2001).

Sob tensões abaixo do limite de proporcionalidade, os átomos da grade espacial cristalina são deslocados elasticamente (pequena intensidade) de modo que, quando a tensão é aliviada, eles podem retornar às suas posições originais. Entretanto, uma vez que o limite de proporcionalidade tenha sido ultrapassado, ambas as deformações elástica e plástica ocorreram, e a estrutura não retorna às dimensões originais quando a carga é removida. Apenas a deformação elástica pode ser recuperada (ANUSAVICE, 2005).

Em 1973, Keys chamou a atenção para a necessidade do conhecimento das propriedades físicas dos fios que irão determinar a quantidade necessária de forças para o movimento dentário. Até então, os ortodontistas julgavam essas propriedades mediante experiências próprias na prática e foi, basicamente, por tentativas e erros, que o profissional aprendeu a aplicar as forças para obter o efeito desejado.

A maioria dos fios é feita de materiais de ligas metálicas. A produção do fio requer, basicamente e inicialmente, a redução acompanhada de alongamento de um lingote de liga através de uma série de processos de fabricação. Tais procedimentos produzem aumento da tensão do material e,

conseqüentemente, tratamentos térmicos laboratoriais são incluídos nos processos de fabricação para liberar o estresse residual, a energia de tensão acumulada e também para restaurar a ductilidade (capacidade de o metal reduzir-se a fios) e a dureza (NIKOLAI, 1997).

As propriedades mecânicas dos fios ortodônticos podem ser avaliadas por diferentes tipos de ensaio. Muitos autores utilizam mais comumente o ensaio de tração, destacando a facilidade de execução do mesmo e interpretação dos resultados (SOUZA, 1989; TWELFTREE et al., 1977).

O ensaio de tração é realizado da seguinte forma: o corpo-de-prova é fixado em uma máquina de ensaios mecânicos que aplica forças crescentes na direção do seu longo eixo, sendo medidas as deformações ocorrentes gradualmente (SOUZA, 1982).

Quando os fios ortodônticos são utilizados, suas propriedades elásticas indicam qual a situação clínica que requer o uso de cada um deles, estágios iniciais, intermediários ou finais do tratamento. De fato, nenhum fio é melhor para todos os estágios e nenhum fio ortodôntico é ideal. No entanto, várias propriedades e características deveriam ser consideradas na busca de um fio ideal. Entre elas estão estética, biocompatibilidade, fricção, formabilidade, soldabilidade, resiliência e memória de forma (KUSY, 1997).

Define-se por formabilidade a capacidade de a liga deformar-se no regime elástico sem sofrer fratura. Soldabilidade é a capacidade de uma liga receber soldas. Resiliência é a quantidade de energia ou seja, tensão absorvida por uma liga até seu limite de proporcionalidade (limite elástico). Em um gráfico tensão x deformação pode-se calcular esta energia. A memória de forma é a capacidade do fio retornar a sua forma e a sua estrutura molecular

cristalina original. Quando isso ocorre, o fio dispersa a energia (carga) acumulada (GURGEL et al., 2001).

O aço é uma liga de natureza relativamente complexa, composta de ferro-carbono, contendo geralmente menos de 1.7% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes dos processos de fabricação (SOUZA, 1989; VIEIRA, 1967). Quando o conteúdo de cromo excede 11%, a liga é comumente definida como aço inoxidável. Elementos outros, além de ferro, carbono, cromo e níquel podem também estar presentes, resultando em uma ampla variação de composições e propriedades dos aços inoxidáveis (PHILLIPS, 1984). Conforme os teores de cromo, níquel e carbono, os aços inoxidáveis podem ser classificados em três tipos: martensíticos, ferríticos e austeníticos. Os dois primeiros são essencialmente ligas de ferro e cromo, porém o último compreende as ligas de ferro-níquel-cromo (SOUZA, 1989).

Os aços inoxidáveis austeníticos são numerados na série 300, segundo especificação do “Americam Iron and Steel Institute” (AISI), sendo que os tipos 302 e 304 são designados como aços inoxidáveis (18-8), em que o teor médio de cromo é de 18% e o de níquel é de 8%, sendo estes os tipos mais comumente empregados na Ortodontia (PHILLIPS, 1984; REISBICK, 1981). O cromo proporciona resistência à corrosão devido ao seu efeito passivador que forma uma película protetora. O níquel estabiliza a estrutura austenítica na temperatura ambiente (ANUSAVICE, 2005; KOHL, 1964; REISBICK, 1981; THUROW, 1982). Os tipos 302 e 304 apresentam composições semelhantes, sendo que a diferença principal é o conteúdo de carbono. O 302 pode apresentar até 0,15% de carbono, sendo que o 304 é limitado em 0.08%. O aço inoxidável ferrítico é o que possui menor aplicação na odontologia, enquanto

que, devido a sua alta resistência e dureza, os aços inoxidáveis martensíticos são utilizados em instrumentos cirúrgicos e cortantes. Já o aço inoxidável austenítico 18-8 é o mais empregado em ortodontia, principalmente pela maior ductilidade, maior facilidade de solda e por ter formabilidade, ou seja, por ser mais fácil de modelar (PHILLIPS, 1984).

O fim dos anos 20 trouxe o fio austenítico de aço inoxidável. Esse fio, com cromo e níquel em sua constituição, foi tido como superior a seus predecessores de metais preciosos devido às suas forças maiores, maior módulo de elasticidade, ductilidade e resistências de corrosão no ambiente bucal. No começo dos anos 30, tiras de aço inoxidável eram produzidas e fluxos de fluoreto foram introduzidos, permitindo a soldagem com sucesso, e as ligas de ouro, prata e platina começaram a desaparecer como materiais ortodônticos (NIKOLAI, 1997).

Segundo a revisão de Kusy em 2002, o fio de aço foi desenvolvido por volta de 1900-1910, por Dumas, Guillet e Portevin, na França. Entretanto, suas qualidades “inoxidáveis” foram relatadas pela primeira vez na Alemanha por Monnartz, na mesma época. O fio de aço inoxidável existiu sem obter qualquer sucesso. Durante a primeira guerra, entre 1914 e 1918, os alemães Strauss e Maurer desenvolveram o aço inoxidável austenítico, contendo 20% de cromo, 7% de níquel e 0,25% de carbono. Enquanto isso, os britânicos desenvolveram o aço inoxidável martensítico e os americanos, o aço inoxidável ferrítico. Ironicamente, os americanos acabaram recebendo o crédito pela descoberta.

A princípio, por dificuldades na junção de peças, houve um aparente atraso em seu emprego, porém, com o surgimento da técnica de caldeamento e com o desenvolvimento do fundente de fluoreto permitindo ser soldado com

solda de prata, houve o total reconhecimento desta liga como excelente no emprego ortodôntico (WILLIAMS et al., 1975).

Avanços na fabricação do fio levaram à elaboração de fios ortodônticos que possuiam secções transversais controladas, assim como dureza e resiliência. A pesquisa aplicada nos fios de aço inoxidável levou a avanços nos procedimentos de soldagem, melhorou o controle de torque e aumentou o conhecimento das propriedades estruturais dos fios antes de serem lançados no mercado (NIKOLAI, 1997).

Wilkinson, em 1960, citou que, com os avanços na metalurgia e a introdução do aço inoxidável austenítico na ortodontia, as vantagens apresentadas pelo material, em comparação aos metais preciosos foram alto módulo de elasticidade, grande resistência à corrosão e à tração. Foi também comparado o limite de resistência à tração com dureza expressa na escala de Vickers, em altas temperaturas, concluindo que existe correlação entre dureza e resistência à tração, em uma determinada faixa de temperaturas e período de tempo.

Nos anos 60, o ouro foi universalmente abandonado devido à preferência pelo aço inoxidável. Um dos motivos foi que a força por unidade de ativação do aço inoxidável era maior que a do ouro. Os aparelhos de aço inoxidável também eram mais estéticos que os aparelhos de ouro, tinham resistência à corrosão excelente, mesmo que inferior à do ouro, e ainda dureza e uma magnitude friccional tão baixa, que se tornou padrão na Ortodontia (KUSY, 2002).

Em 1982, Thurow descreveu a maneira como os fios ortodônticos de aço inoxidável são conseguidos a partir de fontes comerciais deste aço. A

“American Iron Steel Institute” (AISI) possui uma fórmula padrão segundo a qual se baseiam na produção para uso ortodôntico. Entretanto, as quantidades de aço utilizadas em ortodontia são tão pequenas que a especialidade ortodôntica pouco contribui para o lucro desses fabricantes. Sendo esse pequeno cliente também um dos mais exigentes, afirma o autor, deve-se um voto de louvor aos fabricantes e fornecedores que muito têm feito para um tão pequeno volume de produção, fornecendo hoje excelentes fios, os quais temos o privilégio de usar.

Com o objetivo de manter as dimensões transversais dos arcos dentários, o fio de aço inoxidável continua a ser empregado. Sua alta rigidez e seu menor atrito na superfície de encontro do braquete com o fio, em comparação com outras ligas, torna o fio de aço indicado para o fechamento de espaços por deslizamento (GURGEL et al., 2001).

Kohl, em 1964, alertou os ortodontistas sobre a necessidade de melhores conhecimentos das propriedades mecânicas e da estrutura do material usado, resultando assim num substancial ganho de tempo e uso correto deles, aumentando a qualidade do atendimento ao público. Definiu as mais importantes propriedades mecânicas dos fios usados em ortodontia, como sendo: módulo de elasticidade, limite de proporcionalidade, módulo de resiliência e limite de resistência à tração. Também referiu-se ao aço inoxidável austenítico como tendo alto módulo de elasticidade, alto limite de proporcionalidade e alto limite de resistência à tração.

Ingerslev, em 1966, ao discutir as propriedades estruturais do fio de aço inoxidável, ressaltou algumas características importantes. Ao serem trabalhados, os átomos presentes no arranjo estrutural interno desse material

desorganizam-se, e por conta dessa desorganização, formam-se irregularidades que dificultam seu deslizamento por seus planos principais. Isso faz com que o aço saia de seu estado de equilíbrio interno, gerando o que chamamos de “estresse interno do material”. Nessa circunstância, a tendência é a de que os átomos rearranjem-se, migrando para um espaço de entrelaçamento, onde não estejam presentes estresses internos. Dessa forma, o fio tende a recuperar o formato original, o qual possuía antes de ser trabalhado. O autor ressaltou o fato de que os estresses latentes produzidos pelo trabalho com esse material, em particular quando dobras são introduzidas, podem ser aliviados pelo aquecimento do mesmo. Discorreu também sobre o fato de que, como ocorre em outros metais, o aço inoxidável também exibe a propriedade de difusão atômica. À temperatura ambiente, a migração de átomos proporcionada por essa propriedade é desprezível, mas ao aumentar-se a temperatura, a taxa de difusão aumenta devido ao aumento de energia interna.

Para isso, o procedimento conhecido como tratamento térmico é freqüentemente realizado com o propósito de alívio do estresse, sendo sugerido como uma forma de aumentar as propriedades elásticas do fio de aço inoxidável. Muitas propriedades mecânicas parecem melhorar devido ao alívio do estresse, como o aumento no módulo de resiliência, aumento da ductilidade entre outros (MARCOTTE, 1973).

O tratamento térmico foi introduzido na Fundação Charles H. Tweed para pesquisa ortodôntica, em 1949, pelo Dr. Emery Fraser. Algumas controvérsias sobre a importância desse tratamento sugeriram uma série de pesquisas sobre o tema. As propriedades mecânicas do aço inoxidável

trabalhado a frio já haviam sido estudadas, mas pouco se sabia a respeito desse novo modelo de procedimento (BACKOFEN; GALES, 1951).

Funk, em 1951, relatou quais eram os questionamentos feitos na época em relação a essa controvérsia e que tentavam ser respondidos pela comunidade científica: Poderia o desempenho do aço ser melhorado pelo tratamento térmico? Qual seria a melhor relação entre o tempo e a temperatura para o tratamento térmico dos arcos de aço? Essa melhor relação poderia ser obtida no consultório? Diferentes produtos manufaturados agiriam similarmente após serem tratados termicamente? Por exemplo, um fio macio e flexível seria mais resiliente do que um mais duro após ambos serem tratados termicamente? Perderiam-se as propriedades inoxidáveis do aço durante o processo? A temperatura nos quais os fios são tratados seria viável para criar-se um equipamento barato que pudesse ser utilizado no consultório? Quanto a relação tempo-temperatura varia nos arcos tratados de diferentes diâmetros? Poderiam os fios serem tratados termicamente antes de dobrar-se o arco de fio?

Em seu trabalho, Funk, em 1951, comparou o tratamento térmico com o procedimento de soldagem. Quando temperaturas excessivamente altas são aplicadas, o fio perde suas propriedades. Com temperaturas baixas demais, nada acontece. Indicou o índice de cor como o mais prático de avaliação da temperatura ideal para o tratamento térmico na rotina da clínica odontológica. Como ocorre em soldagem, uma coloração acastanhada é obtida quando o fio é submetido a uma temperatura ideal. Sob temperaturas excessivamente altas, o fio assume uma coloração marrom escuro, da mesma forma como ocorre durante a soldagem. Relatou ainda que o tratamento térmico foi muito benéfico

para os fios de aço inoxidável. Concluiu que fios dobrados em curva, após o tratamento, mantêm suas formas por um período maior de tempo, e isso, clinicamente, indica movimentação dentária satisfatória. Os fios que possuem alças para abertura ou fechamento de espaços passam a agir de forma mais forte. As propriedades inoxidáveis não se perdem durante o tratamento térmico e o polimento pode restaurar a coloração original. Destacou ainda que fios de um diâmetro menor absorvem calor mais rapidamente do que fios maiores, mas a discrepância não é suficiente para ter-se uma relação de tempo para os vários diâmetros de fio.

Backofen e Gales, em 1951 experimentaram o tratamento térmico sob baixas temperaturas em fios de aço inoxidável e analisaram suas propriedades em ensaios de tração. O emprego de temperaturas entre 400 e 440ºC em um período de 10 minutos, resultou em aumento da resistência elástica do fio.

Kemler, em 1956 concluiu, em um experimento relacionado à expansão do aço inoxidável, que o tratamento térmico resultou em um aumento no limite do módulo de elasticidade. Segundo o autor, a temperatura ideal usada para o tratamento térmico em aço inoxidável seria entre 370 e 427ºC por um período de 5 a 15 minutos.

No que diz respeito à relação ideal entre temperatura e tempo, Ingerslev, em 1966, relatou que temperaturas excessivamente altas possuíam desvantagens, como diminuição da resistência à corrosão e prejuízo nas propriedades mecânicas. Na temperatura de 800ºC, carbonetos de cromo eram precipitados. Concluiu também que, para a obtenção do máximo efeito, o tratamento térmico do fio ortodôntico de aço inoxidável (18-8) deveria ser feito entre as temperaturas de 350 e 375ºC por um período de 20 a 25 minutos.

Porém, nos quatro primeiros minutos, 70% dos efeitos totais desse tratamento térmico são obtidos e, portanto, o período de tempo poderia ser consideravelmente reduzido.

Gjerdet e Hero, em 1987, aconselharam que, ao realizar-se o tratamento térmico de fios ortodônticos, deve-se manter a temperatura o mais baixa possível e o procedimento de aquecimento deve ser bem controlado para minimizar a corrosão dos fios.

Elias et al., em 1993, ao estudarem a influência do tratamento térmico sobre o limite de proporcionalidade dos fios de aço inoxidável, evidenciaram aumento do mesmo nos fios submetidos ao tratamento térmico, indicando como temperatura ideal 623ºK (896ºC), por 30 minutos no máximo.

Com relação ao futuro dos fios ortodônticos, vale ressaltar a importância de pesquisas que possam estar relacionadas diretamente com práticas adotadas no cotidiano clínico ortodôntico. A realização do tratamento térmico (revenido) no consultório por meio de máquina de solda, como a Kernit fabricada pela Kernit Indústria Mecatrônica Ltda, Indaiatuba, SP, Brasil, efetuado principalmente em fios de aço inoxidável de indústria brasileira, é um procedimento amplamente utilizado, mas que até então não possui alicerce experimental suficiente, razão que justifica a relevância da execução da presente pesquisa.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar o efeito do tratamento térmico (revenido) mediante o uso de uma máquina elétrica, sobre as dimensões transversais das regiões anterior e posterior de arcos de liga metálica de aço inoxidável de calibres 0.014”, 0.016”, 0.018” e 0.020”.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a realização desta pesquisa foram utilizados 160 arcos de fio de aço inoxidável redondo e duro e também elástico de Cromo Níquel (CrNi), da marca Morelli (Sorocaba, SP, Brasil), Reg. MS/ANVISA 10396830018, com comprimento de fio de 150mm provenientes de rolos de 50g. Os fios apresentavam espessuras de 0.014”(0,35mm), 0.016”(0,40mm), 0.018”(0,45mm), 0.020”(0,50mm).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Preparo dos fios e dos arcos

Os segmentos de fios de 150mm foram obtidos por meio de uma régua milimetrada Trident/Desetec - modelo TR-15 – Trident indústria e precisão ltda (Itapuí, SP, Brasil) sendo 120mm correspondente ao comprimento do arco. O comprimento foi determinado considerando que a maioria dos arcos dentários, segundo van der Linden (1986), apresenta um perímetro de arco próximo de 120mm.

A partir dos segmentos de fios, foram confeccionados 40 arcos de cada espessura e divididos em dois grupos, de 20 arcos cada, sendo um grupo sem tratamento térmico, ou sem revenido(S), e outro grupo com tratamento térmico, ou com revenido(R).

Para totalizar os 150mm, os arcos foram cortados com um acréscimo de 30mm (15mm em cada extremidade), tornando possível sua apreensão tanto no dispositivo mecânico da máquina de solda, para a realização do

tratamento térmico, quanto no dispositivo mecânico da máquina de ensaio, para o experimento (Figura 1).

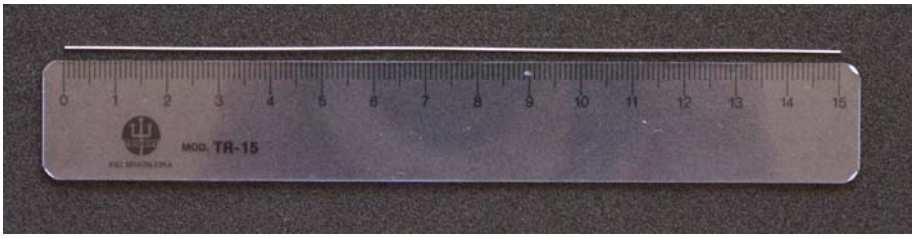

FIGURA 1 - Fio retificado com comprimento de 150mm

4.2.2 Confecção dos arcos

Os arcos foram confeccionados por um mesmo profissional ortodontista, tendo-se como referência o diagrama Ortho Form III, 3M/Unitek (St. Paul, Minnesota, EUA), previamente estabelecido como sendo um diagrama de tamanho médio da arcada dentária superior (Figura 2).

FIGURA 2 - Diagrama OrtoForm III – 3M/Unitek

Neste diagrama, que já apresenta uma demarcação da linha mediana, foram também demarcados, com caneta marcador permanente CD, marca Pilot, cor vermelha, espessura da ponta 0,5 mm (São Paulo, SP, Brasil), dois

pontos para delimitar as extremidades ou o limite do arco durante o seu contorneamento, padronizando sua confecção (Figura 3).

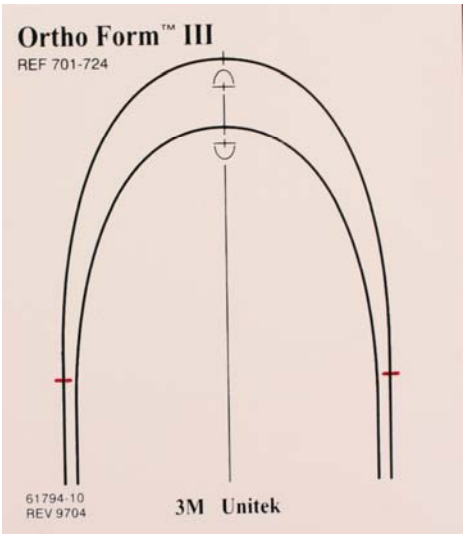

FIGURA 3 - Diagrama OrtoForm III – 3M/Unitek, com demarcação das extremidades do arco

Em seguida, todos os arcos foram demarcados na sua região mediana, utilizando-se caneta vermelha, com a finalidade de posicioná-los sempre no mesmo local sobre o diagrama durante o seu contorneamento (Figura 4).

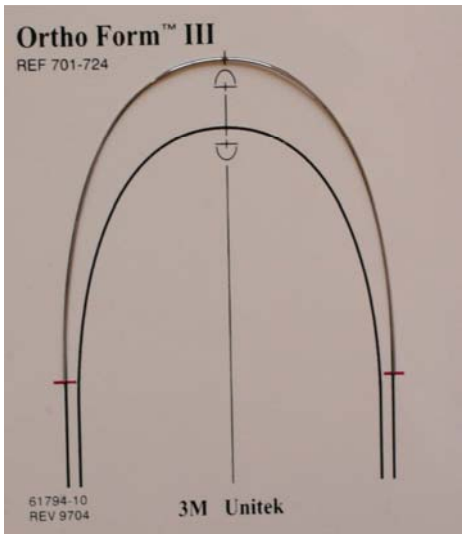

FIGURA 4 - Arco posicionado sobre o diagrama

4.2.3 Confecção do diagrama para obtenção das distâncias transversais

Para efetuar a análise das alterações transversais utilizadas neste estudo, realizaram-se, como referência, demarcações transversais nas regiões anterior e posterior dos arcos. Para tal, foi confeccionado um novo diagrama com o auxílio de uma folha de papel milimetrado formato A4. Inicialmente, traçou-se uma linha de 140mm sobre a linha vertical central desta folha de papel milimetrado, que representaria a linha mediana do diagrama (Figura 5).

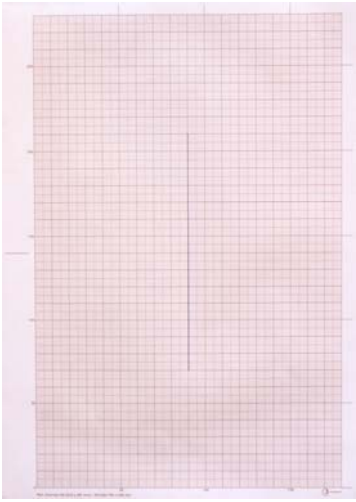

FIGURA 5 - Folha de papel milimetrado A4 com demarcação da linha vertical

Posteriormente, foi colado, com fita durex, sobre a folha de papel milimetrado, um diagrama transparente Ortho Form III, idêntico àquele utilizado para contornar os arcos de tal forma que a linha vertical anteriormente traçada na folha de papel milimetrado coincidisse com a linha mediana do diagrama transparente originalmente demarcada. A seguir, foi obtida uma fotocópia da folha de papel milimetrado com o diagrama fixado, conforme descrito anteriormente (Figura 6A e B).

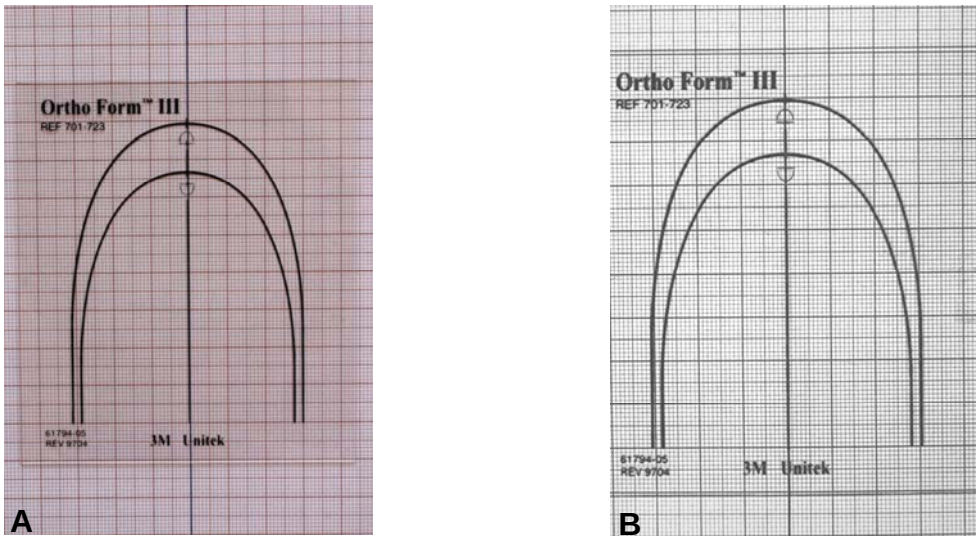

FIGURA 6 - A) Diagrama transparente posicionado sobre a folha de papel de milimetrado e fixado com durex. **B)** Fotocópia do diagrama sobre o papel milimetrado

Sobre o diagrama duplicado, foi sobreposto neste momento um dos arcos já contornados com comprimento total de 150mm, escolhido aleatoriamente como sendo o de 0.020”(0,50mm). Fez-se coincidir o ponto médio deste arco com a linha vertical mediana já traçada anteriormente. Tomando como referência as duas extremidades do arco, traçou-se a seguir uma linha horizontal (A) de 90mm, perpendicular à mesma linha vertical mediana, com a finalidade de delimitar inferiormente o posicionamento do arco neste novo diagrama duplicado (Figura 7A e B).

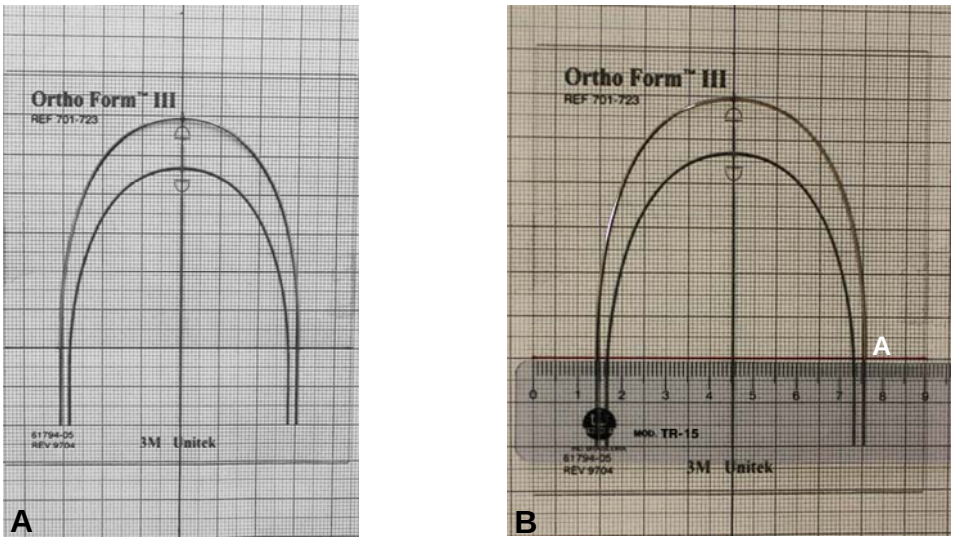

FIGURA 7 - A) Arco .020” sobreposto à fotocópia do diagrama. **B)** Delimitação horizontal inferior na fotocópia do diagrama. (A)

Em seguida, traçou-se uma nova linha horizontal (B) de 80mm, paralela à anterior e acima dela 20mm, com o objetivo de criar uma referência para demarcação de dois pontos bilaterais na região posterior dos arcos. Portanto, na intersecção desta linha com a linha correspondente ao arco superior do diagrama, foram demarcados dois pontos bilaterais e eqüidistantes 30mm da linha vertical mediana (Figura 8). Estes pontos serviram de referência para a análise da distância transversal na região posterior do arco.

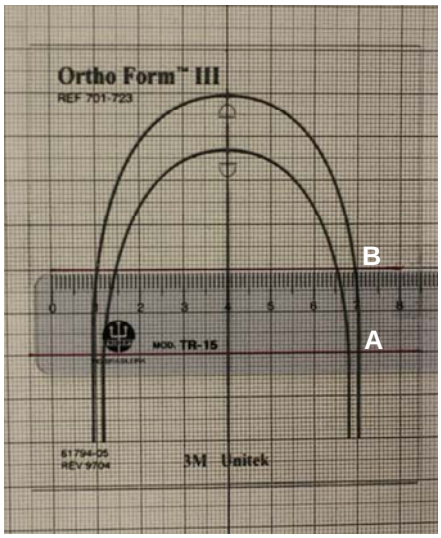

FIGURA 8 - Demarcação da região posterior na fotocópia do diagrama (B)

A distância transversal a ser demarcada na região anterior dos arcos correspondeu à distância intercaninos média de 35mm para a idade de aproximadamente 14 anos no gênero masculino, segundo van der Linden (1986). Para o seu estabelecimento, foram demarcados dois pontos bilaterais na região anterior do diagrama, na fotocópia da folha milimetrada, distantes 35mm. Unindo estes pontos, traçou-se então uma terceira linha (C), paralela às linhas horizontais e perpendicular à linha média vertical, previamente traçadas. Os dois pontos situavam-se eqüidistantes 17.5mm da linha vertical mediana (Figura 9A e B).

Desta forma, concluiu-se a confecção do diagrama padrão para demarcação dos quatro pontos correspondentes às distâncias transversais nas regiões anteriores e posteriores nos 160 arcos.

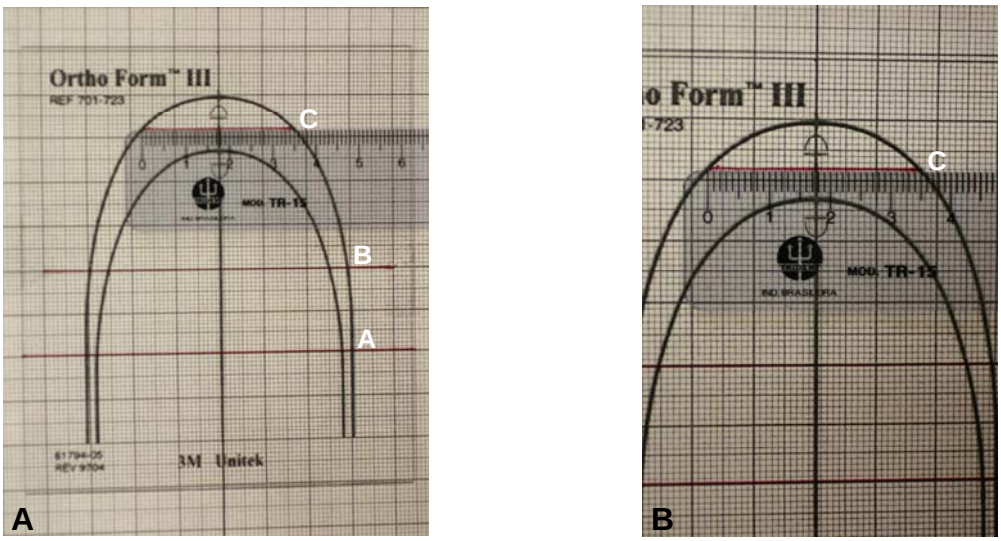

FIGURA 9 - A) Demarcação da região anterior na fotocópia do diagrama (C). **B)** Imagem em maior aumento da demarcação da região anterior. (C)

Objetivando a preservação do diagrama de referência para demarcação dos pontos, realizou-se sua plastificação (Figura 10).

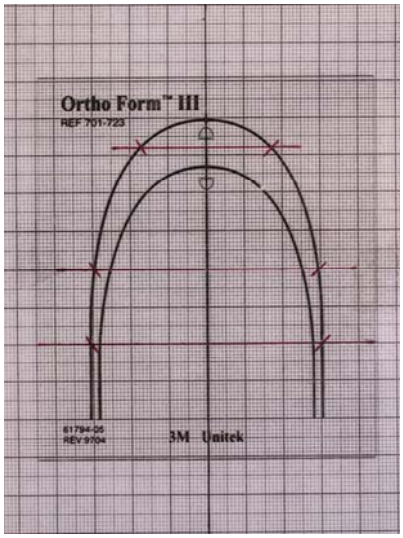

FIGURA 10 - Fotocópia plastificada do diagrama finalizado.

4.2.4 Demarcação dos arcos

De posse de todos os arcos confeccionados, procedeu-se à sobreposição exata de cada arco sobre o diagrama para demarcação bilateral dos pontos correspondentes às regiões anterior e posterior, efetuada com caneta marcador permanente CD, marca Pilot, cor vermelha, espessura da ponta 0,5 mm (São Paulo, SP, Brasil). Estabeleceram-se assim, as distâncias transversais de referência anterior e posterior, para subseqüente mensuração (Figura 11).

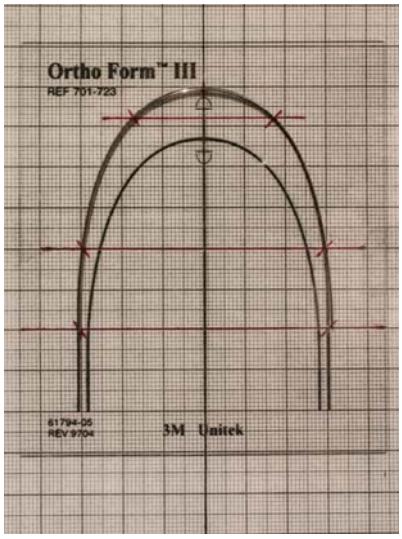

FIGURA 11 - Arco sobreposto ao diagrama e demarcação dos pontos.

4.2.5 Armazenamento dos arcos

Os 160 arcos foram acondicionados individualmente em caixas porta CD, de quatro cores diferentes devidamente identificadas: branco para armazenagem dos arcos 0.014”, amarelo-claro para os arcos 0.016”, laranja para os arcos 0.018” e verde-escuro para os arcos 0.020” (Figura 12A,B,C).

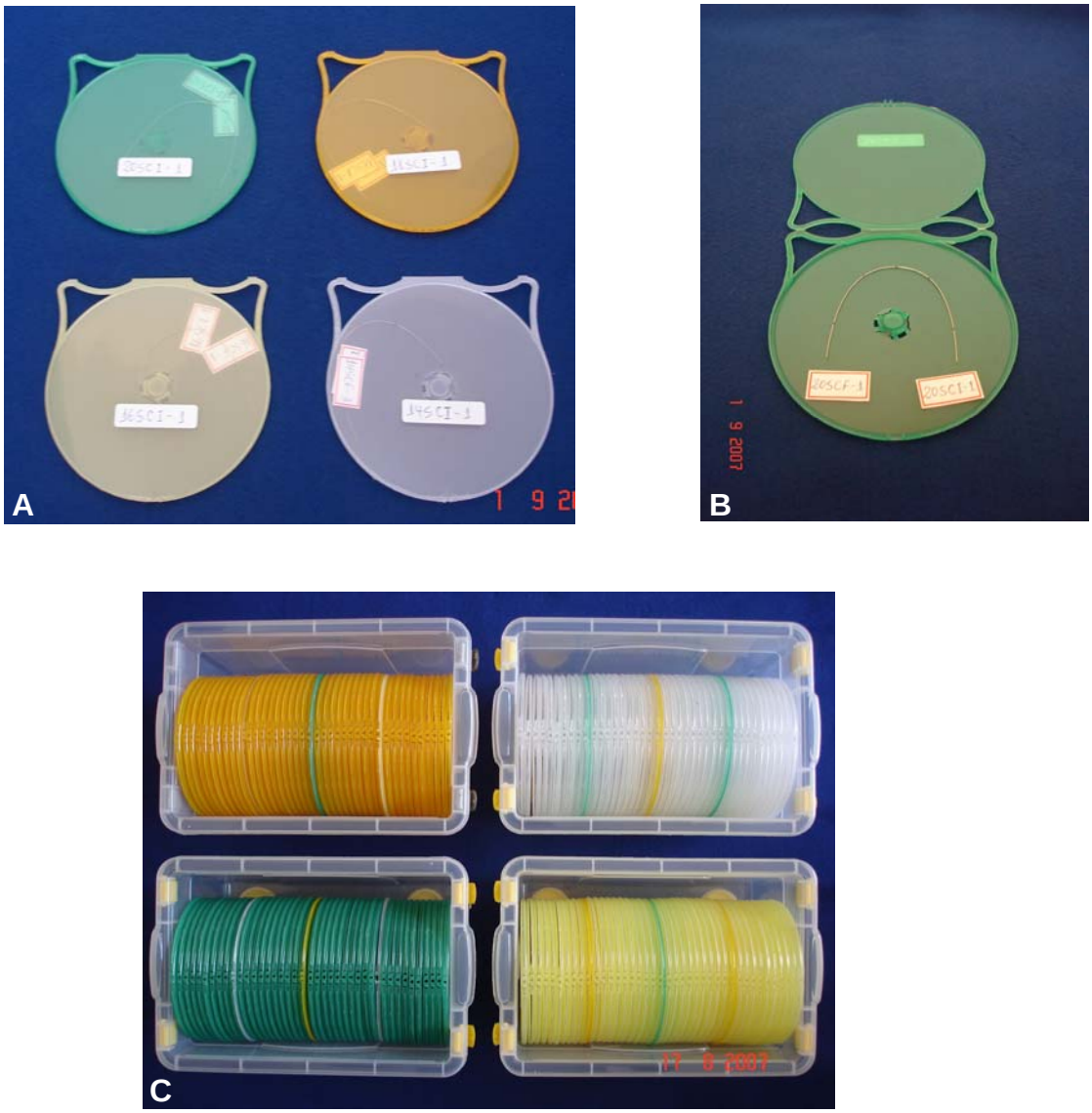

FIGURA 12 - A, B, C: Armazenamento individual dos arcos.

4.2.6 Tratamento térmico ou Revenido(R)

Realizou-se o tratamento térmico (revenido) em 20 arcos para cada espessura de fio. Esse procedimento foi efetuado por meio de uma máquina de solda da marca Kernit super micro ponto, fabricada pela Kernit Indústria Mecatrônica Ltda, na cidade de Indaiatuba, SP, Brasil, modelo SMP 3000, tensão BIVOLT, potência 500W, corrente 4,0 / 2,0A, freqüência 50 / 60Hz, ano de fabricação 1996, número de série 69.013.596 (Figura 13).

A potência e o tempo da corrente elétrica para este tratamento térmico foram determinados em testes com 5 fios de cada calibre, idênticos aos arcos do experimento, até se obter uma cor acastanhada uniforme dos mesmos ao exame visual. Ficou determinado desta forma que a potência seria de 03, numa graduação de 0 a 10 e o tempo de 8 segundos, para todos os arcos tratados termicamente.

FIGURA 13 - Máquina de solda Kernit.

Os arcos foram presos, individualmente, pelo operador no dispositivo próprio da máquina Kernit para o tratamento térmico, sempre na mesma

posição. Para efetuar a cronometragem do tempo, um outro operador indicava o início e o fim do tratamento térmico de cada arco, utilizando para isto um cronômetro da marca Technos digital quartz (Manaus, AM, Brasil) (Figura 14).

FIGURA 14 - Cronômeto Technos digital quartz

4.2.7 Escaneamento para mensurações

Antes de qualquer procedimento mecânico de ensaio, todos os 160 arcos foram escaneados em uma copiadora multifuncional modelo HP PSC 1510 All-in-One (Barueri, SP, Brasil). Foram escaneados 10 arcos de cada vez, todos devidamente identificados de 1 a 10, juntamente com uma régua de 15mm, para a realização da conversão em milímetros das medidas no programa AutoCad (Figura 15).

FIGURA 15 - Multifuncional PSC1510 (Impressora, Scanner e Copiadora).

4.2.8 Obtenção das Mensurações

Os arcos foram medidos por meio do software AutoCad 2000 (Autodesk, Inc. San Rafael, Califórnia, EUA) na região anterior e na região posterior (Figura 16) e os dados foram anotados em planilha confeccionada no programa Excel/ Microsoft Office – Microsoft Brasil (São Paulo, SP, Brasil).

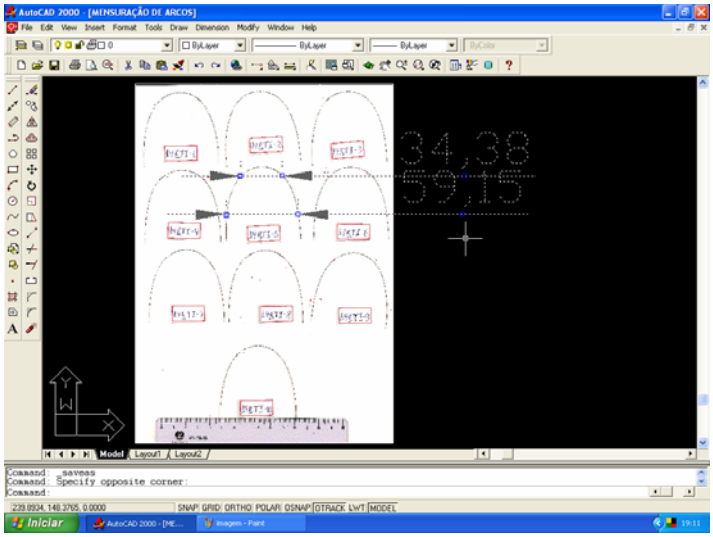

FIGURA 16 - Programa AutoCad 2000 exemplificando a mensuração da região anterior e posterior.

4.2.9 Ensaio Mecânico de Compressão e Tração

Os arcos utilizados nesta pesquisa foram submetidos ao ensaio de compressão e tração em máquina de ensaio universal EMIC modelo DL3000 (São José dos Pinhais, PR, Brasil), com célula de carga que equivale aproximadamente a 200N, com velocidade de 2cm por minuto, pertencente ao Departamento de Materiais Dentários da FOA/Unesp – Araçatuba (Figura 17).

Dois operadores manipulavam o dispositivo de apreensão para abrir simultaneamente as duas garras e introduzir de forma passiva cada um dos arcos nestas garras, evitando assim, ao máximo, a influência de deformações advindas dos operadores.

Para avaliar as alterações transversais nas regiões anterior e posterior, empregou-se um ensaio mecânico de compressão ou fechamento e um ensaio mecânico de tração ou abertura dos arcos de fio. Os procedimentos de compressão e de tração foram padronizados em 40mm devido às limitações da máquina de ensaio durante a compressão, porque uma extensão maior desta compressão poderia danificar a célula de carga. O ciclo inicia e interrompe com 40mm.

Para efeito de padronização dos ensaios, o nível de tração foi determinado também em 40mm.

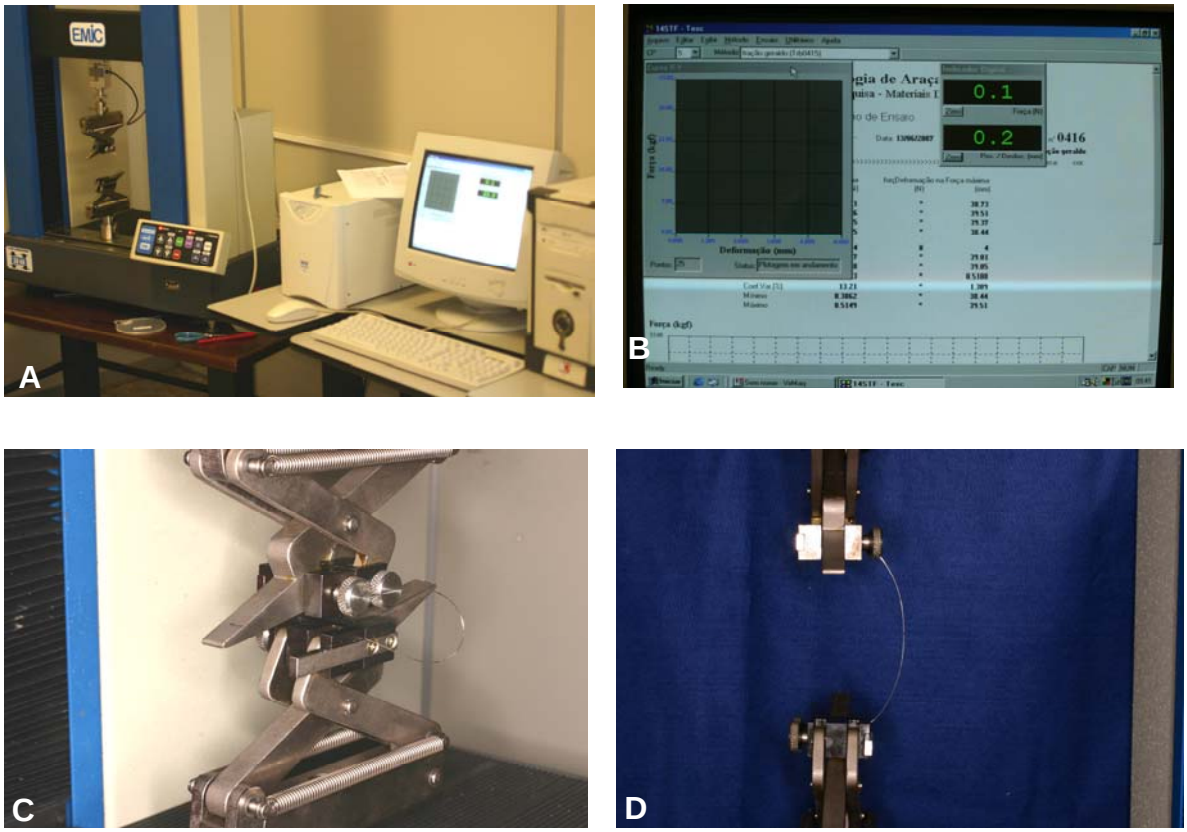

FIGURA 17 - A) Máquina de ensaio universal EMIC (modelo DL3000), **B)** Detalhe do registro das cargas, **C)** Detalhe dos dispositivos aplicadores de carga – ensaio de compressão e **D)** Detalhe dos dispositivos aplicadores de carga – ensaio de tração.

4.2.10 Mensurações efetuadas antes dos ensaios mecânicos

Com o propósito de avaliar as possíveis modificações transversais decorrentes apenas do tratamento térmico, antes dos ensaios mecânicos foram realizadas também as mensurações transversais nas regiões anteriores e posteriores, antes e após o tratamento térmico (revenido) dos arcos .014”, .016”, .018” e .020”, programados para os ensaios de compressão e tração.

Portanto, as comparações nesta fase do experimento foram estabelecidas para os arcos sem revenido (S) e com revenido (R), antes dos ensaios mecânicos, da seguinte forma:

- .014” S x .014” R
- .016” S x .016” R
- .018” S x .018” R
- .020” S x .020” R

4.2.11 Mensurações efetuadas após os ensaios mecânicos

Após o experimento, todos os arcos foram novamente escaneados e mensurados por meio do software AutoCad 2000. Desta forma, obtiveram-se os resultados finais de compressão e tração.

O quadro 1 demonstra o planejamento e a distribuição das leituras, antes e após os ensaios mecânicos de compressão e tração realizados nos arcos .014”, .016”, .018”e .020”, sem revenido e com revenido, nas regiões anteriores e posteriores.

Quadro 1 - Distribuição dos ensaios mecânicos realizados entre os grupos, regiões e fases de leitura.

ENSAIOS MECÂNICOS	GRUPOS	REGIÕES	LEITURAS
Compressão(C) Tração(T)	Sem Revenido(S)	Anterior(a)	Inicial(I)
			Final(F)
		Posterior(p)	Inicial(I)
			Final(F)
	Com Revenido(R)	Anterior(a)	Inicial(I)
			Final(F)
		Posterior(p)	Inicial(I)
			Final(F)

4.2.12 Abreviatura e descrição dos ensaios mecânicos realizados entre os grupos, regiões e fases de leitura.

Arcos sem revenido

CSaI e TSaI -compressão/tração, sem revenido, anterior, inicial.

CSaF e TSaF -compressão/tração, sem revenido, anterior, final.

CSpI e TSpI -compressão/tração, sem revenido, posterior, inicial.

CSpF e TSpF -compressão/tração, sem revenido, posterior, final.

Arcos com revenido

CRaI e TRaI -compressão/tração, com revenido, anterior, inicial.

CRaF e TRaF -compressão/tração, com revenido, anterior, final.

CRpI e TRpI -compressão/tração, com revenido, posterior, inicial.

CRpF e TRpF -compressão/tração, com revenido, posterior, final.

Para efeito de comparações e conseqüente obtenção dos resultados e da análise estatística, os arcos de fios .014", .016", .018" e .020" foram comparados da seguinte forma:

1 – Ensaio mecânico de compressão sem e com revenido, na região anterior, fase de leitura inicial e final.

1.1 – CSaI x CSaF

1.2 – CRaI x CRaF

2 – Ensaio mecânico de compressão sem e com revenido, na região posterior, fase de leitura inicial e final.

2.1 – CSpI x CSpF

2.2 – CRpI x CRpF

3 – Ensaio mecânico de tração sem e com revenido, na região anterior, fase de leitura inicial e final.

3.1 – TSaI x TSaF

3.2 – TRaI x TRaF

4 – Ensaio mecânico de tração sem e com revenido, na região posterior, fase de leitura inicial e final.

4.1 – TSpI x TSpF

4.2 – TRpI x TRpF

4.2.13 Análise estatística

Os dados foram então submetidos à análise estatística com teste de multivariância ANOVA (ANOVA – 1 Fator), em que foram consideradas estatisticamente significantes as diferenças menores que 5% ($p < 0,05$).

5 Resultados

5 RESULTADOS

Inicialmente, serão descritos os resultados obtidos apenas do efeito do tratamento térmico nas regiões anterior e posterior dos arcos. Em seguida, serão expostos os resultados decorrentes dos ensaios mecânicos de compressão e tração nos arcos com e sem tratamento térmico (com e sem revenido).

5.1 EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO ANTES DOS ENSAIOS MECÂNICOS DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO

As Tabelas 1 e 2 demonstram os efeitos do tratamento térmico nas dimensões transversais anteriores e posteriores dos arcos .014”, .016”, .018” e .020” antes dos ensaios mecânicos de compressão e tração.

Tabela 1 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais nas **regiões anterior e posterior** dos fios .014”, .016”, .018” e .020”, antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R)

FIOS	REGIÃO ANTERIOR		REGIÃO POSTERIOR	
	SI X (DP)	RI X (DP)	SI X (DP)	RI X (DP)
.014”	34,50 (0,36)[a]	34,80 (0,37)[a]	59,42 (0,48)[a]	61,57 (0,91)[b]
.016”	35,23 (0,44)[a]	35,09 (0,43)[a]	59,77 (0,27)[a]	59,85 (0,39)[a]
.018”	34,98 (0,27)[a]	35,38 (0,20)[b]	59,71 (0,18)[a]	62,07 (1,14)[b]
.020”	34,82 (0,43)[a]	34,94 (0,50)[a]	59,62 (0,22)[a]	62,81 (0,69)[b]

Letras distintas na linha - $p<0,05$
Letras iguais na linha - não significante

Tabela 2 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais nas **regiões anterior e posterior** dos fios .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R)

ARCOS	REGIÃO ANTERIOR		REGIÃO POSTERIOR	
	SI X (DP)	RI X (DP)	SI X (DP)	RI X (DP)
.014"	34,64 (0,49)[a]	34,74 (0,49)[a]	59,57 (011)[a]	61,38 (0,59)[b]
.016"	35,11 (0,43)[a]	35,04 (0,45)[a]	59,85 (0,37)[a]	60,36 (0,60)[b]
.018"	35,10 (0,50)[a]	35,41 (0,52)[a]	59,81 (0,42)[a]	62,75 (0,98)[b]
.020"	34,80 (0,32)[a]	35,10 (0,28)[b]	59,38 (0,31)[a]	63,10 (0,53)[b]

Letras distintas na linha - $p<0,05$
Letras iguais na linha - não significante

5.1.1 Região Anterior

A dimensão transversal anterior dos arcos submetidos apenas ao tratamento térmico, na sua grande maioria, não apresentou modificações estatisticamente significantes. Somente o arco .018", após o tratamento térmico, programado para submeter-se ao ensaio de compressão, apresentou aumento da distância transversal anterior, passando de 34,98mm para 35,38mm (Tabela 1, Gráfico 1), demonstrando um nível estatisticamente significante (p=0,0020). Porém, os arcos .018", programados para o ensaio de tração, não apresentaram diferença estatisticamente significante (p=0,1949), aumentando de 35,10mm para 35,41mm (Tabela 2, Gráfico 2).

Uma situação semelhante ocorreu com os arcos .020" programados para o ensaio de tração. Após o tratamento térmico, estes arcos apresentaram diferença estatisticamente significante (p=0,0446), cuja alteração foi de 34,80mm para 35,10mm (Tabela 2, Gráfico 2).

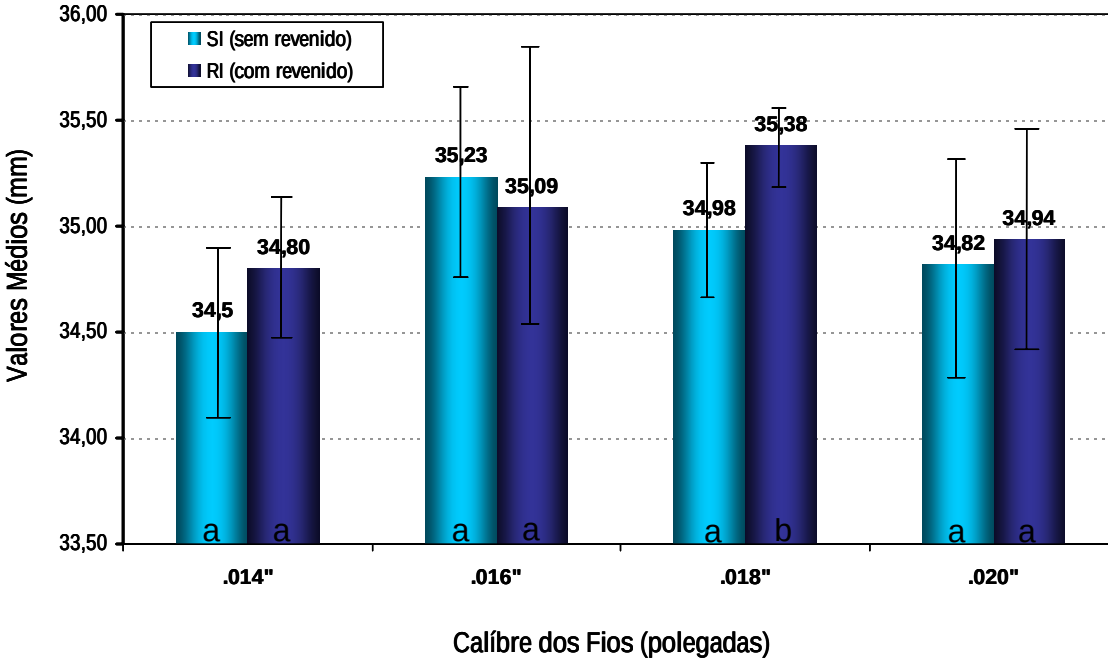

GRÁFICO 1 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região anterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R)

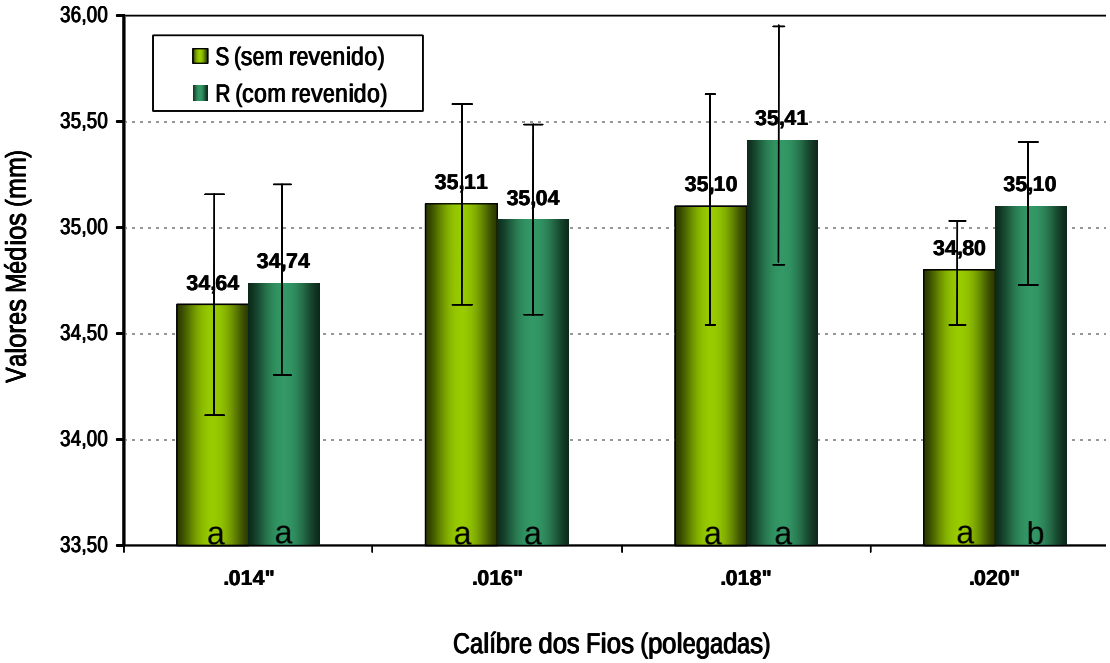

GRÁFICO 2 -Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região anterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R).

5.1.2 Região Posterior

A distância transversal posterior dos arcos submetidos apenas ao tratamento térmico apresentou, praticamente em todos os arcos, um aumento estatisticamente significante, tanto para os arcos programados para submeterem-se aos ensaios de compressão como para os de tração. Somente os arcos .016" preparados para o ensaio de compressão não apresentaram aumento estatitiscamente significante (p= 0,5998), alterando de 59,77mm para 59,85mm (Tabela 1, Gráfico 3).

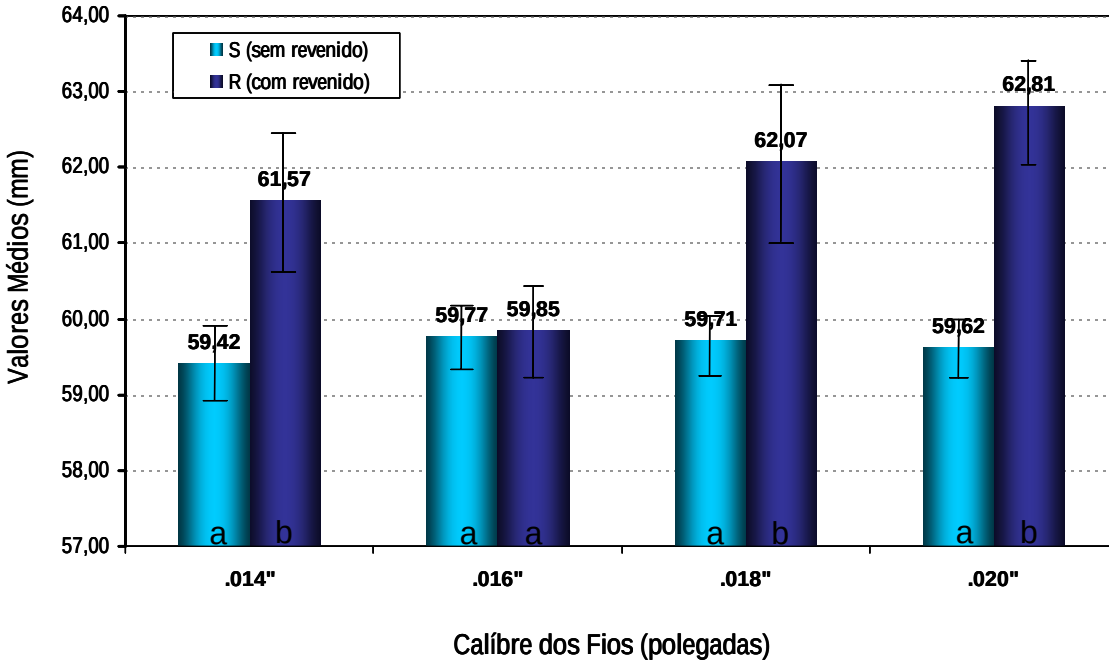

GRÁFICO 3 -Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região posterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **compressão**, sem revenido (S) e com revenido (R)

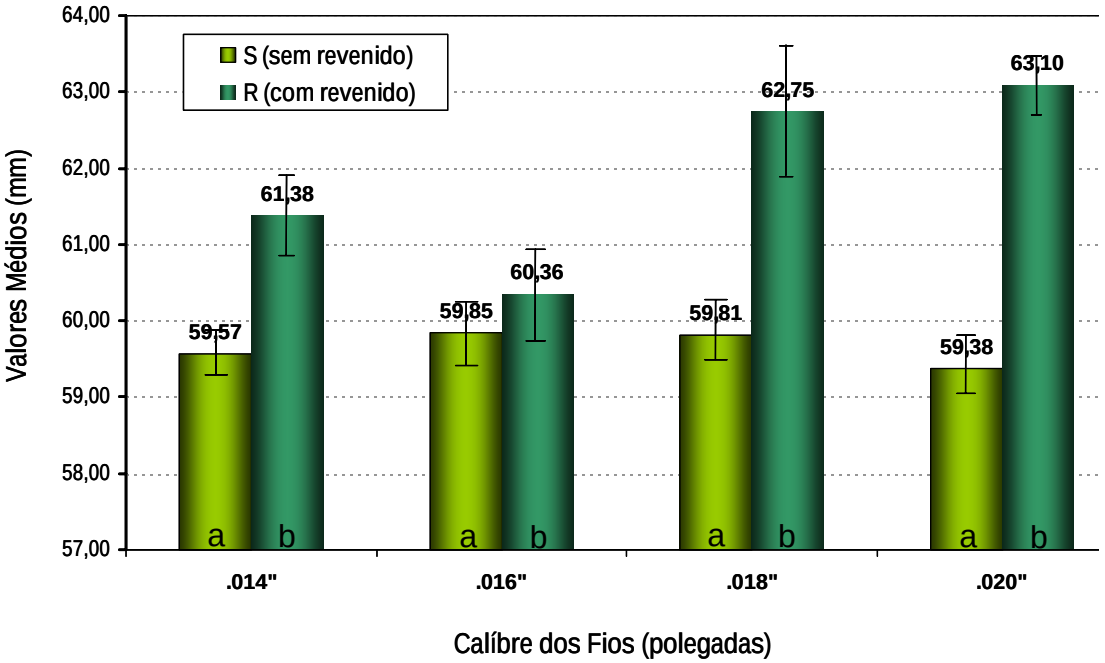

GRÁFICO 4 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm, das dimensões transversais **na região posterior** dos arcos .014", .016", .018" e .020", antes do ensaio mecânico de **tração**, sem revenido (S) e com revenido (R)

5.2 EFEITO DO ENSAIO MECÂNICO DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO

5.2 1 ARCO .014" - COMPRESSÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .014" sob ensaio mecânico de compressão, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial (I) e final (F) dos grupos sem revenido (S) e com revenido (R), estão expostos na Tabela 3 e no Gráfico 5.

5.2.1.1 Região anterior

A comparação dos arcos do grupo sem revenido no início e ao final (SIxSF), bem como dos arcos do grupo com revenido no início e ao final (RIxRF), não apresentaram diferença estatisticamente significante (p= 0,3290 e p= 0,8532, respectivamente).

5.2.1.2 Região posterior

Não ocorreu diferença estatisticamente significante entre os grupos sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF) e com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,1770 e p= 0,5901, respectivamente).

Tabela 3 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	35,00 (0,36)[a]	34,84 (0,34)[a]	59,81 (0,27)[a]	59,61 (0,34)[a]
Com revenido	34,80 (0,37)[a]	34,77 (0,41)[a]	61,57 (0,91)[a]	61,33 (1,02)[a]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

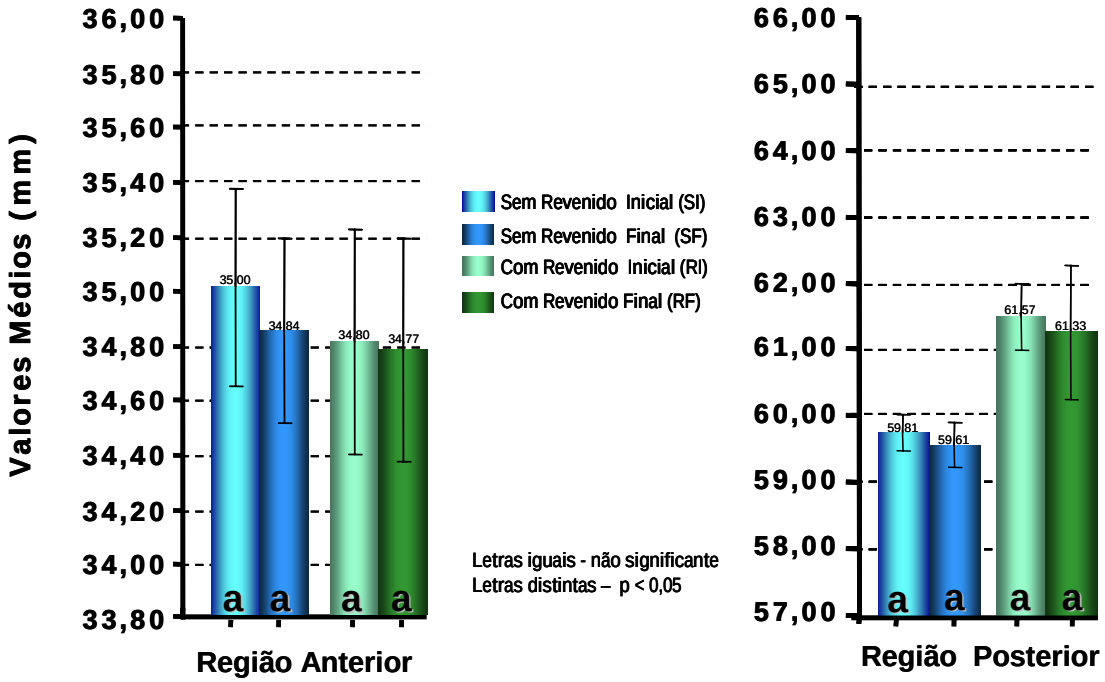

GRÁFICO 5 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

5.2.2 ARCO .014” - TRAÇÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .014” sob ensaio mecânico de tração, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial(I) e final(F) dos grupos sem(S) e com revenido(R), estão expostos na Tabela 4 e no Gráfico 6.

5.2.2.1 Região anterior

A comparação dos arcos do grupo sem revenido no início e ao final (SIxSF), bem como dos arcos do grupo com revenido no início e ao final (RIxRF), não apresentaram diferença estatisticamente significante (p= 0,2561 e p= 0,5697, respectivamente).

5.2.2.2 Região posterior

Nos arcos sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF) e com revenido nas fases inicial e final (RIxRF), ocorreu diferença estatisticamente significante (p= 0,0000063 e p= 0,0241, respectivamente).

Tabela 4 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

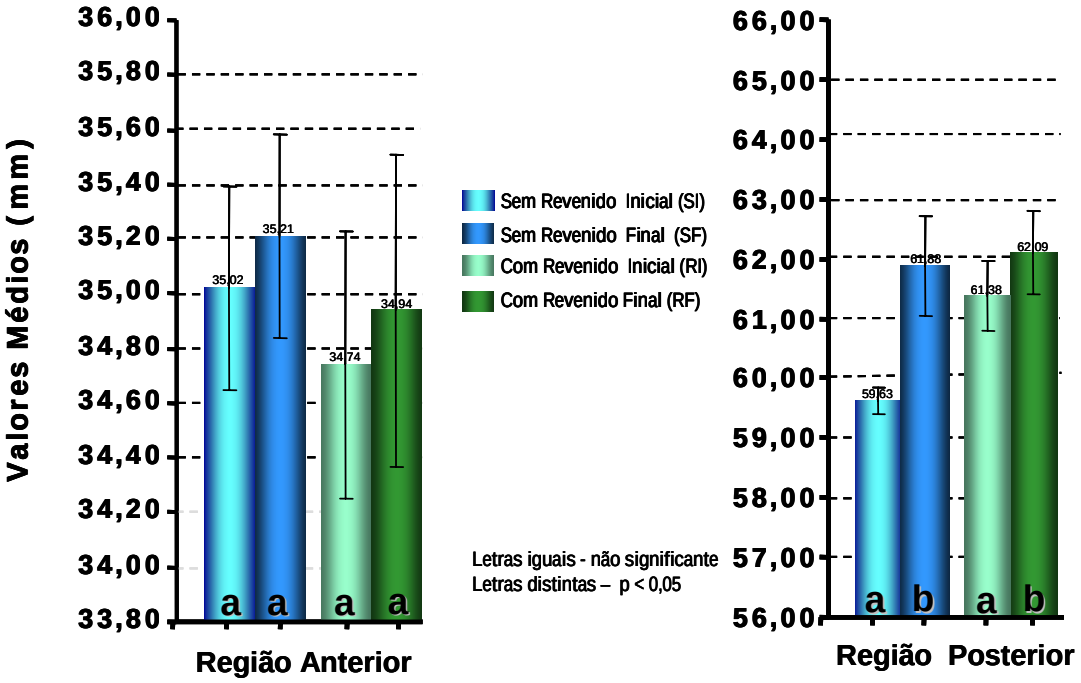

GRÁFICO 6 –

Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.014”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

5.2.3 ARCO .016” - COMPRESSÃO

Os valores médios, os desvios padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .016” sob ensaio mecânico de compressão, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem com revenido, estão expostos na Tabela 5 e no Gráfico 7.

5.2.3.1 Região anterior

Não ocorreu diferença estatisticamente significante entre os grupos estudados (SIxSF e RIxRF) (p= 0,5632 e p= 0,9658, respectivamente).

5.2.3.2 Região posterior

Houve diferença estatisticamente significante entre os grupos sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF) (p= 0,2335). Porém não ocorreu

diferença estatisticamente significante entre os grupos com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,0007).

Tabela 5 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	35,14 (0,50)[a]	34,96 (0,49)[a]	59,87 (0,18)[a]	59,15 (0,51)[b]
Com revenido	35,09 (0,43)[a]	35,10 (0,42)[a]	59,85 (0,39)[a]	59,65 (0,36)[a]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

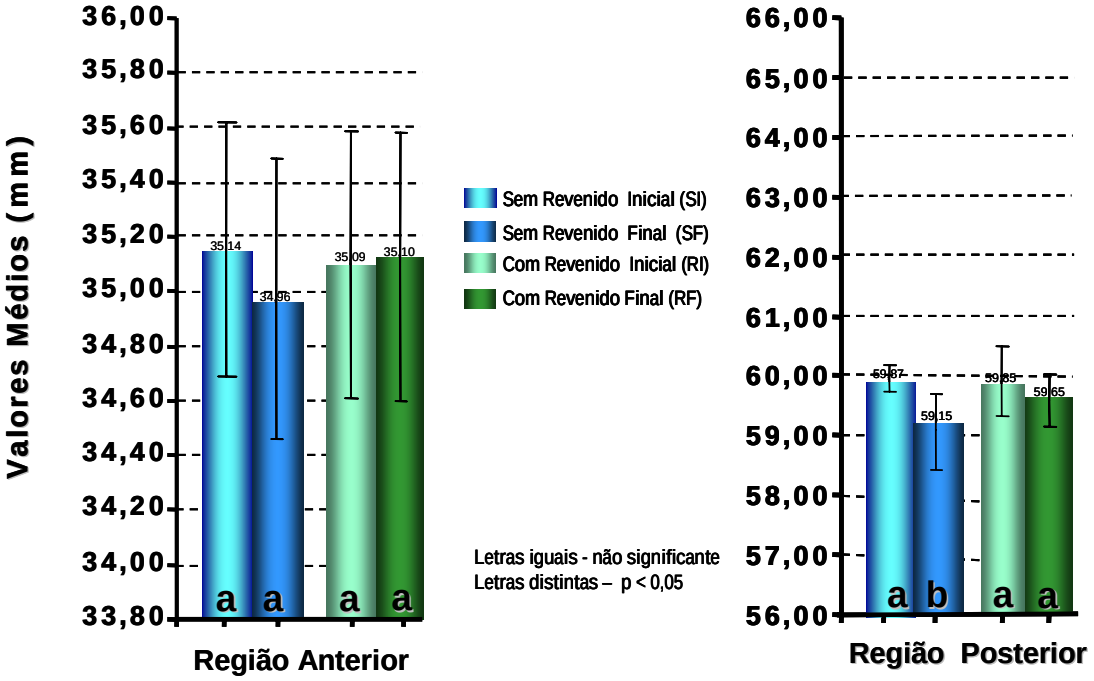

GRÁFICO 7 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvio-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

5.2.4 ARCO .016" - TRAÇÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .016" sob ensaio

mecânico de tração, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem e com revenido, estão expostos na Tabela 6 e no Gráfico 8.

5.2.4.1 Região anterior

A comparação dos arcos do grupo sem revenido no início e ao final (SIxSF), bem como dos arcos do grupo com revenido no início e ao final (RIxRF), não apresentaram diferença estatisticamente significante (p= 0,0978 e p= 0,5195, respectivamente).

5.2.4.2 Região posterior

Na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SI x SF), bem como na do grupo com revenido nas fases inicial e final (RI x RF) houve diferença estatisticamente significante (p= 0,0000019 e p= 0,0124, respectivamente).

Tabela 6 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	34,87 (0,53)[a]	35,31 (0,60)[a]	59,80 (0,34)[a]	62,75 (0,87)[b]
Com revenido	35,04 (0,45)[a]	35,17 (0,45)[a]	60,36 (0,60)[a]	61,29 (0,88)[b]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

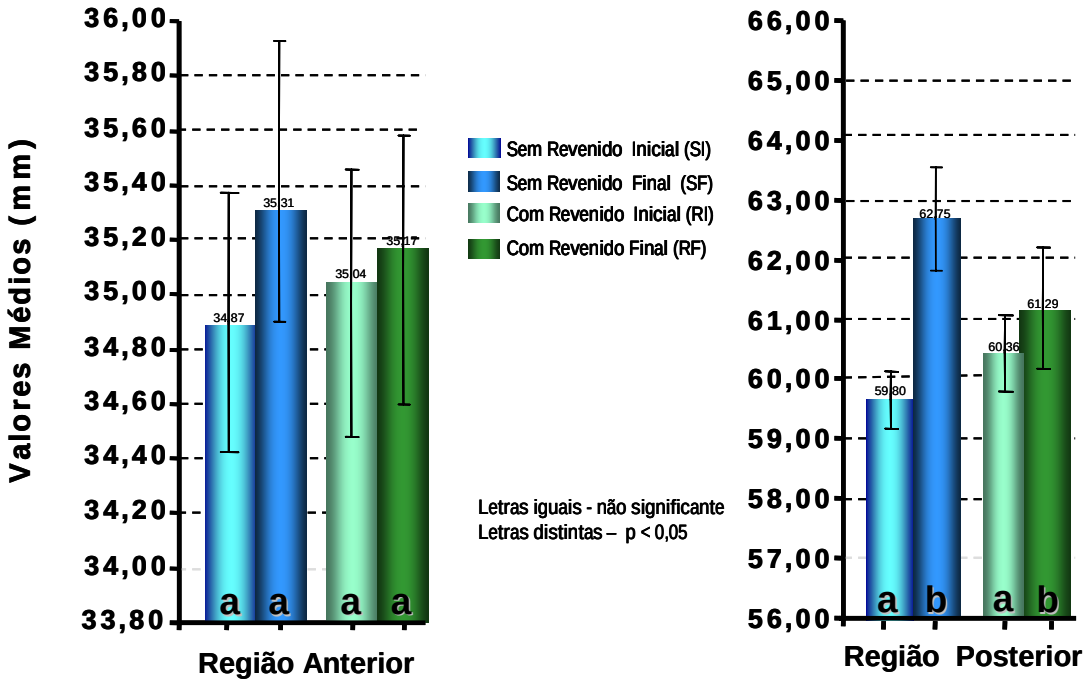

GRÁFICO 8 -.Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.016”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido

5.2.5 ARCO .018” - COMPRESSÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .018” sob ensaio mecânico de compressão, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem e com revenido, estão expostos na Tabela 7 e no Gráfico 9.

5.2.5.1 Região anterior

Não ocorreu diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF) (p= 0,7557). Porém houve diferença estatisticamente significante (p<0.05) na comparação dos arcos do grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,0003).

5.2.5.2 Região posterior

Na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como na do grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF), não houve diferença estatisticamente significante (p= 0,1217 e p= 0,5025, respectivamente).

Tabela 7 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	35,33 (0,53)[a]	35,26 (0,56)[a]	59,64 (0,13)[a]	59,47 (0,31)[a]
Com revenido	35,38 (0,20)[a]	34,96 (0,21)[b]	62,07 (1,14)[a]	61,70 (1,21)[a]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

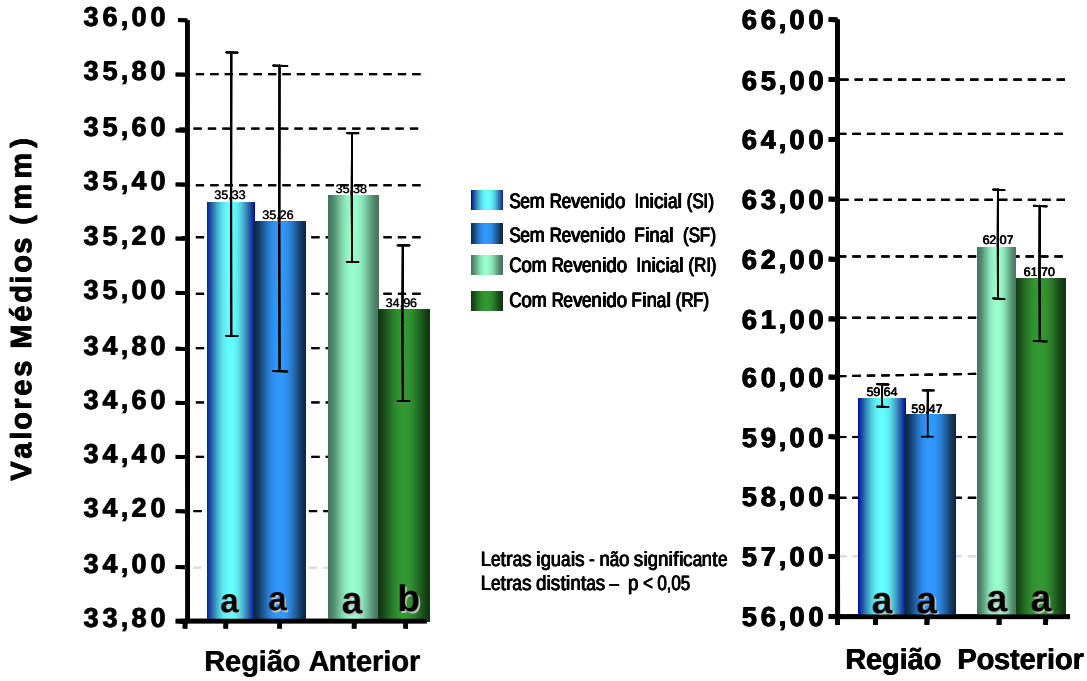

GRÁFICO 9 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

5.2.6 ARCO .018” - TRAÇÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .018” sob ensaio mecânico de tração, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem e com revenido, estão expostos na Tabela 8 e no Gráfico 10.

5.2.6.1 Região anterior

Não ocorreu diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como do grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,0594 e p= 0,8434, respectivamente).

5.2.6.2 Região posterior

Ocorreu diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como na dos arcos do grupo com revenido (RIxRF) (p= 0,0000037 e p= 0,0475, respectivamente).

Tabela 8 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	35,03 (0,48)[a]	35,49 (0,54)[a]	59,83 (0,24)[a]	62,72 (0,99)[b]
Com revenido	35,41 (0,52)[a]	35,45 (0,45)[a]	62,75 (0,98)[a]	63,70 (1,04)[b]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

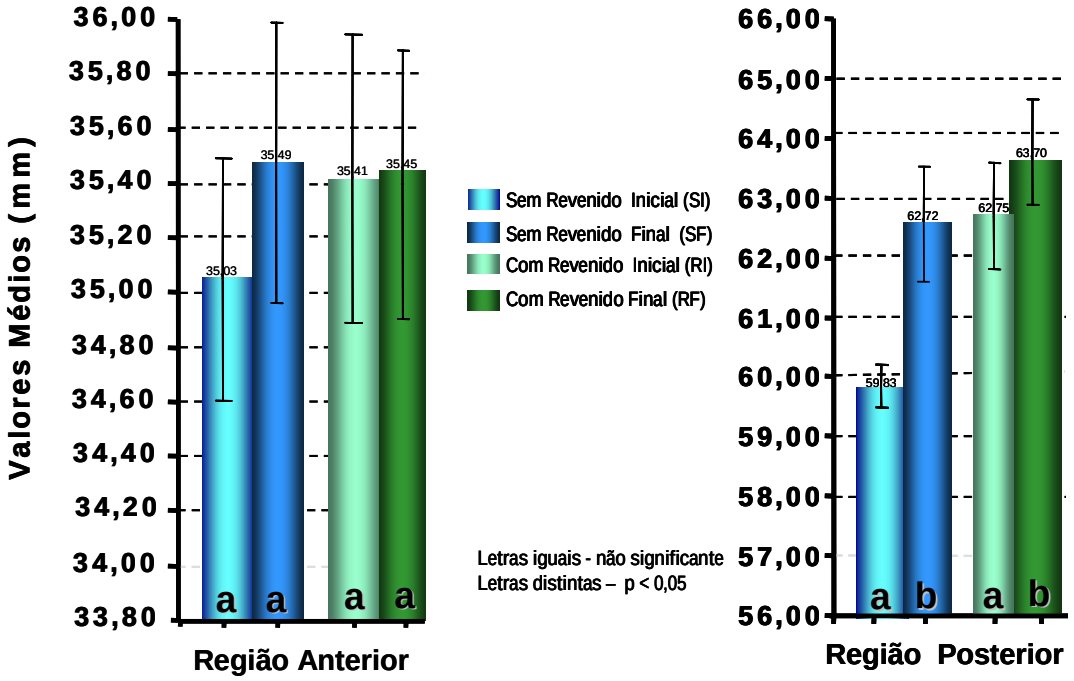

GRÁFICO 10 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.018”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

5.2.7 ARCO .020” - COMPRESSÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .020” sob ensaio mecânico de compressão, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem e com revenido, estão expostos na Tabela 9 e no Gráfico 11.

5.2.7.1 Região anterior

Não ocorreu diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como na dos arcos com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,5474 e p= 0,6734, respectivamente).

5.2.7.2 Região posterior

NA comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF) ocorreu diferença estatisticamente significante. Porém no grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF), não houve diferença estatisticamente significante (p= 0,0187 e p= 0,9021, respectivamente).

Tabela 9 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	34,89 (0,21)[a]	34,81 (0,25)[a]	59,91 (0,24)[a]	59,52 (0,41)[b]
Com revenido	34,94 (0,50)[a]	35,03 (0,48)[a]	62,81 (0,69)[a]	62,85 (0,69)[a]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

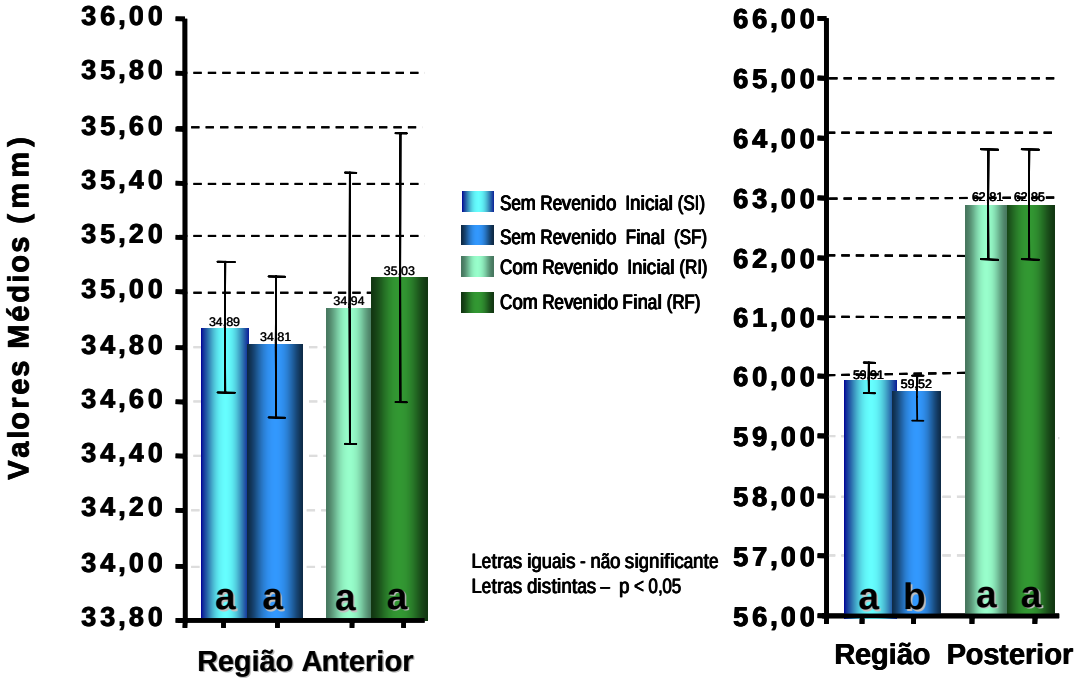

GRÁFICO 11 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020"**, antes e após o ensaio mecânico de **compressão**, sem e com revenido.

5.2.8 ARCO .020” - TRAÇÃO

Os valores médios, os desvios-padrão e o resultado estatístico da comparação entre as médias obtidas para os arcos de fio .020” sob ensaio mecânico de tração, das regiões anterior e posterior, nas fases inicial e final dos arcos sem e com revenido, estão expostos na Tabela 10 e no Gráfico 12.

5.2.8.1 Região anterior

Ocorreu diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como dos arcos do grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,0025 e p= 0,0404, respectivamente).

5.2.8.2 Região posterior

Houve diferença estatisticamente significante na comparação dos arcos do grupo sem revenido nas fases inicial e final (SIxSF), bem como na do grupo com revenido nas fases inicial e final (RIxRF) (p= 0,0000001 e p= 0,00003, respectivamente.

Tabela 10 – Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020”**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

	ANTERIOR		POSTERIOR	
	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)	INICIAL X (DP)	FINAL X (DP)
Sem revenido	34,91 (0,41)[a]	35,69 (0,56)[b]	59,66 (0,34)[a]	65,06 (0,92)[b]
Com revenido	35,10 (0,28)[a]	35,46 (0,44)[b]	63,10 (0,53)[a]	64,85 (0,68)[b]
	Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05		Letras iguais na linha – não significante Letras distintas na linha - p<0,05	

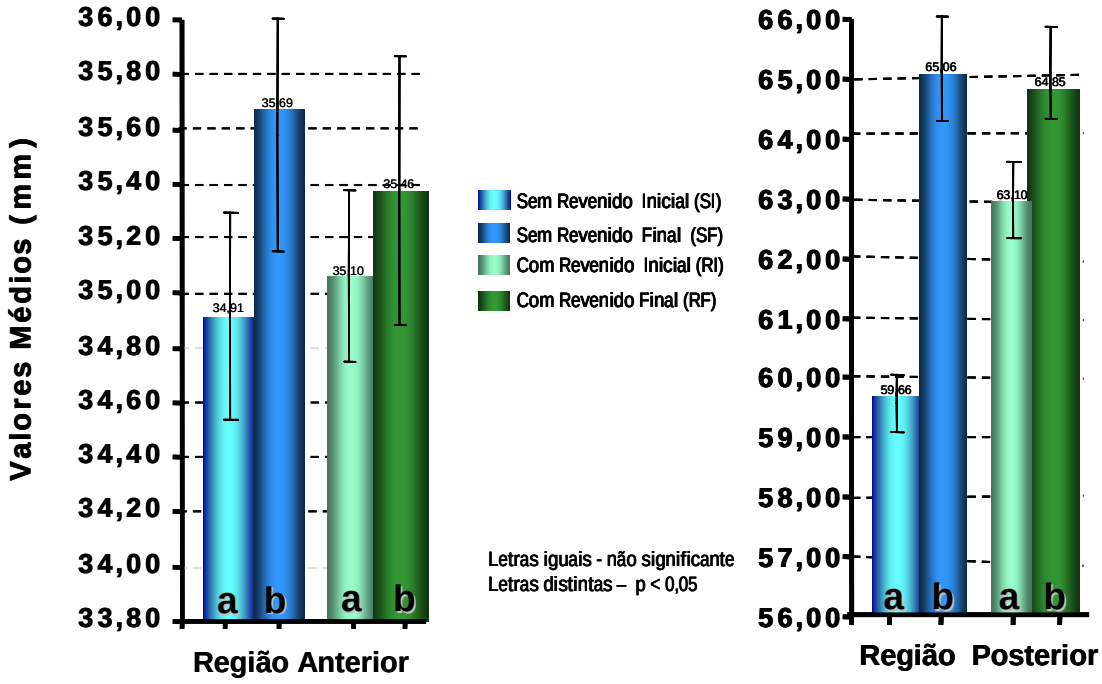

GRÁFICO 12 - Valores médios ($\bar{x}$) e desvios-padrão (DP) em mm das dimensões transversais na região anterior e posterior do arco **.020"**, antes e após o ensaio mecânico de **tração**, sem e com revenido.

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

A realização de um tratamento ortodôntico adequado requer um diagnóstico para o estabelecimento de um planejamento terapêutico que seja adequado às condições morfológicas das estruturas dentárias, ósseas, tegumentares e musculares. Diante destes aspectos, torna-se imprescindível avaliar as condições iniciais da má oclusão para implementar uma mecânica adequada e, portanto, realizar o tratamento de tal forma que as estruturas ósseas, dentárias e musculares adquiram harmonia e, consequentemente, o máximo de estabilidade.

Os estudos que analisaram a estabilidade e recidiva pós-tratamento ortodôntico demonstram que variações nas dimensões do formato do arco dentário proporcionam instabilidades (ARTUN et al., 1996; LITTLE, 1999, 2002).

A variabilidade dos arcos durante o tratamento ortodôntico pode comprometer o periodonto, estabelecer mais condições para recidiva ou aumento do apinhamento dentário, particularmente quando a distância intercaninos inferior é aumentada em decorrência do exposto (MERSHON, 1963).

Bishara et al, em 1973, demonstraram 71,4% de recidiva nos casos em que houve expansão da distância intercaninos.

Neste contexto, Little, em 1981, demonstrou que em casos tratados com extrações de primeiros pré-molares, a distância intercaninos aumentou por volta de 1mm. Posteriormente, em praticamente todos os casos analisados, houve uma redução da largura intercaninos em mais do que 2mm.

Expansões do arco são provavelmente mais estáveis nos casos sem

extrações dentárias e têm melhores resultados na região posterior do arco. A expansão da distância intercaninos inferiores é inevitável, principalmente se os caninos estiverem inicialmente deslocados para lingual em decorrência do apinhamento ântero-inferior (LEE, 1999).

Existe uma controvérsia na literatura relacionada com a possibilidade de dimensões transversais dos arcos apresentarem-se mais estreitas nos casos tratados com extrações quando comparadas com os sem extrações (GIANELLY, 2003; KUSNOTO et al., 2002; SPAHL; WITZIG, 1987).

Mensurações das distâncias intercaninos estabeleceram que nos casos em que foram realizadas extrações, esta distância foi aproximadamente 0,94mm maior, indicando que não ocorre redução na largura do arco nos casos tratados com extrações de pré-molares (GIANELLY, 2003). Por outro lado, Kusnoto et al, em 2002, relatou que nos casos de tratamento ortodôntico assimétricos e com extrações ocorre uma constrição do arco.

Bishara et al., em 1997, observaram as mudanças transversais na distância intercaninos e intermolares dos arcos dentários de 6 a 45 anos de idade. A distância intercaninos e intermolares aumentou significativamente entre 3 e 13 anos de idade, tanto no arco superior quanto no inferior. A distância intercaninos inferior foi praticamente estabelecida após a erupção dos quatro incisivos. Enfatizaram que, após a erupção dos dentes permanentes, o clínico não deve ter grandes expectativas quanto às modificações transversais dos arcos. Salientaram ainda que estas dimensões transversais são estabelecidas após a completa erupção dos caninos e molares.

Mensurações transversais realizadas em indivíduos de 13 a 18 anos que não foram submetidos a tratamento ortodôntico demonstraram um aumento do

apinhamento inferior por volta de 2,36 mm. Este aumento não apresentou correlação com a dimensão transversal intercaninos, ou seja, uma distância transversal intercaninos reduzida, quando aumentada, pode ocasionar apinhamento dentário (RICHARDSON, 1995).

A largura do arco apresenta algumas variabilidades:

Sillman, em 1964, verificou que a largura intercaninos inferior modifica significativamente durante a dentição mista, mas não ocorre alterações na dentição permanente após os 12 anos de idade. Afirma ainda que a largura da distância intermolar superior e inferior aumenta espontaneamente entre as idades de 7 e18 anos, principalmente no gênero masculino.

Porém, Marshall et al, em 2003, relata que a distância inter primeiros molares pode aumentar até por volta dos 26 anos de idade, tanto no arco superior, quanto no inferior.

Pinzan et al, em 1992, demonstraram, por meio de um estudo longitudinal de casos tratados com extrações de pré-molares, alteração na curvatura ântero-inferior na maioria dos casos, do início ao final do tratamento e 10 anos pós-contenção. Demonstraram também que um pequeno número permaneceu com um mesmo raio de curvatura ântero-inferior ao final de 10 anos após o tratamento. Informações semelhantes apontam a necessidade da escolha de curvaturas ântero-inferior e distâncias transversais adequadas para a realização do tratamento e obtenção de estabilidade oclusal (CAPELOZZA FILHO & CAPELOZZA, 2004; INTERLANDI, 1964).

Baseados nesses aspectos, Bonwill (1987 apud PINZAN et al., 1992) estabeleceu um método pioneiro para o estabelecimento do comprimento e da largura do arco. No entanto, Hawley (1905 apud PINZAN et al., 1992) foi o

primeiro autor a enfatizar a curvatura do arco dentário como um problema essencialmente ortodôntico. Interlandi, em 1964 e em 1966, estabeleceu normas de padronização dos arcos da curvatura anterior e distâncias transversais estabelecidas individualmente. A importância de uma orientação para representar a forma do arco dentário, por meio de fios ortodônticos, foi enfatizada novamente por Capelozza Filho e Capelozza, em 2004, com o estabelecimento de um diagrama para a construção dos arcos utilizando um Diagrama Individual Anatômico Objetivo (DIAO), direcionado para a escolha da forma dos arcos na técnica “Straight-Wire”, baseado na individualidade anatômica e nos objetivos de tratamento.

Dentre os vários fatores de controle mecânico e biológico das alterações ósseas e dentárias, podem-se mencionar as dimensões ântero-posteriores e transversais dos arcos dentários superiores e inferiores. Sobre esse aspecto é imprescindível que se estabeleçam as metas em relação às dimensões dos arcos no início do tratamento, para que não ocorram modificações freqüentes em suas formas durante a seqüência de troca de fios. Fatores como oscilações constantes do formato do arco dentário podem estabelecer influências ântero-posteriores, transversal e vertical com dificuldade para uma conclusão satisfatória do tratamento ortodôntico (CAPELOZZA FILHO & CAPELOZZA, 2004).

Devido à falta de padronização da movimentação dentária, pode ocorrer deslocamento dentário em direções diferentes e em momentos distintos do tratamento. Nesta linha de raciocínio, um dos requisitos importantes da mecânica ortodôntica é a manutenção das dimensões do arco dentário por meio dos fios ortodônticos durante todos os procedimentos de movimentação

dentária. Ao final dos procedimentos de nivelamento e alinhamento dentário, gerenciados pelo diagrama e estabelecidos pelas várias dimensões dos fios, os arcos dentários deverão apresentar condições satisfatórias na relação intra e inter-arcos (PROFFIT; FIELDS, 1995).

Portanto, diante das evidências clínicas e científicas é imperioso estabelecer que sejam mantidos os formatos dos arcos utilizados durante a mecânica ortodôntica em todas as fases do tratamento (CAPELOZZA FILHO & CAPELOZZA, 2004; INTERLANDI, 1964). Além disso, enfatiza-se que a forma dos arcos ortodônticos, para inclusão no arco dentário deve, em cada fase do procedimento clínico, manter as suas dimensões (ANDREWS, 1989).

O presente estudo refere-se às mensurações transversais das regiões anterior e posterior, por tratar-se de regiões dos arcos dentários consideradas de suma importância para o tratamento ortodôntico (ZACHRISSON, 1997).

Todos os estudos realizados para determinar a estabilidade ou a recidiva pós-tratamento ortodôntico mostram que as variações inseridas de modo aleatório na forma e dimensões dos arcos dentários são instáveis. Assim, a manutenção da forma original do arco torna-se atitude necessária para atribuir estabilidade potencial para o tratamento ortodôntico (CAPELOZZA FILHO; CAPELOZZA, 2004; RUDGE,1981).

É imprescindível que se respeite a posição dos caninos inferiores e se preserve a distância entre eles (STRANG, 1949; ZACHRISSON, 1997). Sendo assim, é necessário um parâmetro que represente a forma do arco dentário e permita a elaboração de um diagrama para a conformação dos arcos.

A determinação da forma ideal dos arcos dentários pressupõe que os dentes posicionem-se idealmente sobre as bases ósseas. Diagramas, de uma

forma geral, obedecem a estes critérios e a curvatura do arco, estabelecida individualmente, reflete este propósito.

As ações no arco inferior refletem-se sobre o arco superior. Isso acontece porque definida a forma do arco inferior por meio do diagrama, a forma do arco superior será idêntica, porém ampliada. Isso significa que os arcos de nivelamento são reflexos dos propósitos definidos no plano de tratamento. É necessário, portanto, definir o diagnóstico e as metas de tratamento no momento de avaliar os arcos para a definição do diagrama (ANDREWS, 1989).

Esse é um conceito universalmente aceito em Ortodontia e confirmado por pesquisas (ZACHRISSON, 1997). A distância intercaninos dever ser respeitada sempre que estiver correta.

Em relação à distância inter-molares, a largura do arco deve ser definida na região do primeiro molar inferior. A referência pode ser a borda WALA (ANDREWS, 1989), limite da gengiva inserida, determinando a posição ideal dos molares que se posicionam 2mm do ponto EV (eixo vestibular da coroa clínica) à borda WALA.

A deformação do fio de aço inoxidável gera tensões nas estruturas moleculares, desorganizando-as e apresentando uma tendência para retornar à sua posição de origem, com o propósito de liberar as tensões geradas. Desta forma o tratamento térmico é reconhecido como uma forma de amenizar as tensões, proporcionando maior estabilidade na forma do fio (INGERSLEV, 1966; OH; KIM, 2005).

Os fios de aço inoxidável apresentam, como uma de suas vantagens, a possibilidade de estabelecimento das dimensões desejadas e com o potencial

de adaptar-se ao formato e às dimensões dos arcos dentários. Por outro lado, em relação aos arcos pré-contornados, o ortodontista fica restrito ao formato estabelecido pelo fabricante e à disponibilidade no mercado. Além disso, o arco pré-contornado necessita frequentemente de adaptações individuais, não justificando, desta forma, a sua aquisição.

Com o propósito de reorganizar as moléculas do fio, utiliza-se o recurso de aquecimento. Esse processo representa um tratamento térmico e é reconhecido, rotineiramente, como revenido oriundo de “revenir” que, segundo Ferreira (2004) significa proporcionar têmpera superficial a uma peça metálica, especialmente de aço. Em termos metalúrgicos, essa liberação de tensão obtida pelo tratamento térmico é denominada na língua inglesa de “recovery” ou recuperação, em português (OH; KIM, 2005).

Funk, em 1951, relatou que o tratamento térmico está indicado para os fios de aço inoxidável e não compromete suas propriedades. Os fios redondos, quando tratados termicamente, apresentaram uma maior tendência para a manutenção da sua forma durante um longo período, proporcionando efeitos favoráveis para a movimentação dentária. Um tratamento térmico com temperatura ideal resultou em uma reestruturação benéfica, restaurando a resistência do aço inoxidável.

Ainda segundo Funk (1951), o alívio das tensões dos fios de aço inoxidável pode ser obtido realizando o tratamento térmico a uma temperatura de aproximadamente 450ºC. Quando uma temperatura mais alta é aplicada, o fio passa a apresentar uma coloração semelhante a chocolate escuro.

Com o objetivo de uma aplicação clínica de rotina, Ferreira, em 2001, sugeriu que os arcos contornados deveriam ser passados seguidamente sobre

a chama de uma lamparina à álcool até que atingisse a coloração castanha, provavelmente próxima à temperatura ideal para reestruturação das propriedades do fio, não atingindo uma elevada temperatura, como a relatada por Funk em 1951. Entretanto, observa-se que durante o aquecimento do fio, as dimensões transversais sofrem mudanças. Desta forma, foi objetivo deste estudo também demonstrar se as alterações nas regiões anterior e posterior dos arcos, devido apenas ao tratamento térmico, são significantes.

Deve ser mencionado que todos os procedimentos de tratamento térmico nos fios de aço inoxidável realizados neste estudo foram por meio de apreensão das extremidades do arco no dispositivo próprio para esta finalidade da máquina de solda, com padronização do nível e do tempo de aquecimento. Essa técnica proporciona uma distribuição do calor mais uniformemente quando comparado à lamparina a álcool, havendo provavelmente mais controle das deformações do arco.

Ingerslev, em 1966, sugeriu a temperatura entre 350 a 375ºC por 20 a 25 minutos. Esse período, entretanto, pode ser consideravelmente reduzido, uma vez que 70% do efeito total é alcançado após 4 minutos. Marcotte, em 1973, demonstrou que as propriedades das molas confeccionadas com fios de aço inoxidável melhoram quando aquecidas por 11 minutos a 400ºC. Contudo, a liberação da tensão pelo tratamento térmico é melhor obtida, sob uma alta temperatura, por um período curto de tempo e o método de resfriamento pode variar (OH; KIM, 2005).

Backofen e Gales, em 1951, demonstraram a efetividade da liberação das tensões com o aquecimento térmico e Thurow, em 1982, demonstrou que

o aquecimento dos fios diminui o risco de fraturas, além de estabilizar a forma do arco pelo aumento da sua elasticidade.

Como esse procedimento clínico tornou-se rotina por grande parte dos profissionais, é importante conhecer os efeitos do tratamento térmico nos arcos após o emprego de forças que venham a alterar seu formato.

O objetivo principal deste estudo foi observar se o tratamento térmico, também comumente mencionado pelos profissionais como revenido (R), influencia as distâncias transversais nas regiões dos caninos e molares nos arcos ortodônticos de aço inoxidável utilizados durante os procedimentos de nivelamento e alinhamento dentário ortodôntico.

A metodologia empregada objetivou analisar arcos ortodônticos com e sem tratamento térmico por meio dos ensaios mecânicos de compressão ou tração. Convém salientar que durante os procedimentos de compressão e tração, os arcos não apresentaram dobras permanentes, o que foi constatado por método visual em um experimento piloto. Durante esta fase do experimento, foi estabelecida a quantidade de 40mm tanto para compressão quanto para tração. Essa quantidade foi adequada para que as células de carga da máquina de ensaio não entrassem em contato entre si, danificando-as e comprometendo o ensaio de compressão.

Optou-se pelos fios de aço redondo .014”, .016”, .018” e 020”, neste estudo por serem os principais fios responsáveis pela fase de alinhamento e nivelamento do tratamento ortodôntico, nas quais ocorre a maioria das alterações transversais. Esses fios foram contornados sobre um mesmo diagrama pré-estabelecido (Diagrama Ortho Form III, REF 701-724 da marca 3M Unitek).

As mensurações das regiões anterior e posterior foram realizadas em arcos sem revenido no início (SI) e no final (SF) dos ensaios mecânicos. Os arcos submetidos ao tratamento térmico (ou revenido) também foram mensurados no início (RI) e no final (RF) dos ensaios mecânicos.

Os arcos utilizados para proporcionar o alinhamento e nivelamento ortodôntico incorporam praticamente todo o potencial corretivo e, portanto, o profissional deve servir-se dos meios adequados para o contorno dos fios de forma a transferir às arcadas dentárias as modificações estabelecidas pelo planejamento inicial. Portanto, o estabelecimento das dimensões transversais determinadas no início do tratamento deve ser obedecido rigidamente de forma a constituírem-se parâmetros transversais das arcadas. Esses fatores estabelecem que os dentes devem ser corretamente posicionados em suas respectivas bases ósseas ao final da correção. A confecção dos arcos de acordo com o diagrama escolhido é imprescindível nas fases de nivelamento e alinhamento dentário durante o tratamento ortodôntico (INTERLANDI, 1999).

Alguns autores preconizam alguma liberdade nas alterações clínicas destas dimensões, estabelecendo expansões ou contrações dos arcos ortodônticos (McNAMARA JUNIOR; BRUDON, 1994). Entretanto, McLaughin et al., em 2002 enfatizaram que se o arco ortodôntico for alterado na sua largura posterior, é importante assegurar-se de que não seja sobre expandido e consequentemente distorcido com relação à forma do arco dentário.

Portanto, o propósito dos ensaios de compressão e tração utilizados nesta pesquisa não foi analisar os efeitos de alterações transversais de fechamento e abertura dos arcos dentários diferentes do diagrama determinado como ideal no planejamento inicial. Os resultados desta pesquisa serviram para

verificar as possíveis modificações transversais, nas regiões anterior e posterior, decorrentes de más posições dentárias, com conseqüente influência no formato do arco ortodôntico de aço inoxidável.

Objetivando facilitar a discussão, os resultados serão apresentados separadamente em região anterior e região posterior.

6.1 Efeito do tratamento térmico antes do ensaio mecânico

6.1.1 Região anterior

A análise das alterações ocorridas nas distâncias transversais da região anterior dos fios submetidos ao tratamento térmico, antes de serem realizados os ensaios, mostrou que apenas o fio .018”, programado para submeter-se ao ensaio mecânico de compressão, e o fio .020”, preparado para o ensaio mecânico de tração, apresentaram um aumento transversal estatisticamente significante.

Convém salientar que os fios .018”, programados para o ensaio mecânico de tração, e os fios .020”, programados para o ensaio mecânico de compressão, não apresentaram o mesmo resultado em nível estatístico, apesar de demonstrarem também uma tendência a aumentar a distância transversal anterior. Esses resultados demonstram uma pequena tendência a alterar a dimensão transversal anterior nos arcos submetidos apenas a tratamento térmico. Tais modificações são aceitáveis levando-se em consideração que a instabilidade da distância intercaninos inferior é observada com freqüência nos casos onde ocorreu expansão maior que 1 e 1,5mm (BURKE et al., 1998).

Os demais fios apresentaram discreta variabilidade de aumento e redução das distâncias transversais na região anterior, porém sem significância estatística.

6.1.2 Região posterior

Na análise das alterações ocorridas nas distâncias transversais da região posterior dos arcos submetidos ao tratamento térmico, todos ampliaram a distância transversal de forma estatisticamente significante, com exceção do arco .016”, que estava programado para o ensaio de compressão.

Os resultados observados em decorrência apenas do tratamento térmico na região posterior provocou uma tendência para expansão em todos os arcos. Dentre as alterações estatisticamente significantes, o aumento médio variou entre 0,51mm e 3,72mm, ou seja, a alteração da dimensão inter-molar de menor valor modificou de 59,85mm para 60,36mm (0,51mm), enquanto que a alteração de maior valor passou de 59,38mm para 63,10mm (3,72mm) (Tabela 2).

Essas alterações parecem ser pequenas para provocar modificações significativas com relação aos diagramas escolhidos. Provavelmente não existe a necessidade de realizar um recontorno do arco para uma nova adaptação ao diagrama. Além disso, deve-se levar em consideração que esta região está situada na extremidade do arco, e, consequentemente, exercerá pouca influência no aumento da distância transversal.

6.2 Efeito dos ensaios mecânicos de compressão e tração nos arcos com e sem tratamento térmico.

6.2.1 Região Anterior

6.2.1.1 Sem tratamento térmico (sem revenido) - S

Todos os arcos de fio que não passaram pelo revenido e foram submetidos à compressão apresentaram, na região anterior, suaves reduções do início (SI) para o final do ensaio (SF), sem significância estatística.

Os resultados permitiram elucidar que os arcos tenderam a uma redução da distância transversal, quando submetidos à compressão, porém suas alterações provavelmente não terão influência na distância transversal da região dos caninos.

Os fios sob condições idênticas, ou seja, sem revenido, quando submetidos à tração, apresentaram na mesma região anterior, uma tendência para modificações transversais maiores e progressivas de acordo com a espessura do fio. O fio de espessura .014” passou de uma distância transversal média para região anterior de 35,02mm a 35,21mm (Tabela 4), o fio .016” alterou de 34,87 a 35,31mm (Tabela 6) e o fio .018” passou de 35,03 a 35,49mm (Tabela 8). As três alterações não foram estatisticamente significantes, porém com uma tendência para um maior aumento no fio .018”. No fio .020”, o aumento transversal ocorreu de forma estatisticamente significante, passando de um valor inicial de 34,91mm a 35,69mm (Tabela 10).

Esses resultados permitiram esclarecer que os arcos utilizados sem tratamento térmico não modificaram as distâncias transversais na região anterior quando submetidos à compressão. Por outro lado, no ensaio mecânico

de tração, ocorreu uma tendência a aumentar a distância transversal progressivamente de acordo com a espessura do fio, com significância estatística para o arco de espessura .020”.

Conclui-se, portanto, que com o aumento da espessura do fio, as forças que provocam expansão do arco ortodôntico sem revenido podem modificar a distância transversal do arco dentário na região anterior.

6.2.1.2 Com tratamento térmico (com revenido) – R

Com relação aos arcos de fio submetidos ao revenido e sob compressão, na região anterior, também não apresentaram modificações transversais de redução estatisticamente significante após o ensaio, com exceção do fio .018”, que modificou significativamente de 35,38mm a 34,96mm. Tal modificação de redução deve-se ao fato de este arco apresentar maior distância transversal (35,38mm) antes do ensaio (RI), provocada pelo aquecimento do fio, quando comparado às distâncias transversais das demais espessuras de fio. Esse fato ficou comprovado pela diferença estatística significante observada na distância transversal da região anterior após o tratamento térmico (Tabela 1 e Gráfico 1). Observa-se também que após o ensaio de compressão (RF) do fio .018”, apesar de ocorrer uma diferença estatisticamente significante, a distância transversal na região anterior, ao final do ensaio (RF=34,96mm), apresentou-se muito próxima àquela estabelecida como parâmetro transversal para confecção dos arcos antes de todos os ensaios (35mm), sendo portanto interessante para a manutenção da distância transversal.

Com relação ao procedimento de tração implementado na região anterior dos arcos, submetidos ao revenido, observam-se suaves aberturas para os diâmetros de fios .014”, .016” e .018”. Entretanto, o arco .020”, que passou de 35,10mm a 35,46mm, foi estatisticamente significante. Convém relembrar que apenas o procedimento de tratamento térmico na região anterior do arco .020 também provocou mudança estatisticamente significante, ou seja, para esse diâmetro de fio o aquecimento pode incrementar expansões nos arcos. Além disso, convém mencionar que o arco .020” apresentou uma tendência maior para um aumento da distância transversal na região anterior que os demais diâmetros de fios, quando submetido ao ensaio mecânico de tração.

Inferindo essas informações para a clínica, o arco .020” poderia modificar sua dimensão transversal, na região anterior, quando fosse ampliado para adaptação aos acessórios dos caninos mais vestibularizados. Porém, essas alterações não ocorrem com o arco .020” porque a maiores modificações transversais, na região anterior, ocorreram com os fios de menores diâmetros utilizados anteriormente.

Os resultados desta pesquisa permitem definir que o tratamento térmico dos arcos ortodônticos realizado na rotina clínica estabelece uma condição favorável e imprescindível para preservar a distância transversal na região intercaninos. Neste contexto, vários trabalhos de pesquisas relatam a preocupação sobre a distância intercaninos relacionada com a estabilidade pós-tratamento ortodôntico (BALUTA, LAVELLE, 1987; BISHARA et al, 1973; LEE, 1999).

Durante os ensaios mecânicos de compressão e tração, os arcos que se submeteram ao tratamento térmico demonstraram uma tendência menor para alterações transversais na região anterior e posterior, quando comparados com os arcos ortodônticos que não foram submetidos ao tratamento térmico.

6.2.2 Região Posterior

6.2.2.1 Sem tratamento térmico (sem revenido) – S

Na região posterior, todos os arcos que não foram submetidos ao tratamento térmico sob ensaio mecânico de compressão apresentaram reduções na distância transversal, sendo que os arcos .016” e .020” apresentaram diminuição estatisticamente significante.

Com relação ao ensaio mecânico de tração, todos os arcos apresentaram uma abertura com valores maiores estatisticamente significantes. Convém salientar que o arco .020” demonstrou ao final do ensaio de tração um aumento de aproximadamente 6mm (Tabela 10). Os demais tipos de arcos apresentaram ao final do ensaio (SF) uma abertura entre 2 e 3mm. Esses resultados demonstraram a “dificuldade” da manutenção da distância transversal na região posterior do arco dentário para uma mecânica ortodôntica que promova força de abertura dos arcos de fio de aço inoxidável sem tratamento térmico e com relevante expansão posterior para o fio de maior diâmetro (.020”).

6.2.2.2 Com tratamento térmico (com revenido) – R

Na região posterior, a conduta isolada de tratamento térmico resultou em aumentos transversais significantes, com variação média de 0,08 a 3,72mm. Tal fato pode estabelecer incrementos transversais em procedimentos mecânicos clínicos que envolvem expansões dos arcos dentários, reduções ou ainda manutenção das distâncias transversais.

Os arcos submetidos ao tratamento térmico e sob ensaio de compressão apresentaram uma tendência para redução da distância transversal posterior, porém, com menores proporções, haja vista que em todas as comparações estatísticas não ocorreram diferenças significantes.

Salienta-se ainda que os arcos de fio .020” permaneceram, ao final do ensaio, praticamente com o mesmo valor médio da distância transversal inicial (RI=62,82mm) e final (RF=62,85mm) e exatamente com o mesmo valor de desvio-padrão (DP=0,69). Esses resultados demonstram que o revenido determina maior estabilidade do formato dos arcos quando submetidos à compressão.

Os resultados relacionados ao ensaio de tração nos arcos de fio em que foram realizados revenido indicam uma abertura na região posterior para todas as espessuras de fios. Os valores ao final do ensaio (RF) foram estatisticamente maiores do que os anteriores ao ensaio (RI). Os aumentos transversais foram em torno de 1mm e, portanto, com pouca influência clínica. Levando-se em conta que a quantidade de tração foi padronizada durante todo o experimento, pode-se inferir que os arcos sob o efeito do tratamento térmico apresentaram maior resistência à expansão.

6.3 Considerações Gerais

É reconhecido que a definição da individualização das formas dos arcos ortodônticos durante o planejamento é importante para se obterem parâmetros dos limites das movimentações dentárias. Neste contexto, Rudge em 1981 e De La Cruz et al, em 1995 alertaram que a forma do arco dentário é a melhor orientação para o estabelecimento da estabilidade futura. Os acessórios pré-ajustados facilitam e simplificam a conformação dos arcos, porém não eliminam a necessidade de estabelecerem-se arcos individualizados (McLAUGHIN et al, 2002).

Na fase do nivelamento em que existe a necessidade de fios mais rígidos e mais espessos, é necessária a utilização de fios de aço com formatos de arco de acordo com diagramas individualizados pré-estabelecidos.

Durante a conformação dos arcos de aço inoxidável, os fios atingem um alto nível de tensão interna e requerem tratamento térmico para liberação dessas tensões (GJERDET; HERO, 1987; OH; KIM, 2005;). O processo de aquecimento dos arcos promove alterações que podem influenciar na distância transversal do arco ortodôntico. Mensurações obtidas no presente estudo demonstram aumentos transversais na região anterior do arco de no máximo 0,4mm. Burke et al. em 1998 relataram que, independente do tratamento ortodôntico, a distância inter-caninos inferior tende a expandir entre 1 e 2mm. Portanto, os resultados deste estudo demonstram que as alterações provenientes somente do aquecimento dos fios não atingem o nível de expansão desta distância que acontece rotineiramente durante os tratamentos ortodônticos.

Com relação às mensurações obtidas decorrentes dos ensaios mecânicos, os arcos de fio de aço inoxidável, quando submetidos à compressão, apresentaram praticamente as mesmas reduções transversais nas regiões anterior e posterior, tanto para os fios sem revenido (S), quanto para aqueles com revenido (R). Os fios .018” apresentaram redução transversal significativa. Tal alteração deve-se, provavelmente, a uma compensação ao aumento mais acentuado ocorrido durante o processo de aquecimento do arco.

Nos ensaios de tração, observaram-se maiores aberturas nos arcos que não foram submetidos ao revenido. Na região anterior, local comumente citado na literatura como responsável por grande parte das recidivas (LITTLE, 1999), os fios que não foram tratados termicamente apresentaram maiores tendências de abertura. Nessa região, os fios tratados termicamente (com revenido) não apresentaram nenhuma abertura estatisticamente significante para todas as espessuras de fios estudadas.

Os resultados obtidos estabelecem uma segurança clínica importante para realizar-se o revenido nos fios ortodônticos de aço inoxidável objetivando assim, a manutenção da distância intercaninos durante o nivelamento e alinhamento dentário. Little et al, em 1981, e Varnarsdall Junior, em 1999, demonstraram que a razão principal para a recidiva do apinhamento ântero-inferior é o aumento da distância inter-caninos durante o tratamento ortodôntico.

Neste momento, pode-se questionar se os fios de NiTi ou mesmo outros de alta tecnologia não seriam os mais adequados para a realização do tratamento ortodôntico com a finalidade de manutenção da distância

intercaninos. Entretanto, os fios redondos termo-ativados e de níquel-titânio, freqüentemente utilizados nas fases iniciais do nivelamento, apresentam alto nível de flexibilidade e exercem poucas influências na forma do arco. Além disso, constantemente surgem situações clínicas nas quais os formatos de arcos pré-contornados existentes no mercado não se adaptam à forma do arco dentário. Conseqüentemente, o profissional necessita de um diagrama e de distâncias transversais individualizadas (De La CRUZ, et al, 1995, McLAUGHIN et al, 2002).

Nesta mesma linha de raciocínio, arcos ortodônticos pré-contornados não estão disponíveis no mercado de acordo com diagramas individualizados, segundo as metodologias idealizadas por Capelloza Filho e Capelloza, em 2004, e Interlandi, em 1966. A individualização dos arcos ortodônticos, de acordo com o diagrama pré-estabelecido, é uma grande vantagem quando comparada com os formatos de arcos pré-contornados.

Na região posterior, os procedimentos de tração do arco estabeleceram aberturas significantes tanto nos fios sem revenido quanto nos fios com revenido. Porém, as expansões dos arcos dos fios sem revenido aumentaram entre 2 e 3mm nos arcos .014”, .016”, .018” e chegaram a 6mm no arco .020”. Naqueles tratados termicamente, a abertura também ocorreu de forma significante na região posterior, porém os valores foram por volta de 1 mm.

Clinicamente, deve-se abolir toda mecânica que provoca expansão do arco dentário na região dos caninos (AKSU; KOCADERELI, 2005; BISHARA et al., 1973; WELLENS, 2007). Entretanto, podem-se aceitar pequenas modificações transversais nos arcos de fios (BURKE et al., 1998). As

modificações transversais suaves na extremidade do arco provavelmente não terão influência na dimensão transversal do arco dentário devido à ancoragem reduzida (extremidade de arco).

Desta forma, a abertura reduzida observada nos fios tratados termicamente de aproximadamente 1mm terá pequena influência no arco dentário. Entretanto, a abertura que ocorreu nos arcos não tratados termicamente pode tornar-se preocupante, haja vista que o fio .020” expandiu por volta de 6mm.

Os resultados deste estudo indicam uma tendência clínica dos arcos com revenido, contornados de acordo com um diagrama pré-determinado a partir de um arco dentário, resistirem mais às forças de tração (ou expansão).

Em uma uma situação clínica em que, no início do nivelamento, a distância intercaninos é maior que a distância transversal estabelecida pelo diagrama, a seqüência de mudança de fios, .014”, .016” e .018”, submetidos ao revenido, estabeleceria alterações transversais de acordo com o diagrama, ou seja, a distância intercaninos tenderia a uma redução porque esses fios, nessas condições, sofrem menos influência para a tração ou expansão do arco. Portanto, ao adaptar-se o arco .020” aos acessórios de caninos mais vestibularizados, não ocorreria grandes modificações no sentido transversal, em decorrência das alterações já anteriormente ocorridas com os arcos de menores diâmetros, nos procedimentos de nivelamento e alinhamento dentário. Se o arco .020” fosse o primeiro a ser utilizado no procedimento de nivelamento ortodôntico, provavelmente o revenido seria uma conduta inadequada porque esse arco tenderia a permanecer com dimensão

transversal anterior aumentada, após sua adaptação em acessórios colados em caninos muito vestibularizados, que necessitariam de redução transversal.

É necessário salientar que todos os arcos submetidos aos ensaios mecânicos de compressão e tração foram apreendidos no dispositivo mecânico sempre em sua extremidade, portanto, próximo do local demarcado para a mensuração da região posterior. Tal fato poderia representar maiores modificações transversais nessa região. Desta forma, sugerem-se novos estudos com metodologias que possibilitem o emprego de ensaios mecânicos de mesma intensidade na região anterior.

7 Conclusão

7 CONCLUSÃO

Diante da metodologia utilizada neste estudo, pode-se concluir que:

1. O tratamento térmico nos arcos ortodônticos proporciona modificações transversais, com exceção da região anterior nos arcos .014” e .016”.
2. Os arcos sem e com tratamento térmico, submetidos à força de compressão, apresentaram pequenas alterações transversais nas regiões anterior e posterior.
3. Nos arcos sem tratamento térmico, submetidos à força de tração, ocorreram aberturas mais acentuadas na região anterior nos arcos 020”. Na região posterior, a abertura ocorreu significativamente em todos os arcos estudados.
4. Os arcos com tratamento térmico, com exceção do .020”, submetidos à força de tração não alteraram a distância transversal na região anterior.
5. Nos arcos tratados termicamente, constatou-se uma maior resistência às modificações transversais, principalmente quando submetidos à tração.

Referências

Referências

AKSU, M.; KOCADERELI, I., Arch width changes in extraction and nonextraction treatment in class I patients. **Angle Orthod.**, v. 75, n.6, p.948-52, Nov. 2005.

ANDREWS, L. F. **Straight-wire:** the concept and appliance. San Diego: L. A. Willes, 1989. 407p.

BRANTLEY, W. A. Ligas trabalhadas e trefiladas. In: ANUSAVICE, K. J. **Phillips: materiais dentários.** 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p.587-618.

ARTUN, J.; GAROL, J. D.; LITTLE, R. M. Long-term stability of mandibular incisors following successful treatment of Class II, Division 1, malocclusions. **Angle Orthod**., v.66, n.3, p.229-38, 1996.

BACKOFEN, W. A.; GALES, G. F. The low temperature heat-treatment of stainless steel for orthodontics. **Angle Orthod.**, v.21, n.2, p.117-24, Apr. 1951.

BALUTA, J.; LAVELLE, C. L. B. An analysis of dental arch form. **Eur. J. Orthod.**, v.9, n.2, p.165 -171, May 1987.

BISHARA, S. E.; CHADRA, J.M.; POTTER, R. B. Stability of intercanine width, overbite and overjet correction. **Am. J. Orthod.,** v.63, n.6, p.588-95, Jun. 1973.

BISHARA, S. E.; JAKOBSEN, J. R.; TREDER, J.; NOWAK, A. Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.111, n.4, p.401-9, Apr. 1997.
.
BRANTLEY, W. A. Comments on stiffness measurements for orthodontic wire. **J. Dent. Res**., v.55, n.4, p.705, Jul./Aug.1976.

BRANTLEY, W. A. Ligas trabalhadas e trefiladas. In: ANUSAVICE, K. J. **Phillips: materiais dentários.** 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p.587-618.

BURKE, S. P.; SILVEIRA, A. M.; GOLDSMITH, L. J.; YANCEY, J. M.; VAN STEWART, A.; SCARFE, W. C. A meta-analysis of mandibular intercanine width in treatment and postretention. **Angle Orthod.**, v.68, n.1, p.53–60, Feb. 1998.

BURSTONE, C. J. Variable-modulus orthodontics. **Am. J. Orthod**., v.80, n.1, p.1-16, Jul.1981.

CAPELOZZA FILHO, L., CAPELOZZA, J. A. Z. DIAO: diagrama individual anatômico objetivo. Uma proposta para escolha da forma dos arcos na técnica de Straight-Wire, baseada na individualidade anatômica e nos objetivos de tratamento. **Rev. Clin. Ortodon. Dental Press**, v.3, n.5, p. 84-92, out./nov. 2004.

DE LA CRUZ, A.; SAMPSON, P.; LITTLE R. M.; ÅRTUN, J.; SHAPIRO, P.A. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.107, n.5, p.518-30, May 1995.

ELIAS, C. N.; BIASI, R. S.; CHEVITARESE, O. Influence of heat treatment on the yield strength of orthodontic stainless steel wires. **J. Mater. Sci. Lett.,** v.12, n.21, p.1703-04, Jan. 1993.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa.** 3. ed. Curitiba: Positivo, 2004. 2120 p.

FERREIRA, F. A. C. Biomecânica do movimento dental. In: FERREIRA, F. V. **Ortodontia:** diagnóstico e planejamento clínico. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2001. p.361-98,

FUNK, A. C. The heat-treatment of stainless steel. **Angle Orthod.** v.21, n. 3, p.129-38, Jul. 1951.

GIANELLY, A. A. Arch width after extraction and nonextraction treatment. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.,** v.123, n.1, p.25-8, Jan. 2003.

GJERDET, N. R; HERO H. Metal release from heat-treated orthodontic archwires**. Acta. Odontol. Scand.**, v.45, n.6, p.409-14, Dec. 1987.

GURGEL, J. A; RAMOS, A. L.; KERR, S. D. Fios ortodônticos. **Rev. Dent. Press Ortodon. Ortopedi. Facial**, v.6, n.4, p.103-14, jul./ago. 2001.

HAZEL, R. J.; WEST, V. C. The importance of mechanical behaviour in orthontic archwires. **Aust. Ortod. J.**, v. 9, n.4, p. 317-20, Oct. 1986.

INGERSLEV, C. H. Influence of heat treatment on the physical properties of bent orthodontic wire. **Angle Orthod.**, v.36, n.3, p.236-47, Jul. 1966.

INTERLANDI, S. Diagrama “individual” para o contorneamento de arcos ortodônticos. In: INTERLANDI, S. **Ortodontia:** bases para iniciação. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1999. p.729-45.

INTERLANDI, S. Diagrama para o contorneamento do arco de canto individual. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, v.18, n.1, p.1-4, jan./fev. 1964.

INTERLANDI, S. Método para o traçado e emprego de um diagrama de contorneamento ortodôntico. **Bol. Soc. Paul. Ortod.**, v.4, n.2, p.5-9, jul./dez. 1966.

KAPILA, S.; SACHDEVA, R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 96, n.2, p.100-9, Aug.1989.

KEMLER, E. A. Effect of low-temperature heat treatment on the physical properties of orthodontic wire. **Am. J. Orthod.**, v.42, n.10, p.793, Oct. 1956. (abstract).

KEYS, J. Stress comparions in orthodontic arch wires. **Aust. Dent. J.**, v. 18, n.5, p. 293-7, Oct./Nov. 1973.

KOHL, R. W. Metalurgy in orthodontics. **Angle Orthod.**, v. 34, p. 37-52, Jan. 1964.

KUSNOTO, J.; EVANS, C. A.; BEGOLE, E. A.; OBREZ, A. Orthodontic correction of transverse arch asymmetries. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**; v.121, n.1, p.38-45, Jan. 2002.

KUSY, R. P. Orthodontic biomaterials: from the past to the present. **Angle Orthod.**, v.72, n.6, p.501-12, Dec. 2002.

KUSY, R. P. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. **Angle Orthod.**, v.67, n.3, p.197-207, 1997.

LEE, R. T. Arch width and form: a review. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.,** v.115, n.3, p.305-13, Mar. 1999.

LITTLE, R. M. Stability and relapse: early treatment of arch length deficiency. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.121, n.6, p.578-81, Jun. 2002.

LITTLE, R. M. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: University of Washington studies. **Semin. Orthod**., v.5, n.3, p.191-204, Sept. 1999.

LITTLE, R. M.; WALLEN T. R.; RIEDEL, R. A. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: first premolar extraction cases tested by traditional edgewise orthodontics. **Am. J. Orthod.,** v.80, n.4, p.349-65, Oct. 1981.

MARCOTTE, M. R. Optimum time and temperature for stress relief heat treatment of stainless steel wire. **J. Dent. Res.**, v.52, n.6, p. 1171-75, Nov./Dec. 1973.

MARSHALL, S.; DAWSON, D.; SOUTHARD, K. A.; LEE, A. N.; CASKO, J. S.; SOUTHARD, T. E. Transverse molar movements during growth. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.124, n.6, p.615-24, Dec. 2003.

McLAUGHIN, R. P.; BENNETT, J. C.; TREVISI, H. J. **Mecânica sistematizada de tratamento ortodôntico.** São Paulo: Artes Médicas, 2002. 324p.

McNAMARA JUNIOR, J. A.; BRUDON, W. L. **Orthodontic and orthopedic treatment in the mixed dentition.** Ann Arbor: Needhan Press, 1994. 365p.

MERSHON JV. Failures. **Int. J. Orthod. Oral Surg.,** v.22, p.338-42, 1936.

NIKOLAI, R. J., Orthodontic wire: a continuing evolution. **Semin. Orthod**., v.3, n.3, p.157-65, Sept. 1997.

OH, K.T.; KIM, K. N. Ion release and cytotoxicity of stainless steel wires. **Eur. J. Orthod.**, v.27, n.6, p.533–40, Dec. 2005.

PHILLIPS, R. W**. Materiais dentários de Skinner.** 8. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1984. 467p.

PINZAN, A.; MARTINS, D. R.; HENRIQUES, J. F. C.; CUOGHI, O. A. Avaliação do contorno ântero-inferior do arco dentário, pelo diagrama de Interlandi, após o tratamento ortodôntico. **Ortodontia,** v.25, n.2, p.37-40, maio/ago.1992.

PROFFIT, W. R.; FIELDS, H. W. **Ortodontia contemporânea.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan , 1995. 596 p.

REISBICK, M. H. Fios ortodônticos. In: O' BRIEN, W. J.; RYGE, G**. Materiais dentários.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1981. p.265-75.

RICHARDSON, M. E. Late lower arch crowding: the role of the transverse dimension. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v.107, n.6, p.613-7, Jun. 1995.

RUDGE, S. J. Dental arch analysis: arch form A review of the literature **Eur J Orthod.**, v. 3, n.4, p.279 -84, 1981.

SILLMAN, J. H. Dimensional changes of the dental arches: longitudinal study from birth to 25 years. **Am. J. Orthod.**, v.50, n.11, p.824-42, Nov. 1964.
SOUZA, S. A. **Composição química dos aços.** São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 134 p.

SOUZA, S. A. Ensaio de tração. In: SOUZA, S. A. **Ensaios mecânicos de materiais metálicos.** 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 286 p.

SPAHL T. J.; WITZIG J.W. **The clinical management of basic maxillofacial orthopedic appliances**. Littleton (Mass): PSG Pub. Co, 1987.

STRANG, R. The fallacy of denture expansion as a treatment procedure, **Angle Orthod.** v.19, p.12-22, Jan. 1949.

THUROW, R. C. Engineering in dentofacial orthopedics. In: THUROW, R. C. **Edgewise orthodontics.** 4. ed. St Louis: Mosby, 1982, p.1-72.

TWELFTREE, C. C.; COCKS, G. J.; SIMS, M. R. Tensile properties of orthodontic wire. **Am. J. Orthod.**, v.72, n.6, p. 682-7, Dec. 1977.

VANARSDALL JUNIOR, R.L. Transverse dimension and long-term stability. **Semin. Orthod.,** v.5, n.3, p. 171-80, Sep. 1999.

VAN DER LINDEN, F. P. G. M. **Ortodontia:** desenvolvimento da dentição. São Paulo: Quintessence ,1986. 206p.

VIEIRA, D. F. **Metais e ligas metálicas.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1967. 202 p.

VIEIRA, D. F**.** **Propriedades dos materiais odontológicos.** 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1965. 159 p.

WELLENS, H. A clinical-experimental simulation of changes in intercanine width associated with the correction of crowding: a pilot study. **Eur. J. Orthod.**, v.29, n.5, p.1-7, 2007. No prelo.

WILKINSON, J. V. Some metallurgical aspects of orthodontic stainless steel. **Am. J. Orthod.**, v.48, n.3. p192-206, Mar. 1962.
WILKINSON, J. V. The effect of high temperatures on stainless steel orthodontic arch wire. **Aust. Dent. J.**, v.5, p.264-8, Oct. 1960.

WILLIAMS, D. W.; von FRAUNHOFER, J. A.; DAVIES, E. H. Metalurgical characterisation of high resilience stainless steel orthodontic wires. **J. Appl. Chem. Biotechnol.**, v.25, p.913-34, 1975.

ZACHRISSON, B. U. Important aspects of long-term stability. **J. Clin. Orthod.**, v.31, n.9, p.562-83, Sep. 1997.

Anexos

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo