GABRIELA CRISTINA SANTIN

**PROPRIEDADES FÍSICA E ADESIVA DO ESMALTE DENTAL APÓS
RADIOTERAPIA E COLAGEM DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Doutora em Ciências junto
ao Programa de Odontopediatria com Área de
Concentração em Odontopediatria.

Orientada: Gabriela Cristina Santin

Orientadora: Profa. Dra. Alexandra Mussolino de Queiroz

Ribeirão Preto

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Santin, Gabriela Cristina

Propriedades físicas e adesivas do esmalte dental após radioterapia e colagem de bráquetes ortodônticos. Ribeirão Preto, 2014.

p. 85 : il. ; 30cm

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP - Área de concentração: Odontopediatria.

Orientadora: Queiroz, Alexandra Mussolino

1. Radioterapia. 2. Neoplasias de cabeça e pescoço. 3. Esmalte dentário. 4. Ortodontia. 5. Braquetes ortodônticos. 6. Resistência ao cisalhamento.

Folha de Aprovação

SANTIN GC. PROPRIEDADES FÍSICAS E ADESIVASDO ESMALTE DENTAL APÓS
RADIOTERAPIA E COLAGEM DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Doutora em Ciências.

Data da defesa: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a).: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DADOS CURRICULARES

GABRIELA CRISTINA SANTIN

Nascimento	13 de outubro de 1986 – Maringá, Paraná
Filiação	Carlos Roberto Santin Sandra Maria Tobias
2005 – 2009	Curso de Graduação em Odontologia Universidade Estadual de Maringá
2010 – 2012	Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Odontologia Universidade Federal do Paraná
2012 – 2014	Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Odontologia Área de concentração: Odontopediatria Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP

DEDICATÓRIA

À Deus, aos meus pais Carlos e Sandra,
as minhas irmãs Isabela e Rafaela e ao
meu noivo Danilo, razões da minha vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Quando me formei no curso de Odontologia, no ano de 2009, sabia que além de Cirurgiã-dentista queria também ser Professora. Durante minha formação, muitos foram os mestres com quem convivi. Alguns inacessíveis, outros que exigiam serem tratados como “astros”, alguns rudes, outros inseguros, alguns exemplares, outros grandes amigos...

Enfim, me questionava: “Qual trajetória seguir na carreira docente?” Com as inspirações dos mestres brilhantes que cercaram-me, encontrei exemplos a serem seguidos! Quer saber quais são?

Quero ser assim, um pouco **Profa. Dra. Alexandra Mussolino Queiroz**. Quero poder valorizar meus alunos e dar a eles um voto de confiança. Quero abraçar a causa, lutar por eles. Acolher os que precisam, compreender as dificuldades e peculiaridades de cada um. Quero ser acessível, humilde, dividir todo o meu conhecimento e não ser “detentora do saber”. Quero ser assim, um pouco “**Danda**”! Elegante, inteligente. Quero saber corrigir com amor, de maneira suave, e motivar a todo tempo. Quero ver meus alunos alcançarem seus objetivos! E eu lutarei com eles, correrei contra o tempo se for preciso, para vê-los realizar um sonho! E isso me deixará muito feliz, como se fosse um de meus filhos. Ser um pouco como ela é saber elogiar, é torcer junto, caminhar os mesmos caminhos, é ser amiga!

Quero ser também como a **Profa. Dra. Regina Guenka Palma-Dibb**. Quero ser aquela professora com a sala sempre cheia. Cheia de alunos, cheia de carinho e cheia de alegria. Quero saber acolher aqueles alunos

desesperados, perdidos e com o tempo curto. Quero conseguir criar coisas, fazer umas adaptações (gambiarras, rsrs!). Quero enxergar as coisas anos-luz a minha frente. Quero ser acessível e confiar até a chave da minha sala e do laboratório aos meus alunos. Quero abraçar a causa, lutar pelos meus (mesmo que os meus não sejam “meus” no papel, mas “meus” de coração)! Quero transmitir todo o meu conhecimento e desejar que, meus alunos possam um dia, ser melhores do que eu! E desejar isso não é ser pequeno, é ser o “mais imenso” possível!

Se você acha que já acabou, ainda tem mais. Tem aquele mestre tipo **Prof. Dr. Fábio Lourenço Romano**. Quero ser assim também. Aquele mestre disposto a ensinar: “Você pega o bráquete cerâmico monocristalino com a pinça, aplica o Transbond XT e cola no dente assim...entendeu?” “Entendi professor, mas...o que é bráquete cerâmico monocristalino?” E mesmo assim, quero ter muitas paciência e repetir mil vezes se preciso. Quero poder olhar aquela resina acrílica modelada pelo aluno, que ficou um tanto quanto “feia”, olhar para o aluno que está um tanto quanto desmotivado e dizer que quando eu comecei também fazia assim! Quero disponibilizar meu material sempre que possível, acompanhar todas as etapas e ser sempre presente.

É assim a mestre que quero ser! Uma união de todos eles! Se você não os conhece, não perca tempo! Eles são exemplos de pessoas e profissionais! Desejo a graça de, se possível, ser ao menos um pouquinho do que cada um deles é! Quem sabe assim, terei a oportunidade de fazer a diferença na vida de uma aluna de pós-graduação. E essa aluna será eternamente grata, será minha admiradora e não terá palavras para me agradecer...assim como eu,

hoje, não encontro palavras suficientes que expressem toda minha gratidão à esses professores!

Professores Danda, Regina e Fábio! Com os olhos marejados, presenteio vocês com o melhor presente que posso dar... minhas orações. Que Deus abençoe vocês imensamente!

Obrigada! Por tudo! Sempre!

AGRADECIMENTOS

Á **Deus**, que sonhou com este momento muito antes de mim. Obrigada pelo dom da vida e pelas pessoas maravilhosas que fazem parte dessa jornada comigo.

Aos meus amados pais, **Carlos e Sandra**, por muitas vezes abrirem mão dos seus próprios sonhos para a realização dos meus. Vocês são meus exemplos de força e determinação. Mais uma etapa na minha vida está sendo concluída, mais um sonho realizado, graças a vocês.

Às minhas irmãs **Isabela e Rafaela**, por estarem ao meu lado em todos os momentos. Ser irmã é dividir as mesmas alegrias e tristezas, é poder recordar juntas do passado, é poder brigar porque se ama, é poder mostrar quem realmente somos. A minha jornada sem vocês não teria o mínimo sentido!

Ao meu noivo **Danilo**, obrigada por todo amor. Só o amor é paciente, motivador, carinhoso, compreensivo e ainda ajuda com o computador. Rsr! Sem você meu sonho não seria possível. Apesar da distância, esteve comigo e estará sempre.

Aos meus **amigos do grupo Raio de Luz** e em especial o ministério de teatro. Agradeço imensamente por todas as orações, palavras de apoio e por se fazerem sempre tão presentes na distância.

Aos meus melhores amigos paranaenses: **Simone Ribeiro, Camila Morigi, Marival Gustavo, Felipe Vinci, Diálison Veroneze, Thayana Andrade, Francisco, Priscilla Leonário e minha prima Lorena Tobias**. Sou imensamente grata pelos anos de amizade, pelos sorrisos e lágrimas, pelas longas conversas...

À minha “irmã-gêmea nordestina”, **Ilana Sanamaika**. Gêmea, não há palavras neste mundo que expressem o quão importante é sua presença (mesmo distante) em minha vida! Nossas conversas e risadas, horas à fio,

foram por muitas vezes a cura das minhas angustias. Obrigada por tudo! Sempre!

Aos professores da disciplina de Clínica Infantil Integrada do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Maringá, **Prof. Dr. Carlos Luiz Fernandes de Salles, Profa. Dra. Marina de Lourdes Fracasso, Profa. Ms. Maria Gisette Arias Provenzano, Prof. Dr. Hélio Hissashi Terada, Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos e Prof. Dr. Laurindo Zanco Furquim**, e as residentes em Odontopediatria **Gabriela Terra e Grazielle Martioli**, por todo apoio, ajuda e companheirismo.

Aos professores **Dra. Fernanda de Moraes Ferreira e Dr. Fabian Calixto Fraiz**, do Departamento de Estomatologia do curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, pelo conhecimento proporcionado durante o mestrado e amizade concedida até os dias de hoje. Obrigada pelas oportunidades e por toda confiança em mim sempre depositada.

Às meninas do curso de especialização em Odontopediatria da Associação Odontológica de Ribeirão Preto **Juliana Arid, Carolina Maschietto Pucinelli, Mariana Altoé, Francine Lorenceti, Michelle Labeca, Kárla Nora, Mônica Colcera Balduino, Victória Pitanguí, Sara Oliveira, Letícia Bignardi**, obrigada pelo carinho, sorriso e os ótimos momentos juntas. Agradeço em especial minha dupla, cúmplice e amiga **Nayra Oliveira**. Não há palavras que expressem minha gratidão por tudo o que fez e faz por mim. Sempre me compreendeu, apoiou e me ensinou muito. Com você tudo é motivo para sorrir e a vida se torna muito mais leve. Obrigada por ser essa pessoa tão querida e doce. Te desejo simplesmente o melhor , sempre!

À minha amiga, desde a graduação, **Denise Pupim**. Você sabe que se hoje estou na FORP é por sua culpa, rsrs! Obrigada por sempre estar disposta a me motivar, ajudar e cuidar de mim. Você, como sempre disse, foi uma surpresa boa na minha vida!

À minha melhor amiga, que a graduação também me deu, **Aline Mori**. Japa do meu coração, se eu fosse falar sobre você e te agradecer por tudo, não caberia nessa tese. São tantos anos de companheirismo, tantas histórias,

desde o dia mais estressante de nossas vidas até escolher o vestido ideal, rsrs! Sei que você estar aqui na FORP foi culpa minha! Mas foi tudo premeditado, eu não saberia viver longe...

À **Késsia Mesquita**, primeira amiga que fiz em Ribeirão Preto e que logo de prontidão me levou para comer! Nesse momento percebi que seríamos ótimas amigas, rsrs! Brincadeiras a parte, você me mostrou, desde o dia da prova do doutorado, a pessoa maravilhosa e especial que és. Acolheu-me com carinho aquele dia e assim continua até hoje. Muito mais do que o título de “doutora”, a FORP me deu grandes amigas e você com certeza é uma delas. Obrigada por encher minha vida de risadas, cumplicidade e comida boa, rsrs!

À **Daniela Barroso**, que não tem idade para ser minha mãe, mas me tratou sempre como uma filha, rsrs! Danizinha, os planos de Deus são tão difíceis de serem compreendidos. Encerro essa etapa da minha vida compreendendo um plano Dele para mim: te conhecer! Não vou gastar muitas linhas agradecendo pelo cuidado, zelo, amor e carinho que sempre teve comigo, pois isso eu agradeço todos os dias. Nesse momento quero agradecer pelo simples fato de aparecer na minha vida, me permitir fazer parte da sua e me ensinar a ser melhor cada dia. Você é, sem dúvida, um presente de Deus!

À **Marília Moreira**, a alegria do “apartamento 522 Plus”. Só quem tem o prazer de conviver com você sabe o quão leve a vida se torna ao seu lado. Sorrir sempre, viver sempre, aproveitar sempre... Admiro sua sabedoria, o modo como leva a vida, sua dedicação e a pessoa que você é. Sou grata por tudo o que fez e tem feito por mim. Mais grata ainda por me ensinar tantas coisas boas, como viver intensamente. Você sempre diz que pessoas boas atraem pessoas e coisas boas. Por isso não te desejo mais nada, afinal e com certeza, você irá atrair sempre o melhor! Obrigada minha amiga!

À **Mariele Zilo** (que não é Zilo, é Andrade, rsrs!). Mari, não há quem não se encante com seu carisma, simplicidade e bom coração. Você estar aqui na FORP também é um pouquinho minha culpa. Mas hoje tenho certeza que foi tudo um plano de Deus. Sua amizade é uma daquelas que surpreende. A gente não espera e de repente já é essencial. Obrigada por tudo Mari!

Minha amiga **Fernanda Ribeiro**. Fernandinha, falar sobre você é tão fácil. Uma amiga por completo: um sorriso pronto, um coração enorme, um companheirismo fiel. Conviver com você é estar sempre pronta a sorrir! Obrigada pelo convívio e por permitir nossa amizade. Obrigada por se fazer sempre presente, mesmo longe!

Às minhas amigas **Marina Sena** e **Driely Barreiros**. Uno vocês ao mesmo parágrafo, pois não há como falar de uma sem se lembrar de outra. Que fase, hein? Mas como diz o velho ditado “Há males que vem para o bem”. E o bem veio em forma de uma linda amizade! Quando penso em vocês, me sinto entre irmãs, pois apenas irmãs conseguem compreender totalmente, serem sempre cúmplices, ajudar a todo custo e se doar sem pedir algo em troca. Confio em vocês de olhos fechados, coração aberto e saudade imensa! Obrigada meninas!

Aos meus amigos **Wilson Nariño** e **Ruth Labovith “Lemos”**. Conhecer vocês foi uma incrível surpresa. E conviver com vocês uma alegria imensa. Que nossa amizade supere a distância, os idiomas e o tempo. Em que lugar do mundo será nosso próximo encontro? Rsrs! Maringá e o meu coração estarão sempre abertos a vocês!

Agradeço aos meus amigos e colegas de pós-graduação: **Lídia Hidalgo, Talitha Mellara, Denise Matos, Cecília Martins, Juliana Arid, Carolina Maschietto, Francine Lorencetti, Marília Lucisano, Mariana Alencar, Camila Scatena, Rodrigo Valério, Cíntia Guimarães, Mariana Daltoé, Katharina Morant, Carolina Fumes, Talita Prates, Marta Contente, Letícia Bignardi, Sara Oliveira, Barbara Jarreta, Daniele Longo, Danielly Cunha, Larissa Nogueira, Priscila Coutinho, Elaine Machado, Cláudia Bonilla, Maria Gabriela Bracho, Marina Vilela, Paula Silvano, Sofia Sampaio, Ana Zilda Bergamo, Karina Grecca, Leonardo Gontijo, Maya Arnez e Silvana Polizeli** por tornarem esse processo mais agradável e leve. Obrigada pelas conversas e toda ajuda oferecida.

Aos professores do Departamento de Clínica Infantil, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, **Profa. Dra.**

Sada Assed (*in memorian*), Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva, Profa. Dra. Aldevina Campos de Freitas, Prof. Dr. Paulo Nelson Filho, Profa. Dra. Alexandra Mussolino de Queiroz, Profa. Dra. Raquel Assed Bezerra Segato, Profa. Dra. Kranya Victória Días Serrano, Profa. Dra. Maria Cristina Borsatto, Profa. Dra. Mirian Aiko Nakane Matsumoto, Prof. José Tarcísio Lima Ferreira, Prof. Dr. Adílson Thomazinho, Profa. Dra. Bernadete Sasso Stuani, Profa. Dra. Maria Conceição Pereira Saraiva, Prof. Dr. Fábio Lourenço Romano, Profa. Dra. Andiará de Rossi e Prof. Dr. Fabrício Kitazono de Carvalho.

Ao **Prof. Dr. Harley Francisco de Oliveira**, do Departamento de Clínica Médica, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, por me acolher dentro do Serviço de Radioterapia, propiciando que minha pesquisa fosse realizada e contribuindo com seu conhecimento e sabedoria.

Aos professores **Dra. Silmara Aparecida Milori Corona**, do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, **Dra. Maria Cristina Borsatto** do Departamento de Clínica Infantil, dessa mesma Faculdade, e **Dr. Rodrigo Galo** do Departamento de Prótese e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista, pela confiança depositada e sucessos alcançados.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo, **Micheli Cristina Leite Rovanholo, Filomena Leli Placciti, Francisco Wanderley Garcia de Paula e Silva, Carolia Paes Torres Mantovani, Marco Antonio dos Santos, Nilza Letícia Magalhães, Fátima Aparecida Rizoli, Fátima Aparecida Jacinto Daniel, Renata Aparecida Fernandes e Matheus Morelli Zanela**, além de **Benedita Viana Rodrigues** da Clínica de Pacientes Especiais, pela ajuda, paciência e dedicação.

Às funcionárias do Departamento de Odontologia Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo,

Juliana Janderoba Faraoni Romano e Patrícia Marchi por toda atenção, ajuda, disponibilidade e paciência durante toda a minha tese.

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo **Isabel Cristina Galino Sola, Regiane Cristina Moi Sacilloto e Mari Possani Carmessano** pela atenção e por estarem sempre à disposição.

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa do atual **diretor Prof. Dr. Valdemar Mallet da Rocha Barros** e da **vice-diretora Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva**.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa da Coordenadora **Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva** e da vice-coordenadora **Profa. Dra. Raquel Assed Bezerra Segato**.

Aos **funcionários do Serviço de Radioterapia** do Hospital das Clínicas da Faculdade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, que me receberam com muita atenção e paciência.

À **CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)**, pela bolsa concedida.

E por fim, agradeço à **Odontologia**. Ciência pela qual sou apaixonada e que dedicarei os anos de minha vida. Obrigada pelos sorrisos, expressão mais sincera da humanidade.

RESUMO

Santin GC. **Propriedades física e adesiva do esmalte dental após radioterapia e colagem de bráquetes ortodônticos** [tese]. Ribeirão Preto: FORP-USP, 2014.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas e adesivas do esmalte dental após radioterapia e colagem de bráquetes ortodônticos metálicos e cerâmicos. O estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira, foram utilizados 10 molares permanentes humanos hígidos, que foram seccionados em fragmentos de esmalte de 1 mm² e divididos entre grupo irradiado e não irradiado, de forma pareada. O grupo irradiado foi submetido à radiação ionizante, com uma dose total de 60 Gy, 2 Gy/dia, durante seis semanas, com intervalo de dois dias entre às semana. Os fragmentos de esmalte dental foram submetidos a teste mecânicos de microcisalhamento para verificar se a radioterapia alterou a resistência coesiva do esmalte dental irradiado. A segunda etapa deste estudo utilizou-se de 90 pré-molares humanos hígidos e devidamente preparados, divididos em seis grupos/subgrupos (n=15): G1 – dentes não irradiados e não envelhecidos; G2- dentes não irradiados e envelhecidos; G3 – dentes irradiados e envelhecidos; Subgrupos: bráquetes metálicos (M) e bráquetes cerâmicos (C). Os grupos G2 e G3 foram submetidos à envelhecimento artificial acelerado por meio de termociclagem, simulando o período aproximado de 1 a 2 anos, tempo esse indicado para o início de tratamento ortodôntico em pacientes pós radioterapia. Em seguida, os grupos G2 e G3 foram submetidos à radioterapia, conforme descrito. Finalizado o ciclo radioterápico, os bráquetes foram colados no esmalte dental dos espécimes com compósito Transbond XT, sendo o bráquete metálico Morelli e cerâmico Radiance. Após 24 horas, os corpos de prova foram submetidos à teste mecânico de cisalhamento e a superfície do esmalte avaliada em microscopia confocal de varredura à laser (MCVL) avaliando o índice de remanescente adesivo (IRA) e modo de fratura. Em seguida, quatro corpos de prova que apresentaram fratura do tipo coesiva de cada grupo/subgrupos foram devidamente preparados e a interface compósito/esmalte avaliada em MCVL e microscopia eletrônica de varredura. Os fragmentos de esmalte dental submetidos à radiação apresentaram menores valores de resistência ao cisalhamento do que o esmalte dental não irradiado ($p<0,05$). Levando em consideração a interação dos fatores dos espécimes submetidos ao teste de cisalhamento, os grupo/subgrupos submetidos à radiação e colados bráquetes cerâmicos, apresentaram menores valores de resistência. Os grupos não submetidos à irradiação, G1-M e G2-M, apresentaram com maior frequência IRA score 0 (sem compósito na superfície), enquanto, os grupos G1-C, G2-C, G3-M e G3-C apresentaram mais de 50% de compósito aderido à superfície. Quanto ao modo de fratura, os grupos controle apresentaram em sua maioria os tipos de fratura adesiva (Ad) e coesiva resina (CR), independente do tipo de bráquete. Os bráquetes metálicos colados em esmalte dental submetidos à irradiação apresentaram fratura do tipo mista coesiva resina/adesiva (CR/Ad), enquanto os bráquetes cerâmicos resultaram em fraturas coesiva resina (CR) e coesiva resina/adesiva

(CR/Ad). Nas imagens obtidas da região de interface compósito/esmalte, observou-se que os *tags* de resina foram mais extensos no esmalte dental irradiado, circundando os prismas de esmalte. Assim, conclui-se que a radiação diminuiu a resistência coesiva do esmalte dental e que os espécimes submetidos à radioterapia apresentaram maior falha adesiva entre bráquete/compósito e *tags* de resina mais extensos e profundos quando comparados ao grupo controle.

Palavras-chave: Radioterapia; Neoplasias de cabeça e pescoço; Esmalte dentário; Ortodontia; Braquetes ortodônticos; Resistência ao cisalhamento.

ABSTRACT

Santin GC. **Physical and adhesive properties of dental enamel after radiotherapy and bonding orthodontic brackets [thesis]**. Ribeirao Preto: FORP-USP, 2014.

The objective of this study was to evaluate the physical and adhesive properties of the enamel after radiotherapy and bonding of metal and ceramic orthodontic brackets. The study was divided into two stages. In the first one, 10 human permanent molars, which were cut into fragments of enamel 1 mm² and divided between irradiated and non-irradiated group, in a paired form. The irradiated group was subjected to ionizing radiation, with a total dose of 60 Gy, 2 Gy / day for six weeks, with an interval of two days between the weeks. The enamel fragments were subjected to mechanical testing to verify that microshear radiotherapy changed cohesive strength of the irradiated enamel. In The second phase of this study, was used 90 healthy and properly prepared human premolars, divided into six groups / subgroups (n = 15): G1 - non-irradiated teeth and not aged; G2 teeth unirradiated and aged; G3 - irradiated and aged teeth; Subgroups: metallic brackets (M) and ceramic brackets (C). G2 and G3 were subjected to accelerated artificial aging by thermal cycling, simulating period of approximately 1 to 2 years, this time indicated for the beginning of orthodontic treatment in post radiotherapy patients. Then the G2 and G3 groups underwent radiotherapy as described. After the radiotherapy cycle, the brackets were bonded on the enamel specimens with Transbond XT, and the metallic and Morelli ceramic bracket Radiance. After 24 hours, the specimens were subjected to mechanical shear test and evaluated the enamel surface in confocal laser scanning microscopy (CLSM) evaluating the adhesive remnant index (ARI) and fracture mode. Then four specimens showed that the cohesive fracture type were properly prepared for each group / subgroup and the composite interface / enamel evaluated CLSM and scanning electron microscopy. Fragments enamel subjected to radiation had significantly lower shear strength than the non-irradiated enamel ($p < 0.05$). Considering the interaction of the factors of the specimens subjected to shear stress, the group / subgroup undergoing radiation and bonded ceramic brackets showed lower resistance values. The two groups were subjected to irradiation, G1 and G2-M-M, showed more IRA frequency scores of 0 (no composite surface), while the C-G1, G2, C, G3 and G3-M-C groups had more 50% of adhesive left on the surface Concerning the fracture mode, the control groups showed mostly the types of adhesive fracture (Ad) and cohesive resin (CR), regardless of the bracket's metal brackets bonded submitted to enamel irradiation, that showed mixed type of cohesive resin / adhesive (CR / Ad) fracture, while ceramic brackets resulted in cohesive fractures resin (CR) and cohesive resin / adhesive (CR / Ad). In images obtained from the composite region / enamel interface, it was observed that the resin tags were more extensive in the irradiated tooth enamel surrounding the enamel prisms. Thus, it is concluded that radiation

decreased the tensile strength of the enamel and the specimens treated with radiotherapy had higher adhesive failure between bracket / composite and tags of more extensive and deep resin, compared to the control group.

Key-words: Radiotherapy; Head and neck neoplasm; Dental enamel; Orthodontics; Orthodontics brackets; Shear strength

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
PROPOSIÇÃO	27
Objetivos gerais	27
Objetivos específicos	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
Delineamento experimental.....	29
Seleção e armazenamento dos dentes	30
Etapa 1.....	31
Confecção dos corpos de prova	31
Procedimento de irradiação.....	33
Ensaio de resistência ao microcisalhamento	34
Etapa 2.....	36
Confecção dos corpos de prova	36
Envelhecimento artificial acelerado	36
Colagem dos bráquetes ortodônticos	38
Ensaio de resistência ao microcisalhamento	39
Análise do modo da fratura	40
Avaliação do Índice de Remanescente Adesivo (IRA).....	42
Análise da interface adesiva.....	43
Resultados	47
Discussão	57
Conclusão	69
Referência	71
Anexo	83

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, cerca de 780 mil novos casos de câncer de cabeça e pescoço são diagnosticados anualmente, ocupando a quinta posição na lista das neoplasias mais frequentes (Lothaire et al., 2006), sendo maior a incidência em homens do que em mulheres (Braakhuis et al., 2005). Nos Estados Unidos e no Brasil a prevalência desse tipo de tumor é de aproximadamente 20 casos a cada 100 mil pessoas (*US National Cancer Institute*, 2013; Instituto Nacional do Câncer - INCA, 2010).

Essa neoplasia é caracterizada pela agressividade local e risco de tumores secundários (Kim et al., 2002), sendo o carcinoma de células escamosas o tipo histológico mais frequente, representando cerca de 90% dos casos (Casiglia e Woo, 2001). Os sítios anatômicos incluídos no câncer de cabeça e pescoço são a cavidade bucal (que compreende a mucosa jugal, gengiva, palato duro, língua e o soalho bucal), faringe (que inclui a orofaringe, nasofaringe e a hipofaringe), cavidade nasal, seios paranasais, laringe glótica e supraglótica e glândulas (INCA, 2014). Alguns tumores da região de cabeça e pescoço, tais como cérebro, tireoide e face não são convencionalmente incluídos no termo “câncer de cabeça e pescoço” (Döbrossy, 2005).

A incidência dessa neoplasia tende a ser maior conforme o aumento da idade do indivíduo. Na Europa, 98% dos pacientes diagnosticados com câncer na região de cabeça e pescoço possuem mais de 40 anos de idade (Döbrossy, 2005). Entretanto, estudos tem demonstrado que a incidência em pessoas jovens tem aumentado nas últimas décadas (Myers et al., 2000; Pitman et al., 2000; Iamarrom et al., 2004).

Os agentes causais do câncer são variados, podendo ser externos ou internos ao organismo, estando ambos relacionados. Os agentes externos estão associados ao meio ambiente e hábitos de um indivíduo. Os internos são, na maioria das vezes, geneticamente predeterminados, ligados à capacidade do organismo se defender de agressões externas. Esses fatores podem interagir de várias formas, aumentando a probabilidade de transformações malignas nas células normais. De todos os casos de câncer, 80 a 90% estão associados a fatores ambientais (INCA, 2014). Sabe-se que, em pacientes com idades mais avançadas, os principais fatores de risco são o hábito de fumar e o consumo de álcool (Llewelly et al., 2004), porém, em pacientes jovens o papel desses fatores é incerto devido ao curto tempo de exposição (Llewelly et al., 2001; 2004).

Outro fator de risco para a carcinogênese é a infecção pelo papiloma vírus humano (HPV) (Bouda et al., 2000; Kojima et al., 2002; Koppikar et al., 2005; Lim et al., 2007; Pintos et al., 2008; Ritta et al., 2009), sendo este um dos possíveis motivos para o aumento da incidência de câncer de cabeça e pescoço em jovens, uma vez que infecções por HPV são mais frequentes nessa população e, muitas vezes, está correlacionada ao comportamento sexual (Kojima et al., 2002; Ritchie et al., 2003; Smith et al., 2004).

Indivíduos diagnosticados com câncer de cabeça e pescoço podem ser tratados com cirurgia, radioterapia, quimioterapia ou pela combinação de tratamentos (INCA, 2014). A radioterapia utiliza radiação ionizante como agente terapêutico (Novaes, 1998; Chaachouay et al., 2011) e é amplamente utilizada para o tratamento do câncer de cabeça e pescoço, podendo ser indicada como terapia primária, coadjuvante ao tratamento cirúrgico e à

quimioterapia ou como tratamento paliativo em estágios finais e inoperáveis da doença (Adelstein, 2003).

Na radioterapia, a radiação ionizante destrói os tecidos neoplásicos. Isso ocorre, pois a radiação interage com os tecidos do corpo e dão origem a elétrons que ionizam o meio e criam efeitos químicos, como a hidrólise da água e a ruptura das cadeias de Ácido Desoxirribonucleico (ADN ou DNA). Desses efeitos químicos pode resultar a incapacidade de divisão da célula até a sua morte por inativação. Para isso, utilizam-se elementos radioativos e radiações produzidas por equipamentos de raios-X e aceleradores de partículas (Novaes, 1998; Chaachouay et al., 2011; INCA, 2014).

O tratamento com a radioterapia pode apresentar efeitos colaterais e sequelas indesejáveis na cavidade bucal como mucosite, xerostomia, perda de paladar, trismo, perda do ligamento periodontal, alterações microvasculares, necrose de tecidos moles, osteorradioneecrose e cárie dentária (Ramirez-Amador et al., 1997; Jham e Silva Freire, 2006). Além disso, estudos demonstraram possíveis alterações na estrutura do esmalte e da dentina dental (Jervoe, 1970; Soares et al., 2010; 2011), como diminuição (Jansma et al., 1988; Kielbassa et al., 1997; Walker et al., 2011) ou aumento da microdureza (Mellara et al., 2014; Gonçalves et al., 2014), aumento da solubilidade (Markitziu et al., 1986), redução da estabilidade da junção amelodentinária resultando em perda de esmalte (Pioch et al., 1992; Kielbassa et al., 1997), atrofia dos processos odontoblásticos e obliteração dos túbulos dentinários (Grötz et al., 1997, Kielbassa, 2000), perda da estrutura dos prismas de esmalte (Grötz et al., 1998), fraturas da estrutura dental ao cisalhamento (Walker et al., 2011), destruição de colágeno (Springer et al., 2005; Gonçalves

et al., 2014), aumento na porcentagem de cálcio e redução do oxigênio no esmalte (Mellara et al., 2014), desorganização de esmalte e dentina apresentando uma superfície amorfa (Mellara et al., 2014; Gonçalves et al., 2014) e presença de fendas e túbulos dentinários destruídos e/ou colabados (Gonçalves et al., 2014).

O período entre o diagnóstico de câncer e o início do tratamento geralmente é curto. Sugere-se que a avaliação odontológica seja realizada um mês antes do início do tratamento oncológico para que haja tempo suficiente para a realização e recuperação de qualquer procedimento odontológico invasivo (Epstein et al., 1996). A avaliação pré-tratamento inclui minucioso exame dos tecidos moles e mineralizados, radiografias para detectar possíveis fontes de infecção, redução da atividade microbiana, instrução de higiene bucal e nutricional, remoção de bordas cortantes e excessos de restaurações (Epstein et al., 1996).

Entretanto, muitas vezes não há tempo suficiente, antes do início do tratamento do câncer, para a realização de procedimentos odontológicos complexos. Dessa forma, alguns dentes acabam sendo extraídos devido à presença de doença periodontal avançada, lesões de cárie dentária extensas, periapicopatias e dentes semi-inclusos (Engelmeier e King, 1983; Jansma et al., 1992; Mealey et al., 1994). Além disso, a probabilidade do paciente necessitar de exodontia nos próximos anos, a motivação quanto à higiene bucal e dentes com prognóstico questionável devem ser analisados e cogitada a possibilidade de extração previa ao tratamento do tumor, uma vez que a realização de procedimentos invasivos após radioterapia podem ocasionar osteorradionecrose (Kumar et al., 2013).

Com o avanço das formas de tratamento oncológico (Franceschi et al., 1993) e o diagnóstico precoce da doença (Dimitrious et al., 1992; Allison et al., 1998; Hollows et al., 2000; Pitiphat et al., 2002; Tromp et al., 2005), as taxas de sobrevida e cura aumentaram nas últimas décadas. Dessa forma, cada vez mais os cirurgiões-dentistas estão sujeitos a atender pacientes com histórico de tratamento de câncer (Vaughan, 1982; Calman e Hine, 1995, Kumar et al., 2013), tornando necessário o conhecimento das possíveis alterações que podem acometer a cavidade bucal desses pacientes, tanto em tecidos moles quanto mineralizados.

A Ortodontia é uma especialidade que visa devolver ao indivíduo uma oclusão adequada, melhora na capacidade mastigatória, função e estética. Porém, a intervenção ortodôntica em pacientes pós-tratamento radioterápico só deverá ser implementada quando o paciente apresentar boa saúde geral e risco de recidiva do câncer tiver diminuído (Sheller e Williams, 1996; *American Academy on Pediatric Dentistry*, 2013-2014). Ressalta-se, porém, que a literatura é escassa quanto ao período ideal para intervenção ortodôntica pós-radioterapia. Os poucos dados existentes variam entre um (Sheller e Williams, 1996; Kumar et al., 2013) e dois anos (*American Academy on Pediatric Dentistry*, 2013-2014) após o término do tratamento radioterápico.

O tratamento ortodôntico corretivo necessita da colagem de bráquetes na superfície dental, a qual poderá apresentar alterações estruturais em pacientes com histórico de radioterapia na região de cabeça e pescoço (Jervoe, 1970; Markitziu et al., 1986; Jansma et al. 1988; Pioch et al., 1992; Kielbassa et al., 1997; Grötz et al., 1997; 1998; Kielbassa, 2000; Springer et al., 2005; Soares et al., 2010; Soares et al., 2011, Gonçalves et al., 2014 e Mellara

et al., 2014). Embora restaurações adesivas em esmalte irradiado tenham demonstrado menor resistência à tração e maior suscetibilidade a fraturas coesivas (Naves et al., 2012), não há na literatura estudos avaliando a resistência da colagem de bráquetes ortodônticos em dentes irradiados.

Em pacientes submetidos à radioterapia, indica-se que a duração do tratamento ortodôntico seja curta e com aplicação de forças leves (Kumar et al., 2013; *American Academy on Pediatric Dentistry*, 2013-2014). Entretanto, em superfícies dentais alteradas pela radioterapia, a adesão de bráquetes ortodônticos pode ser prejudicada, ocasionando a necessidade de recolagens frequentes, prolongando o tempo do tratamento ortodôntico (Santos et al., 2006).

Atualmente, na Ortodontia, os bráquetes mais utilizados são os metálicos e cerâmicos. Embora os bráquetes metálicos promovam uma movimentação ortodôntica segura, a busca pela estética tem aumentado a procura pelos modelos cerâmicos (Azzeh e Feldon, 2003). Entretanto, estes apresentam características indesejáveis como alta friabilidade, maior atrito com os fios ortodônticos, possibilidade de desgastes em dentes antagonistas e danos ao esmalte durante a sua remoção (Ghafari, 1992; Olsen et al., 1997). Assim, é importante que se avalie tanto se a radiação interfere na adesão dos bráquetes ao esmalte, quanto o tipo de bráquete mais indicado.

Portanto, devido à escassez de informações sobre os efeitos da radioterapia à estrutura do esmalte dental e da ausência de estudos que analisem a adesão de bráquetes ortodônticos sobre essa superfície, verificou-se a necessidade de realizar a presente pesquisa.

PROPOSIÇÃO

Objetivos gerais

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* as propriedades física e adesiva do esmalte dental submetido à irradiação e colagem de bráquetes ortodônticos.

Objetivos específicos

- Avaliar a resistência coesiva do esmalte dental irradiado e submetido ao teste de microcissalhamento;
- Avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos, metálicos ou cerâmicos, colados em esmalte dental de dentes que foram previamente submetidos à radiação por meio de:
- Analisar qualitativamente a interface de união compósito/esmalte por meio de microscopia confocal à laser e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental

O presente estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o estudo apresentou um fator em dois níveis (*Grupo A* – dente não irradiado; *Grupo B* – dente irradiado). As unidades experimentais consistiram de 10 molares permanentes humanos, por apresentarem espessura de esmalte maior que outros grupos de dentes. Cada dente foi seccionado no sentido sagital, sendo metade alocada no grupo não irradiado (controle) e a outra metade no grupo irradiado (n=10). A variável resposta quantitativa foi a resistência coesiva do esmalte por meio de teste de microcissalhamento, com resposta em MPa.

A segunda etapa foi fatorial 3x2 sendo eles: envelhecimento em três níveis (sem irradiação/sem envelhecimento – controle; envelhecimento e irradiação/envelhecimento) e tipo de bráquete (cerâmico e metálico). As unidades experimentais foram 90 dentes pré-molares humanos (primeiros e segundos pré-molares, inferiores e superiores) sem facetas de desgaste e com rizogênese completa, divididos aleatoriamente em seis grupos (n=15). O estudo foi realizado de acordo com delineamento em blocos completos casualizados. As variáveis de resposta quantitativa foram a resistência adesiva ao cisalhamento, com resposta em MPa, a análise do modo de fratura e Índice de Remanescente Adesivo (IRA), com resposta em percentual.

Este estudo foi previamente submetido à apreciação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (Processo nº 662.331) (Anexo 1) e os dentes obtidos junto ao Banco de Dentes da mesma faculdade.

Seleção e armazenamento dos dentes

A amostra foi constituída por 100 dentes, sendo 10 molares permanentes humanos (primeiros, segundos e terceiros molares) e 90 pré-molares (primeiros e segundos pré-molares) humanos, superiores e inferiores, hígidos e previamente armazenados em água destilada à temperatura de 4°C, em geladeira. Foram selecionados dentes sem facetas de desgaste e com rizogênese completa, para que houvesse padronização na idade e maturação do esmalte dental.

Os dentes foram submetidos à profilaxia com pasta de pedra-pomes e água, com o auxílio de escova tipo Robinson montada em micromotor, em baixa rotação. A seguir, com o auxílio de uma sonda exploradora e de um estereomicroscópio (Nikon Inc. Instrument Group, Melville, NY, USA) em aumento de 10x, foi realizado o exame tátil e visual do espécime, sendo selecionados apenas os dentes que não apresentavam trincas, fraturas, lesões de cárie ou anomalias de estrutura, e que não tivessem vestígios de compósito ortodôntico, tratamento endodôntico ou químico (dentes clareados). Os dentes que não respeitavam os critérios de inclusão foram devolvidos ao Banco de Dentes e substituídos até que o número amostral estipulado fosse atingido (n = 90).

Depois de selecionados, os dentes permaneceram armazenados em solução de timol a 0,1% durante uma semana para desinfecção, sendo a seguir lavados em água durante 24 horas. Após esse período, os dentes foram colocados em recipientes plásticos contendo água destilada e mantidos em refrigerador à temperatura de aproximadamente 4°C até o início da confecção dos corpos de prova.

Etapas 1

Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova desta etapa foram confeccionados com o objetivo de serem submetidos a ensaio mecânico de microcisalhamento. Para isso, a porção radicular dos molares foi removida 3 mm abaixo da junção amelocementária, com disco flexível diamantado (#7015, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) montado em máquina de corte (Minitrom, Struers A/S, Copenhagen, DK-2610, Dinamarca). As coroas foram fixadas em base de acrílico (lâmina de *plexiglass*) com auxílio de cera para escultura (Kota Ind. E Com. Ltda, São Paulo, SP, Brasil) aquecida em gotejador elétrico (Guelfi Equipamentos, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Com o auxílio de disco diamantado adaptado em máquina de corte e sob refrigeração, as coroas foram cortadas no sentido sagital. Em seguida, as metades foram fixadas em base de acrílico e seccionados de maneira a obter fragmentos de esmalte das regiões vestibular e palatina/lingual, com espessura de 1 mm². A espessura foi controlada com o auxílio de um paquímetro universal com leitura eletrônica (Digimatic Caliper/code number 071-467B, Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil) com precisão de 0,01 mm.

Os fragmentos de esmalte obtidos de cada dente foram aleatorizados entre dois grupos (não irradiados e irradiados) para que houvesse um controle pareado. Devido à diferença da espessura do esmalte de cada dente, alguns dentes possibilitaram a obtenção de mais fragmentos e a repetição do ensaio mecânico.

Os fragmentos de esmalte foram inseridos, verticalmente, em placa de cera utilidade (Wilson, Polidental, Cotia, SP, Brasil), de maneira que aproximadamente 2 mm ficassem acima da cera. Sobre estes, foram colocados tubos de PVC (Tigre, Rio Claro, SP, Brasil) os quais foram preenchidos com resina poliacrílica autopolimerizável (Jet Clássico, São Paulo, SP, Brasil). Após a presa do material, os fragmentos de esmalte ficaram incluídos na resina poliacrílica e no tubo de PVC, sendo então retirados da placa de cera (Figura 1). Os espécimes foram armazenados em recipientes plásticos contendo saliva artificial (Composição: metilparabeno, carboximetilcelulose de sódio, cloreto de potássio, cloreto de magnésio hexa-hidratado, cloreto de cálcio bi-hidratado, fosfato de potássio bi básico, fosfato de potássio monobásico – pH: 7,0) (Amaechi et al., 1999) e estocados em estufa (Olidef CZ, Indústria s Comércio de Aparelhos Hospitalares Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brasil) à 37°C.

Figura 1 - Preparo dos corpos de prova para o teste do microcisalhamento

Procedimento de irradiação

Os corpos de prova foram irradiados no Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Durante o procedimento de irradiação, os corpos de prova foram dispostos em caixa plástica, imersos em água deionizada, com o intuito de mantê-los em ambiente úmido, simulando a cavidade bucal. Ao final do procedimento, a água deionizada era desprezada e os corpos de prova mantidos em saliva artificial e estufa à 37°C até a próxima irradiação, quando a saliva era novamente substituída por água deionizada. O uso da saliva artificial durante a irradiação foi evitada devido sua alta concentração de íons, o que poderia interferir na radiação direta por unidade de área.

Os espécimes foram submetidos à fração de dose de 2 Gy, durante 5 dias consecutivos, até atingirem a dose total de 60 Gy, em um total de 30 frações por 6 semanas (Tabela 1) (Kielbassa et al., 2000; Bulucu et al., 2009; Soares et al., 2010, Soares et al., 2011, Mellara et al., 2014; Gonçalves et al., 2014). Foi utilizado raios-X por meio de um irradiador dedicado a pesquisas biológicas (RS 2000, Rad Fonte Technologies, Inc., Suwanee, GA, USA), com energia de 200 kVp e 25 mA e filtro padrão de cobre de 0,3 mm. Os raios-X gerados sob esta condição possuem um espectro com energia mínima de 95 kV até 200 kV máximo de energia e a metade do valor do feixe com 0,62 mm de cobre. A gradiente de dose destes raios-X em tecido é de cerca de 10% a 0,5 cm de profundidade. As placas foram alinhadas equidistantes do centro do feixe e interior do cone para garantir taxa de dose uniforme (aproximadamente 2,85 Gy/min) e entrega total da dose por fração. O controle de qualidade foi

realizado utilizando Nanodot dosímetros (Landauer, Inc., Glenwood, IL, USA), sendo as leituras de dose na superfície das placas utilizadas para calcular os tempos de tratamento "*beam-on*". Os dosímetros foram colocados abaixo das placas irradiadas e calibrados de acordo com as condições de feixe descritos acima.

Após o término da radioterapia, os espécimes foram mantidos em saliva artificial em estufa à 37°C durante 24 horas e realizado o teste de microcisalhamento.

Tabela 1 - Número de ciclos de irradiação, períodos de tempo e doses totais empregadas.

Número de ciclos de irradiação	Período de tempo (dias)	Dose total (2 Gy por ciclo)
5	5	10 Gy
10	10	20 Gy
15	15	30 Gy
20	20	40 Gy
25	25	50 Gy
30	30	60 Gy

Ensaio de resistência ao microcisalhamento

Após 24 horas do término do processo de irradiação, as amostras foram submetidas ao teste de microcisalhamento. Descrito inicialmente por Shimada et al. (2002), o ensaio de microcisalhamento tornou-se mais popular por ser uma alternativa para o teste de cisalhamento convencional (Placido et al., 2007), sendo possível obter vários espécimes por dente (Armstrong et al., 2010). Devido à ausência da necessidade de desgastes mais elaborados, esse

ensaio apresenta-se mais vantajoso para a análise do esmalte dental, além de possibilitar o uso de várias regiões do mesmo elemento dentário, tornando o método mais simples e rápido. Neste teste uma força é aplicada paralelamente ao espécime por meio de uma haste metálica ou alça de fio de aço.

Os espécimes foram então posicionados na máquina de ensaios mecânicos (Instron, Modelo 2519-106, Canton, MA, USA), de forma que a ponta ativa do cinzel ficasse a mais paralela e próxima possível da superfície do esmalte dental (Figura 2). As amostras foram então submetidas aos ensaios mecânicos de microcisalhamento, com carregamento vertical à velocidade de 0,5 mm/min, usando célula de carga de 20 Kgf. No momento da fratura, o movimento foi imediatamente cessado e os dados coletados para análise.

A resistência de união ao microcisalhamento foi calculada dividindo-se a força máxima registrada durante o ensaio (em N) pela área do espécime (em mm²) e expressa em MPa.

Figura 2- Ensaio mecânico de microcisalhamento.

Etapas 2

Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova desta etapa foram confeccionados para serem submetidos ao teste de cisalhamento. Para isso, a coroa dental foi coberta com resina acrílica autopolimerizável de cor rosa e a face vestibular de cada dente pressionada em placa de vidro antes da reação de presa. A seguir, esta mesma face foi preparada com lixas d'água de numeração 400, 600 e 1200 em politriz (Politriz DP-902, Struers A/S, Copenhagen, Dinamarca), até atingirem área de esmalte de aproximadamente 5 mm para a colagem dos bráquetes.

Para a inclusão dos dentes em tubos de PVC foi confeccionado um dispositivo de placas de vidro 4 mm sendo: 1) uma placa base; 2) duas placas perpendiculares fixadas nas laterais; 3) uma placa fixada horizontalmente cobrindo metade da placa base e 4) uma placa perpendicular fixada sobre as placas laterais. Posteriormente, as raízes dos dentes foram incluídas centralizadas em tubos de PVC, de aproximadamente 1,5 cm de altura, sendo este preenchido com resina acrílica autopolimerizável e os excessos de resina removidos com espátula Lecron (Duflex, Juiz de Fora, MG, Brasil) (Figura 3). Esse dispositivo, além de auxiliar na inclusão das raízes dos dentes nos tubos de PVC, promoveu perpendicularidade entre o dente e base do tubo. Essa perpendicularidade é importante para conferir paralelismo entre a face de esmalte exposta e o cinzel de cisalhamento durante o ensaio mecânico, uma vez que qualquer alteração nesse ângulo pode alterar o resultado do teste.

Uma vez finalizados, os corpos de prova foram aleatoriamente divididos entre três grupos experimentais e seus subgrupos (Tabela 2) sendo

armazenados em saliva artificial e estufa à 37°C, por 24 horas. Após esse período, os grupos G2 e G3 foram submetidos ao envelhecimento artificial acelerado e posteriormente mantidos em saliva artificial e estufa durante uma semana.

Figura 3- Dispositivo de vidro confeccionado para conferir perpendicularidade à face vestibular do dente em relação ao tubo de PVC.

Tabela 2- Divisão dos grupos e subgrupos experimentais conforme envelhecimento artificial acelerado, exposição à irradiação e tipo de bráquete ortodôntico (n=90).

Grupo I (G1)	Dentes não irradiados
Grupo II (G2)	Dentes não irradiados + envelhecimento artificial
Grupo III (G3)	Dentes irradiados + envelhecimento artificial acelerado
Subgrupo “M”	Bráquetes metálicos
Subgrupo “C”	Bráquetes cerâmicos

Envelhecimento artificial acelerado

Dois grupos experimentais (G2 e G3) foram submetidos ao envelhecimento artificial acelerado, por meio de termociclagem (Biocycle,

Biopdi S.A., São Carlos, SP, Brasil), na tentativa de simular o período de um ano, período este de tempo sugerido na literatura como mínimo necessário para ser iniciado o tratamento ortodôntico em pacientes após radioterapia.

A termociclagem simula a ingestão de alimentos quentes e frios na cavidade bucal, por meio da imersão dos espécimes em água em diferentes temperaturas. Pressupõe-se que, *in vivo*, esse ciclo ocorra de 20 a 50 vezes por dia. Dessa forma, os corpos de prova foram submetidos a 10.000 ciclos, com temperaturas entre 5°C e 55°C, simulando aproximadamente o período de um ano (Gale e Darvell, 1999). Após a termociclagem, os espécimes permaneceram em estufa à 37°C e foram imersos em saliva artificial até a colagem dos bráquetes ortodônticos.

Colagem dos bráquetes ortodônticos

Previamente à colagem dos bráquetes ortodônticos, foi delimitada uma área circular de 5 mm de diâmetro, utilizando fita adesiva com orifício central, na face vestibular dos dentes. Em seguida, essa área recebeu profilaxia com pasta de pedra-pomes extrafina e água deionizada, com taça de borracha em motor de baixa rotação por 10 segundos, acompanhada de lavagem por 10 segundos e secagem com seringa tríplice isenta de óleo e umidade, pelo mesmo período de tempo. Cada taça de borracha foi utilizada em apenas cinco dentes, evitando assim que o desgaste da borracha prejudicasse a eficácia da profilaxia. Logo após, realizou-se o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% durante 15 segundos, seguido de lavagem vigorosa com jato de ar/água por 10 segundos e secagem pelo mesmo período de tempo.

Logo após, foi aplicada uma fina camada do agente de união XT Primer (3M Unitek, Monrovia, CA, USA), uniformemente espalhada pela área delimitada e fotoativada por 10 segundos com aparelho de luz LED Ultra Blue (DMC, Plantation, FL, USA). Em seguida, aplicou-se o compósito Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) na superfície dos bráquetes, sendo estes posicionados e pressionados com uma pinça de apreensão (Ortoply, Philadelphia, MN, USA) nas áreas vestibulares delimitadas. O excesso de compósito ao redor dos bráquetes foi removido com sonda exploradora de ponta romba, sendo a seguir efetuada a fotoativação. Para os bráquetes metálicos (Roth Standard 18", L12RL, Referência 10.10.110, Morelli, Sorocaba, SP, Brasil) a fotoativação foi realizada nas faces mesial, distal, incisal e cervical durante 10 segundos em cada face, enquanto que nos bráquetes cerâmicos (Radiance, L12RL, American Orthodontics, Sheboygan, WI, USA) a fotoativação ocorreu nas faces mesial e distal, por 10 segundos cada. Após quatro fotoativações, a intensidade de luz do aparelho era aferida com radiômetro (Demetron, Danbury, CT, USA), mantendo a intensidade de luz de 600mW/cm².

Após a colagem dos bráquetes, os corpos de prova foram conservados intactos por 30 minutos e armazenados em saliva artificial durante 24 horas em estufa até a realização do ensaio mecânico.

Ensaio de resistência ao cisalhamento

Os espécimes foram então posicionados na máquina de ensaios mecânicos (Instron, Modelo 2519-106, Canton, MA, USA) e os bráquetes

descolados à velocidade de 0,5 mm/min com célula de carga de 20 Kgf. Uma ponta ativa em cinzel foi apoiada na interface compósito/esmalte e a força aplicada até o momento da fratura, sendo coletado o valor de força máxima do movimento (Figura 4).

A resistência de união ao cisalhamento foi calculada dividindo-se a força máxima registrada durante o ensaio (em N) pela área de união dos bráquetes (metálicos: 10,03 mm²; cerâmicos: 10,54 mm²) e os valores expressos em MPa.

Figura 4- Posicionamento adequado do cinzel durante ensaio mecânico de cisalhamento.

Análise do modo de fratura

As superfícies vestibulares de todos os corpos de prova foram submetidas à microscopia confocal por varredura à laser (LEXT OLS4000, Olympus, Waltham, MA, USA), para investigar o modo da fratura, o índice de remanescente adesivo e comportamento do esmalte dental. Por ser um método

não destrutivo, o microscópio confocal à laser permite a análise da superfície dos corpos de prova, por meio de imagens 3D obtidas de áreas representativas de cada grupos.

Depois de obtidas as imagens, estas foram classificadas quanto ao modo da fratura (Ramos et al., 2004):

- *Fratura adesiva (Ad)* – Quando a fratura foi observada entre o compósito e o esmalte;

- *Fratura coesiva resina (CR)* – Quando a fratura ocorreu entre o bráquete e o compósito, de maneira que o compósito permaneceu aderido ao esmalte;

- *Fratura coesiva esmalte (CE)* – Quando a fratura aconteceu sobre a superfície dental removendo parte do esmalte;

- *Fratura mista coesiva resina/adesiva (CR/Ad)* – Quando em um mesmo corpo de prova houve fratura entre o bráquete e o compósito, com parte do compósito permanecendo sobre a superfície dental, e em outra parte a fratura aconteceu entre o compósito e o esmalte;

- *Fratura mista coesiva esmalte/adesiva (CE/Ad)* - Quando em um mesmo corpo de prova houve remoção parcial da estrutura dental e em outra parte a fratura ocorreu entre o compósito e o esmalte e

- *Fratura mista coesiva resina/coesiva esmalte (CR/CE)* – Quando em um mesmo corpo de prova, parte do compósito permaneceu sobre a superfície dental e em outra parte ocorreu remoção parcial da estrutura dental.

Avaliação do Índice de Remanescente Adesivo (IRA)

Após a descolagem do bráquete, o esmalte dentário de todos os corpos de prova foi avaliado por meio de microscopia confocal de varredura à laser (Olympus, LEXT OLS4000, Waltham, MA, USA) e classificado de acordo com os escores propostos por Artun e Berglan (1984): 0 – nenhuma quantidade de compósito aderido ao esmalte; 1 – menos da metade do compósito aderido ao esmalte; 2 – mais da metade do compósito aderido ao esmalte; 3 – todo o compósito aderido ao esmalte (Figura 5).

Figura 5 – Imagens em microscopia confocal de varredura à laser. **A** – IRA 0; **B** – IRA 1; **C** – IRA 2 E **D** – IRA 3.

Análise da interface adesiva

Foram selecionados quatro dentes de cada grupo e que apresentaram fratura do tipo coesiva, sendo realizado corte transversal na coroa, dividindo a área onde foi colado o bráquete. As metades foram então submetidas a polimento com lixa d'água 600 (2 minutos) e 1200 (4 minutos), além de discos de feltro com alumina, 0,5 μm e 0,03 μm , durante 6 minutos cada.

Após o polimento, a região de interface entre compósito/esmalte foi condicionada com ácido fosfórico à 37% durante 10 segundos, lavada por 10 segundos e seca com lenço de papel macio. Encerrado o preparo, os espécimes foram levados para microscopia confocal à laser a fim de analisar as características dos *tags* de resina.

Após essa análise, os corpos de prova foram preparados para a microscopia eletrônica de varredura (MEV) com o seguinte protocolo: 1- aplicação de gel de EDTA por 1 minuto; 2- lavagem abundante com spray ar/água deionizada; 3- limpeza em ultrassom (Ultrasonic Cleaner T – 1449 – D, Odontobrás Indústria e Comércio, Ribeirão Preto, SP, Brasil) em dois ciclos de 5 minutos em água deionizada e lavagem entre os ciclos; 4- secagem com papel absorvente. Em seguida foi realizada a desidratação dos espécimes por meio da embebição dos mesmos em diferentes concentrações de etanol (Labsynth Ltda., Diadem, SP, Brasil) por um período pré-determinado (25% por 20 minutos, 50% por 20 minutos, 75% por 20 minutos, 90% por 30 minutos e 100% por 1 hora). Em seguida, os espécimes foram fixados em *stub* com fita carbono dupla-face (Electron Microscopy Sciences, Washington, DC, USA) e a cobertura com ouro realizada em aparelho de metalização a vácuo (SDC 050,

Bal-Tec AG, Foehren Wg16, Balzers, Alemanha). A interface entre compósito/esmalte foi analisada em aumento de 1000x em microscópio eletrônico de varredura (Philips – FEG, Laboratório de Caracterização Estrutural do DEMa – LCE – DEMa/UFSCar, São Carlos, SP, Brasil)

O fluxograma a seguir ilustra os principais procedimentos metodológicos da etapa dois deste estudo (Figura 6).

Figura 6 – Metodologia adotada na etapa dois do estudo.

Análise dos dados

Os resultados dos testes mecânicos de microcisalhamento e cisalhamento, com respostas obtidas em N e convertidas em MPa, foram submetidos a teste para verificação da normalidade dos dados (teste de *Shapiro-Wilk*), apresentando distribuição normal. Para a verificação da homogeneidade das variâncias realizou-se o teste de Levene.

Assim, os resultados do teste de microcisalhamento, foram descritos com os valores de média e desvio-padrão e a diferença entre os grupos submetidos (caso) e não submetidos (controle) à radiação, obtida por meio de teste “t de student pareado”. Os dados obtidos no teste de resistência ao cisalhamento entre grupos/subgrupos experimentais foram analisados por análise de variância (ANOVA) a dois critérios e pós-teste de Tukey para diferenciação da média ($p < 0,05$).

As variáveis “Índice de Remanescente Adesivo” (IRA) e “modo de fratura” foram distribuídas em tabela de contingência, verificando-se a frequência entre grupos/subgrupos.

As imagens obtidas em microscopia confocal à laser e microscopia eletrônica de varredura da área de interface compósito/esmalte foram avaliadas qualitativamente.

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico Bioestat 5.3 e o nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Na análise dos dados, pode-se observar que a resistência coesiva do esmalte dental foi diminuída significativamente pela radiação ionizante, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de média e desvio-padrão da resistência do esmalte dental submetido a teste de microcisalhamento (MPa) de acordo com o grupo (G1- grupo não irradiado e G2- grupo irradiado).

	Grupos		p-valor*
	G1	G2	
Média e desvio padrão	11,93±5,62	5,96±2,62	< 0,001

*Teste t de student pareado.

Na análise do fator envelhecimento pode-se observar que o G3 apresentou os menores valores de adesão, sendo esse grupo diferente dos demais ($p < 0,05$) e G1 semelhante ao G2 ($p > 0,05$). Na comparação dos subgrupos (entre os tipos de bráquetes - metálicos e cerâmicos), observou-se diferença estatística significativa entre eles, sendo a média dos valores de resistência adesiva dos bráquetes metálicos superiores aos bráquetes cerâmicos ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de média e desvio-padrão (DP) da resistência adesiva ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos, metálicos e cerâmicos, nos diferentes grupos/subgrupos experimentais (n=90).

Grupo	Subgrupos	
	Metálicos (M)	Cerâmicos (C)
G1	21,4±3,4 ^a	14,9±4,1 ^b
G2	21,6±2,9 ^a	14,7±3,3 ^b
G3	19,1±4,3 ^a	10,4±4,2 ^c

*Letras iguais ausência de diferença estatística significativa ($p>0,05$).

Análise de variância (ANOVA) e Tukey.

G1 – dentes não irradiados (controle)

G2 – dentes não irradiados + envelhecimento artificial acelerado

G3 – dentes irradiados + envelhecimento artificial acelerado

Na interação dos fatores pode-se observar que o grupo G3-C foi estatisticamente diferente aos demais grupos ($p<0,05$), apresentando valor menor de resistência. Os subgrupos G1-C e G2-C foram semelhantes entre si ($p>0,05$) e inferiores aos demais subgrupos (G1-A, G2-A, G3-A) ($p<0,05$) (Tabela 4)

Analisando o IRA, observa-se que os subgrupos não submetidos à irradiação, G1-M e G2-M, apresentaram maior frequência de escore 0 (sem compósito na superfície). Por sua vez, os grupos G1-C, G2-C, G3-M e G3-C apresentaram uma maior frequência de escore 3, ou seja, apresentaram mais de 50% de compósito aderido à superfície (Figura 7).

Figura 7- Gráfico demonstrando a frequência dos escores do IRA de acordo com os grupos/subgrupos experimentais.

Quanto ao modo de fratura, os grupos controle apresentaram em sua maioria os tipos de fratura adesiva (Ad) e coesiva resina (CR), independente do tipo de bráquetes. Os bráquetes metálicos colados em esmalte dental submetidos à irradiação apresentaram em sua maioria, fratura do tipo mista coesiva resina/adesiva (CR/Ad), enquanto os bráquetes cerâmicos resultaram em fraturas coesiva resina (CR) e coesiva resina/adesiva (CR/Ad) (Figura 8). A figura 9 ilustra os tipos de fraturas encontradas em cada grupo.

Figura 8- Gráfico demonstrando a frequência dos tipos de fratura de acordo com os grupos/subgrupos experimentais.

Na análise da interface pode-se observar a presença de tags de resina, promovendo microembricamento mecânico da resina com esmalte. Contudo, pode-se observar que no grupo 3 apresentou *tags* mais extensos e atingindo maiores profundidades. Os grupos 1 e 2 apresentaram interface semelhante, com muitos *tags* porém menos extensos. Na figura observa-se no confocal (Figura 10) as imagens em 3D da interface adesiva, nota-se que as figuras 10E e 10F, apresentam os *tags* extendendo em profundidade, circundando os prismas de esmalte. Em MEV pode-se observar o mesmo padrão (Figura 11), em que as Figuras 11C e 11D apresentam a interface adesiva nos dentes irradiados, e demonstrando a grande penetração sistema adesivo.

Figura 9 – Microscopia confocal de varredura a laser demonstrando os tipos de fratura encontrados: **1-** Fratura adesiva (Ad); **2-** Fratura coesiva resina (CR); **3-** Fratura mista coesiva resina/adesiva (CR/Ad) e **4-** Fratura mista coesiva esmalte/adesiva (CE/Ad).

Figura 10 - Microscopia confocal de varredura a laser. Imagem da interface compósito/esmalte e tags. **A** – G1-M; **B** – G1-C; **C** – G2-M; **D** – G2-C; **E** – G3-M e **F** – G3-C.

Figura 11 – Microscopia eletrônica de varredura. **A** – Interface compósito/esmalte de dentes não submetidos à radiação. **B** – Interface compósito/esmalte de dentes submetidos à radiação.

DISCUSSÃO

A radioterapia é um tratamento indicado para o câncer de cabeça e pescoço que utiliza a radiação ionizante como agente terapêutico (Novaes, 1998; Adelstein, 2003; Chaachouay et al., 2011). A escolha do método radioterápico é influenciada pela localização e profundidade do tumor, sendo a braquiterapia realizada com a fonte de radiação muito próxima do volume-alvo e a teleterapia com a fonte de radiação externa ao paciente. Em tumores da região de cabeça e pescoço é mais comumente utilizada a terapia de feixe externo (teleterapia), sendo realizada com o uso de aparelhos como o acelerador linear ou de gama cobalto (INCA, 2014).

Os aceleradores lineares são equipamentos de alta complexidade e constituem atualmente a tecnologia mais avançada para aplicação em radioterapia. Por meio dessa tecnologia é possível irradiar tecidos ou órgãos neoplásicos com precisão (tanto na localização quanto na intensidade do feixe) de forma que os tecidos sadios em sua volta possam ser preservados. Na teleterapia por cobalto, o ponto de máxima absorção está a aproximadamente 5 mm de profundidade (penetração). Com o uso dos aceleradores lineares de alta energia, esse ponto pode chegar até 30 mm de profundidade (INCA, 2000).

Além disso, a radiação do cobalto se origina de um isótopo radioativo, o cobalto 60, enquanto a radiação dos aceleradores lineares depende de sistema eletrônico e energia elétrica, sendo uma radiação artificial (INCA, 2000). Apesar da maioria dos estudos (Jansma et al., 1988; 1990; Pioch et al., 1992; al-Nawas et al., 2000; Springer et al., 2005; Soares et al., 2010; 2011; Mellara et

al., 2014; Gonçalves et al., 2014) existentes analisarem a alteração da estrutura dental após irradiação por cobalto 60, optou-se neste estudo pelo acelerador linear por ser atualmente o aparelho mais moderno para a radioterapia e empregado no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCRP/USP), para o tratamento de pacientes com estes tipos de tumores.

Dependendo do tumor e do protocolo empregado, as doses para tratamento de câncer variam de 50 a 70 Gy, sendo a dose comum para o tratamento de carcinomas espinocelulares de cabeça e pescoço entre 60 e 70 Gy. Normalmente, a dose diária recomendada é de 2 Gy/dia, durante cinco dias, com um intervalo de dois dias sem irradiação, geralmente aos fins de semana, para que os tecidos sadios adjacentes ao tumor tenham tempo hábil de se recuperar (Huber e Terezhalmay, 2003; Vissink et al., 2003a; 2003b; Kielbassa et al., 2006).

Neste trabalho, a fim de simular as condições clínicas de tratamento de tumores da região de cabeça e pescoço, utilizou-se dose total de 60 Gy (conforme dose padrão utilizada no HCRP/USP), com dose-fração incremental de 2 Gy/dia durante seis semanas, respeitando dois dias de intervalo (Anneroth et al., 1985; Jansma et al., 1993; Jham e Silva Freire, 2006; Otmani, 2007). Além disso, este protocolo foi previamente utilizado na literatura em estudos que avaliaram alterações *in vitro*, (Jansma et al., 1988; 1990; Pioch et al., 1992; Kielbassa et al., 1997; al-Nawas et al., 2000; Springer et al., 2005; Soares et al., 2010; 2011; Mellara et al., 2014, Gonçalves et al., 2014), *in situ* (Kielbassa et al., 1999; 2000; al-Nawas et al., 2000; Kielbassa, 2000) e *in vivo* (al-Nawas et al., 2000) das estruturas dentais.

Trabalhos *in vitro* visando avaliar os efeitos da radioterapia sobre essas estruturas, empregaram diferentes soluções de armazenamento dos corpos de prova, como solução salina a 0,9% (Jansma et al., 1990; Kielbassa et al., 1997, al-Nawas et al., 2000; Kielbassa et al., 2000), água destilada (Jansma et al., 1988, Soares et al., 2010), solução fosfatada tamponada (Pioch et al., 1992) e saliva artificial (Soares et al., 2011; Gonçalves et al., 2014; Mellara et al., 2014). Neste estudo, com a finalidade de simular as condições encontradas na cavidade bucal, os espécimes foram mantidos em saliva artificial durante a execução do experimento, exceto no momento da radioterapia. Durante o tratamento radioterápico era necessário que os corpos de prova estivessem submersos e, pelo fato da saliva artificial conter grande quantidade de íons podendo dificultar a homogeneidade da dose de radiação recebida pelos espécimes, optou-se por imergi-los em água deionizada durante o tratamento. Logo após o procedimento, os espécimes eram transferidos para recipiente com saliva artificial e recolocados em estufa à 37°C, até a próxima irradiação.

Apesar da saliva artificial não reproduzir exatamente as características da saliva natural, especialmente em casos de pacientes submetidos à radiação em região de cabeça e pescoço, onde o fluxo salivar, secreção e composição da saliva podem ser alteradas (Vuotila et al., 2002; Hannig et al., 2006), optou-se por essa substância por ser o mais próximo da saliva natural possuindo espessante (Amaechi et al., 2001).

A análise das metodologias empregadas nos diferentes estudos que avaliam os danos radiogênicos às estruturas dentais, permite verificar a ausência de padronização com relação ao tipo de substrato dental utilizado, sendo empregado ora dentes humanos (Jansma et al., 1993; Kielbassa et

al., 1999, 2000; al-Nawas et al., 2000; Fränzel e Gerlach, 2009; Soares et al., 2010; 2011; Mellara et al., 2014) ora dentes bovinos (Jansma et al., 1988, 1990; Pioch et al., 1992; Kielbassa et al., 1997).

Quanto à colagem de bráquetes ortodônticos em dentes bovinos, a literatura ainda é contraditória. Alguns autores (Hara et al., 1999; Kavaguti et al., 2001; Romano et al., 2004) relatam terem encontrado valores de resistência ao cisalhamento em dentes bovinos próximos aos valores de dentes humanos, enquanto outros (Barkmeier e Erickson, 1994; Oesterle et al., 1998) relatam que a adesão pode ser até 35% menor em colagens realizadas em dentes bovinos. Somado a isso, existem diferenças na quantidade de carbonato do esmalte dental de dentes bovinos e humanos. Essa diferença poderia levar a uma alteração na estrutura da hidroxiapatita do esmalte bovino tornando-o menos resistente ao condicionamento ácido (Reeves et al., 1995). Dessa forma, utilizaram-se dentes humanos neste estudo a fim de torná-lo próximo ao real, com a anuência do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

O esmalte dental humano apresenta aproximadamente 96% de conteúdo inorgânico associado a 4% de água e material orgânico. A porção mineral é composta por fosfato de cálcio cristalino e apatita nas formas de hidroxiapatita, apatita carbonatada e/ou apatita fluoretada (Stack, 1954; Meckel et al., 1965; Gwinnett, 1992; De Menezes Oliveira et al., 2010). Apesar de quase todo volume do esmalte ser ocupado por cristais de hidroxiapatita, o material orgânico forma uma fina rede entre esses cristais. O material orgânico é composto pelo polipeptídeo amelogenina, rico em tirocina, sequência de peptídeos ligados à hidroxiapatita e por proteínas não amelogeninas (Ten Cate,

2008). O esmalte dental é organizado em prismas, cuja orientação confere comportamento anisotrópico influenciando suas propriedades mecânicas (Urabe et al., 2000, Gianini et al., 2004).

No presente estudo, o esmalte irradiado apresentou resistência inferior ao microcisalramento quando comparado ao esmalte não irradiado. Essa baixa resistência pode ser justificada pelas alterações ocorridas na estrutura do esmalte devido à radiação ionizante.

Autores (Grotz et al., 1998; Gonçalves et al., 2014) tem demonstrado que a radiação pode alterar morfológicamente a estrutura do esmalte dental humano, encontrando alterações micromorfométricas no esmalte irradiado. Dentre as alterações mais marcantes, observam-se mudanças significativas na área interprismática do esmalte irradiado como a ausência de substância nessa região (Gonçalves et al., 2014).

Embora o esmalte dental apresente conteúdo orgânico menor que 1% do seu volume, alterações deste conteúdo podem afetar suas propriedades mecânicas (Jameson et al., 1993; Spears, 1997; White et al., 2001, Zhou e Hsiung, 2006; Baldassarri et al., 2008). O estudo de Baldassarri et al. (2008) observou a influência do conteúdo orgânico na microdureza e resistência à fratura do esmalte de incisivos de ratos, onde estes componentes foram seletivamente removidos, identificando que a remoção da matriz orgânica aumentou 23% a microdureza do esmalte dental, diminuiu em 46% a resistência à fratura e enfraqueceu a junção amelodentinária (Baldassarri et al., 2008).

Como a radiação altera as ligações proteicas (Baker, 1982) e é capaz de degradar fibras colágenas da dentina (Fisher et al., 1971; Pioch et al., 1992;

Gonçalves et al., 2014) esta pode ter afetado a região interprismática, uma vez que nesta região concentra-se grande quantidade de proteínas e água presentes no esmalte dental. O material orgânico nesse tecido permite uma melhor distribuição de cargas entre os prismas (Ten Cate, 1998), com a degradação desse material pela radiação ionizante, a capacidade dessa estrutura em absorver e dissipar energia pode ser diminuída e os prismas se tornarem mais friáveis. Assim, essa alteração pode ser um dos fatores responsáveis pela diminuição da resistência coesiva do esmalte dental irradiado.

Além disso, a radiação pode afetar as moléculas de água dos tecidos (Baldassari et al., 2008), formando radicais livres instáveis reativos, como o oxigênio, que podem interagir com biomoléculas e causar danos celulares (Fang et al., 2002). Dessa forma, a degradação da água presente no esmalte dental pode resultar em um tecido hipermineralizado e desidratado, se tornando mais suscetível a fratura.

Na literatura (Sheller e Willians, 1996; Kumar et al., 2013; *American Academy on Pediatric Dentistry*, 2013-2014) recomenda-se um período de um a dois anos após o término do tratamento radioterápico para o início do tratamento ortodôntico. Dessa forma, o presente estudo testou a adesão após “envelhecimento” do esmalte dental por meio de termociclagem, aplicando um total de 10.000 ciclos, com temperaturas entre 5°C e 55°C, simulando aproximadamente o período entre um e dois anos na cavidade bucal (Gale e Darvell, 1999). Neste estudo, optou-se por realizar o envelhecimento por meio de termociclagem, pois, por se tratar de um estudo *in vitro*, o tipo de solução de armazenamento dos espécimes e a frequência de troca dessa solução,

poderiam levar a alterações no esmalte dental que poderiam se sobrepor ao processo radioterápico. Pode-se observar um comportamento semelhante entre o esmalte dental do grupo envelhecido e não irradiado com o esmalte dental do grupo envelhecido e irradiado, demonstrando que o processo de envelhecimento do dente não gerou alterações adicionais ao tecido. Assim, no grupo submetido à radioterapia, o fator envelhecimento não provocou alterações significantes capazes de modificar a resposta do processo radioterápico.

Neste estudo, observou-se que os bráquetes metálicos apresentaram valores maiores de resistência ao cisalhamento quando comparados aos bráquetes cerâmicos. Um dos fatores que podem alterar a resistência adesiva dos bráquetes é a caracterização de sua base (Joseph e Rossow, 1990; Ghafari et al., 1992; Sinha et al., 1995; Fleishman et al., 2008; Hudson et al., 2011).

As propriedades físicas da cerâmica são resultado de sua composição atômica, além das ligações iônicas e covalentes existentes que conferem ao material dureza, alta resistência à tensão, baixa resistência à fratura e fricção (Karamouzou et al., 1997, Maltagliati et al., 2006; Jena et al., 2007). A alta resistência à tensão se deve a baixa ductibilidade e alto módulo de elasticidade da cerâmica. A ductibilidade é a capacidade de se deformar sob estresse. O módulo de elasticidade é a relação entre tensão e deformação de materiais sólidos, portanto é necessária grande tensão para deformação do bráquete cerâmico, o que pode acarretar na sua fratura. Quando comparados aos bráquetes metálicos, os cerâmicos deformam menos de 1% da sua estrutura antes da fratura, enquanto os metálicos cerca de 20% (Jena et al., 2007).

Os primeiros bráquetes cerâmicos utilizavam silano para aumentar as pontes moleculares de união entre a base e compósito. Entretanto, muitas vezes durante a remoção desse acessório ortodôntico o esmalte era fraturado (Swartz, 1988; Bishara et al., 1993; Wang et al., 1997). Na tentativa de diminuir fraturas indesejáveis, as retenções químicas são atualmente menos utilizadas que as retenções mecânicas (Bordeaux et al., 1994).

Os bráquetes cerâmicos Radiance, utilizados nessa pesquisa, apresentam microrretenções mecânicas, conferidas pela impregnação de cristais no centro de sua base, sendo essas retenções ausentes na periferia. Essa característica foi introduzida pelos fabricantes na tentativa de facilitar a remoção desse acessório sem causar danos à estrutura do esmalte dental no momento da descolagem. Assim, os valores de resistência adesiva podem ter sido inferiores devido à diminuição da área de retenção da base desses bráquetes gerando fraturas coesivas do cimento resinoso, como visto neste estudo.

Wang et al., (1997) avaliaram a descolagem de bráquetes cerâmicos Fascination e Transcend de retenção química e Lumina e Crystalline de retenção mecânica e encontraram resistência de união maior para os bráquetes de retenção química. Kitahara-Céia et al., (2008) em estudo *in vitro* avaliaram danos ao esmalte após descolagem bráquetes cerâmicos de retenção mecânica, retenção mecânica com polímero e retenção química. No grupo que utilizou bráquetes cerâmicos de retenção química houve maior incidência de danos ao esmalte e também maior força para descolagem. Os grupos que utilizaram retenção mecânica se descolaram mais facilmente, além de manterem maior quantidade de compósito sobre a superfície.

Theodorakopoulo et al. (2004) avaliaram o modo de fratura após a descolagem do bráquete cerâmico policristalino de retenção mecânica Clarity e o monocristalino de retenção mecânica Inspire, ambos com alicate. No grupo que utilizou o bráquete Clarity, 17 colagens apresentaram falha na interface bráquete/compósito e 3 na interface compósito/esmalte. Ao testar o bráquete Radiance, Lon et al. (2013), verificaram em após o teste de cisalhamento que grande parte dos espécimes apresentaram fratura coesiva. Esses resultados se assemelham aos observados na presente pesquisa, onde o tipo de fratura predominante ocorreu na região bráquete/compósito, possivelmente a configuração da base do bráquete influencia na adesão com o compósito. ou seja, a força exercida promoveu descolamento do bráquete/compósito não sendo possível medir-se a real força adesiva entre sistema adesivo e o esmalte dental irradiado.

O bráquete metálico Morelli, utilizado nessa pesquisa, apresenta base com retenção mecânica, em forma de tela e com espaços regulares. Essa característica permite maior adesão, assim como a utilização de outros formatos e alterações na base do bráquete (perfurações, ranhuras ou jateamento) (Weisser, 1973; Thanos et al., 1979; Beltrami et al., 1996). Em retenções do tipo tela, soldando-se fios de diferentes calibres e fazendo cortes na base, é possível aumentar a qualidade da retenção. Quanto maior o espaço entre o trançado da tela maior a força adesiva (Bishara et al., 2004; Wang et al., 2004). Essa característica conferida pelo acréscimo de uma tela à base do bráquete permite um embricamento mecânico entre bráquete e compósito, propiciando fraturas adesivas, conforme os resultados encontrados neste estudo.

Apesar das diferenças entre as médias da resistência adesiva ao cisalhamento dos bráquetes metálicos e cerâmicos, todos os grupos experimentais apresentaram valores considerados clinicamente eficazes. Reynolds e Fraunhofer, em 1976, descreveram que uma resistência média de adesão dos bráquetes entre 5,6 Mpa a 6,8 MPa, seria o suficiente para um bom desempenho clínico, resistindo às forças ortodônticas e mastigatórias. No presente estudo os valores obtidos foram superiores a 10,4 MPa, independente do tipo de bráquete utilizado e mesmo da irradiação e envelhecimento.

Para que não haja fraturas no esmalte dentário, o ideal é que a falha adesiva ocorra na interface bráquete/compósito, com todo o compósito utilizado para colagem aderido ao esmalte, diminuindo a possibilidade de fraturas do esmalte dental. Entretanto, como desvantagem, há a necessidade da remoção mecânica do adesivo remanescente com broca multilaminada (Sinha et al., 1995).

Ao analisarmos o IRA obtido neste estudo e a análise do modo de fratura, demonstrou-se que os bráquetes metálicos, dos grupos controle, permaneceram com parte do compósito aderido em sua base, enquanto os cerâmicos apresentaram fraturas bráquetes/compósito em sua maioria, sendo esses resultados semelhantes com outros estudos que utilizaram esses mesmos bráquetes (Retamoso et al., 2006; Fleishman et al., 2008; Lon et al., 2013).

Ao analisarmos o IRA e o modo de fratura dos grupos que foram submetidos à radiação ionizante, observa-se que, independente do tipo de bráquete, metálico ou cerâmico, houve quantidade maior de remanescente de

compósito no esmalte, sendo encontradas fraturas do tipo coesiva e mista coesiva esmalte/adesiva.

O condicionamento, nesse caso realizado com ácido fosfórico à 37%, altera a superfície do esmalte dental tornando-o mais irregular. Dessa forma, criam-se retenções mecânicas pela penetração do compósito nessas irregularidades. Essas retenções são conhecidas como *tags* e podem aumentar a energia superficial promovendo união mais estável (Gwinnett e Matsui, 1967). No presente estudo, com as imagens da microscopia confocal à laser e microscopia eletrônica de varredura observou-se, qualitativamente, um aumento no tamanho e definição dos *tags* no esmalte dos dentes irradiados. Uma vez que a literatura sugere a exposição da região interprismática do esmalte dental pós-radioterapia (Gonçalves et al., 2014), pode ser que ocorra maior permeabilidade do compósito no substrato, formando *tags* extensos como os observados no presente estudo, aumentando assim a adesão compósito/esmalte, superando a adesão coesiva com o bráquete e diminuindo a possibilidade de fratura do esmalte, aumentando a retenção do acessório ortodôntico.

De acordo com os resultados de resistência ao cisalhamento de nosso estudo, a adesão dos bráquetes metálicos e cerâmicos ao esmalte dental irradiado é eficiente para suportar as movimentações ortodônticas e forças mastigatórias. Entretanto devido à fragilidade do esmalte irradiado, deve-se ter cautela com a remoção do bráquete ao final do tratamento para que a adesão bráquete/esmalte não seja suficiente para deslocar o esmalte dental. Assim, sugere-se utilizar bráquetes com menor adesão coesiva ao compósito.

O uso de bráquetes cerâmicos deve ser melhor avaliado, pois, devido às suas características de baixa ductibilidade e alta resistência, poderiam causar danos aos dentes antagonistas, principalmente em dentes submetidos a radioterapia, onde estudos anteriores verificaram alterações significativas nas suas propriedades mecânicas, químicas e morfológicas (Gonçalves et al., 2014). Assim, sugere-se que mais estudos sejam realizados nesse sentido, além de outros que avaliem diversos modelos de bráquetes, desde o material de sua confecção até as características da base.

A extrapolação clínica de resultados de estudos *in vitro* deve ser cautelosa, ainda mais quando estuda-se alterações do esmalte dental pós radioterapia, pois sabe-se que esses pacientes além de apresentarem alterações do próprio esmalte, apresentam também mudanças significativas no padrão de dieta, composição e fluxo salivar e dos padrões de higiene bucal, além de mudanças no perfil emocional, relacionadas a própria doença.

Enfatiza-se que estudos avaliando tratamento odontológico pós-radioterapia, principalmente na região de cabeça e pescoço, são de fundamental importância do ponto de vista clínico, entretanto ainda escassos na literatura. Sendo assim, sugerimos que novos estudos sejam realizados, avaliando-se além do comportamento dos tecidos dentais, também o comportamento das estruturas de suporte envolvidas na movimentação ortodôntica, para que se possa atuar com maior segurança frente a esse grupo de pacientes.

CONCLUSÃO

- O esmalte dental irradiado apresentou menor resistência coesiva quando submetido ao teste de microcisalhamento;
- A adesão de bráquetes ortodônticos, metálicos ou cerâmicos, colados em esmalte de dentes submetidos à irradiação apresentaram valores expressivos de resistência ao cisalhamento.
- O grupo submetido à radiação apresentou predominantemente fratura bráquete/compósito,
- Os *tags* de resina formados na interface compósito/esmalte apresentaram-se extenso e mais profundos no grupos irradiado.

REFERÊNCIAS

1. Adelstein DJ. Systemic chemotherapy for squamous cell head and neck cancer. *Expert Opin Pharmacother* 2003;4:2151-63.
2. Allison P, Franco E, Black M, Feine J. The role of professional diagnostic delays in the prognosis of upper aerodigestive tract carcinoma. *Oral Oncol* 1998;34:147-53.
3. al-Nawas B, Grötz KA, Rose E, Duschner H, Kann P, Wagner W. Using ultrasound transmission velocity to analyse the mechanical properties of teeth after in vitro, in situ, and in vivo irradiation. *Clin Oral Investig* 2000;4(3):168-72.
4. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Techniques for the production of dental eroded lesions in vitro. *J Oral Rehabil* 1999;26:97-102.
5. American Academy of Pediatric Dentistry Clinical Affairs Committee, American Academy of Pediatric Dentistry Council on Clinical Affairs. Guideline on dental management of pediatric patients receiving chemotherapy, hematopoietic cell transplantation, and/or radiation. *Pediatr Dent* 2013-2014;30:219-25.
6. Anneroth G, Holm LE, Karlsson G. The effect of radiation on teeth. A clinical, histologic and microradiographic study. *Int J Oral Surg* 1985;14(3):269-74.
7. Armstrong S, Geraldini S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater*. 2010;26:e50-62.
8. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984;85:333-40.
9. Azzeh E; Feldon PJ. Laser debonding of ceramic brackets: A comprehensive review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;123:79-83.
10. Baldassari M, Margolis HC, Beniash E. Compositional determinants of mechanical properties of enamel. *J Dent Res* 2008;(87):645-9.
11. Baker DG. The radiobiological basis for tissue reactions in the oral cavity following therapeutic x-irradiation. A review. *Arch Otolaryngol* 1982;108(1):21-4.
12. Barkmeier WW, Erickson RL. Shear bond strength of composite to enamel and dentin using scotchbond multi-purpose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;7(3):175-9.

13. Beltrami LER, Freitas CA, Martins DR. Braquetes com sulcos retentivos na base, colados clinicamente e removidos em laboratórios por testes de tração, cisalhamento e torção. *Ortodontia* 1996;29(2):27-9.
14. Bishara SE, Fehr DE, Jacobsen JR. A comparative study of the debonding strengths of different ceramic brackets, enamel conditioners, and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:170-9.
15. Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Ajlouni R. The effect of variation in mesh-base design on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2004;74(3):400-4.
16. Bordeaux JM, Moore RN, Bagby MD. Comparative evaluation of ceramic bracket base designs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105:552-60.
17. Bouda M, Gorgoulis VG, Kastrinakis NG, Giannoudis A, Tsoli E, Danassi-Afentaki D, Foukas P, Kyroudi A, Laskaris G, Herrington CS, Kittas C. "High risk" HPV types are frequently detected in potentially malignant and malignant oral lesions, but not in normal oral mucosa. *Mod Pathol* 2000;13:644-53.
18. Braakhuis BJ, Leemans CR, Brakenhoff RH. Expanding fields of genetically altered cells in head and neck squamous carcinogenesis. *Semin Cancer Biol* 2005;15(2):113-20.
19. Bulucu B, Avsar A, Demiryürek EO, Yesilyurt C. Effect of radiotherapy on the microleakage of adhesive systems. *J Adhes Dent* 2009;11:305-9.
20. Calman K, Hine D. A policy framework for commissioning cancer services: A report by the expert advisory group on cancer to the chief medical officers of England and Wales. Department of Health, 1995.
21. Casiglia J, Woo SB. A comprehensive review of oral cancer. *Gen Dent* 2001;49(1):72-82.
22. Chaachouay H, Ohneseit P, Toulany M, Kehlbach R, Multhoff G, Rodemann HP. Autophagy contributes to resistance of tumor cells to ionizing radiation. *Radiother Oncol*. 2011;99:287-92.
23. De Menezes Oliveira MA, Torres CP, Gomes-Silva JM, Chinelatti MA, De Menezes FC, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. *Microsc Res Tech* 2010;73(5):572-7.
24. Dimitroulis G, Reade P, Wiesenfeld D. Referral patterns of patients with oral squamous cell carcinoma, Australia. *Eur J Cancer B Oral Oncol* 1992;28B:23-7.

25. Döbrossy L. Epidemiology of head and neck cancer: magnitude of the problem. *Cancer Metastasis Rev* 2005;24(1):9-17.
26. Engelmeier RL, King GE. Complications of head and neck radiation therapy and their management. *J Prosthet Dent* 1983;49:514-22.
27. Epstein JB, Ransier A, Sherlock CH, Spinelli CH, Reece D. Acyclovir prophylaxis of oral herpes virus during bone marrow transplantation. *Eur J Cancer B Oral Oncol* 1996;32:158-62.
28. Fang YZ, Yang S, Wu G. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 2002;18(10):872-9.
29. Fisher BV, Morgan RE, Philips GO, Wardale HW. Radiation damage in calcium phosphates and collagen: an interpretation of ESR spectra. *Radiat Res* 1971;46(2):229-35.
30. Fleishman LA, Sobral MC, Santos Jr GC, Habib F. Estudo comparativo de seis tipos de bráquetes ortodônticos quanto à força de adesão. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial* 2008;13(4):107-16.
31. Franceschi D, Gupta R, Spiro RH, Shah JP. Improved survival in the treatment of squamous carcinoma of the oral tongue. *Am J Surg* 1993;166:360-5.
32. Fränzel W, Gerlach R. The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons--a nanoindenter study. *Z Med Phys* 2009;19(1):5-10.
33. Gale MS, Darvel BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99.
34. Ghafari J, Skanky T, Mante F. Shear bond strength of two ceramic brackets. *J Clin Orthod* 1992; 26(8):491-3.
35. Ghafari J. Problems associated with ceramic brackets suggest limiting use to selected teeth. *Angle Orthod* 1992;62:145-52.
36. Giannini M, Soares CJ, de Carvalho RM. Ultimate tensile strength of tooth structures. *Dent Mater* 2004;20(4):322-9.
37. Gonçalves LMN, Palma-Dibb RG, Paula-Silva FWG, Oliveira HF, Nelson-Filho P, Silva LAB, Queiroz AM. Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth. *J Dent* 2014; 42:986-92.
38. Grötz KA, Duschner H, Kutzner J, Thelen M, Wagner W. Histotomography studies of direct radiogenic dental enamel changes. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1998;2:85-90.

39. Grötz KA, Duschner H, Kutzner J, Thelen M, Wagner W. New evidence for the etiology of so-called radiation caries. Proof for directed radiogenic damage of the enamel-dentin junction. *Strahlenther Onkol* 1997;173:668-76.
40. Gwinnett AJ. Structure and composition of enamel. *Oper Dent* 1992;Suppl 5:10-7.
41. Gwinnett AJ, Matsui AA. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arc. Oral Bio* 1967;23:1615-19.
42. Hannig M, Dounis E, Henning T, Apitz N, Stösser L. Does irradiation affect the protein composition of saliva? *Clin Oral Investig* 2006;10(1):61-5.
43. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, Sinhoreti MA. Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent* 1999;12(4):181-4.
44. Hollows P, McAndrew PG, Perini MG. Delays in the referral and treatment of oral squamous cell carcinoma. *Br Dent J* 2000;188:262-5.
45. Huber MA, Terezhalmay GT. The head and neck radiation oncology patient. *Quintessence Int* 2003;34(9):693-717.
46. Hudson AP, Grobler SR, Harris AM. Orthodontic molar brackets: the effect of three different base designs on shear bond strength. *Int J Biomed Sci* 2011;7(1):27-34.
47. Iamarrom A, Pattanaporn K, Pongsiriwet S, Wanachantarak SW, Prapayasatok S, Jittidecharaks S, et al. Analysis of 587 cases of oral squamous cell carcinoma in northern Thailand with a focus on young people. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:84-8.
48. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Programa de Qualidade em Radioterapia, Curso de Atualização para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro, 2000.
49. Instituto Nacional do Câncer – INCA (2010). Estatísticas do câncer [Internet] Disponível em: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2010>. Acesso em 13 out. 2014.
50. Instituto Nacional do Câncer – INCA (2014) [Internet] Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/sobreinca/site/oinstituto>. Acesso em 13 out. 2014.
51. Jameson MW, Hood JA, Tidmarsh BG. The effects of dehydration and rehydration on some mechanical properties of human dentine. *J Biomech* 1993;26(9):1055-65.

52. Jansma J, Buskes JA, Vissink A, Mehta DM, Gravenmade EJ. The effect of X-ray irradiation on the demineralization of bovine dental enamel. A constant composition study. *Caries Res* 1988;22:199-203.
53. Jansma J, Borggreven JM, Driessens FC, 's-Gravenmade EJ. Effect of X-ray irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Caries Res* 1990;24(3):164-8.
54. Jansma J, Vissink A, Spijkervet FK, Roodenburg JL, Panders AK, Vermey A, et al. Protocol for the prevention and treatment of oral sequelae resulting from head and neck radiation therapy. *Cancer* 1992;70:2171-80.
55. Jansma J, Vissink A, Jongebloed WL, Retief DH, Johannes 's-Gravenmade E. Natural and induced radiation caries: A SEM study. *Am J Dent* 1993;6(3):130-6.
56. Jena AK, Duggal R, Mehrotra AK. Physical properties and clinical characteristics of ceramic brackets: a comprehensive review. *Trends Biomater Artif Organs* 2007;20:201-19.
57. Jervoe P. X-ray diffraction investigation on the effect of experimental and in situ radiation on mature human teeth. A preliminary report. *Acta Odontol Scand* 1970;28:623-31.
58. Jham BC, da Silva Freire AR. Oral complications of radiotherapy in the head and neck. *Braz J Otorhinolaryngol* 2006;72:704-8.
59. Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and lightactivated composite resins. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 97:121-5.
60. Karamouzou A, Athanasiou AE, Papadopoulos MS. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: A comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112:34-40.
61. Kavaguti AF, Gianini M, Soares CJ. Resistência adesiva em substrato de esmalte humano, bovino e suíno. *Pesqui Odontol Bras* 2001;15:30.
62. Kielbassa AM, Beetz I, Schendera A, Hellwig E. Irradiation effects on microhardness of fluoridated and non-fluoridated bovine dentin. *Eur J Oral Sci* 1997;105:444-7.
63. Kielbassa AM, Wrbas KT, Schulte-Mönting J, Hellwig E. Correlation of transversal microradiography and microhardness on in situ-induced demineralization in irradiated and nonirradiated human dental enamel. *Arch Oral Biol*. 1999;44(3):243-51.
64. Kielbassa AM. *In situ* induced demineralization in irradiated and non-irradiated human dentin. *Eur J Oral Sci* 2000;108:214-21.

65. Kielbassa AM, Hinkelbein W, Hellwig E, Meyer-Lückel H. Radiation-related damage to dentition. *Lancet Oncol* 2006;7(4):326-35.
66. Kim ES, Hong WK, Khuri FR. Chemoprevention of aerodigestive tract cancers. *Annu Rev Med* 2002;53:223-43.
67. Kithara-Céia FM, Mucha JN, Santos PAM. Assessment of enamel damage after removal of ceramic brackets: na ex vivo study. *BJO* 1997; 24:237-42.
68. Kojima A, Maeda H, Sugita Y, Tanaka S, Kameyama Y. Human papillomavirus type 38 infection in oral squamous cell carcinomas. *Oral Oncol* 2002;38:591-6.
69. Koppikar P, DeVilliers EM, Mulherkar R. Identification of human papillomaviruses in tumors of the oral cavity in an Indian community. *Int J Cancer* 2005;113:946-50.
70. Kumar N, Broke A, Burke M, John R, O'Donnell A, Soldani F. The oral management of oncology patients requiring radiotherapy, chemotherapy and/or bone marrow transplantation. *Faculty Dental J* 2013; 4:200-3.
71. Lim KP, Hamid S, Lau SH, Teo SH, Cheong SC. HPV infection and the alterations of the pRB pathway in oral carcinogenesis. *Oncol Rep* 2007;17:1321-6.
72. Llewellyn CD, Linhlater K, Bell J, Johnson NW, Warnakulasuriya S. An analysis of risk factors for oral cancer in young people: a case-control study. *Oral Oncol* 2004;40:304-13.
73. Llewellyn CD, Johnson NW, Warnakulasuriya KA. Risk factors for squamous cell carcinoma of the oral cavity in young people—a comprehensive literature reviews. *Oral Oncol* 2001;37:401-18.
74. Lon LFS, Camargo ES, Guariza FO, Tanaka O. Shear bond strength of monocrySTALLine ceramic brackets: in vitro study. *Rev Clín Ortodon Dental Press* 2013;11(6):74-80.
75. Lothaire P, de Azambuja E, Dequanter D, Lalami Y, Sotiriou C, Andry G, Castro G Jr, Awada A. Molecular markers of head and neck squamous cell carcinoma: promising signs in need of prospective evaluation. *Head Neck* 2006;28(3):256-69.
76. Maltagliati LA, Feres R, De Figueiredo MA, Siqueira DF. Bráquetes estéticos – considerações clínica. *Ver CLin Ortodon Dental Press* 2006;5:89-95.

77. Markitziu A, Gedalia I, Rajstein J, Grajover R, Yarshanski O, Weshler Z. In vitro irradiation effects on hardness and solubility of human enamel and dentin pretreated with fluoride. *Clinical Prevent Dent* 1986;8:4-7.
78. Mealey BL, Semba SE, Hallmon WW. The head and neck radiotherapy patient: Part 2 – management of oral complications. *Compend Contin Educ Dent* 1994;15:442-58.
79. Meckel AH, Griebstein WJ, Neal RJ. Structure of mature human dental enamel as observed by electron microscopy. *Arch Oral Biol* 1965;10(5):775-83.
80. Mellara TS, Palma-Dibb RG, Oliveira HF, Paula-Silva FWG, Nelson-Filho P, Silva RAB, Silva LAB, Queiroz AM. The effect of radiation therapy on the mechanical and morphological properties of the enamel and dentin of deciduous teeth—an in vitro study. *Radiat Oncol* 2014;9:30.
81. Myers JN, Elkins T, Roberts D, Byers RM. Squamous cell carcinoma of the tongue in young adults: increasing incidence and factors that predict treatment outcomes. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;122:44–51.
82. Naves LZ, Novais VR, Armstrong SR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Effect of gamma radiation on bonding to human enamel and dentin. *Support Care Cancer*. 2012; 20:2873-8.
83. Novaes PERS. Radioterapia. In: Brentani MM, Coelho FRG, Iyeyasu H, Kowalski LP. *Bases da oncologia*. 1 ed. São Paulo: ED. Marina;1998.
84. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(5):514-9.
85. Olsen ME, Bishara SE, Jakobsen JR. Evaluation of the shear bond strength of different ceramic bracket base designs. *Angle Orthod* 1997;67(3):179-82.
86. Otmani N. Oral and maxillofacial side effects of radiation therapy on children. *J Can Dent Assoc* 2007;73(3):257-61.
87. Pintos J, Black MJ, Sadeghi N, Ghadirian P, Zeitouni AG, Viscidi RP, Herrero R, Coutlée F, Franco EL. Human papillomavirus infection and oral cancer: a case-control study in Montreal, Canada. *Oral Onco* 2008;44:242–50.
88. Pioch T, Golfels D, Staehle HJ. An experimental study of the stability of irradiated teeth in the region of the dentinoenamel junction. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:241-4.
89. Pitiphat W, Diehl SR, Laskaris G, Cartsos V, Douglas CW, Zavras AI. Factors associated with delay in the diagnosis of oral cancer. *J Dent Res* 2002;81:192-7.

90. Pitman KT, Johnson JT, Wagner RL, Myers EN. Cancer of the tongue in patients less than forty. *Head Neck* 2000;22:297–302.
91. Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater* 2007;23:1086-92.
92. Ramirez-Amador V, Silverman S Jr, Mayer P, Tyler M, Quivey J. Candidal colonization and oral candidiasis in patients undergoing oral and pharyngeal radiation therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84:149-53.
93. Ramos RP, Chinelatti MA, Chimello DT, Borsatto MC, Pécora JD, Palma-Dibb RG. Bonding of self-etching and total-etch systems to Er:YAG laser-irradiated dentin. Tensile bond strength and scanning electron microscopy. *Braz Dent J* 2004;15 Spec No:SI9-20.
94. Reeves GW, Fitchie JG, Hembre Jr JH, Puckett AD. Microleakage of new dentin bonding system using human and bovine teeth. *Oper Dent* 1995;20(6):230-5.
95. Retamoso LB, Collares FM, Samuel SMW, Ferreira ES. Influência do sistema adesivo na resistência de união de “braquetes”: um estudo “in vitro”. *R Fac Odontol Porto Alegre* 2006;47(3):14-6.
96. Reynolds IR, Fraunhofer JA. Direct bonding in orthodontics: A comparison of attachments. *Br J Orthod* 1976; 4(2):65-9.
97. Ritchie JM, Smith EM, Summersgill KF, Hoffman HT, Wang D, Klusmann JP, Turek LP, Haugen TH. Human papillomavirus infection as a prognostic factor in carcinomas of the oral cavity and oropharynx. *Int J Cancer* 2003;104:336-44.
98. Rittà M, De Andrea M, Mondini M, Mazibrada J, Giordano C, Pecorari G, Garzaro M, Landolfo V, Schena M, Chiusa L, Landolfo S. Cell cycle and viral and immunologic profiles of head and neck squamous cell carcinoma as predictable variables of tumor progression. *Head Neck* 2009;31:318-27.
99. Romano FL, Tavares SW, Ramalli EL, Magnani MBBA, Nouer DF. Análise *in vitro* da resistência ao cisalhamento de bráquetes metálicos colados em incisivos bovinos e humanos. *R Dentak Press Ortodon Ortop Facial* 2004,9(6):63-9.
100. Santos JE, Quioca J, Loguercio AD, Reis A. Six-month bracket survival with a self-etch adhesive. *Angle Orthodontist* 2006;76:863-8.

101. Sheller B, Williams B. Orthodontic management of patients with hematologic malignancies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:575-80.
102. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater* 2002;18:380-8.
103. Sinha PK, Nanda RS, Duncanson MG, Hosier MJ. Bond strengths and remnant adhesive resin on debonding for orthodontic bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108:302-7.
104. Smith EM, Ritchie JM, Summersgill KF, Klusmann JP, Lee JH, Wang D, Haugen TH, Turek LP. Age, sexual behavior and human papillomavirus infection in oral cavity and oropharyngeal cancers. *Int J Cancer* 2004;108:766-72.
105. Soares CJ, Castro CG, Neiva NA, Soares PV, Santos-Filho PC, Naves LZ, Pereira PN. Effect of gamma irradiation on ultimate tensile strength of enamel and dentin. *J Dent Res* 2010;89:159-64.
106. Soares CJ, Neiva NA, Soares PB, Dechichi P, Novais VR, Naves LZ, Marques MR. Effects of chlorhexidine and fluoride on irradiated enamel and dentin. *J Dent Res* 2011;90:659-64.
107. Sorel O, El Alam R, Chagneau F, Cathelineau G. Comparison of bond strength between simple foil mesh and laser-structured base retention brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(3):260-6.
108. Spears IR. A three-dimensional finite element model of prismatic enamel: a re-appraisal of the data on the Young's modulus of enamel. *J Dent Res* 1997;76(10):1690-7.
109. Springer IN, Niehoff P, Warnke PH, Böcek G, Kovács G, Suhr M, Wiltfang J, Açil Y. Radiation caries--radiogenic destruction of dental collagen. *Oral Oncol* 2005;41:723-8.
110. Stack MV. Organic constituents of enamel. *J Am Dent Assoc* 1954;48(3):297-306.
111. Swartz ML. Ceramic brackets. *J Clin Orthod* 1988;22:82-8.
112. Ten Cate histologia oral: desenvolvimento, estrutura e função. 7. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
113. Thanos CE, Munholland T, Caputo AA. Adhesion of mesh-base direct-bonding brackets. *Am J Orthod* 1979;75(4):421-30.

114. Theodorakopoulou LP, Sadowsky PL, Jacobson A, Lacefield W Jr. Evaluation of the debonding characteristics of 2 ceramic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:329-36.
115. Tromp DM, Brouha XD, Hordijk GJ, Winnubst JA, De Leeuw JR. Patient factors associated with delay in primary care among patients with head and neck carcinoma: a case series analysis. *Fam Pract*. 2005;22:554-9.
116. Urabe I, Nakajima S, Sano H, Tagami J. Physical properties of the dentin-enamel junction region. *Am J Dent* 2000;13(3):129-35.
117. US National Cancer Institute. Cancer statistics 2013. [Internet] Disponível em <http://www.cancer.gov/statistics>. Acesso em 13 nov. 2013.
118. Vaughan ED. An analysis of morbidity following major head and neck surgery with particular reference to mouth function. *J Maxillofac Surg* 1982;10:129-34.
119. Vissink A, Burlage FR, Spijkervet FK, Jansma J, Coppes RP. Prevention and treatment of the consequences of head and neck radiotherapy. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003a;14(3):213-25.
120. Vissink A, Jansma J, Spijkervet FK, Burlage FR, Coppes RP. Oral sequelae of head and neck radiotherapy. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2003b;14(3):199-212.
121. Vuotila T, Ylikontiola L, Sorsa T, Luoto H, Hanemaaijer R, Salo T, Tjäderhane L. The relationship between MMPs and pH in whole saliva of irradiated head and neck cancer patients. *J Oral Pathol Med*. 2002;31(6):329-38.
122. Walker MP, Wichman B, Cheng AL, Coster J, Williams KB. Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients. *Pract Radiat Oncol* 2011;1:142-8.
123. Wang WN, Li CH, Chou TH, Wang DD, Lin LH, Lin CT. Bond strength of various bracket base designs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(1):65-70.
124. Wang WN, Meng CL, Tarng TH. Bond strength: a comparison between chemical coated and mechanical interlock bases of ceramic and metal brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:374-81.
125. Weisser JIA. A successful method for bonding stainless steel brackets and auxiliaries. *J Clin Orthod* 1973;7(10):637-45.

126. White SN, Luo W, Paine ML, Fong H, Sarikaya M, Snead ML. Biological organization of hydroxyapatite crystallites into a fibrous continuum toughens and controls anisotropy in human enamel. *J Dent Res*. 2001;80(1):321-6.
127. Zhou JK, Hsiung LL. Biomolecular origin of the rate-dependent deformation of prismatic enamel. *Appl Phys Lett* 89-51904, 2006.

Anexo 1

Aprovação do Comitê de Ética

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS COLADOS EM DENTES EXPOSTOS À RADIOTERAPIA

Pesquisador: Gabriela Cristina Santin

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 28130114.7.0000.5419

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 662.331

Data da Relatoria: 26/05/2014

Apresentação do Projeto:

A cada ano, no mundo, cerca de 780 mil novos casos de câncer de cabeça e pescoço são diagnosticados, ocupando a quinta posição na lista das neoplasias mais frequentes. A radioterapia, que utiliza radiação ionizante como agente terapêutico, é amplamente utilizada para o tratamento do câncer de cabeça e pescoço podendo ser indicada como terapia primária, coadjuvante ao tratamento cirúrgico e a quimioterapia ou como tratamento paliativo em estágios finais e inoperáveis da doença. O tratamento com a radioterapia pode apresentar efeitos colaterais e sequelas indesejáveis na cavidade bucal como mucosite, xerostomia, perda de paladar, trismo, perda do ligamento periodontal, alterações microvasculares, necrose de tecidos moles, osteorradiationecrose e cárie dentária.

Além disso, estudos demonstraram que pode haver alterações na estrutura de esmalte e dentina ou aumentando microdureza, aumentando solubilidade, reduzindo a estabilidade da junção amelodentinária e resultando em perda de esmalte, atrofia dos processos odontoblásticos e obliteração dos túbulos dentinários, perda da estrutura dos prismas de esmalte, fraturas da estrutura dental ao cisalhamento, destruição de colágeno, aumento na porcentagem de cálcio e redução de oxigênio no esmalte, desorganização de esmalte e dentina apresentando uma superfície amorfa e presença de fendas e túbulos dentinários destruídos.

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3602-0251

Fax: (16)3602-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 662.331

Com o avanço dos tratamentos oncológicos e o diagnóstico precoce da doença as taxas de sobrevida e cura aumentaram nas últimas décadas. Dessa forma, cada vez mais os dentistas estão propensos a atender pacientes com histórico de tratamento de câncer, sendo necessários procedimentos que proporcionem melhora na saúde bucal e geral, assim como na qualidade de vida do indivíduo.

Entretanto, a literatura é escassa quanto ao período ideal para intervenção ortodôntica pós-radioterapia, e os poucos dados existentes variam entre um e dois anos após o fim do tratamento. O tratamento ortodôntico, para ser realizado, necessita da colagem de bráquetes na superfície dental, a qual poderá apresentar alterações estruturais em pacientes com histórico de radioterapia.

Restaurações adesivas em esmalte irradiado demonstraram menor resistência à tração e maior suscetibilidade a fraturas coesivas, entretanto, não há na literatura estudos que demonstrem a resistência da colagem de bráquetes ortodônticos em dentes irradiados.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo será avaliar, in vitro, a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos colados em superfície dentária que foram submetidos à radiação, simulando tratamento radioterápico para câncer em região de cabeça e pescoço.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não haverá riscos, uma vez que o material exposto serão dentes provenientes do banco de dentes da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto.

Com essa pesquisa, será possível saber se braquetes colados em dentes pós radioterapia podem sofrer alteração na resistência.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante e os potenciais benefícios justificam sua execução.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Com a inclusão da Autorização da Infraestrutura do HCRP e do departamento, e a atualização do cronograma, conforme solicitado pelo Comitê anteriormente, todos os termos necessários foram apresentados.

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-0251

Fax: (16)3602-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 662.331

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Protocolo aprovado. Os relatórios (parciais/final) deverão ser encaminhados, utilizando-se da opção “Enviar Notificação” (descrita no Manual “Submeter Notificação”, disponível na Central de Suporte – canto superior direito do portal www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Avaliação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme deliberado na 165ª R.O. do CEP.

RIBEIRÃO PRETO, 27 de Maio de 2014

Assinado por:
Simone Cecilio Hallak Regalo
(Coordenador)

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3602-0251

Fax: (16)3602-4102

E-mail: cep@forp.usp.br