

---

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**POLYANA BESERRA CARVALHO SHAHRZAD**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ARMAZENAGEM E DA RADIAÇÃO NA RUGOSIDADE  
SUPERFICIAL E NA MICRODUREZA DE UMA RESINA ACRÍLICA E UMA RESINA  
COMPOSTA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a  
obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde  
pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da  
Saúde da Universidade de Brasília.

Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Úrsula Rocha Fernandes

**BRASÍLIA**

**2014**

---

---

# DADOS CURRICULARES

POLYANA BESERRA CARVALHO SHAHRZAD

NASCIMENTO 27/12/1982 – TERESINA-PI

FILIAÇÃO Edivan Batista Carvalho  
Francisca Núbia Beserra Carvalho

2005/2010 Graduação  
Universidade de Brasília – UnB

2009 Curso de Aperfeiçoamento em Odontologia Estética. Escola de  
Aperfeiçoamento em Odontologia – EAP-DF.

2011 Curso de Atualização em Endodontia: Aplicações e utilização do  
sistema rotatório em Endodontia; e Terapêutica Medicamentosa  
em Endodontia. Prof. Dr. Ricardo Affonso Bernardes – DF.

2013 Curso de Imersão em Facetas Cerâmicas. Imersão Dental – DF.

---



DEDICO ESTE TRABALHO...

---

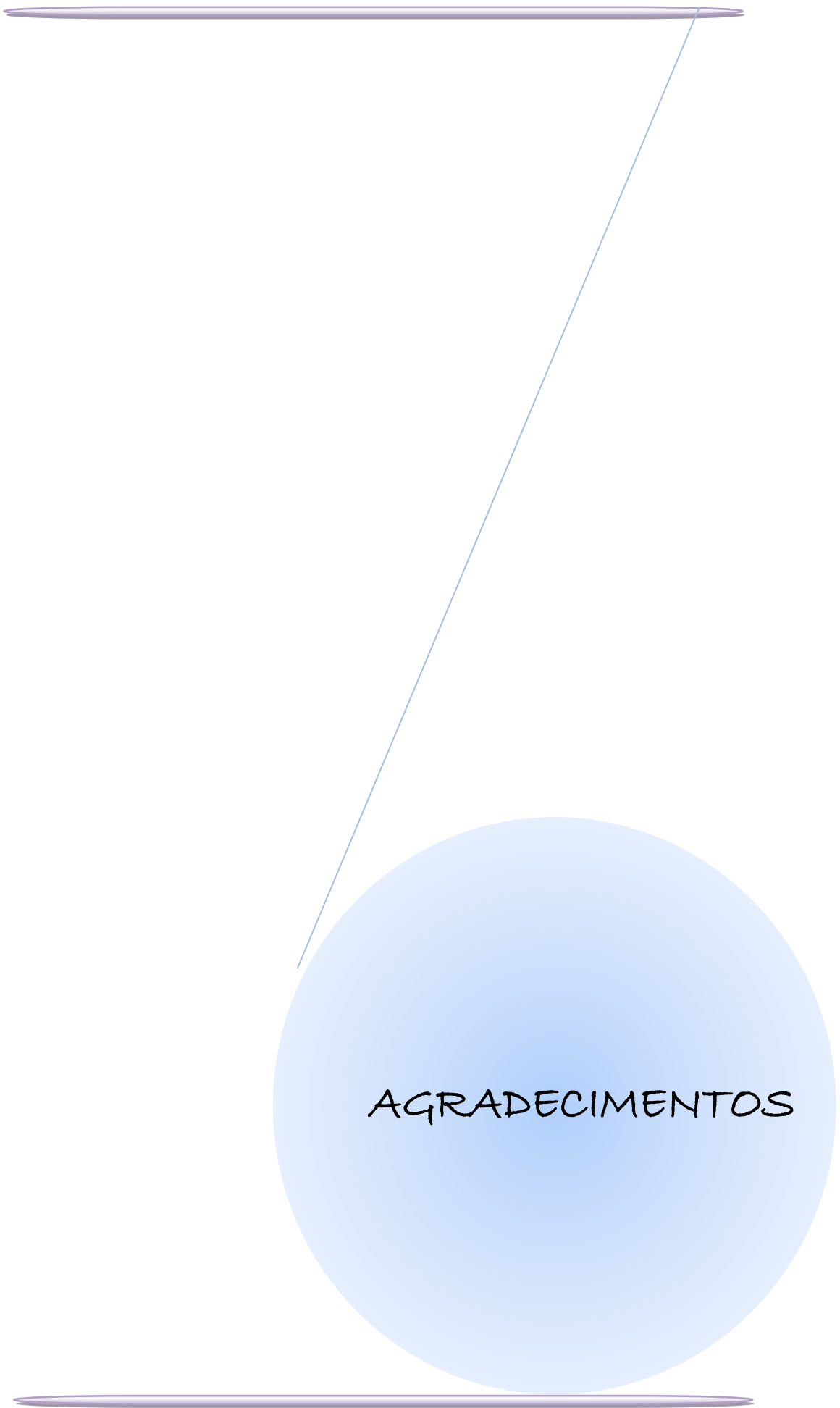
Ao meu esposo, Mehdi, pelo incentivo na busca das minhas conquistas profissionais, pelo companheirismo e amizade. Por ter me feito ter uma Fé nas boas coisas. Eu te amo.

Ao meu pai, Edivan, por ter me passado os melhores valores de um ser humano, dentre eles o gosto pelo estudo e a honestidade. Pelo amor e incentivo incondicionais, por ser meu herói.

À minha mãe, Núbia, pelo amor incondicional e pela ajuda nas infinitas vezes que precisei para poder me concentrar neste projeto. Obrigada meu Deus por esse anjo na minha vida.

Aos meus irmãos, Edivan Junior e Emílio, pela confiança no meu potencial, amo muito vocês e sinto falta da convivência diária.

---



AGRADECIMENTOS

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força e dedicação, por ter me cercado de pessoas que acreditavam em mim e não me deixaram desistir em muitos momentos, por ter me dado a oportunidade de estudar e querer sempre mais aperfeiçoar o conhecimento e por ter me dado o dom de querer ajudar as pessoas.

À Universidade de Brasília por ter me proporcionado grandes momentos na minha vida acadêmica.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Úrsula Rocha Fernandes por ter me apresentado o gosto pela Prótese Dentária e ter confiado em mim para a realização do mestrado sob sua orientação.

À professora Fernanda Cristina Pimentel Garcia, ao professor Antônio Carlos Elias e ao professor Paulo Tadeu Souza Figueiredo, por terem aceitado o convite para fazerem parte da minha banca examinadora. Obrigada pela compreensão, atenção e contribuição, sinto-me honrada.

Ao Sr. Samuel Ramalho Avelino, chefe do Departamento de Física Médica e Radioterapia do Hospital Universitário de Brasília, por sua disponibilidade e entusiasmo para a realização da radiação das amostras.

Ao Sr. Tarsis de Oliveira Queiroz, técnico do Laboratório de Metrologia da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, por sua disponibilidade e apoio na realização das leituras no equipamento rugosímetro.

---

---

Ao Prof. Rodrigo Muñoz, do Departamento de Engenharia Mecânica, por ter disponibilizado o equipamento para a realização dos testes de microdureza, pela disponibilidade e apoio.

Ao protético Lair Carlos da Silveira, por ter disponibilizado seu laboratório para confecção das amostras.

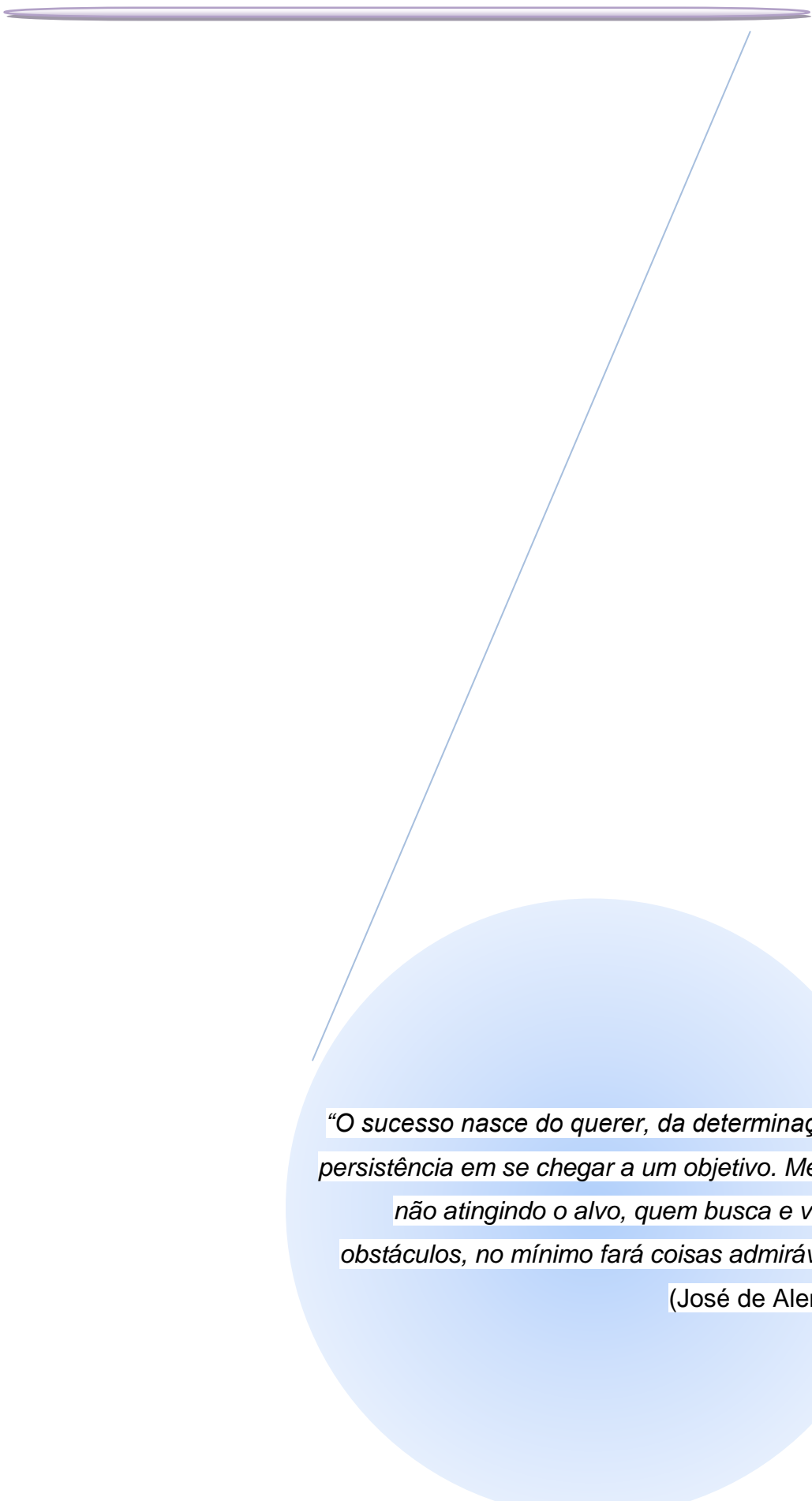
À Prof<sup>a</sup>. Palloma Vieira Muterlle, por ter disponibilizado o equipamento para o polimento das amostras.

Às amigas que fiz durante o mestrado, Alana Maia e Juliana Fiuza, obrigada pela amizade, apoio e ombro (e ouvido) amigo.

Às amigas Ana Cecília, Larissa Junqueira e Lara Lúcia, pelo amor, pelo abraço e alegria que recebi em todos os momentos que mais necessitei. Minhas madrinhas, não sei como agradecer por todo amor recebido!

Aos meus pacientes, pela paciência e compreensão pela minha ausência na clínica.

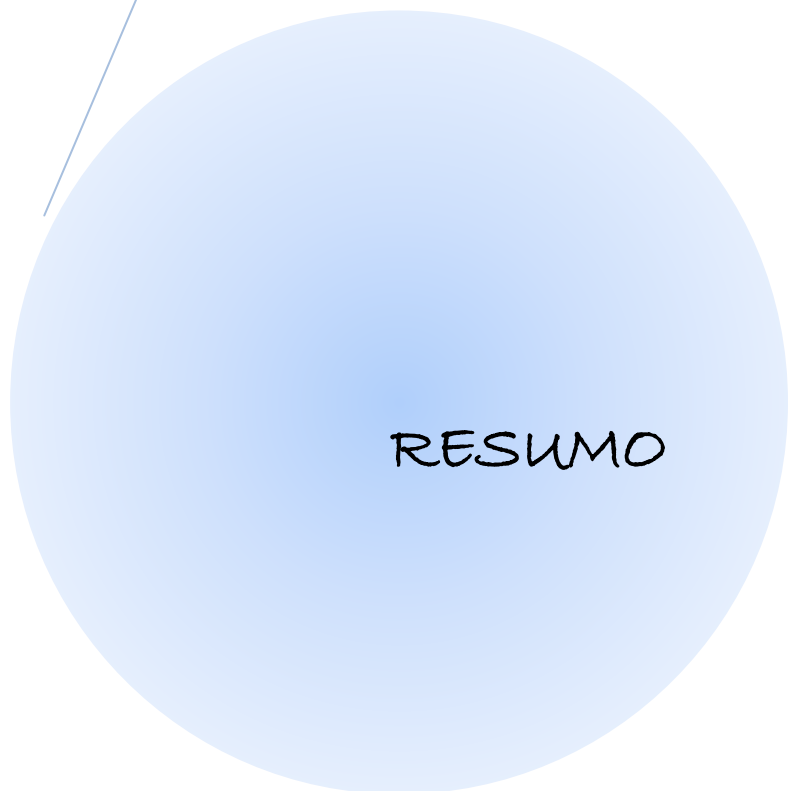
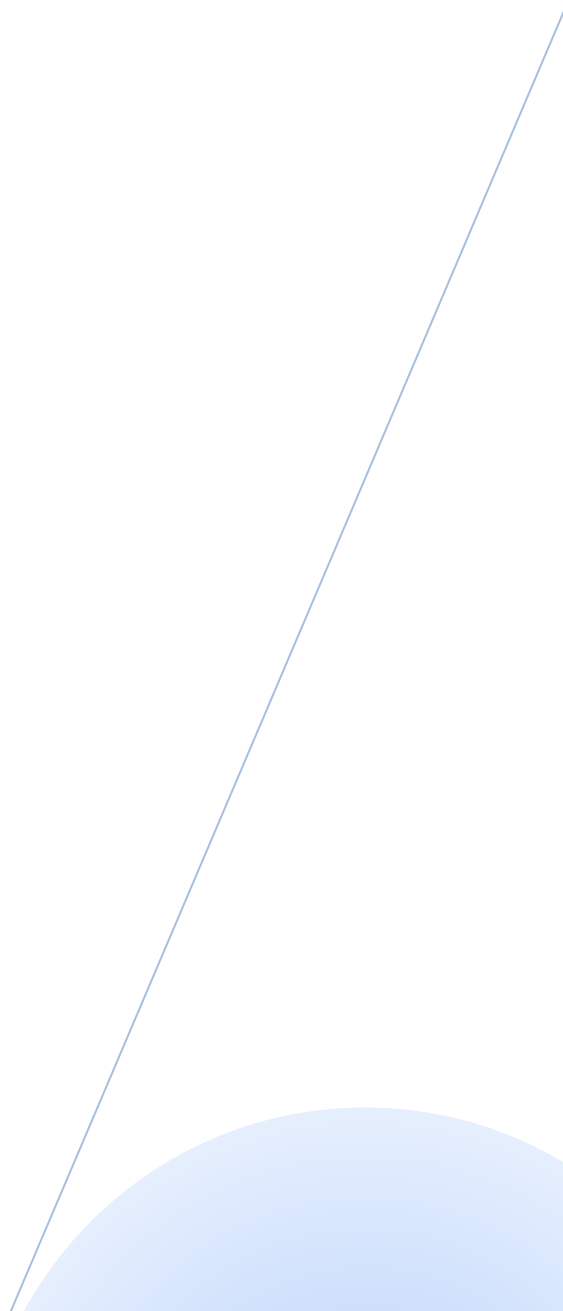
---



*"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis."*

*(José de Alencar)*





RESUMO



---

SHAHRZAD PBC. Avaliação do efeito da armazenagem e da radiação na rugosidade superficial e na microdureza de uma resina acrílica e uma resina composta. [dissertação]. Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

## RESUMO

Neste estudo, foram analisadas as propriedades de rugosidade superficial e microdureza de dois tipos de resinas utilizadas na confecção de próteses dentárias (Vipi Cril, Vipi, Brasil) e em restaurações diretas (Llis, Dentsply, Brasil). Foram confeccionadas 20 amostras para cada grupo de resina: G1 (amostras imersas em água destilada) e G2 (amostras imersas em solução à base de cola). Todas as amostras foram irradiadas com 70Gy (dose única) e submetidas à análise da rugosidade média (Ra) e da microdureza Vickers (HV) antes e após a radiação com raio X de alta dosagem em um acelerador linear. Os dados foram tabulados e foram submetidos ao teste t, demonstrando que a radiação não provocou alterações estatisticamente significantes nas propriedades avaliadas na resina acrílica, dentro de cada grupo; enquanto que a imersão em solução à base de cola obteve diferença estatisticamente significativa para a microdureza, entre os grupos, após radiação. Os resultados encontrados nas amostras de resina composta demonstraram que a radiação não provocou alterações estatisticamente significativas na rugosidade média em G1, mas em G2 obteve diferença estatisticamente significativa. Para a microdureza, a radiação provocou alterações estatísticas significantes para ambos os grupos; a imersão em solução à base de cola não obteve diferença estatisticamente significativa para as duas propriedades, entre os grupos, após radiação. Tratamento radioterápico e ingestão de soluções à base de cola podem ser responsáveis por aumento de

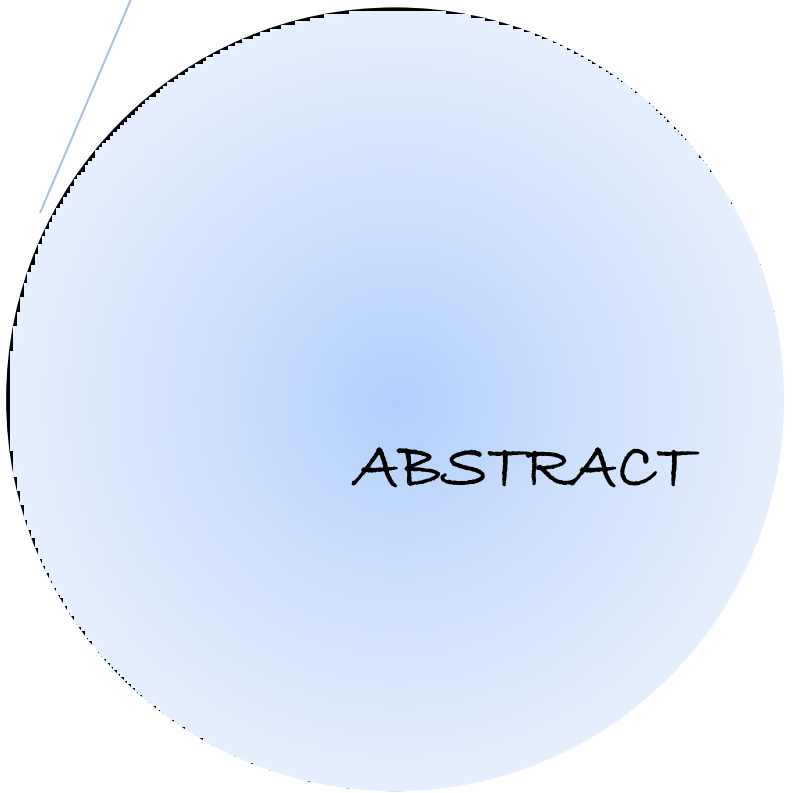
---

---

microdureza em próteses bucais, confeccionadas com resina acrílica termopolimerizável; e em restaurações diretas, confeccionadas com resina composta.

**PALAVRAS-CHAVE:** resinas acrílicas, resinas compostas, propriedades físicas, radiação

---



---

SHAHRZAD PBC. Evaluating the effect of storage and the radiation surface roughness and hardness of an acrylic resin and a composite resin. [dissertation]. Brasília: University of Brasília, 2014.

### **ABSTRACT**

In this study, we analyzed the properties of surface roughness and hardness of two types of resins used in dental prosthesis (Vipi Cril, Vipi, Brazil) and direct restorations (Llis, Dentsply, Brazil). 20 samples were prepared for each group of resin G1 (samples immersed in distilled water) and G2 (samples immersed in cola-based solutions). All samples were irradiated with 70Gy (single dose) and analyzed for average roughness (Ra) and Vickers hardness (HV) before and after high dose X-ray radiation in a linear accelerator. The obtained data was tabulated and subjected to t-test, showing that radiation did not cause statistically significant changes in the evaluated properties of acrylic resins, within each group; while immersed in a cola-based solution no statistically significant differences in the hardness between the groups after radiation was observed. The results found in composite samples demonstrated that radiation did not cause statistically significant changes in mean roughness in G1, different from G2, which demonstrated statistically significant differences. For the hardness, the radiation caused statistically significant changes in both groups; immersed in a cola-based solution no statistically significant difference of the two properties, within each groups after radiation was obtained. Radiation therapy and intake of cola-based solutions may be responsible for increased hardness in the denture, composed acrylic resin; and direct restorations, with composite resin.

**KEYWORDS:** acrylic resins, composite resins, physical properties, radiation

---



LISTAS E SUMÁRIO

---

## LISTA DE QUADROS E FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Quadro 1 -	Materiais utilizados na confecção, armazenamento, acabamento e polimento em resina acrílica termoativa.....	33
Figura 1 -	Moedas de R\$ 0,10 e materiais que serviram de molde para confecção das amostras.....	35
Figura 2 -	Inclusão do material no molde de silicone na fase pegajosa da resina.....	36
Quadro 2 -	Distribuição dos grupos de resina acrílica.....	37
Figura 3 -	Acabamento (a) e polimento (B) das amostras na politriz (Poliplan U, Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil).....	37
Figura 4 -	Acondicionamento das amostras do grupo 1 em água destilada (recipiente de plástico A) e do grupo 2 em refrigerante à base de cola (recipiente de plástico B).....	38
Figura 5 -	Equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão)	39
Figura 6 -	Equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão).....	40
Figura 7 -	Esquema da imagem projetada pelo microdurômetro para medição da HV das amostras. Onde D1 é a diagonal horizontal e D2 a diagonal vertical utilizadas para o cálculo de HV.....	41
Figura 8 -	Acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha)..	42

### CAPÍTULO 2

Quadro 1 -	Materiais utilizados na confecção, armazenamento, acabamento e polimento das amostras em resina composta..	60
Figura 1 -	Moeda de R\$ 0,01 e materiais que serviram de molde para confecção das amostras em resina composta.....	61
Quadro 2 -	Distribuição dos grupos de resina composta.....	63
Figura 2 -	Acabamento (A) e polimento (B) das amostras na politriz	

---

---

	(Polipan U, Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil).....	63
Figura 3 -	Equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão)	64
Figura 4 -	Equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão).....	65
Figura 5 -	Esquema da imagem projetada pelo microdurômetro para medição da HV das amostras. Onde D1 é a diagonal horizontal e D2 é a diagonal vertical utilizadas para o cálculo de HV.....	66
Figura 6 -	Acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha)..	67

---



---

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1**

- Tabela 1 - Análise estatística realizada pelo teste t dos grupos 1 e 2 da rugosidade média (Ra) e microdureza Vickers (HV), antes e depois de submetidos À radiação, de acordo com a média (desvio-padrão)..... 43

### **CAPÍTULO 2**

- Tabela 1 - Análise estatística realizada pelo teste t dos grupos 1 e 2 da rugosidade média (Ra) e microdureza Vickers (HV), antes e depois de submetidos À radiação, de acordo com a média (desvio-padrão) ..... 68

### **APÊNDICE A – TABELAS DOS VALORES OBTIDOS NOS TESTES REALIZADOS**

#### **CAPÍTULO 1**

- Tabela 1 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 1 (água destilada) antes da radiação..... 77
- Tabela 2 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 2 (solução de cola) antes da radiação..... 77
- Tabela 3 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 1 (água destilada) depois da radiação..... 78
- Tabela 4 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 2 (solução de cola) após da radiação..... 78
- Tabela 5 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 1 (água destilada) antes da radiação..... 79
- Tabela 6 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 2 (solução de cola) antes da radiação..... 79
- Tabela 7 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 1 (água destilada) depois da radiação..... 80
- Tabela 8 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 2 (solução de
-

---

cola) depois da radiação..... 80

## **CAPÍTULO 2**

Tabela 1 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 1 (água destilada) antes da radiação..... 81

Tabela 2 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 2 (solução de cola) antes da radiação..... 81

Tabela 3 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 1 (água destilada) depois da radiação..... 82

Tabela 4 - Rugosidade Média (Ra) Grupo 2 (solução de cola) após da radiação..... 82

Tabela 5 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 1 (água destilada) antes da radiação..... 83

Tabela 6 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 2 (solução de cola) antes da radiação..... 83

Tabela 7 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 1 (água destilada) depois da radiação..... 84

Tabela 8 - Microdureza Vickers (HV) em kgf/mm<sup>2</sup> Grupo 2 (solução de cola) depois da radiação..... 84

## **APÊNDICE B – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE CADA GRUPO**

### **CAPÍTULO 1**

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos de G1 antes e depois de submetido à radiação..... 85

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos de G2 antes e depois de submetido à radiação..... 85

### **CAPÍTULO 2**

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos de G1 antes e depois de submetido à radiação..... 86

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos de G2 antes e depois de submetido à radiação..... 86

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
±	Mais ou menos
µm	Micrômetro
C <sup>12</sup>	Carbono-12
CACON	Centro de Alta Complexidade em Oncologia
cm	Centímetro
D1	Diagonal horizontal
D2	Diagonal vertical
DF	Distrito Federal
DNA	Ácido desoxirribonucleico
et al.	e colaboradores
EUA	Estados Unidos da América
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
GO	Goiás
Gy	Gray
h	Hora
HV	Microdureza Vickers
J/kg	Um joule de radiação absorvida por um quilograma de matéria
KgF	Quilograma força
KgF/cm <sup>3</sup>	Quilograma força por centímetro cúbico
KgF/mm <sup>2</sup>	Quilograma força por milímetro quadrado
m	Metro
mm	Milímetros (unidade de medida equivalente a 10 <sup>-3</sup> m)
mW/cm <sup>2</sup>	Mili Watts por milímetro quadrado
n	Quantidade de amostras
pH	Potencial hidrogeniônico
R\$	Real

---

---

Ra	Rugosidade média
rads	Unidade de dose absorvida
RJ	Rio de Janeiro
S.A.	Sociedade Anônima
SP	São Paulo
UnB	Universidade de Brasília

---

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	24
2 CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA DE RESINA ACRÍLICA TERMOATIVADA APÓS RADIAÇÃO.....	27
2.1 INTRODUÇÃO.....	27
2.2 PROPOSIÇÃO.....	32
2.3 MATERIAL E MÉTODO.....	33
2.4 RESULTADOS.....	43
2.5 DISCUSSÃO.....	44
2.6 CONCLUSÃO.....	49
2.7 REFERÊNCIAS.....	50
3 CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA DE RESINA COMPOSTA APÓS RADIAÇÃO.....	55
3.1 INTRODUÇÃO.....	55
3.2 PROPOSIÇÃO.....	59
3.3 MATERIAL E MÉTODO.....	60
3.4 RESULTADOS.....	68
3.5 DISCUSSÃO.....	69
3.6 CONCLUSÃO.....	74
3.7 REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A – TABELAS DOS VALORES OBTIDOS NOS TESTES REALIZADOS.....	79
CAPÍTULO 1.....	79
CAPÍTULO 2.....	83
APÊNDICE B – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE CADA GRUPO.....	87
CAPÍTULO 1.....	87
CAPÍTULO 2.....	88



CAPÍTULO 1

---

## **2 CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA DE RESINA ACRÍLICA TERMOATIVADA APÓS RADIAÇÃO**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, a taxa de sobrevivência dos pacientes com câncer de cabeça e pescoço não tem se alterado de forma significativa, permanecendo de 5 anos em 50% dos casos onde ocorre metástase (Jemal et al, 2009). Em 2012, a estimativa mundial foi de 300 mil casos novos (INCA, 2014).

O edentulismo em adultos e idosos ainda é um problema de saúde pública brasileira, independentemente da situação socioeconômica do indivíduo. A perda dentária provoca alterações, não somente na estética, como também na função mastigatória e na fonação (Batista et al, 2012).

A reabilitação bucal nesses pacientes vem crescendo devido à maior expectativa de vida desse grupo de indivíduos. Na reabilitação de pacientes parcial ou totalmente desdentados são utilizadas próteses parciais ou totais, respectivamente (Bilhan et al, 2012). Na reabilitação de grandes destruições coronárias, próteses parciais fixas são empregadas, podendo permanecer na fase de coroas provisórias por longos períodos. Há mais de 60 anos, o material de escolha para confecção dessas próteses são as resinas acrílicas termoativadas por suas características biocompatíveis, mecânicas, facilidade de manuseio e baixo custo (Laia et al, 2004). As resinas acrílicas consistem de um material polimérico à base de polimetilmetacrilato, como resultado de uma reação de polimerização por radicais livres (Hong et al, 2009).

Para o tratamento do câncer de cabeça e pescoço, a radioterapia ainda é a terapia mais utilizada. O avanço tecnológico permitiu o aprimoramento da técnica e de sua combinação com outras, como a quimioterapia. Além disso, permitiu o uso de

---

---

menores doses de radiação e um tratamento mais focalizado na área afetada. Essa terapia possui várias técnicas, sendo a emissão de raios ionizantes a mais utilizada (Roopashri & Baig, 2013).

A terapia consiste na utilização de energia ionizante eletromagnética (como a radiação X e gama) através de aceleradores lineares ou corpuscular (partículas beta, por exemplo), a qual consegue interagir com os tecidos. Os elétrons são deslocados nos tecidos, ionizando o meio e provocando efeitos químicos e biológicos. O principal efeito é o dano ao DNA, impedindo a replicação das células neoplásicas (Okuno, 2013).

A unidade utilizada para medir a dose aplicada na radioterapia é o gray (Gy.  $1\text{Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rads}$ ). Para os pacientes que possuem carcinomas de cabeça e pescoço, a dose curativa encontra-se entre 50 e 70Gy (Barrowman et al, 2011). A radiação é aplicada de forma fracionada com dose pré-calculada em um volume de tecido tumoral, em um período de tempo determinado, evitando o dano aos tecidos adjacentes à massa do tumor. O protocolo mais utilizado é o fracionamento em 5 doses semanais, com dose diária de 2Gy, durante 5 a 7 semanas. Quando ocorre combinação com a terapia cirúrgica, são aplicados 45Gy no pré-operatório e 55 a 60 Gy no pós-operatório (Vidal et al, 2010).

Antes mesmo do tratamento radioterápico, o paciente oncológico precisa realizar o tratamento odontológico, no qual focos de infecção serão eliminados, restaurações em amálgamas serão substituídas para que não interfiram na dose recebida pelos tecidos, as doenças cárie e periodontal devem ser controladas e as reabilitações protéticas devem ser realizadas para maior conforto do paciente (Beech et al, 2014).

Durante as sessões de radioterapia, solicita-se aos pacientes portadores de próteses parciais e totais removíveis a retirada das mesmas. Porém, alguns pacientes possuem próteses fixas provisórias, que não podem ser removidas nas sessões. Estas deveriam ser utilizadas por um período curto de tempo, enquanto se confecciona as próteses definitivas. Porém, esse curto período pode se estender por anos.

---



---

Durante a radioterapia, a cavidade bucal sofre algumas sequelas, tais como: mucosite, hipogeusia, disgeusia, xerostomia, infecções oportunistas (como por exemplo, pela *Candida albicans*), cárie de radiação, osteorradionecrose, doença periodontal e trismo (Rolim et al, 2011; Beech et al, 2014).

Pacientes em tratamento, que utilizam próteses bucais devem ter cuidado redobrado com a higiene bucal, para que essas sequelas não sejam intensificadas. O Cirurgião-Dentista deve orientar quanto ao risco de traumas na mucosa e de infecções em virtude do uso das próteses (Beech et al, 2014).

As propriedades relacionadas à superfície das resinas acrílicas utilizadas na confecção de próteses são de importância clínica uma vez que podem interferir no acúmulo de microorganismos e manchamento (Quirynen et al, 1990). Imperfeições na superfície da prótese além de provocar desconforto por irritação na mucosa geram sítio de contaminação de microorganismos (Goiato et al, 2014). Quanto mais irregularidades a superfície apresentar, maior o risco de contaminação por fungos, como o *Candida albicans* (Koba et al, 2013). A contaminação provoca estomatite na mucosa bucal (Altarawneh et al, 2012). Dessa forma, é importante que o polimento dado pelo laboratório ao material protético propicie uma lisura superficial adequada (Quirynen et al, 1997).

Para Whithead et al (1996), o parâmetro Ra descreve a rugosidade total de uma superfície e é calculado através da média aritmética de todas as distâncias absolutas de um perfil de rugosidade em relação à linha central, em um dado comprimento de leitura. Rahal et al (2004) caracterizam a rugosidade superficial como microirregularidades na superfície do material, decorrentes de processos de fabricação e manipulação. O valor limite da rugosidade média para as resinas acrílicas está entre o intervalo de 0 a 2  $\mu\text{m}$  (Quirynen et al, 1997).

As cargas mecânicas aplicadas durante a mastigação e a exposição a condições químicas da cavidade bucal podem provocar degradação do material das próteses, podendo levar à fratura do componente protético (Drummond, 2008).

---

---

A resistência à compressão demonstra a capacidade do material em suportar estresses verticais, visto que as forças transmitidas durante o ato mastigatório podem desencadear fraturas. Já a propriedade mecânica de dureza expressa a resistência à deformação permanente (Oliveira, 1987). A dureza superficial é um parâmetro utilizado para avaliar a resistência do material à deformação plástica por penetração. Craig et al (1988) justificaram a importância dessas propriedades para os dentes posteriores, visto que as forças oclusais médias que incidem nos molares é de cerca de 59Kgf.

A durabilidade e o sucesso clínico das restaurações dependem das propriedades mecânicas do material, como a dureza. Esse fator determina a longevidade, quanto maior a dureza da prótese, maior e melhor sua resistência à abrasão. Uma diminuição ao longo do tempo nessa propriedade pode levar à fratura da prótese. Estudos (Souza et al, 2005; Sepúlveda-Navarro et al, 2011; Goiato et al, 2014) têm demonstrado como hábitos de higiene bucal e alimentares podem provocar diminuição nas propriedades mecânicas de materiais utilizados na confecção de próteses dentárias.

Pouco se sabe sobre a interação da radiação com os materiais odontológicos utilizados na reabilitação bucal dos pacientes oncológicos. É sabido que, quando em contato com materiais odontológicos metálicos, grande parte da radiação é dispersa, promovendo desequilíbrio eletrônico dos materiais com grande número atômico (Beech et al, 2014). Dessa forma, a dose recebida pelos tecidos é menor, porém os efeitos adversos na mucosa e nos tecidos dentais são maiores (Behr, 2005).

Alguns estudos foram realizados, com o propósito de avaliar a possível ação de raios ionizantes sobre as resinas acrílicas. Kimura (1980ab, 1981ab, 1982) realizou uma série de estudos com o objetivo de avaliar a ação dos raios gama e da radiação de nêutrons em resinas utilizadas em próteses totais. Von Fraunhofer et al (1989) realizaram testes físicos à ação da radiação gama em cinco materiais restauradores odontológicos: amálgama, resinas química e fotopolimerizáveis. Os autores aplicaram doses crescentes de radiação gama. Haque et al (2001) avaliaram a resistência mecânica e alterações moleculares de resinas após exposição à 640Gy de radiação

---

---

gama e de íons de  $C^{12}$ . O objetivo da análise foi o de observar a reação do monômero durante a radiação. Amade et al (2010) compararam os efeitos da aplicação de dose única e de dose fracionada de radiação gama cobalto<sub>60</sub> em 3 diferentes materiais odontológicos: resina acrílica, resina composta e cimento resinoso. Dogan et al (2013) avaliaram as propriedades físicas e químicas de resina acrílica termoativada após radiação com raio-X de alta energia em três diferentes doses: 25Gy, 50Gy e 75Gy.

A literatura pesquisada sobre a influência da radiação ionizante nas propriedades dos materiais odontológicos utilizados para confecção de próteses apresentou-se escassa, justificando a necessidade de realização de mais estudos sobre o tema.

---

## 2.2 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar rugosidade superficial e microdureza de uma resina acrílica termoativada convencional, quanto à imersão em solução à base de cola e ao efeito de dose única de radiação ionizante.

A hipótese testada é a de que a radiação ionizante e o meio de armazenagem não alteram as propriedades de rugosidade e microdureza da resina acrílica termopolimerizada.

## 2.3 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais utilizados na confecção, armazenamento, acabamento e polimento em resina acrílica termoativada

<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição principal</b>
Vipicril Plus Incolor	Vipi (Pirassununga, SP, Brasil)	Pó: peróxido de benzoila, pigmentos, polimetilmetacrilto Lote: 00000033377 Líquido: edma (crosslint), inibidor metilmetacrilato Lote: 0000034921
Moeda	Banco Central do Brasil (Brasília, DF, Brasil)	Liga metálica
Silicone de condensação (denso e catalisador universal)	Zetalabor (Zhermack, Itália)	Denso: Polivinilsiloxano Lote:1400570 Catalisador: dicarboxilato de dialquil estanho, silicato de alquila, parafina, dióxido de silício e pigmentos Lote: 1302409
Fluroshield	Dentsply (Catanduva, SP, Brasil)	Monômero NCO, Nupol Bis GMA, TEGDMA, Penta, N-metil Dietolamina, BHT, Metacrilato de 2_n, Canforoquinona, Cervit T 1000, Bário silanizado, Fluoreto de Sódio, Cabosil TS 720 e Titanox 3328 Lote: 895723F
Gesso Comum	Asfer (São Caetano do Sul, SP, Brasil)	Sulfato de cálcio – alfa hemihidratado e aditivos
Água Destilada	Reymer (Aparecida de Goiás, GO, Brasil)	Água deionizada
Refrigerante à base de cola	Coca Cola (Brasília, DF, Brasil)	Água gaseificada, açúcar, extrato de noz de cola, cafeína, corante caramelo IV, acidulante INS 338 e aroma natural

Recipiente de plástico	Sem marca	Plástico
Silicone de condensação (denso e catalisador universal)	Speedex (Coltene Vigodente, Rio de Janeiro, RJ, Brasil)	Denso: polisiloxano, parafina, dióxido de silício e aroma Catalisador: dicarboxilato de dialquil estanho, silicato de alquila, parafina, dióxido de silício e pigmentos
Superbonder	(Loctite Henkel, Diadema, SP, Brasil)	Etil cianoacrilato, polimetilmetacrilato, hidroquinona
Lixa metalográficas	Pantec (São Bernardo do Campo, SP, Brasil)	Costado de papel, adesivo e grão abrasivo
Disco de Feltro	Arotec (São Paulo, SP, Brasil)	Costado de papel, adesivo e feltro natural
Pasta diamantada	Pantec (São Bernardo do Campo, SP, Brasil)	Pó de diamante sintético e veículo pastoso

Para o preparo dos corpos de prova de resina acrílica, uma matriz em silicone de condensação (Zetalabor, Zhermack, Itália) foi montada em uma mufla e 5 moedas de 10 centavos de real foram utilizadas como molde, medindo 20mm de diâmetro e 2,5mm de espessura. Para não imprimir a imagem das moedas na base de silicone, foi inserido um selante de fósulas e fissuras (Fluroshield, Dentsply, Catanduva, SP, Brasil) para deixar as moedas com superfície lisa (Figura 1).



Figura 1 – Moedas de R\$ 0,10 e materiais que serviram de molde para confecção das amostras

As amostras da resina acrílica termoativada foram preparadas seguindo a sequência abaixo:

- Manipulação da resina na proporção de 14 gr de pó para 6,5 ml de líquido em um pote de vidro,
- Inclusão do material no molde de silicone na fase pegajosa da resina (Figura 2),
- Aguardou-se a fase plástica da resina para fechamento da mufla com o silicone de adição do mesmo material da base e gesso comum,
- Prensagem lentamente para o escoamento do excesso da resina,
- Estabilização do manômetro na prensa em 1500 kgf/cm<sup>3</sup> e inclusão dos parafusos (Figura 3),
- Aguardou-se 30 minutos antes de iniciar o ciclo de cocção,
- Cocção convencional em um recipiente contendo 5 litros de água fervente por 1 hora,

- Resfriamento lento e natura.



Figura 2 - Inclusão do material no molde na fase pegajosa da resina

Para esta pesquisa, foram confeccionados 20 corpos de prova. Após o resfriamento, os espécimes foram desincluídos da mufla, identificados e acondicionados em recipientes de plástico, sem nenhuma solução, até o momento da realização do acabamento e polimento, dados 24 horas após confecção.

As amostras tiveram acabamento realizado na politriz (Polipan U, Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil) (Figura 3a) com lixas metalográficas (Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil) com granulações de 600, 800 e 1.200, nesta ordem, somente com água, com velocidade controlada, por 30 segundos cada lixa. O polimento final foi realizado com disco de feltro (Arotec S.A. Indústria e Comércio, São Paulo, SP, Brasil) e pasta de diamante de granulação 6 $\mu$ m (Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil), por 30 segundos (Figura 3b). Para a realização do acabamento e polimento, foram confeccionados suportes individuais de silicone de condensação



(Speedex, Vigodente Coltene, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para apoio das amostras, uma vez que suas dimensões impossibilitavam seu apoio manual no equipamento. As amostras foram fixadas com metacrilato (Superbonder, Loctite Henkel, Diadema, SP, Brasil) nos apoios.

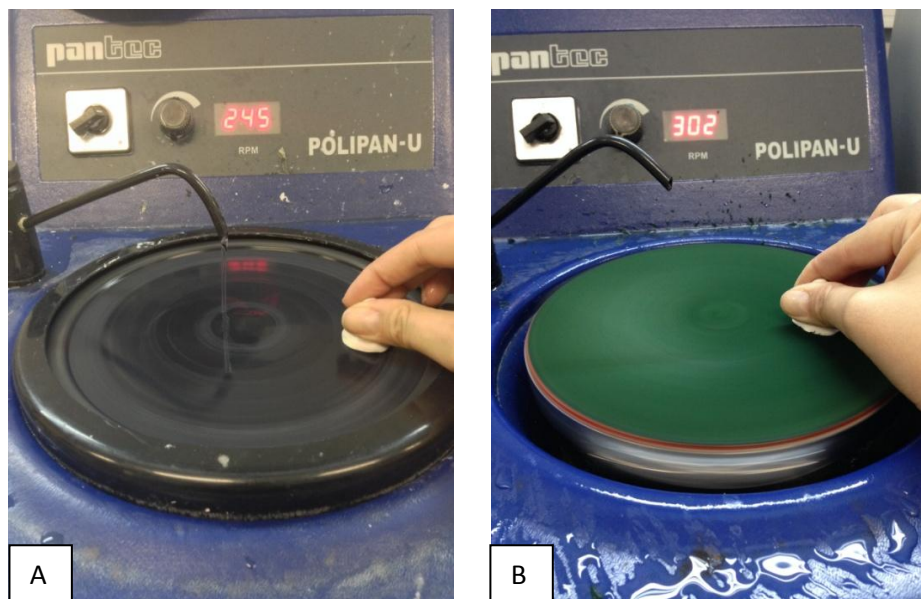


Figura 3 – Acabamento (A) e polimento (B) das amostras na politriz (Polipan U, Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil)

Após estes procedimentos, as amostras foram lavadas em álcool 70%, secadas em papel absorvente e acondicionadas nos recipientes de plástico contendo água destilada, para evitar a desidratação (grupo 1, n=10) e refrigerante a base de cola, como meio de degradação do material (grupo 2, n=10) (Quadro 2, Figura 4). O tempo de armazenamento nas soluções até o primeiro teste foi de 72 horas.

Quadro 2 - Distribuição dos grupos de resina acrílica

Grupo	Material
1	Resina Acrílica – Água Destilada
2	Resina Acrílica – Refrigerante à base de cola



Figura 4 – Acondicionamento das amostras do grupo 1 em água destilada (recipiente de plástico A), e do grupo 2, em refrigerante à base de cola (recipiente de plástico B)

Para análise da rugosidade superficial, foi utilizado o equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão) (Figura 5). Cada amostra foi retirada do recipiente de plástico com uma pinça histológica e secado com gaze. Então, foram acondicionadas em uma superfície metálica para leitura pelo equipamento. O percurso (cut-off) utilizado foi de 0,8 mm e foram realizadas 3 leituras aleatoriamente na superfície de cada amostra. Para cada leitura, o equipamento mensurou o valor da rugosidade média ( $R_a$ ). Após as leituras, as amostras retornaram para os recipientes de plástico, ficando acondicionadas por 48 horas até a realização do teste de microdureza.

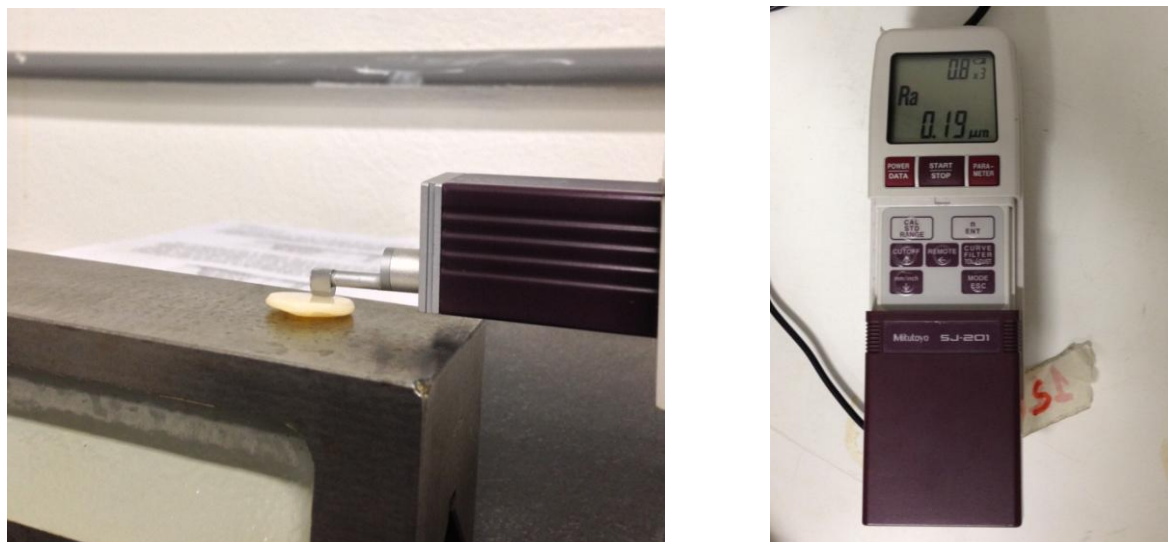


Figura 5 - Equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão)

Para análise de microdureza, todas as amostras de todos os grupos foram submetidas ao ensaio de dureza Vickers. Cada amostra foi retirada do meio de armazenamento com uma pinça histológica e secadas com gaze. Individualmente foram inseridos no equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão) (Figura 6) do Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade de Brasília – UnB – *Campus Gama*. O equipamento foi calibrado para uma carga de 500gf, atuando por 10 segundos na superfície de cada amostra.

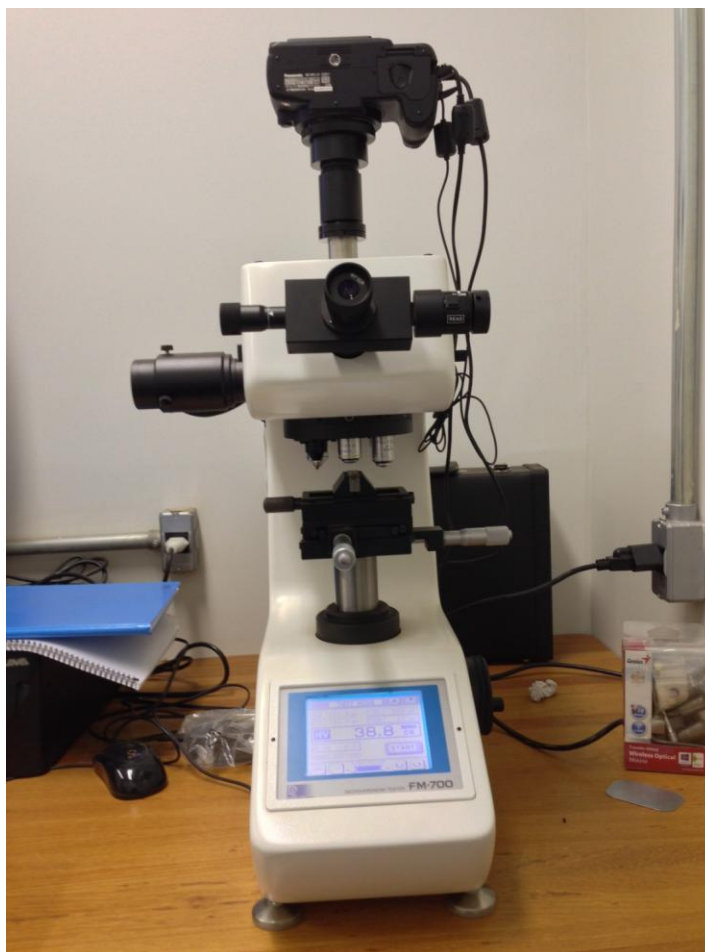


Figura 6 - Equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão)

Foram realizadas 3 penetrações, aleatoriamente, na superfície de cada amostra, totalizando 60 penetrações. A penetração provocou uma imagem em forma de losango na superfície das amostras (Figura 7). Com o auxílio do microscópio mensurador acoplado ao microdurômetro, com lente objetiva de 0,25 de aumento, as dimensões das diagonais foram medidas e o equipamento determinou o valor da microdureza (HV) de cada penetração.

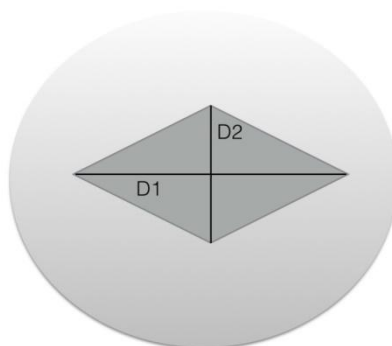


Figura 7 – Esquema da imagem projetada pelo microdurômetro, para medição da HV das amostras. Onde D1 é a diagonal horizontal e D2 é a diagonal vertical, utilizadas para o cálculo de HV

As amostras foram encaminhadas para a radiação no acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha) (Figura 8) do Departamento de Física Médica do Centro de Alta Complexidade em Oncologia do Hospital Universitário de Brasília (CACON – HUB). As amostras foram retiradas dos recipientes de plástico com uma pinça histológica e secadas com gaze, sendo dispostas lado a lado sobre uma folha de papel absorvente na área de radiação. Sobre as amostras foi colocada uma placa de água sólida (Standard Imaging, modelo Blue Water, EUA) com 2 cm de profundidade para homogeneizar a dose de radiação. A distância da fonte à superfície foi de 1m.



Figura 8 - Acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha)

A dose de raio-X de alta dosagem foi de 70Gy, que durou 33 minutos, dose máxima recebida pelos pacientes com câncer na região da cabeça e do pescoço. A dose aplicada não foi fracionada, visto que o fracionamento se dá devido aos danos causados no sistema biológico dos pacientes. Após a radiação, as amostras voltaram ao armazenamento de cada grupo, por 24 horas, até a repetição da análise de rugosidade e 72 horas, até a análise de microdureza.

Os dados obtidos no rugosímetro e no microdurômetro foram tabulados no programa de computador Microsoft Excel versão 2010 (Microsoft, EUA) e posteriormente submetidos à análise estatística, pelo teste t, no software SPSS 19, tanto para comparar as propriedades antes e depois da radiação (amostras dependentes) como para comparar as propriedades entre os meios de acondicionamento (amostras independentes). Adotou-se o nível de significância de 0.05 e valores descritivos de p iguais ou inferiores foram considerados significantes.

## 2.4 RESULTADOS

Os dados foram descritos para caracterizar a amostra estudada e encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise estatística realizada pelo teste t dos grupos 1 e 2 da rugosidade média (Ra) e microdureza (HV), antes e depois de submetidos à radiação, de acordo com média (desvio-padrão)

Grupos \ Valores	Ra ( $\mu\text{m}$ )		HV ( $\text{KgF}/\text{mm}^2$ )	
	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>G1</b>	0,39 ( $\pm 0,19$ ) Aa	0,45 ( $\pm 0,31$ ) Aa	18,65 ( $\pm 1,85$ ) Aa	17,03 ( $\pm 1,25$ ) Aa
<b>G2</b>	0,45 ( $\pm 0,26$ ) Aa	0,23 ( $\pm 0,09$ ) Aa	20,13 ( $\pm 1,85$ ) Aa	22,75 ( $\pm 7,33$ ) Ba

Nota: Letras maiúsculas distintas na coluna e letras minúsculas distintas na linha, dentro do mesmo teste físico, significam diferença estatisticamente significativa em nível de 5% ( $p < 0,05$ )

## 2.5 DISCUSSÃO

É um desafio o tratamento odontológico em pacientes em tratamento radioterápico. Além das sequelas em todo o organismo, os efeitos secundários no ambiente bucal são de extremo incômodo para os pacientes. A qualidade de vida fica comprometida, o que não ajuda em uma recuperação mais rápida (Rolim et al, 2011). Além disso, a radiação ionizante altera as propriedades dos materiais restauradores indiretos (Kimura, 1980; Von Fraunhofer et al, 1989; Haque et al, 2001; Amade et al, 2010; Dogan et al, 2013), interferindo, dessa forma, na longevidade do material e no sucesso da reabilitação bucal.

As microirregularidades encontradas nas superfícies das resinas acrílicas termoativadas, provenientes do processo de confecção, se comportam como sítios de colonização de microorganismos (Quiryne et al, 1997; Koba et al, 2013; Goiato et al, 2014). Quiryne et al (1997) citam em seu estudo que o valor limite para rugosidade de superfície das resinas acrílicas deve ser de 0,2  $\mu\text{m}$ , para que não ocorra colonização por microorganismos.

Os resultados encontrados, neste estudo, não apresentaram diferença estatística significativa na rugosidade média ( $R_a$ ) de ambos os grupos (G1 e G2), independente do meio de armazenamento. A média das leituras da rugosidade aumentou em G1 e diminuiu em G2, após a radiação (Tabela 1). Um aumento na rugosidade facilita a retenção de placa bacteriana, influenciando negativamente tanto a superfície do dente como dos tecidos moles adjacentes (Altarawneh et al, 2012). De acordo com nossos resultados, as médias apresentadas pelos dois grupos (G1 e G2) estão acima daquele considerado ideal por Quiryne et al (1997), indicando que o polimento pode não ter sido adequado para evitar a colonização da superfície por microorganismos, porém as médias estão dentro dos valores considerados aceitáveis clinicamente para rugosidade superficial.



---

Os polímeros são pouco solúveis em baixos pHs, como os refrigerantes a base de cola. Essa solubilidade está provavelmente relacionada com a hidrofília da matriz da resina (Sepúlveda-Navarro et al, 2011), e pode levar a erosão nas superfícies, afetando negativamente a resistência ao desgaste, a dureza e a integridade da superfície, devido ao amolecimento da matriz (Goiato et al, 2014). A propriedade de dureza é importante para avaliar a resistência do material à deformação plástica, sendo assim, um fator importante para a longevidade do material (Craig et al, 1988).

Em nosso estudo, dentro do mesmo grupo (G1 e G2), a microdureza Vickers não apresentou diferença estatística significativa (Tabela 1). Porém, a média da dureza de G1, após a radiação, foi menor que a média apresentada antes do processo ionizante, enquanto que em G2 a média aumentou (Tabela 1), indicando uma interação química diferente da radiação com os componentes da resina quando estas estão imersas em soluções com pH ácido. Após a radiação, é possível observar diferença estatisticamente significativa entre os grupos G1 e G2 (Tabela 1).

Segundo Goiato et al (2014), a solubilidade do material em substâncias de pH ácido pode alterar as propriedades físicas dos materiais odontológicos. Nesse estudo, os autores imergiram 4 marcas de resinas acrílicas em 6 diferentes soluções: café, coca-cola, vinho tinto, Plax, Listerine e saliva artificial (grupo controle). Os autores analisaram a dureza Knoop dos materiais antes e após 5 mil ciclos térmicos, em diferentes intervalos de tempo (1h, 3h, 24h, 48h e 96h) após a imersão nas soluções. Os resultados apresentaram diminuição estatisticamente significativa na dureza Knoop das resinas, principalmente nas amostras imersas em coca-cola e no vinho tinto. O contraste com nosso trabalho pode ser devido ao tratamento diferenciado, em função da termociclagem. Os autores citam que segundo a Associação Americana de Odontologia, os valores de dureza não devem ser menores que  $15\text{kgf/mm}^2$ . Dessa forma, os valores encontrados em nosso estudo continuaram clinicamente aceitáveis.

O efeito positivo da radiação em propriedades físicas importantes da resina acrílica foi apresentado no estudo de Dogan et al (2003). Nesse estudo, as amostras foram submetidas a três diferentes doses de radiação: 25Gy, 50Gy e 75Gy. Após 24

---

---

horas, as amostras foram submetidas a ensaios mecânicos para análise da força de resistência à flexão e módulo de elasticidade. Os grupos irradiados apresentaram aumentos na resistência à flexão, porém o módulo de elasticidade das amostras testadas não apresentou diferença estatística entre os grupos. Existe uma relação de proporcionalidade inversa entre a resistência à flexão e a dureza do material, ou seja, quanto mais flexível for o material menos duro ele será. Apesar deles não terem a mesma metodologia que nosso estudo, testam propriedades físicas importantes e que tiveram influencia da radiação.

Von Fraunhofer et al (1989) aplicaram doses terapêuticas crescentes de 2Gy a 80Gy de radiação gama em resina quimicamente polimerizada e avaliaram a resistência à tração diametral, a estabilidade dimensional, a dureza de superfície, a solubilidade e absorção de água. Os resultados demonstraram que a radiação gama não produziu efeitos significantes nas propriedades físicas das resinas quimicamente polimerizadas. Diferenças de metodologia poderiam explicar resultados diferentes entre os resultados do presente trabalho e dos autores mencionados.

Kimura (1980) realizou uma série de cinco estudos, nos quais investigou o efeito da radiação gama e de nêutrons em resinas acrílicas através de análises mecânicas e químicas. Ao final de seu estudo, não observou mudanças significativas nas propriedades mecânicas ou algum desgaste devido à radiação. Porém, foi constatado um aumento linear na dureza e na resistência à abrasão após a radiação. Segundo esse autor, a radiação provocou alterações benéficas nos materiais, o que acreditamos ter ocorrido nas propriedades avaliadas por nós (Tabela 1).

Em 2001, Haque et al. aplicaram uma dose alta de radiação (640Gy) nas amostras e compararam suas propriedades com as do grupo controle (não irradiado). As amostras foram avaliadas em um intervalo de tempo de 6 a 576 horas após a radiação. Os resultados encontrados demonstraram um aumento de 19% da dureza Vickers de resinas quimicamente polimerizáveis quando irradiada com raios gama, mas nenhuma alteração significativa foi identificada na resistência à abrasão. Os autores deste estudo acreditam que esse aumento pode ser devido à formação das ligações

---

---

cruzadas entre as moléculas de carbono que foram induzidas pela radiação, o que explicaria o aumento da microdureza observado na Tabela 1.

Amade et al (2010) aplicaram dose única de 60Gy e doses fracionárias de 2Gy diárias para avaliar as propriedades mecânicas de resina acrílica, resina composta e cimento resinoso através de 3 ensaios mecânicos. Os resultados encontrados para a resina acrílica não demonstrou alterações estatisticamente significativas para a resistência flexural e para o ensaio de tração diametral, porém, para a microdureza Knoop a radiação gama cobalto<sub>60</sub> provocou uma diminuição nessa propriedade. Os autores concluíram que os efeitos da radiação, aplicada de forma fracionada, são diferentes dos efeitos com a radiação aplicada em dose única.

Quando em contato com os polímeros, os ácidos degradam a matriz orgânica e expõem as partículas de carga inorgânica. Assim, substituem as ligações cruzadas entre as pontes de hidrogênio e diminuem a interação entre as macromoléculas, ocorrendo uma diminuição da dureza do material (Souza et al, 2005).

Segundo Baccaro et al (1998), os radicais livres produzidos pela radiação ionizante podem induzir reações químicas capazes de promover estabilização das resinas. A adição de grupos aromáticos na matriz dos polímeros causa um aumento da radorresistência das resinas, pelo aumento da reticulação do composto, tornando o material mais estável, ou seja, diminui o processo de degradação.

Para Cruz (2005), o aumento da microdureza de resinas, após a radiação, se deve à capacidade da radiação ionizante promover uma reativação e reorganização de entidades com pequeno peso molecular aprisionadas na matriz resinosa, o que aumentou o grau de conversão.

No presente estudo, foi aplicada dose única de radiação com o intuito de minimizar o tempo de uso do equipamento. Amade et al (2010) não recomendam o uso de doses únicas, uma vez que em seu estudo as amostras submetidas a esse protocolo apresentaram resultados semelhantes com o grupo controle. Porém, em seu estudo, as amostras não foram imersas em nenhuma solução que simulasse o comportamento clínico do microambiente bucal. No nosso estudo, houve uma tentativa

---

---

de simular esse microambiente, porém é necessário estudar o comportamento dos materiais em doses fracionadas, as quais são utilizadas como protocolo no tratamento radioterápico.

Este estudo foi realizado em condições estritamente laboratoriais, apresentando limitações. Dentro dessas limitações, alterações na rugosidade média e na microdureza dos materiais não tiveram significância estatística dentro dos grupos (G1 e G2) após a radiação. Mas a média dos valores das grandezas estudadas sofreram alterações. Assim, estudos sobre outras propriedades físicas são necessários para aprofundar essa interação, afim de que os materiais utilizados nas restaurações indiretas tenham maior longevidade e sucesso. Protocolos para melhor manutenção e longevidade desses materiais poderiam ser estabelecidos para melhor preservação dos trabalhos protéticos e melhor qualidade de vida dos pacientes em tratamento radioterápico.

A relevância clínica deste estudo se dá pela importância das propriedades de dureza e rugosidade dos materiais utilizados para a confecção de próteses, uma vez que essas propriedades influenciam na longevidade da prótese, ou seja, no sucesso da reabilitação.

---

## 2.6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados, dentro da metodologia proposta, e dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que:

- A radiação ionizante não alterou as propriedades avaliadas para resina acrílica termo ativada Vipi Cril;
- O armazenamento em coca-cola influenciou na microdureza da resina acrílica termo ativada Vipi Cril, após radiação.
- Os valores encontrados para as duas propriedades avaliadas na resina acrílica VIPI Cril encontram-se dentro dos valores aceitáveis clinicamente.

## 2.7 REFERÊNCIAS

1. Altarawneh S, Bencharit S, Mendoza L, Curran A, Barrow D, Barros S, et al. Clinical and histological findings of denture stomatitis as related to intraoral colonization patterns of *Candida albicans*, salivary flow, and dry mouth. *J Prosthodont* 2013 Jan;22(1):13-22.
2. Amade ES, Ferreira FM, Novais VR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Influência da Radiação nas Propriedades de Diferentes Materiais Resinosos. *Rev Odontol Bras Central* 2010;19(50).
3. Baccaro S, Bianchilli B, Casadio C, Rinaldi G. Radiation induced effects on particulate composites from epoxy resin and fly-ash. *Radiat Phys Chem.* 1998; 52(1/6): 187-191.
4. Barrowman R, Wilson P, Wiesenfeld D. Oral rehabilitation with dental implants after cancer treatment. *Australian Dental Journal* 2011;56:160-165.
5. Batista MJ, Rihs LB, Sousa MLR. Risk indicators for tooth loss in adult workers. *Braz Oral Res* 2012 Sep-Oct;26(5):390-6.
6. Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. *Australian Dental Journal* 2014;59:20–28.
7. Behr M, Rosentritt M, Faltermeier A, Handel G. Electron beam irradiation of dental composites. *Dent Mater* 2005 Sep;21(9):804-10.
8. Bollen CML, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater Oxford* 1997 Jul;13(4):258-269.
1. Bilhan H, Erdogan O, Ergin S, Celik M, Ates G, Geckili O. Complication rates and patient satisfaction with removable dentures. *J Adv Prosthodont* 2012;4:109-115.
2. Craig RG, O'Brien WJ, Powers JM. *Materiais Dentários: Propriedades e Manipulação*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1988.
3. Cruz AD. Influência da radiação ionizante em compósitos odontológicos, ionômero de vidro e cerâmica. Piracicaba-SP [Dissertação de mestrado em

---

Radiologia Odontológica] – Faculdade de odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas; 2005.

4. Dogan DO, Ozguven Y, Karakus G. The effects of therapeutic x-ray doses on mechanical, chemical and physical properties of poly methyl methacrylate. *Acta Odontologica Scandinavica* 2013;71:45–49.
  5. Drummond JL. Degradation, Fatigue, and Failure of Resin Dental Composite Materials. *J Dent Res* 2008;87(8):710-719.
  6. Instituto Nacional de Câncer. Estimativas da incidência e mortalidade por câncer. Rio de Janeiro: INCA; 2014.
  7. Haque S, Takinami S, Watari F, Khan MH, Nakamura M. Radiation effects of carbon ions and gamma ray on UDMA based dental resin. *Dent Mater J* 2001;20:325–38.
  8. Hong G, Hiroshi H, Li Y, Sadamori S, Hamada T. Influence of denture cleansers on the color stability of three types of denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent* 2009 Mar;101(3):205-13.
  9. Galbiatti ALS, Padovani-Junior JA, Maníglia JV. Head and neck cancer: causes, prevention and treatment. *Braz J Otorhinolaryngol* 2013;79(2):239-47.
  10. Goiato MC, Santos DM, Andreotti AM, Nobrega AS, Moreno A, Haddad MF, et al. Effect of Beverages and Mouthwashes on the Hardness of Polymers Used in Intraoral Prosthesis. *Journal of Prosthodontics* 2014 Apr;1-6.
  11. Jemal A, Siegel R, Ward E, Hao Y, Xu J, Thun MJ. Cancer statistics. 2009. *CA Cancer J Clin* 2009;59(4):225-49.
  12. Kimura HA. study on the irradiation effect of <sup>60</sup>Co gamma ray on dental polymethylmethacrylate bonded parts (welding of dental polymethylmethacrylate). *Journal Osaka University Dental Science* 1980a;(20):1-8.
  13. Kimura HA. study on the irradiation effect of <sup>60</sup>Co gamma ray irradiation on the abrasion of dental polymethylmethacrylate (part 1). *Journal Osaka University Dental Sch* 1980b;(20):43-9.
-

14. Kimura HA. study on the irradiation effect of <sup>60</sup>Co gamma ray irradiation on the abrasion of dental polymethylmethacrylate (part 2). *Journal Osaka University Dental Sch* 1981a;(21):25-36.
15. Kimura HA. study on the irradiation effect of <sup>60</sup>Co gamma ray irradiation on the abrasion of dental polymethylmethacrylate (part 3). *Journal Osaka University Dental Sch* 1981;(21):37-57.
16. Kimura HA. study on the irradiation effect of <sup>60</sup>Co gamma ray irradiation on the abrasion of dental polymethylmethacrylate (part 2). *Journal Osaka University Dental Sch* 1982;(22):1-15.
17. Koba C, Koga C, Cho T, Kusukawa J. Determination of *Candida* species nestled in denture fissures. *Biomed Rep* 2013 Jul;1(4):529-533.
18. Laia CP, Tsaia MH, Chena M, Chang HS, Tay HH. Morphology and properties of denture acrylic resins cured by microwave energy and conventional water bath. *Dental Materials* 2004;20(2):133-41.
19. Okuno E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. *Estud av* 2013;27(77):185-200.
20. Oliveira FC, Denehy GE, Boyer DB. Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *J Am Dent Assoc* 1987;115(1):57-60.
21. Pinto LR, Acosta EJTR, Távora FFF, Silva PMB, Porto VC. Effect of repeated cycles of chemical disinfection on the roughness and hardness of hard relined acrylic Resins. *The Gerodontology Association and Blackwell Munksgaard Ltd, Gerodontology* 2010; 27: 147–153.
22. Quirynen M, Marechal M, Busscher HJ, Weerkamp AH, Darius PL, Van Steenberghe D. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. An in vivo study in man. *J Clin Periodontol* 1997 Mar; 17(3):138-44.



- 
23. Rahal JS, Mesquita MF, Henriques GE, Nobilo MA. Surface roughness of acrylic resins submitted to mechanical and chemical polishing. *J Oral Rehabil* 2004; 31(11):1075-9.
  24. Rolim AEH, Costa LJ, Ramalho LMP. Repercussões da radioterapia na região orofacial e seu tratamento. *Radiol Bras* 2011 Nov/Dez;44(6):388–395.
  25. Roopashri G, Baig M. Current advances in radiotherapy of head and neck malignancies. *J Int Oral Health* 2013;5(6):119-23.
  26. Sepúlveda-Navarro VF, Arana-Correa BE, Borges CPF, Jorge JH. Color Stability of Resins and Nylon as Denture Base Material in Beverages. *Journal of Prosthodontics* 2011;632–638.
  27. Souza, NC; Pozzobon, RT; Susin, AH; Jaeger, F. Avaliação da rugosidade superficial de uma resina composta: influência de diferentes bebidas alcólicas e uma bebida energética. *RGO* 2005;53(1):71-74.
  28. Sperandio M, Souza JB, Oliveira DT. Effect of gamma radiation on dentin bond strength and morphology. *Braz Dent J* 2001;12:205-8.
  29. Vidal AKL, Revoredo ECV. Radioterapia em tumores de boca. *Odontol Clín Cient* 2010 out-dez;9(4):295-298.
  30. Von Fraunhofer JA, Curtis PJr, Sharma S, Farman AG. The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. *Journal Dental* 1989;17(4):177-83.
  31. Whitehead SA. Surface texture changes of a composite brushed with "looth whitening" dentifrices. *Dent Mater, Oxford* 1996 Sept;12(5):315-318.
-



CAPÍTULO 2

---

## 3 CAPÍTULO 2. AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA DE RESINA COMPOSTA APÓS RADIAÇÃO

### 3.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a taxa de sobrevivência dos pacientes com câncer de cabeça e pescoço não tem se alterado de forma significativa, permanecendo de 5 anos em 50% dos casos onde ocorre metástase (Jemal et al, 2009). Em 2012, a estimativa mundial foi de 300 mil casos novos (INCA, 2014).

Para o tratamento do câncer de cabeça pescoço, a radioterapia ainda é a terapia mais utilizada. O avanço tecnológico permitiu o aprimoramento da técnica e de sua combinação com outras, como a quimioterapia. Além disso, permitiu o uso de menores doses de radiação e um tratamento mais focalizado na área afetada. Essa terapia possui várias técnicas, sendo a emissão de raios ionizantes a mais utilizada (Roopashri & Baig, 2013).

A terapia consiste na utilização de energia ionizante eletromagnética ou corpuscular, a qual consegue interagir com os tecidos. Os elétrons são deslocados nos tecidos, ionizando o meio e provocando efeitos químicos e biológicos. O principal efeito é o dano ao DNA, impedindo a replicação das células neoplásicas (Okuno, 2013).

A unidade utilizada para medir a dose aplicada na radioterapia é o gray (Gy.  $1\text{Gy} = 1\text{ J/kg} = 100\text{ rads}$ ). Para os pacientes que possuem carcinomas de cabeça e pescoço, a dose curativa encontra-se entre 50 e 70Gy (Barrowman, 2011). A radiação é aplicada de forma fracionada, com dose pré-calculada num volume de tecido tumoral em um período de tempo determinado, evitando o dano aos tecidos adjacentes à massa do tumor. O protocolo mais utilizado recentemente é o fracionamento em 5 doses semanais, com dose diária de 2Gy, durante 5 a 7 semanas. Quando ocorre

---

---

combinação com a terapia cirúrgica, são aplicados 45Gy no pré-operatório e 55 a 60 Gy no pós operatório (Vidal et al, 2010).

Antes mesmo do tratamento radioterápico, o paciente oncológico precisa realizar o tratamento odontológico, no qual focos de infecção serão eliminados, restaurações em amálgamas serão trocadas para que não interfiram na dose recebida pelos tecidos, as doenças cárie e periodontal devem ser controladas e as reabilitações protéticas devem ser realizadas para maior conforto do paciente (Beech et al, 2014).

Durante a radioterapia, a cavidade bucal sofre algumas sequelas como consequência, tais como: mucosite, hipogeusia, disgeusia, xerostomia, infecções oportunistas (como pela *Candida albicans*), cárie de radiação, osteorradionecrose, doença periodontal e trismo (Rolim et al, 2011; Beech et al, 2014). Essas sequelas aumentam o risco de novas lesões cariosas. O Cirurgião-Dentista deve orientar sobre o manejo com a higiene bucal para evitar tais complicações (Beech et al, 2014).

As superfícies das restaurações em resina composta devem estar bem polidas para minimizar a adesão da placa bacteriana, o que pode resultar em infiltrações e novos processos cariosos na microrregião. O tratamento das lesões cariosas nos pacientes em tratamento radioterápico pode ser complicado tanto para os pacientes como para o profissional, uma vez que o substrato dentário encontra-se fragilizado após as irradiações (Sperandio et al, 2001; Amade et al, 2010).

A resistência à compressão demonstra a capacidade do material em suportar estresses verticais, visto que as forças transmitidas durante o ato mastigatório podem desencadear fraturas. A propriedade mecânica de dureza expressa a resistência à deformação permanente (Oliveira, 1987). A dureza superficial é um parâmetro utilizado para avaliar a resistência do material à deformação plástica por penetração. Craig, et al (1988), justifica a importância dessas propriedades para os dentes posteriores, visto que as forças oclusais médias que incidem nos molares é de cerca de 59Kgf.

A durabilidade e o sucesso clínico dos materiais odontológicos dependem das propriedades físicas do material, como a dureza. Esse fator determina a longevidade, quanto maior a dureza do material, maior e melhor sua resistência à abrasão. Uma

---

---

diminuição ao longo do tempo nessa propriedade pode levar à fratura. Estudos (Hengtrakool et al, 2011; Tanthanuch et al, 2014) têm demonstrado como hábitos de higiene bucal e alimentares podem provocar uma diminuição nas propriedades físicas de materiais utilizados nas restaurações diretas, além da qualidade estética e de outras propriedades. Refrigerante à base de cola tem demonstrado promover dissolução e erosão de resinas compostas (Souza et al, 2005; Tanthanuch et al, 2014).

Pouco se sabe sobre a interação da radiação com os materiais odontológicos utilizados na reabilitação bucal dos pacientes oncológicos. É sabido que, quando em contato com materiais odontológicos metálicos, uma grande parte da radiação é dispersa (Beech et al, 2014), promovendo um desequilíbrio eletrônico dos materiais com grande número atômico. Dessa forma, a dose recebida pelos tecidos é menor, porém os efeitos adversos na mucosa e nos tecidos dentais são maiores (Behr, 2005). Essa interação com os materiais metálicos sugere que os mesmos sejam substituídos por materiais de baixa densidade, como as resinas compostas (Amade et al, 2010).

Devido à importância do tema, pesquisadores avaliaram a interação da radiação com materiais restauradores. No estudo de Von Fraunhofer et al (1989), os autores submeteram a doses crescentes de radiação gama (2Gy a 80Gy) cinco materiais restauradores odontológicos, utilizando testes físicos. Curtis et al (1991) utilizaram a mesma variação de doses do estudo anterior e realizaram ensaios mecânicos para análise de desgaste, apenas nas resinas fotopolimerizáveis. Terra (2004) avaliou alterações na estrutura química, mecânica e física da resina composta Filtek Z250, após exposição a raios-X de alta dosagem, provenientes de um acelerador linear. Costa et al (2005) utilizaram 40 amostras de resinas Charisma e Durafill, para avaliar alterações na dureza superficial após radiação. Os autores realizaram doses diferentes para as duas marcas comerciais: I=não irradiada (controle), II=30Gy, III=50Gy e IV=70Gy. Vieiro (2006) avaliou o efeito de doses crescentes de 0,25Gy a 1Gy de radiação X na rugosidade e na dureza Knoop de resinas compostas.

Mais recentemente, Costa (2008) aplicou radiação gama em doses progressivas de 10Gy a 100Gy sobre três materiais restauradores (Filtek Z350,

---

---

Charisma syringe e Maxxion R), para avaliar alterações na microdureza Vickers. Amade et al (2010) realizaram um estudo para avaliar a influência da radiação gama cobalto<sub>60</sub> nas propriedades de materiais odontológicos, como resistência à flexão, tração diametral e microdureza Knoop. Os autores utilizaram três tipos de materiais resinosos: resina composta, resina laboratorial e cimento resinoso. Foram analisadas duas formas de aplicação da dose da radiação: 60Gy dose única e a mesma dose fraccionada.

Apesar da importância do assunto, poucos estudos foram encontrados na literatura pesquisada, promovendo a necessidade de estudar os materiais utilizados na reabilitação bucal dos pacientes em tratamento radioterápico, uma vez que a longevidade do material é um dos fatores de sucesso na reabilitação. A realização de ensaios laboratoriais é importante para a correlação clínica que possa esclarecer quais materiais se tornam mais viáveis na prática, permitindo longevidade adequada das restaurações indiretas.

---

## 3.2 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar duas propriedades físicas de uma resina composta, quanto à imersão em solução à base de cola e aos efeitos de dose única de radiação ionizante.

A hipótese testada é a de que a radiação ionizante e o meio de armazenamento não alteram as propriedades de rugosidade e microdureza da resina composta.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais utilizados na confecção, armazenamento, acabamento e polimento das amostras em Resina Composta

<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição principal</b>
Llis Cor EA1 Lote 170713	FGM (Joinville, SC, Brasil)	Monômero de Bis-GMA (Bis-Fenol A di-Glicidil Metacrilato), Bis-EMA (Bis-Fenol A di-Glicidil Metacrilato etoxilado), TEGDMA (Trietileno glicol dimetacrilato) canforoquinona, co-iniciador, silano, vidro de Bário-alumino silicato micronizado, pigmentos e sílica nanométrica
Moeda	Banco Central do Brasil (Brasília, DF, Brasil)	Liga metálica
Silicone de condensação (denso e catalisador universal)	Speedex (Coltene Vigodente, Rio de Janeiro, RJ, Brasil)	Denso: polisiloxano, parafina, dióxido de silício e aroma Lote: 1400570 Catalisador: dicarboxilato de dialquil estanho, silicato de alquila, parafina, dióxido de silício e pigmentos Lote: 1302409
Água Destilada	Reymer (Aparecida de Goiás, GO, Brasil)	Água deionizada
Refrigerante à base de cola	Coca Cola (Brasal, Brasília, DF, Brasil)	Água gaseificada, açúcar, extrato de noz de cola, cafeína, corante caramelo IV, acidulante INS 338 e aroma natural
Recipiente de plástico	Sem marcar específica	Plástico



Superbonder	Loctite (Henkel, Diadema, SP, Brasil)	Etil cianoacrilato, polimetilmetacrilato, hidroquinona
Lixas Metalográficas	Pantec (São Bernardo do Campo, SP, Brasil)	Costado de papel, adesivo e grão abrasivo
Pasta Diamantada	Pantec (São Bernardo do Campo, SP, Brasil)	Pó de diamante sintético e veículo pastoso
Disco de feltro	Arotec (São Paulo, SP, Brasil)	Costado de papel, adesivo e feltro natural

Para o preparo das amostras de resina composta, uma matriz em silicone de condensação (Speedex Coltene Vigodente, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) foi montada e 1 moeda de 1 centavo de real foi utilizada como molde, medindo 16mm de diâmetro e 2,5mm de espessura (Figura 1).



Figura 1 – Moeda de R\$ 0,01 e materiais que serviram de molde para confecção das amostras

---

A inserção dos compósitos na cavidade da matriz foi realizada com o auxílio de espátula metálica e em incremento único, até o preenchimento completo da cavidade. Os incrementos da resina Llis foram fotopolimerizados por 40s em seu topo, utilizando o aparelho fotopolimerizador (Schuster Emitter C wireless, Santa Maria, RS, Brasil) com  $1250\text{mW}/\text{cm}^2$  de intensidade de luz, encostado na amostra.

Para esta pesquisa, foram confeccionados 20 corpos de prova. Após a confecção as amostras foram identificadas em sua base e acondicionadas em recipientes de plástico sem nenhuma solução até o momento da realização do acabamento e polimento, dados 24 horas após confecção.

As amostras tiveram acabamento realizado em politriz (Polipan U, Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil), com lixas metalográficas (Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil) com granulações de 600, 800 e 1.200, nesta ordem, somente com água, por 30 segundos cada lixa (Figura 2A). O polimento final foi realizado com disco de feltro (Arotec S.A. Indústria e Comércio, São Paulo, SP, Brasil) e pasta de diamante de granulação  $6\mu\text{m}$  (Pantec, São Bernardo do Campo, SP, Brasil), por 30 segundos (Figura 2B). Para realização do acabamento e polimento, foram confeccionados suportes individuais de silicone de condensação (Speedex, Vigodente Coltene, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), para apoio das amostras, uma vez que suas dimensões impossibilitavam seu apoio manual no equipamento. As amostras foram fixadas com metacrilato (Superbond, Loctite Henkel, Diadema, SP, Brasil) nos apoios.

---

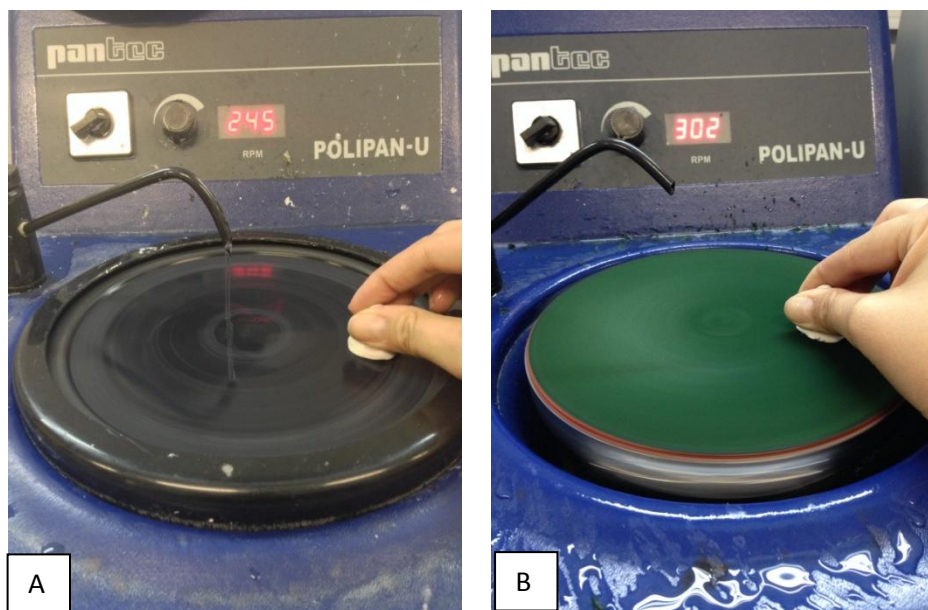


Figura 2 – Acabamento (A) e polimento (B) das amostras na Politriz

Após estes procedimentos, as amostras foram lavadas em álcool 70%, secadas em papel absorvente e acondicionadas nos recipientes de plástico contendo água destilada, para evitar a desidratação (grupo 1, n=10) e refrigerante a base de cola, como meio de degradação do material (grupo 2, n=10) (Quadro 2, Figura 3). O tempo de armazenamento nas soluções até o primeiro teste foi de 72 horas.

Quadro 2 - Distribuição dos grupos de resina composta

Grupo	Material
1	Resina Composta – Água Destilada
2	Resina Composta – Refrigerante à base de cola

Para análise da rugosidade superficial, foi utilizado o equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão), (Figura 3). Cada amostra foi retirada do recipiente de plástico com uma pinça histológica e secada com gaze. Então, foi acondicionada em uma superfície metálica, para leitura pelo equipamento. O percurso (cut-off) utilizado foi de 0,8 mm e foram realizadas 3 leituras aleatoriamente na superfície de cada amostra. Para cada leitura, o equipamento mensurou o valor da rugosidade média (Ra). Após as

leituras as amostras retornaram para os recipientes de plástico, ficando acondicionadas por 48 horas, até a realização do teste de microdureza.

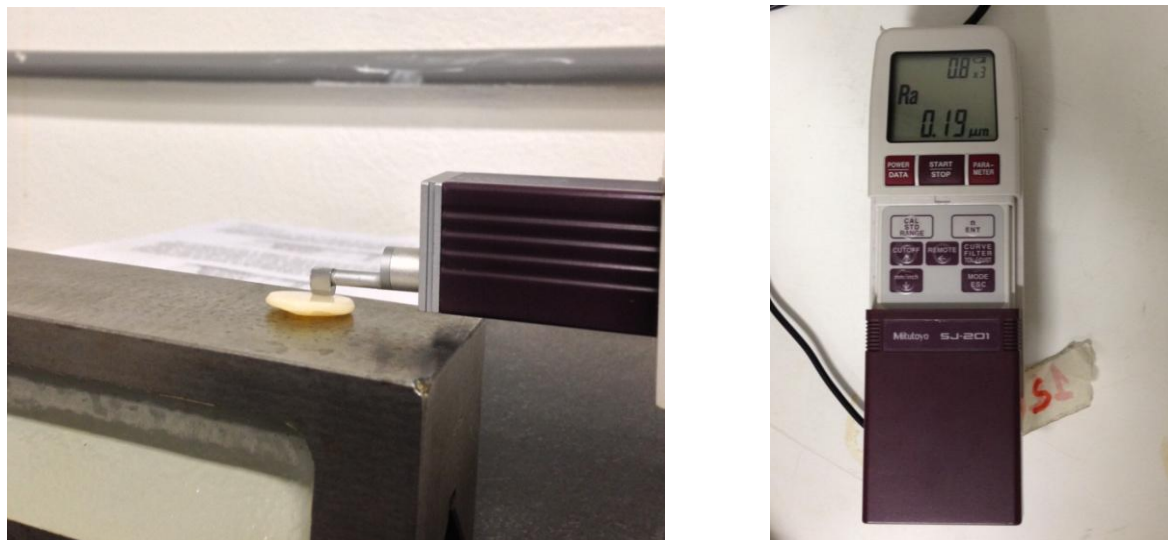


Figura 3 - Equipamento rugosímetro (Mitutoyo, modelo SJ-201, Japão)

Para análise de microdureza, todas as amostras foram submetidas ao ensaio de dureza Vickers. Cada amostra foi retirada da solução com uma pinça histológica e secada com gaze. Individualmente, foram inseridas no equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão) (Figura 4) do Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade de Brasília – UnB – Campus Gama. O equipamento foi calibrado para uma carga de 500gf, atuando por 10 segundos na superfície de cada amostra.

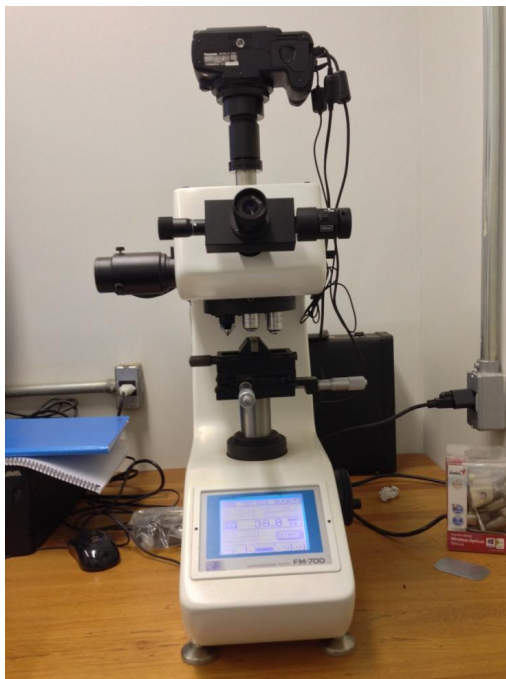


Figura 4 - Equipamento Microhardness Tester FM-700 (Future Tech, Japão)

Foram realizadas 3 penetrações, aleatoriamente, na superfície de cada amostra, totalizando 60 penetrações. A penetração provocou uma imagem, em forma de losango, na superfície das amostras (Figura 5). Com o auxílio do microscópio mensurador acoplado ao microdurômetro, com lente objetiva de 0,25 de aumento, as dimensões das diagonais foram medidas e o equipamento determinou o valor da microdureza (HV) de cada penetração.

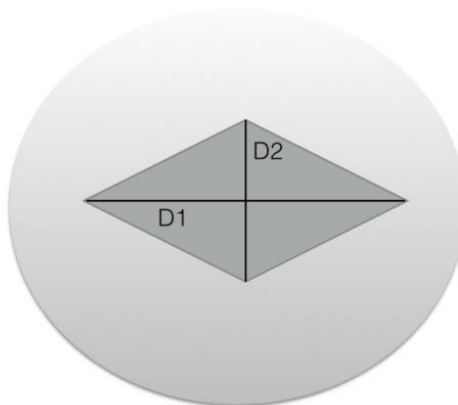


Figura 5 – Esquema da imagem projetada pelo microdurômetro, para medição da HV das amostras. Onde D1 é a diagonal horizontal e D2 é a diagonal vertical utilizadas para o cálculo de HV

As amostras foram encaminhadas para as radiações no acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha) (Figura 6) do Departamento de Física Médica do Centro de Alta Complexidade em Oncologia do Hospital Universitário de Brasília (CACON – HUB). As amostras foram retiradas das soluções com uma pinça histológica e secadas com gaze, sendo dispostas lado a lado sobre uma folha de papel absorvente na área de radiação. Sobre as amostras, foi colocada uma placa de água sólida (Standard Imaging, modelo Blue Water, EUA), com 2 cm de profundidade, para homogeneizar a dose de radiação. A distância da fonte à superfície foi de 1m.



Figura 6 - Acelerador linear (Siemens AG, modelo Primus, Alemanha)

A dose de radiação foi de 70Gy, que durou 33 minutos, dose máxima recebida pelos pacientes com câncer na região da cabeça e pescoço. A dose aplicada não foi fracionada, visto que o fracionamento se dá devido aos danos causados no sistema biológico dos pacientes. Após a radiação, as amostras voltaram ao armazenamento de cada grupo e seguiram para a repetição das análises de rugosidade média e microdureza, sendo realizados da mesma forma como antes da radiação. Após a radiação, as amostras voltaram ao armazenamento de cada grupo, por 24 horas, até a repetição da análise de rugosidade e 72 horas, até a análise de microdureza.

Os dados obtidos no rugosímetro e no microdurômetro foram tabulados no programa de computador Microsoft Excel versão 2010 (Microsoft, EUA) e posteriormente submetidos à análise estatística, pelo teste T, no software SPSS 19, tanto para comparar as propriedades antes e depois da radiação (amostras dependentes), como para comparar as propriedades entre os meios de acondicionamento (amostras independentes). Adotou-se o nível de significância de 0.05 e valores descritivos de p iguais ou inferiores foram considerados significantes.

### 3.4 RESULTADOS

Os dados foram descritos para caracterizar a amostra estudada e encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise estatística realizada pelo teste t dos grupos 1 e 2 da rugosidade média (Ra) e microdureza (HV), antes e depois de submetidos à radiação, de acordo com média (desvio-padrão)

Grupos \ Valores	Ra ( $\mu\text{m}$ )		HV ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )	
	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>G1</b>	0,46 ( $\pm 0,50$ ) Aa	0,34 ( $\pm 0,17$ ) Aa	38,66 ( $\pm 11,77$ ) Aa	41,37 ( $\pm 12,29$ ) Ab
<b>G2</b>	0,25 ( $\pm 0,07$ ) Aa	0,48 ( $\pm 0,30$ ) Ab	39,18 ( $\pm 7,32$ ) Aa	44,35 ( $\pm 7,07$ ) Ab

Nota: Letras maiúsculas distintas na coluna e letras minúsculas distintas na linha, dentro do mesmo teste físico, significam diferença estatisticamente significativa em nível de 5% ( $p < 0,05$ )



### 3.5 DISCUSSÃO

É um desafio o tratamento odontológico em pacientes em tratamento radioterápico. Além das sequelas em todo o organismo, os efeitos secundários no ambiente bucal são de extremo incômodo para os pacientes (Amade et al, 2010). A qualidade de vida fica comprometida, o que não ajuda em uma recuperação mais rápida (Rolim et al, 2011). Além disso, a radiação ionizante atua sobre as propriedades dos materiais restauradores (Von Fraunhofer et al, 1989; Amade et al, 2010) e na sua adesão ao substrato dentário, já fragilizado também pela radiação, interferindo dessa forma na longevidade do material e no sucesso da reabilitação bucal (Sperandio et al, 2001).

Os resultados da rugosidade média no G1 (água destilada), no presente trabalho, não apresentaram diferenças estatísticas após a radiação (Tabela 1). Este achado assemelha-se com os resultados apresentados por Terra (2004) e Vieiro (2006). Porém, as amostras do nosso estudo, imersas em solução de cola (G2) tiveram um aumento estatístico significativo na rugosidade média, após o processo de radiação. Esse aumento é deletério para o material, uma vez que uma superfície com mais rugosidade é mais suscetível ao acúmulo de placa bacteriana e degradação do material (Sperandio et al, 2001). No estudo de Tanthanuch et al. (2014), as superfícies de resinas compostas sofreram alterações após imersão em soluções a base de cola. A média quantitativa das leituras da rugosidade diminuiu em G1 e aumentou em G2, após a radiação (Tabela 1).

Os resultados encontrados em nosso estudo demonstraram efeito benéfico da radiação X de alta dosagem na propriedade de microdureza Vickers de ambos os grupos (G1 e G2), com o aumento dessa propriedade após a radiação (Tabela 1). Esses resultados estão semelhantes àqueles encontrados na literatura (Von Fraunhofer et al, 1989; Terra, 2004; Costa et al, 2005; Amade et al, 2010). Após a radiação, não foi possível observar diferença estatisticamente significativa entre os grupos G1 e G2

---

(Tabela 1). Amade et al (2010) sugerem que o aumento da microdureza esteja relacionado ao grau de conversão do material na formação de polímeros, uma vez que a conversão de monômero para polímero depende de fatores, dentre eles a transmissão de luz. Como a radiação possui a mesma natureza de luz, o efeito na conversão dos monômeros permanece por algum tempo depois da dose recebida pelo material.

Von Fraunhofer et al (1989) aplicaram doses terapêuticas crescentes de 2Gy a 80Gy de radiação gama em resina compostas e realizaram testes físicos. Os resultados para dureza demonstraram semelhança com os encontrados em nosso estudo (Tabela 1). Ocorreu um aumento linear da dureza das resinas, com coeficiente maior que 0,9 em todos os casos com o aumento das doses de radiação. Esse aumento também proporcionou diminuição da solubilidade e da absorção de água pelo material. Esta alteração foi considerada pelos autores benéfica, uma vez que a diminuição da solubilidade diminuiria também a degradação do material por soluções ácidas.

Na continuação do estudo de Von Fraunhofer et al (1989), Curtis et al (1991) utilizaram as mesmas doses e realizaram ensaios mecânicos para análise de desgaste em resinas compostas fotopolimerizáveis. Diferentemente dos resultados apresentados pelo teste de dureza de Curtis et al (1991) e neste estudo, os autores não encontraram diferenças significativas estatisticamente, não apresentando desgastes diferentes entre o grupo controle e o grupo irradiado.

Terra, em 2004, avaliou se a radiação X de alta dosagem alterou a estrutura química e as propriedades físicas e mecânicas da resina Filtek Z250. As amostras foram submetidas a uma dose de 10Gy. Os resultados demonstraram um aumento estatístico da dureza Knoop, mas a resistência à abrasão e a rugosidade não sofreram nenhuma alteração. O autor concluiu que apesar de ter alterado o espectro químico da resina, a radiação X não provocou danos ao material. Os resultados demonstraram que a radiação pode ser benéfica para a resistência do material, semelhantemente ao encontrado em nosso estudo.

---

---

Amade et al (2010) aplicaram dose única de 60Gy e doses fracionárias de 2Gy diárias para avaliar as propriedades físicas de resina acrílica, resina composta e cimento resinoso, através de 3 ensaios mecânicos. As amostras foram armazenadas em água destilada. Os resultados encontrados para a resina composta não demonstraram alterações estatisticamente significativas para a resistência flexural e para o ensaio de tração diametral, porém, a radiação gama cobalto<sub>60</sub> provocou um aumento na microdureza Knoop, o mesmo encontrado no nosso trabalho (Tabela 1) com o raio-X de alta dosagem. Os autores concluíram que os efeitos da radiação aplicada, de forma fracionada, aumentaram a microdureza, diferentemente da dose única, que apresentou resultados semelhantes ao grupo controle, não irradiado.

Os autores Costa et al, em 2005, utilizaram 40 amostras de resinas compostas Charisma e Durafill para avaliar alterações na dureza superficial Knoop, após radiação. Os autores aplicaram doses diferentes para as duas marcas comerciais: I=não irradiada (controle), II=30Gy, III=50Gy e IV=70Gy. Os resultados encontrados demonstraram que as doses de radiação progressivas não alteraram a microdureza das amostras. Esses resultados contradizem aos que foram encontrados em nosso estudo, a dose fracionada pode ter sido o diferencial nos resultados.

Costa (2008) aplicou radiação gama em doses progressivas de 10Gy a 100Gy em três materiais restauradores (Filtek Z350, Charisma syringe e Maxxion R) para avaliar alterações na microdureza Vickers. Apesar da resina Filtek Z350 ter apresentado valores quantitativos de dureza maiores, os resultados apresentaram que as amostras não sofreram alterações significativas na microdureza Vickers. Esses resultados foram diferentes aos encontrados em nosso estudo, indicando que doses fracionadas e doses únicas podem produzir efeitos diferentes nas resinas.

Na avaliação da rugosidade e da dureza Knoop de resinas compostas, Vieiro (2006) aplicou doses crescentes de radiação X, variando de 0,25Gy a 1Gy. Os resultados encontrados pelo autor demonstraram diminuição da dureza Knoop das amostras irradiadas, porém, dentre os grupos irradiados, não houve diferença estatisticamente significativa. Contrariamente aos nossos resultados (Tabela 1), a

---

---

radiação produziu uma diminuição da dureza e não produziu qualquer diferença estatística na rugosidade média das resinas.

Quando em contato com os polímeros, os ácidos degradam a matriz orgânica e expõem as partículas de carga inorgânica. Assim, substituem as ligações cruzadas entre as pontes de hidrogênio e diminuem a interação entre as macromoléculas, ocorrendo uma diminuição da dureza do material (Souza et al, 2005).

Segundo Baccaro et al (1998), os radicais livres produzidos pela radiação ionizante podem induzir reações químicas, capazes de promover estabilização das resinas. A adição de grupos aromáticos na matriz dos polímeros causa um aumento da radorresistência das resinas, pelo aumento da reticulação do composto, tornando o material mais estável, ou seja, diminui o processo de degradação.

Para Cruz (2005), o aumento da microdureza de resinas após a radiação se deve à capacidade da radiação ionizante promover uma reativação e reorganização de entidades com pequeno peso molecular, aprisionadas na matriz resinosa, o que aumentou o grau de conversão.

No presente estudo, foi aplicada dose única de radiação com o intuito de minimizar o tempo de uso do equipamento. Amade et al (2010) não recomendam o uso de doses únicas, uma vez que em seu estudo as amostras submetidas a esse protocolo apresentaram resultados semelhantes com o grupo controle. Porém, em seu estudo as amostras não foram imersas em nenhuma solução que simulasse os o comportamento clínico do microambiente bucal. No nosso estudo, houve uma tentativa de simular esse microambiente, porém é necessário estudar o comportamento dos materiais em doses fraccionadas, as quais são utilizadas como protocolo no tratamento radioterápico.

Este estudo foi realizado em condições estritamente laboratoriais, apresentando limitações. Dentro dessas limitações, maior rugosidade média e maior microdureza, após a radiação, foram identificadas quando as amostras estavam imersas em pH baixo da solução de cola (Grupo 2, Tabela 1). O aumento da rugosidade pode ser um aspecto desfavorável para o sucesso das restaurações diretas

---

---

em resina composta, devido à possibilidade de acúmulo de placa bacteriana e de degradação do material. Maior microdureza após a radiação também foi demonstrada nas amostras imersas em água destilada (Tabela 1), porém com um valor médio quantitativo de HV menor que o de G2.

Dessa forma, mais estudos são necessários para aprofundar essa interação afim de que os materiais utilizados nas restaurações diretas tenham maior longevidade e sucesso. Protocolos para melhor manutenção desses materiais poderiam ser estabelecidos, com o intuito de melhor qualidade de vida dos pacientes em tratamento radioterápico.

A relevância clínica deste estudo se dá pela importância das propriedades de dureza e rugosidade dos materiais utilizados para a confecção de restaurações diretas, uma vez que essas propriedades influenciam na longevidade das restaurações.

---

### 3.6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados e dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que:

- O efeito da radiação de alta dosagem em estudos laboratoriais aplicada na resina composta Llis não resultou em alterações estatisticamente significativas na rugosidade média imersas em água destilada;
- A radiação X de alta dosagem aumentou a rugosidade média das amostras em resina composta Llis imersas em solução de cola, com significância estatística;
- A radiação X de alta dosagem provocou aumento das médias da microdureza Vickers da resina composta Llis, independente do meio de imersão do material.

### 3.7 REFERÊNCIAS

1. Amade ES, Ferreira FM, Novais VR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Influência da Radiação nas Propriedades de Diferentes Materiais Resinosos. Rev Odontol Bras Central 2010;19(50).
2. Baccaro S, Bianchilli B, Casadio C, Rinaldi G. Radiation induced effects on particulate composites from epoxy resin and fly-ash. Radiat Phys Chem. 1998; 52(1/6): 187-191.
3. Barrowman R, Wilson P, Wiesenfeld D. Oral rehabilitation with dental implants after cancer treatment. Australian Dental Journal 2011;56:160-165.
1. Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. Australian Dental Journal 2014;59:20–28.
2. Behr M, Rosentritt M, Faltermeier A, Handel G. Electron beam irradiation of dental composites. Dent Mater 2005 Sep;21(9):804-10.
3. Costa APC, Colatusso D, Couto V, Rocha ASPS, Torno V, Vieira S, et al. Avaliação da microdureza em materiais restauradores odontológicos quando submetidos à radiação gama. Curitiba-PR [Dissertação de mestrado em Ciências] - Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2005.
4. Costa APC, Maia JM, Rocha ASPS. Avaliação de microdureza e espectrometria de infravermelho em materiais restauradores odontológicos submetidos à radiação gama. Curitiba-PR [Dissertação de mestrado em Ciências] - Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2008.
5. Cruz AD. Influência da radiação ionizante em compósitos odontológicos, ionômero de vidro e cerâmica. Piracicaba-SP [Dissertação de mestrado em Radiologia Odontológica] – Faculdade de odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas; 2005.
6. Curtis PM Jr, Farman AG, Von-Fraunhofer JA. Effects of gamma radiation on the in vitro wear of composite restorative materials. J Dent 1991;19:241–4.

7. Craig RG, O'Brien WJ, Powers JM. *Materiais Dentários: Propriedades e Manipulação*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1988.
8. Hengtrakool C, Kukiattrakoon B, Kedjarune-Leggat U. Effect of naturally acidic agents on microhardness and surface micromorphology of restorative materials. *Eur J Dent* 2011;5:89–100.
9. Instituto Nacional de Câncer. *Estimativas da incidência e mortalidade por câncer*. Rio de Janeiro: INCA; 2014.
10. Jemal A, Siegel R, Ward E, Hao Y, Xu J, Thun MJ. Cancer statistics. 2009. *CA Cancer J Clin* 2009;59(4):225-49.
11. Okuno E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. *Estud av* 2013;27(77):185-200.
12. Oliveira FC, Denehy GE, Boyer DB. Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *J Am Dent Assoc* 1987;115(1):57-60.
13. Rolim AEH, Costa LJ, Ramalho LMP. Repercussões da radioterapia na região orofacial e seu tratamento. *Radiol Bras* 2011 Nov/Dez;44(6):388–395.
14. Roopashri G, Baig M. Current advances in radiotherapy of head and neck malignancies. *J Int Oral Health* 2013;5(6):119-23.
15. Souza NC, Pozzobon RT, Susin AH, Jaeger F. Avaliação da rugosidade superficial de uma resina composta: influência de diferentes bebidas alcóolicas e uma bebida energética. *RGO* 2005;53(1):71-74.
16. Sperandio M, Souza JB, Oliveira DT. Effect of gamma radiation on dentin bond strength and morphology. *Braz Dent J* 2001;12:205-8.
17. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Siriporananon C, Ornprasert N, Mettasitthikorn W, Likhitpreeda S, et al. The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer. *J Conserv Dent* 2014 May-Jun;17(3): 261–265.



18. Terra ET. Efeitos da radiação X no composto Filtek Z250. Campinas-SP [Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba] - Universidade Estadual de Campinas; 2004.
19. Vidal AKL, Revoredo ECV. Radioterapia em tumores de boca. *Odontol Clín Cient* 2010 out-dez;9(4):295-298.
20. Viero FL. Influência da radiação nas propriedades de composto odontológicos. Campinas-SP [Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba] - Universidade Estadual de Campinas; 2006.
21. Von Fraunhofer JA, Curtis PJr, Sharma S, Farman AG. The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. *Journal Dental* 1989;17(4):177-83.