

Marceli Vieira Martins

**AVALIAÇÃO DA FLUÊNCIA POR
MICROINDENTAÇÃO DE MATERIAIS
RESTAURADORES À BASE DE POLÍMEROS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração Dentística, da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutora em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Pires Maia
Coorientador : Prof. Dr. Élitó Araujo

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Martins, Marcell

Avaliação da fluência por microindentação de materiais restauradores à base de polímeros / Marcell Martins ; orientador, Hamilton Pires Maia ; coorientador, Élio Araújo. - Florianópolis, SC, 2015.

87 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. fluência. 3. polímeros. 4. resina composta. 5. microindentação. I. Pires Maia, Hamilton. II. Araújo, Élio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

Marceli Vieira Martins

AVALIAÇÃO DA FLUÊNCIA POR MICROINDENTAÇÃO DE MATERIAIS RESTAURADORES À BASE DE POLÍMEROS

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutora em Dentística”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração Dentística.

Florianópolis, 14 de julho de 2015.

Prof.^ª. Dr.^ª. Izabel Cristina Santos Almeida. xxx, Dr.
Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Odontologia

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hamilton Pires Maia
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^ª Dr.^ª Renata Gondo Machado
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^ª. Dr.^ª. Jussara Karina Bernardon
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^ª. Dr.^ª. Beatriz Álvares Cabral Barros
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^ª Dr.^ª Simone Xavier S. Da Costa
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Dr. Naudy Brodbeck May
Universidade do Sul de Santa Catarina

*Dedico este trabalho aos meus pais, **João Martins Filho e Vera Lúcia Vieira Martins**, pois, junto comigo, dedicaram-se para que eu pudesse realizar meus objetivos. Esta conquista também é de vocês!*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, permitindo realizar meus desejos, me dando forças, fé e iluminando o meu caminho para que eu possa trilhá-lo com luz e sabedoria.

Aos meus pais João e Vera pelo apoio financeiro para que eu pudesse realizar este curso, pelo amor, carinho, confiança, por sempre me incentivar em tudo o que eu escolhesse fazer. Sempre me ensinaram o caminho pelo qual eu deveria conduzir minha vida, a importância dos estudos e o respeito às pessoas. Obrigada por serem tão maravilhosos! Muitas vezes abriram mão dos seus próprios sonhos para que eu realizasse os meus. Reconheço todo o esforço e dedicação para que fosse possível a realização desta etapa. O meu mais sincero e eterno MUITO OBRIGADA! AMO VOCÊS!

Ao meu irmão Leonardo, por também ajudar nessa conquista, pela solidariedade, paciência e compreensão quando teve que abrir mão de algum desejo seu para que eu pudesse realizar o meu. Obrigada por ajudar nossos pais, facilitando um pouco mais a realização das minhas conquistas.

À minha avó Gessi que, com certeza, ajudou muito para que eu realizasse este curso, se esforçando sempre para ver tudo dando certo, ajudando e incentivando meus estudos, é a grande responsável por tudo que acontece não só na minha vida, como de toda minha família. Vó, obrigada por tudo que fazes por mim!

À família do Tio Clóvis, seus filhos e noras, e em especial à Tia Jeanete, que sempre me tratou com muito carinho. Obrigada por sua preocupação comigo, seus deliciosos almoços, enfim, obrigada por ser uma tia muito especial!

Agradeço à toda minha família, todos os tios, tias, meus padrinhos, primos e primas que mesmo indiretamente fizeram parte desta conquista.

Ao meu orientador, Prof.Dr. Hamilton Pires Maia, pela orientação, ensinamentos, incentivo à realização deste trabalho. Obrigada pela atenção dispensada, por incentivar a pesquisa. Obrigada por seu carinho, atenção, respeito, amizade e “humanidade” presente no seu coração. Obrigada por

todas as oportunidades oferecidas e horas de conversa na sua mesa, não posso deixar de agradecer também, suas broncas e puxões de orelha, sei que foram por boas intenções. Obrigada, Professor! Serei eternamente grata por tudo que fizestes por mim, jamais o esquecerei, estarás pra sempre em meu coração!

Ao professor Dr. Élitó Araújo, coorientador desse trabalho, obrigada pela amizade, pela experiência transmitida, pelo carinho, pela dedicação aos seus alunos e ensinamentos tão preciosos.

Ao meu professor e tio Dr. Luiz Clóvis Cardoso Vieira, a quem devo tudo isso, uma pessoa maravilhosa, um coração gigante, sempre querendo o melhor pra mim. Tio, muito obrigada por todas as oportunidades, pelo apoio e incentivo, pelo carinho, por querer me ver bem. Obrigada por me apresentar essa profissão maravilhosa, por ser assim uma pessoa tão fantástica, pela qual eu posso me espelhar, como é bom ter um exemplo como você. O meu eterno reconhecimento e agradecimento por tudo que fazes por mim!

À professora Dr.^a Renata Gondo Machado, obrigada pelo grande apoio e amizade. Obrigada pelo carinho, por ser uma pessoa maravilhosa, por ser exemplo a ser seguido, pelas ajudas constantes. Obrigada pela compreensão, pela solidariedade aos seus alunos, por ter o prazer de ensinar. Obrigada!

Ao professor Dr. Luiz Narciso Baratieri, pela oportunidade, pelo aprendizado e pelo exemplo de professor. Obrigada por me fazer enxergar que a busca constante do melhor é uma tarefa diária, me incentivando a ser cada vez melhor e por suas sábias e motivadoras palavras. Obrigada!

Ao professor Dr. Sylvio Monteiro Júnior, pelas lições aprendidas, carinho, respeito, ensinamentos, apoio e atenção a mim dispensados. Obrigada!

Ao professor Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada, pela atenção, por sempre se esforçar para ver o curso cada vez melhor, pela organização, um exemplo de ser humano.

À professora Dr.^a Jussara Karina Bernardon por sempre exigir o melhor, por mostrar o valor de cada detalhe, pelo excelente convívio, por ser sempre tão alegre e por estar sempre disponível a me ajudar. Admiro sua determinação, responsabilidade e carinho por aquilo que faz. Obrigada!

Ao professor Dr. Guilherme Carpena Lopes, por seu carinho, atenção, respeito, pela amizade e pela “humanidade” presente no seu coração. Obrigada por seus ensinamentos tão valiosos, e pela paciência. Obrigada!

Ao professor Dr. Gilberto Muller Arcari, pela seriedade, pelos ensinamentos, carinho e boas conversas.

À professora Dr.^a Sheila Stolf, pelo carinho, paciência, por seus ensinamentos, pelas conversas. Uma pessoa meiga, sincera e de bom coração. Obrigada pelo apoio e incentivo.

À professora Dra. Beatriz Barros, pessoa muito querida, está sempre com um sorriso no rosto, disposta a ajudar a quem precisa.

Ao professor Cléo Nunes de Souza, por seus ensinamentos e pelo excelente convívio.

Ao professor Dr. Naudy Brodbeck May, que foi o coordenador do curso de Odontologia da Unisul, Tubarão –SC, durante a minha graduação, exemplo de profissional competente. Obrigada pelas oportunidades a mim oferecidas e por aceitar ser membro da banca deste trabalho.

À professora Dra Simone Xavier S. da Costa, a quem conheço a pouco tempo, mas já é uma pessoa especial para mim. Obrigada pela parceria, confiança, amizade e por aceitar ser membro da banca deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina e seus funcionários, por permitir que fosse possível a realização deste curso.

À Dona Léa e a Ana, pelo empenho, pelo auxílio em tudo que precisei, pela atenção e pelo convívio num ambiente de amizade. Vocês são exemplos de competência e responsabilidade.

À minha turma do doutorado, Caco (Carlo), Diogo, Buda (Gustavo C.), Tonho (Gustavo S.), Vane (Vanessa) e Shiz (Shizuma) pelas conversas mais engraçadas na salinha, pelas ajudas e parcerias, pelo convívio, momentos de descontração, risadas, pelo respeito e bons momentos vividos. O meu muito obrigada à todos vocês!

Ao Éder, quem me acompanhou quase que integralmente nesse período da minha vida. Uma pessoa muito querida, que sempre fez de tudo para me ver feliz, me acalmar, me dar apoio e me entender, que soube compreender quando não pude dar a atenção desejada, quando não pude estar presente. Com você, tudo se tornou mais fácil. Obrigada por tudo!

Agradeço às minhas amigas, Bila, Bru, Cami, Chris, Déia, Gabi, Nessa, Carol, Su, por essa amizade tão linda, tão forte e fiel, são muitos anos convivendo com vocês, e a cada ano que passa fico ainda mais feliz por ter vocês em minha vida. Obrigada por compreender a minha ausência nesses anos de curso em que, nem sempre, pude estar com vocês. Meninas, obrigada por tudo! É muito bom poder saber que posso contar com vocês, sempre. Obrigada!

Por fim, agradeço a todas as pessoas, funcionários da UFSC, colegas de pós-graduação, empresas fornecedoras de materiais para esta pesquisa, familiares, amigos que de uma forma mais distante, fizeram parte de minha vida. Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Matriz de aço inoxidável, com orifício circular de 16mm de diâmetro e 1mm de profundidade.....36
- Figura 2:** Inserção da resina composta na matriz metálica, sobre uma placa de vidro, utilizando uma espátula para resina composta.....38
- Figura 3:** Após completo preenchimento da matriz, foi posicionado sobre a resina composta tiras de poliéster e lamínula de vidro, e realizada pressão digital, afim de regularizar a superfície do disco, planificar, alisar e escoar os excessos.....38
- Figura 4:** A polimerização foi realizada sob o conjunto lamínula de vidro e tira de poliéster, em cada quadrante do disco e no centro, garantindo a polimerização de toda a área do disco.....39
- Figura 5:** Disco de resina composta inserido no dispositivo para polimento na máquina de polir, Politriz. Polimento realizado com a sequência de lixas determinada e sob irrigação.....40
- Figura 6:** Polimento sendo realizado. Dispositivo utilizado para padronização de posição e pressão exercida sob o disco de resina composta.
- Figura 7:** Micridurômetro HMV-2 (Shimadzu), onde foram realizados os testes de fluência.....41
- Figura 8:** Teste de fluência sendo realizado. Ponta de diamante Vickers, fazendo a endentação no disco de resina composta.....43

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Composição dos materiais, segundo fabricante.....35

Tabela 1: Média seguido do desvio padrão para valores de teste creep para
cara resina composta e variáveis.....45

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 2:** Valores médios de todos os materiais estudados, segundo o período avaliado, independentemente do meio de armazenagem.....46
- Gráfico 1:** Diferença para valores médios de cada material segundo o modo de armazenagem.....47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

g- gramas

h- horas

s- segundos

mm- milímetros

mW/cm²- miliwatts por centímetro quadrado

°C – graus Celsius

RESUMO

Martins, M. V. **Avaliação da fluência por microindentação de materiais restauradores à base de polímeros**. 2015. Tese (Doutorado em Odontologia – área de concentração: Dentística) – Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Objetivos: Avaliar a fluência por microindentação de materiais restauradores à base de polímeros como, resina composta para uso direto e resina composta para uso indireto. **Material e Método:** Discos de resinas compostas foram confeccionados em uma matriz metálica, de forma circular com 1mm de altura e 16mm de diâmetro. Estes espécimes foram divididos em quatro grupos de acordo com o material utilizado: **Grupo I** (Empress Direct, Esmalte A2); **Grupo II** (Filtek Z350 XT, Esmalte A2); **Grupo III** (Signum Ceramis, Esmalte A2); **Grupo IV** (SR Adoro, A2) e subdivididos em dois grupos (n=20) de acordo com a armazenagem e controle de umidade, temperatura e tempo: **SG I:** armazenagem em água destilada 23°C; **SG II:** armazenagem à seco 23°C, controlado por ar-condicionado; Os períodos de avaliação foram após 24h, 1, 3, e 6 meses de armazenagem. Após o polimento, a lisura, a planificação e o paralelismo entre as superfícies dos discos de resinas compostas foram analisados, para garantir a planificação e o paralelismo entre as faces superior e inferior do disco de resina composta, foram levados ao microdurômetro e submetidos ao teste de fluência em um microdurômetro HMV-2, Micro Hardness Tester, (Shimadzu). Foram realizadas duas endentações, uma inicial e outra final. A carga de endentação utilizada foi de 100gf. O tempo de cada endentação foi 30s e o tempo de relaxação entre cada endentação também de 30s. Os períodos de avaliação foram 24h, 1 mês, 3 meses e 6 meses após a confecção dos espécimes. Para cada

espécime foi realizado cinco leituras, uma no centro e em cada quadrante do disco, e então realizada uma média entre esse valores. **Resultados;** As resinas compostas indiretas apresentarem menos valores de deformação por fluência que as resinas compostas diretas, sendo que todas apresentaram deformação permanente maior quando armazenadas em água e por período de 6 meses., diminuindo a cada período. **Conclusão:** As resinas compostas indiretas são mais resistentes à fluência que as resinas compostas diretas, a armazenagem em água diminui a resistência de todos os materiais aqui testados, assim como o tempo de armazenagem.

Palavras-chave: Creep. Resina composta. Viscoelasticidade

ABSTRACT

Martins, M. V. **Fluency evaluate by microindentation of restorative materials to the polymer base.** 2015. Thesis (P.h.D in Dentistry – Operative Dentistry) – Graduate Program in Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.

Objetiv: Evaluate fluency by microindentação of restorative materials to the polymer base as composite resin for direct use and indirect composite resin for use. Methods: composite resin discs were prepared using a metal matrix, circular in shape with 1 mm high and 16mm in diameter. These specimens were divided into four groups according to the material used: Group I (Empress Direct Enamel A2); Group II (Filtek Z350 XT, Enamel A2); Group III (Signum Ceramis, Enamel A2); Group IV (SR Love, A2) and subdivided into two groups (n = 20) in accordance with the storage and humidity control, temperature and time: I GS: storing in distilled water 23 ° C; SG II: dry storage at 23 ° C, controlled air conditioning; The evaluation periods were after 24 hours, 1, 3, and 6 months of storage. After polishing, the smoothness, the planning and the parallelism between the surfaces of the composite resin discs were analyzed to ensure the planning and the parallelism between the upper and lower faces of the composite disc were taken and subjected to the test microhardness fluency in a HMV-2 microdurometer, Micro Hardness Tester (Shimadzu). Two indentations, initial and another final were held. The indentation load was 100gf used. The time of each indentation was 30s and the relaxation time between each indentation also 30s. The evaluation periods were 24, 1 month, 3 months and 6 months after the making of the specimens. For each specimen was performed five readings, one in the center and in each

quadrant of the disc, and then held an average of these values. Results; The indirect composite resins exhibiting less creep strain values than direct composites, which all showed higher permanent deformation when stored in water and for a period of 6 months., Decreasing each period. Conclusion: The indirect composite resins are more resistant to creep than the direct composites, storage decreases in water resistance of all materials tested here, as well as the storage time.

Keywords: Creep. Resin composite. Viscoelasticity

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	OBJETIVOS	32
2.1	Objetivo Geral.....	32
2.2	Objetivos Específicos.....	32
2.3	Hipótese Nula.....	33
2.4	Justificativa	33
3	MATERIAIS E MÉTODO	35
3.1	Preparação dos Corpos de Prova	37
3.2	Teste de Fluência	42
3.3	Análise estatística	45
4	RESULTADOS.....	46
5	DISCUSSÃO	49
6	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	ARTIGO	59
1	INTRODUÇÃO	60
2	MATERIAIS E MÉTODO.....	66
2.1	Preparação dos Corpos de Prova	66
2.2	Teste de Fluência	72
2.3	Análise estatística	74
3	RESULTADOS.....	75
4	DISCUSSÃO.....	78
5	CONCLUSÕES.....	83
	REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos, o material restaurador mais utilizado para restaurações dentais foi o amálgama. Com o surgimento da odontologia adesiva, o amálgama vem sendo substituído por materiais compostos. A utilização de resinas compostas em dentes posteriores, exige do material, excelentes propriedades mecânicas, pois em substituição ao amálgama, os compósitos são também utilizados na região posterior, sendo a região de maior tensão. Para tanto, as propriedades mecânicas dos compósitos devem ser equivalentes às propriedades mecânicas do amálgama.^{1,2}

No início da utilização de resinas compostas em dentes posteriores, esse material não mostrou desempenho clínico satisfatório, isso por que, as propriedades como resistência ao desgaste, fadiga e deformação plástica foram indesejáveis. Mas, ao longo do tempo muitos estudos e investigações foram realizados e alterações na química, no tamanho, na concentração, na forma das partículas e uma modificação no complexo resinoso da matriz, melhoraram as propriedades físico-químicas dos compósitos.²

Materiais viscoelásticos, como compósitos e polímeros podem sofrer deformações permanentes ao longo do tempo, quando submetidos a baixas tensões, essa propriedade é denominada fluência, muito importante, principalmente para restaurações em dente posteriores. Pois a fluência determina a resistência ao desgaste dos materiais ao longo do tempo, ou seja, a sua capacidade de deformação, quando submetidos a baixas tensões por longos períodos de tempo.^{1,2,3,6}

Surgiu no mercado, em meados de 1996, uma nova classe de material restaurador indireto, os cerômeros ou polímeros otimizados por cerâmica, que nada mais são do que resinas compostas microhíbridas com partículas inorgânicas cerâmicas. Os cerômeros são considerados as resinas compostas laboratoriais de segunda geração, que devido ao seu alto teor de

partículas cerâmicas pequenas, apresentam menor contração de polimerização, menor desgaste intra-oral, melhor resistência à flexão (entre 120 e 160 MPa), maior módulo de elasticidade (entre 8500 e 12000 MPa), melhor estabilidade de cor, razoável capacidade de adesão à subestrutura metálica e resistência de abrasão similar a do esmalte. Os cerômeros, ou polímeros otimizados por cerâmica, são resinas compostas microhíbridas de uso indireto e que apresentam uma média de 66% de peso de partículas minerais cerâmicas.^{4,5}

Quando uma carga age sobre um corpo sólido, uma tensão reagirá em igual magnitude e em direção contrária àquela força externa. Sempre que uma tensão esteja presente existirá como consequência uma deformação que pode ser tanto elástica como plástica ou permanente. Uma pressão inferior ao limite de proporcionalidade, produz uma deformação elástica. Isto quer dizer que, uma vez retirada a carga, as dimensões do corpo devem coincidir com as dimensões originais. Porém, muitos materiais, tais como as resinas compostas, após a remoção da carga, mantêm uma deformação residual, denominada permanente. Esta deformação não coincide com um comportamento elástico, mas seu desempenho é como o de um material viscoso, pois deforma-se permanente e progressivamente em função do tempo de aplicação da carga e não em função do aumento desta.^{1,2}

A viscoelasticidade das resinas compostas está relacionada com a carga exercida e com o tempo de aplicação dessa, sendo a fluência um processo em que o material, quando sujeito a uma baixa pressão de carga, por um determinado período de tempo, sofre uma alteração permanente. Esta é, portanto, uma propriedade extremamente importante para se conhecer e selecionar a resina composta de melhor qualidade, almejando sua performance clínica.^{1,2,6,11}

Por ser a resina, um material não cristalino, este tipo de deformação ocorre mesmo em temperatura baixa, em virtude deste material apresentar uma deformação residual em baixas cargas e temperaturas.²

Estudos realizados em 1998 avaliaram fluência e recuperação viscoelástica de compósitos polimerizados e de polimerização secundária e ionômero de vidro modificado por resina. Os espécimes foram fabricados como cilindros curtos (6 mm x 4 mm), com e sem polimerização secundária em forno (120°C, 7 min). O aparelho de medição foi utilizado para submeter cada espécime, por sua vez a um ciclo de tensão de compressão constante de 50 MPa, durante 6 h seguido por 6 h de recuperação, após a remoção da carga. Tempo-dependente de deformação e de recuperação foram anotados. As curvas de fluência destes materiais durante a carga e a descarga foram caracterizados por uma deformação inicial rápida elástica, maior do que 1%, seguido por uma resposta visco-elástica. Durante a descarga, houve uma recuperação elástica inicial, seguido pela recuperação de fluência, e finalmente permanente. Cura secundária não teve qualquer efeito estatisticamente significativo em fluência máxima (Y1), que era de 1-2% para resina e 3-4% para CIV-MR. Deformação permanente para o CIV-MR foram 0,68-0,77% e de resina de compósitos variou de 0,13-0,46%.⁶

Em 1988, avaliou-se o comportamento de deformação de 8 diferentes compósitos para posterior sob compressão estática e dinâmica uniaxial. A influência de sorção de água sobre as propriedades mecânicas também foi avaliada. A fluência estática durante um período de 2h e a recuperação por 2h seguinte foram determinados. Curvas tensão/deformação foram registrados durante o carregamento cíclico a uma frequência de 0,25 Hz durante 2h. A sorção de água aumentou o deslizamento e a diminuição da recuperação lenta. Valores de fluência estática e dinâmica foram maiores para materiais microparticulados do que para os outros tipos de materiais compósitos.⁷

Berge, também em 1988, usou diferentes resinas para laminados na composição química e conteúdo de partículas de preenchimento, foram investigadas no que diz respeito à propriedade fluência. Processamento diferente e métodos de cura foram comparados. Dois métodos de fluência foram utilizados. Taxas de fluência foram determinados com espécimes cilíndricos expostos a tensão de compressão. Fluência também foi medido por teste de indentação em uma série separada de espécimes. As menores taxas de fluência foram obtidos para as amostras curadas por luz, enquanto que curados por calor apresentaram os maiores valores. As menores taxas de fluência dos acrílicos não preenchidos ocorreu quando o processamento foi realizado em frascos.⁸ Os resultados do teste de indentação mostraram um padrão semelhante. Um coeficiente de correlação (R_s) de 0,900 foi obtido para os 2 métodos de caracterização de fluência. As variações observadas em fluência implica que eles se comportam diferentemente na clínica.⁸

Em 1984, Maia e Nagem Filho, demonstraram que as resinas compostas deforma-se de modo permanente quando submetidas a baixas tensões em função do tempo, da mesma forma como pode ocorrer em áreas sujeitas às forças oclusais. Os resultados mostraram que na fluência estática, a deformação permanenten aumentou em função do tempo, mas com redução acentuada nas primeiras 24h e 1 semana.¹

Visando determinar a fluência, por meio de deformação permanente Couto et al (2000)², confeccionaram espécimes com resinas compostas fotopolimerizáveis: ALERT [A] (Jeneric®/Pentron®), CHARISMA F [C] (Heraeus/Kulzer), HELIOMOLAR RADIOPAQUE [H] (Vivadent), SOLITAIRE [S] (Heraeus/Kulzer) e TETRIC CERAM [T] (Vivadent) após armazenamento em água, à temperatura de 37 °C, foram submetidos a uma carga compressiva constante de 36MPa, por períodos de: 15 minutos, 1 hora e 24 horas. Os resultados obtidos apresentam os valores

quantitativos da diferença entre o comprimento original da amostra e o seu comprimento após o ensaio, em cada período estabelecido. Os valores médios da fluência estática das resinas CHARISMA F e SOLITAIRE não foram estatisticamente diferentes entre si em qualquer um dos períodos estudados, sendo que no período de 15 minutos, os resultados obtidos para a resina TETRIC CERAM também se assemelharam aos destas e, em 1 hora, os da resina composta ALERT foram similares aos das duas primeiras; porém, a resina HELIOMOLAR RADIOPAQUE, apresentou resultados divergentes das anteriores, demonstrando piores características de deformação permanente, por possuir maiores valores de fluência estática em qualquer dos períodos estudados.

Marghalani e Al-jabab, em 2004, investigaram a fluência e recuperação de resinas compostas condensáveis em comparação com uma liga de amalgama de fase dispersa. Espécimes cilíndricos (4 mm x 8 mm) foram fabricados e armazenados em saliva artificial durante 1 semana a 37C. Uma máquina de ensaio de fluência foi utilizado para testar a fluência de compressão de cada um dos materiais sob condições específicas de tensão e temperatura (155,5 MPa e 37C, 155,5 MPa e 55C; 36 MPa e 37C; 36 MPa e 55C) durante 24h, após a recuperação foi registrada ao longo de um período de 24h. Não houve diferenças significativas na fluência e recuperação de tensão entre Alert e SureFile para cada condição de teste. No entanto, para deformação residual, houve uma diferença muito significativa entre Dispersalloy e cada um dos compósitos compactáveis, mas não houve diferenças significativas entre os compósitos: Alerte e SureFile tinham a menor fluência (0,59% e 0,36%, respectivamente), enquanto Solitaire mostrou 0,26% a 155,5 MPa e 37C.⁹

No estudo realizado Schmidit e Ilie (2013) onde avaliou tração diametral, microdureza Vickers (HV), e fluência de resinas compostas nanohíbridas. Os ensaios foram realizados utilizando um indentador

(Fischerscope H100C, Fischer, Germany). O valor de fluência das seis nanohíbridas foi expressa por alteração relativa da profundidade de penetração para 5 s, enquanto a força de ensaio foi mantido no nível constante do máximo de 500 mN. Testes foram realizadas após armazenamento das amostras durante 24 horas em água destilada, assim como após o envelhecimento (termociclagem por 5000 ciclos a 5-55 ° C e armazenagem durante 4 semanas, quer em água destilada, a saliva artificial, ou etanol). O efeito do envelhecimento sobre todos os parâmetros de teste foi menor do que o efeito do material. A influência do envelhecimento na propriedade micromecânica HV e fluência foi provado ser mais sensível do que na propriedade macromecânica (DTS). Este também foi ilustrado por valores mais baixos para η_2 o envelhecimento variável para DTS. Um aumento da fluência de todos os materiais foi observada após armazenamento em álcool.^{10,12}

Sendo, portanto, as resinas compostas quando submetidas a baixas tensões em função do tempo, passíveis de deformações permanentes, por exemplo, em áreas de maior esforço mastigatório, essas deformações podem ser consideradas de grande importância para o desempenho mecânico destes materiais à base de polímeros, influenciando na durabilidade clínica das restaurações. A fluência é uma pequena deformação permanente sob baixas tensões que ocorre em função do tempo, esta deformação ocorre devido à movimentação de falhas e defeitos existentes na microestrutura dos materiais sólidos.¹³⁻¹⁶

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do estudo foi avaliar a fluência por microindentação de materiais restauradores à base de polímeros como, resina composta para uso direto e resina composta para uso indireto.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do estudo foram avaliar a fluência de materiais à base de polímeros como, resina composta para uso direto e resina composta para uso indireto de acordo com a armazenagem, tempo e temperatura:

a) avaliar a fluência de resinas compostas armazenadas em água destilada à 23°C, nos períodos de 24h, 1, 3, 6 meses.

b) avaliar a fluência de resinas compostas armazenadas à seco, à 23°C, nos períodos de 24h, 1, 3, 6 meses.

2.3 Hipótese nula

Não há diferença significativa na deformação por fluência entre as resinas compostas para uso direto e resinas compostas para uso indireto, armazenadas em ambiente seco e úmido e nos períodos de 24h, 1 mês, 3 meses e 6 meses.

2.4 Justificativa

Materiais à base de polímeros são amplamente utilizados na odontologia como materiais restauradores, sendo passíveis de deformação por fluência devido aos defeitos inerentes do material, quando submetidos a baixas tensões por longo período de tempo, podendo comprometer a longevidade clínica destas restaurações, com isso, faz-se necessário e importante o estudo da fluência em resinas compostas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizadas as resinas compostas de uso direto, Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Filtek Z350 XT (3M ESPE, Anhanguera, Nova Veneza, Sumaré, SP, Brasil); resinas compostas de uso indireto Signum Ceramis (Heraeus-Kulzer, Hanau, Alemanha) e SR Adoro (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), na cor Esmalte A2 para padronização no índice de conversão dos monômeros. (Quadro 1).

RC	Matriz	Partículas			Polimerização
		Tipo	% (vol)	Tamanho	
IPS Empress Direct Esmalt A2 Ivoclar Vivadent	Bis-GMA, UDMA, Dimetacrilato cicloalifático Bisfenol-A dimetacrilato proxilado	Vidro de Bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício	52-59	40 nm e 3000 nm (3µm) (média 550 nm)	20s LED
Filtek Z350 XT Esmalte A2 3M ESPE	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA e bis-ema	Sílica, Óxido de Zircônia	63,3	20nm 4-11nm 0,6-10um	20s LED
Signum Ceramis Esmalte A2 Heraeus- Kulzer	Bis-GMA, UDMA, TEGMA,	Dióxido de silício	75	0,6um	180s luz xenonestroboscopia
SR Adoro A2 Ivoclar Vivadent	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Dióxido de silica, copolímero	65	1 - 10um	Pré polimerização com luz halógena por 20s + 25min de luz e calor 140°

Quadro 1 – Composição dos materiais, segundo fabricante.

3.1 Preparação dos corpos de prova

Oitenta corpos de prova foram confeccionados na forma de discos em uma matriz de forma circular com 1mm de profundidade e 16mm de diâmetro (figura 1). Na parede interna do molde fez-se quatro sulcos perpendiculares, em forma de meia lua, com 0,5mm de altura, estendendo-se da parte superior da matriz até a metade da parede, dividindo a matriz em quadrantes, para orientação da fotopolimerização e leituras do teste, demarcar a superfície superior e inferior do disco. Estes espécimes foram divididos em quatro grupos (n=20), de acordo com o material utilizado, sendo: **Grupo I** (Empress Direct, Esmalte A2); **Grupo II** (Filtek Z350 XT, Esmalte A2); **Grupo III** (Signum Ceramis, Esmalte A2); **Grupo IV** (SR Adoro, A2), e serão subdivididos em dois subgrupos (n=10) de acordo com controle de umidade e tempo de armazenagem: **SG I**: armazenagem em água destilada 23°C; **SG II**: armazenagem à seco 23°C, controlado por ar-condicionado.^{27,30}

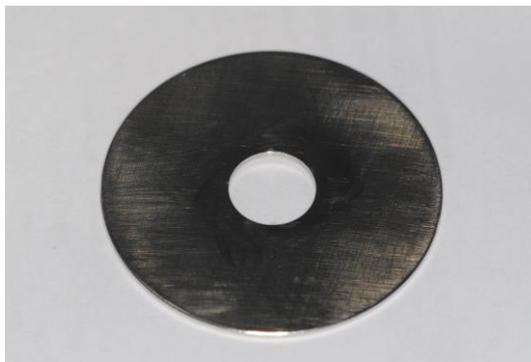


Figura 1: Matriz de aço inoxidável, com orifício circular de 16mm de diâmetro e 1mm de profundidade.

Com a matriz posicionada sobre uma placa de vidro, a resina composta foi inserida em incrementos, evitando a formação de bolhas, até o completo preenchimento da matriz, utilizando uma espátula para resina composta (Figura 2). Após o completo preenchimento, sobre a resina inserida, posicionou-se uma tira de poliéster e sobre esta uma laminula de vidro, sobre esse conjunto, uma pressão digital permitiu o escoamento da resina composta evitando excessos grosseiros e planificação da superfície do disco (figura 3). Para as resinas compostas diretas, a fotopolimerização foi realizada diretamente sobre a laminula de vidro, mantendo uma distância padrão para todos os espécimes, por 20s, de acordo com as orientações do fabricante, realizada em cinco pontos, sendo uma no centro e uma em cada quadrante do espécime, para garantir a total polimerização da resina composta, visto que, o diâmetro do disco é maior que o diâmetro da ponteira do LED do fotopolimerizador (Translux Power Blue, Heraeus Kulzer, Alemanha, 732 mW/cm^2) (figura 4). Para a resina indireta Signum Ceramis, o conjunto (placa de vidro, matriz com a resina inserida, fita de poliéster e laminula de vidro) foi posicionado na unidade UNIXS (Heraeus Kulzer, Alemanha), onde a fotopolimerização foi realizada com luz xenonstroboscópica, por 180s, e para a resina SR Adoro, a pré-polimerização foi realizada por luz halógena, por 20s e, em seguida, o conjunto foi levado à unidade Lummat 100 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) onde, há lâmpadas fluorescentes que emitem luz por 10min e nos 10min seguintes há um aquecimento de 104° , nos 5min finais acontece o resfriamento da unidade. Para a remoção do espécime da matriz, bastou pressionar o disco de resina composta. Logo após a confecção dos espécimes, os mesmos foram armazenados de acordo com cada grupo por 24 horas, respeitando o tempo de polimerização final.

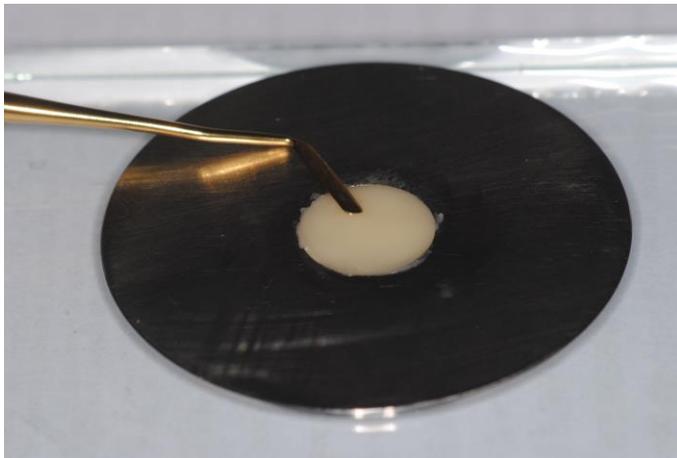


Figura 2: Inserção da resina composta na matriz metálica, sobre uma placa de vidro, utilizando uma espátula para resina composta.

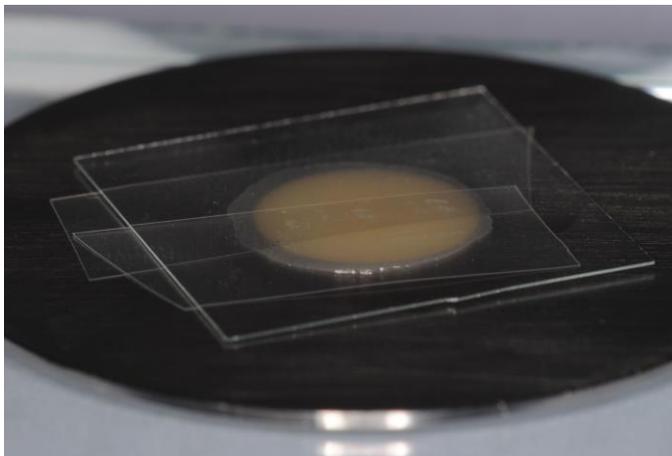


Figura 3: Após completo preenchimento da matriz, foi posicionado sobre a resina composta tiras de poliéster e lamínula de vidro, e realizada pressão digital, afim de regularizar a superfície do disco, planificar, alisar e escoar os excessos.

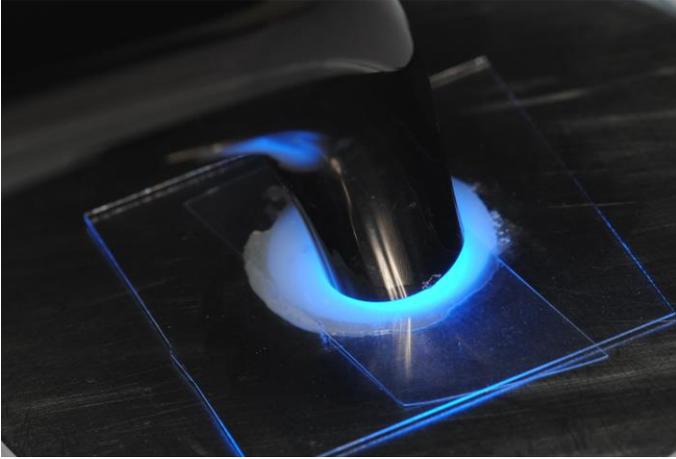


Figura 4: A polimerização foi realizada sob o conjunto lamínula de vidro e tira de poliéster, em cada quadrante do disco e no centro, garantindo a polimerização de toda a área do disco.

Após 24h foi realizado o polimento, utilizando um dispositivo metálico para padronizar a planificação e pressão de polimento, nesse dispositivo havia um espaço onde o disco de resina composta se encaixava perfeitamente, ficando apenas a parte superior do disco exposta para que fosse polida, dessa forma, evitou-se o contato de outras áreas do disco com a lixa de polimento e a inclinação do mesmo. Foram utilizadas lixas d'água com granulações 600, 1000, 1200, 1500, discos de feltro e pastas de alumina de granulações 1, 0,3 e 0,05 μ m na velocidade de 600rpm com água corrente na Politriz (Panambra Struers DP-10- Panambra, São Paulo, Brasil) por 30s (figuras 5 e 6). Ao final de cada etapa de polimento, os corpos de prova foram levados ao ultrassom (Ultrasonic Cleaner 1440D) com água destilada por 5 minutos para a remoção dos resíduos provenientes do polimento. Após o polimento, a lisura, a planificação e o paralelismo entre

as superfícies foram analisados, para garantir a planificação e o paralelismo entre as faces superior e inferior do disco de resina composta, um paquímetro digital foi utilizado para mensurar a espessura de todo o disco, essas mensurações foram feitas em dois pontos de cada quadrante e no centro do disco, garantido assim, uma uniformidade de espessura em toda a área do disco de resina composta. Após o polimento, lavagem e sacagem, os discos de resina composta foram levados ao microdurômetro e submetidos ao teste de fluência.



Figura 5: Disco de resina composta inserido no dispositivo para polimento na máquina de polir, Politriz. Polimento realizado com a sequência de lixas determinada e sob irrigação.



Figura 6: Polimento sendo realizado. Dispositivo utilizado para padronização de posição e pressão exercida sob o disco de resina composta.

3.2 Teste de Fluência

Os espécimes foram submetidos ao teste de fluência, em um microdurômetro HMV-2, Micro Hardness Tester, (Shimadzu, Japão), no Laboratório de Pesquisa da Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, de acordo com a ISO 14577-1, 2002 (figura 7).⁵

Ao medir a alteração na profundidade de endentação com força de ensaio constante, uma mudança relativa na profundidade de endentação pode ser calculada, este é o valor para a fluência dos materiais.

Para o teste de fluência foram realizadas duas endentações, uma inicial e outra final. A carga de endentação de acordo com a ASTM E-384-99 varia de 1gf a 1000gf, portanto, a carga uniaxial, compressiva, constante utilizada foi de 100gf.¹⁷⁻²¹ O tempo de cada endentação foi 30s e o tempo de relaxação (sem carga) entre cada endentação também de 30s (inicial)

(figura 8).^{23-26,29} As medidas e valores obtidos de cada endentação eram apresentadas na tela do computador no software (Newage Testing Instruments C.A.M.S, Testting System), em seguida, recebeu no mesmo local mais 30s de carga 100gf e permaneceu novamente em relaxamento (sem carga) por 30s e, obteve-se a segunda mensuração. Esses valores foram salvos e aplicados na fórmula específica para esse teste.

As endentações foram realizadas em três pontos de cada quadrante dos espécimes, afim de abranger diferentes áreas do quadrante e obter uma média entre esses valores. Cada quadrante representa um período de avaliação, sendo quadrante 1 de 24h, quadrante 2 de 1mês, quadrante 3 de 3 meses e quadrante 4 de 6 meses após confecção dos espécimes, distribuídos nessa ordem no sentido horário dos discos. Ao final das mensurações, os espécimes retornavam ao local de armazenagem até o próximo período de avaliação e, submetidos novamente ao teste de fluência. Os valores de fluência foram calculados de acordo com a fórmula indicada pela ISO – 145771; 2002:

$$C_{IT} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100$$

onde: h_1 é a profundidade de indentação no t_1 e

h_2 é a profundidade de indentação no t_2

A profundidade de indentação é 1/7 da média aritmética das duas diagonais da indentação Vickers. Portanto, após o cálculo da profundidade e utilizando a fórmula citada na ISSO-145771;2002, encontra-se o valor de fluência em %..

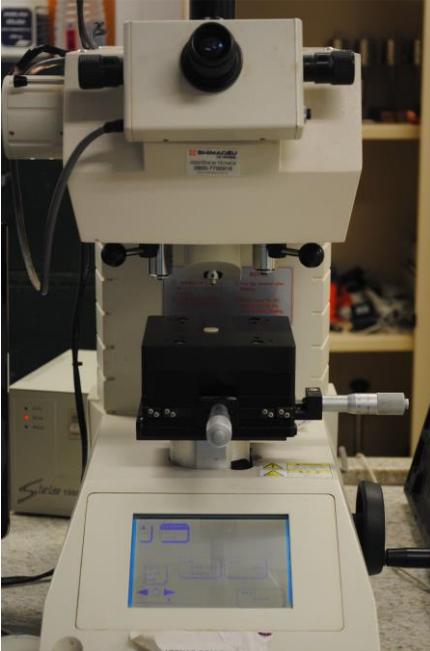


Figura 7: Micridurômetro HMV-2 (Shimadzu), onde foram realizados os testes de fluência.

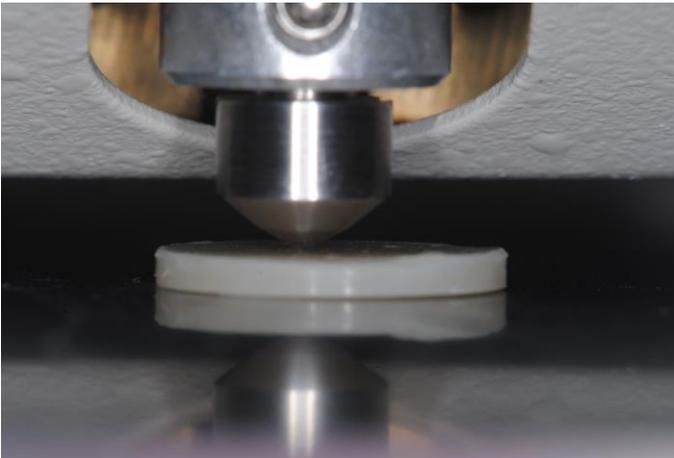


Figura 8: Teste de fluência sendo realizado. Ponta de diamante Vickers, fazendo a endentação no disco de resina composta.

3.3 Análise Estatística

O software estatístico utilizado para análise dos dados desta pesquisa foi o SPSS (versão 20:0, SPSS Inc, Illions, EUA). Após repassar os dados para o programa, os testes Levené, One-way ANOVA e Tukey HSD post hoc ($\alpha=0.05$) foram aplicados. Teste Levené para verificar homogenicidade de variância, One-way ANOVA para analisar se há diferença entre as médias e Tukey HSD post hoc ($\alpha=0.05$) para verificar onde se encontra a diferença que permitirá a comparação dos resultados de cada material e entre todos eles.

4 RESULTADOS

As diferenças entre as médias dos grupos foram analisadas pelo teste ANOVA. Como o teste ANOVA mostra que existe diferença, mas não específica, foi realizado o teste TUKEY para verificar a diferença. Valores de média e desvio padrão de todos os grupos estão apresentados na tabela 1

MATERIAIS	<i>IPS Empress</i>	<i>Filtek</i>	<i>Signum</i>	<i>SR Adoro</i>
TEMPO	<i>Direct</i>	<i>Z250</i>	<i>Ceramis</i>	
Água 24h	3,55 (0,21)	3,17 (0,31)	2,38 (0,64)	2,77 (0,58)
X creep % (DP)				
Seco 24h	3,17(0,12)	2,96 (0,21)	2,21 (0,43)	2,69 (0,49)
X creep % (DP)				
Água 1 mês	3,64 (0,35)	3,25 (0,13)	2,45 (0,32)	2,81 (0,37)
X creep % (DP)				
Seco 1 mês	3,22 (0,15)	3,02 (0,17)	2,23 (0,28)	2,56 (0,43)
X creep % (DP)				
Água 3 meses	3,88 (0,44)	3,28 (0,45)	2,41 (0,53)	2,90 (0,62)
X creep % (DP)				
Seco 3 meses	3,20 (0,32)	3,00 (0,38)	2,29 (0,27)	2,80 (0,53)
X creep % (DP)				
Água 6 meses	3,92 (0,53)	3,37 (0,51)	2,61 (0,19)	2,99 (0,32)
X creep % (DP)				
Seco 6 meses	3,22 (0,42)	3,12(0,28)	2,46 (0,38)	2,84 (0,31)
X creep % (DP)				

Tabela 11: Média seguido do desvio padrão para valores de teste creep para cara resina composta e variáveis.

Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas nos resultados levando em consideração as variáveis testadas em fluência. Todas as resinas compostas sofreram deformação com o tempo e carga aplicada.

A análise estatística mostrou que a resina composta de uso direto IPS Empress, apresentou os maiores valores para a fluência, porém não houve diferença estatística significativa para a resina composta Filtek Z350. Os menores valores para a fluência foram apresentados para a resina composta de uso indireto Signum Ceramis, seguido por SR Adoro, havendo diferenças estatística significativa entre elas.

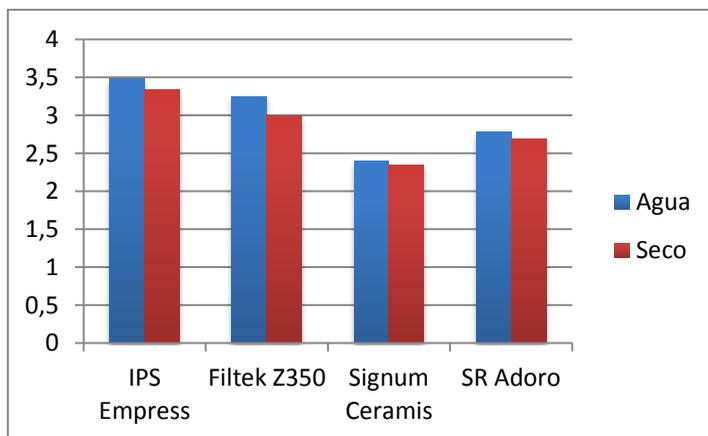


Gráfico 1: Diferença para valores médios de cada material segundo o modo de armazenagem.

Quanto ao modo de armazenagem pode-se observar que para todos os materiais estudados, a armazenagem em água apresentou

maiores valores de deformação por fluência, havendo significância estatística entre o meio de armazenagem seco e em água para todos os materiais (Gráfico 1)

Para o tempo de armazenagem houve diferença significativa estatisticamente para todos os períodos de todos os materiais, independentemente do meio de armazenagem, sendo os maiores valores de deformação por fluência apresentados pelo período de 6 meses de armazenagem. Para a resina composta Signum Ceramis o período de três meses apresentou menor média nos valores de fluência que o de um mês, porém não foi estatisticamente significativo, assim como aconteceu para a resina composta SR Adoro, onde o período de um mês apresentou menores valores médios de fluência que o de vinte e quatro horas, porém não foi estatisticamente significativo (Gráfico 2).

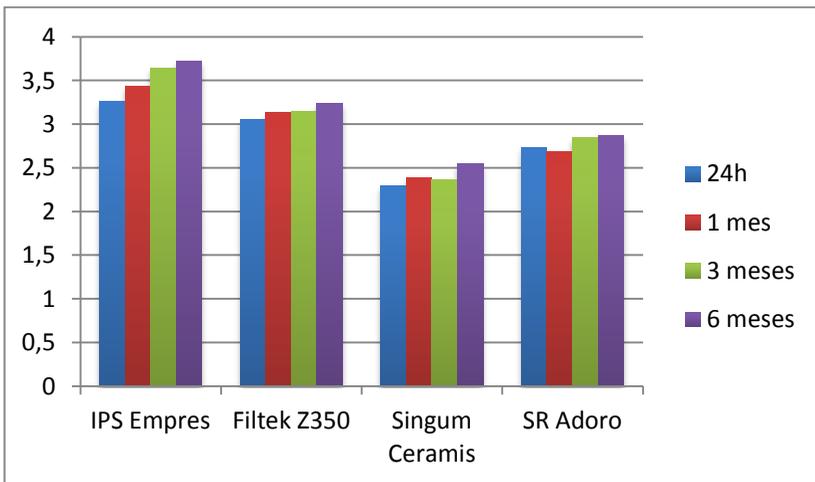


Gráfico 2: Valores médios de todos os materiais estudados, segundo o período avaliado, independentemente do meio de armazenagem.

5 DISCUSSÃO

A análise de compressão estática é um teste mecânico aceitável para determinar a estabilidade viscoelástica das resinas compostas.^{6,11} Para isso, foi utilizado o método de análise de Fluência sob compressão por microindentação.

A fluência nos permite entender sobre a capacidade do material resistir às deformações permanentes sem falha total do material, assim como, a forma que as tensões são absorvidas pelo comportamento viscoelástico sob constante estresse.^{6,11}

No meio bucal, as resinas compostas são submetidas à cargas oclusais de 66N, podendo chegar aos 90N, estas altas cargas e o contato com a saliva podem levar a restauração a sofrer uma deformação permanente. O tempo e a frequência com que recebem essas cargas oclusais determinam alterações nas propriedades, escoando a resina composta para o dente remanescente, tornando-a mais frágil, aumentando a possibilidade de fratura, comprometendo a integridade marginal, podendo causar infiltração marginal, cárie secundária e sensibilidade a curto ou longo prazo.^{18,19}

No início da utilização de resinas compostas em dentes posteriores, esse material não mostrou desempenho clínico satisfatório, isso por que, as propriedades como resistência ao desgaste, fadiga e deformação plástica foram indesejáveis. Mas, ao longo do tempo muitos estudos e investigações foram realizados e alterações na química, no tamanho, na concentração, na forma das partículas e uma modificação no complexo resinoso da matriz, melhoraram as propriedades físico-químicas dos compósitos.²

Surgiu no mercado, em meados de 1996, uma nova classe de material restaurador indireto, os cerômeros ou polímeros otimizados por

cerâmica, que nada mais são do que resinas compostas microhíbridas com partículas inorgânicas cerâmicas. Os cerômeros são considerados as resinas compostas laboratoriais de segunda geração, que devido ao seu alto teor de partículas cerâmicas pequenas, apresentam menor contração de polimerização, menor desgaste intra-oral, melhor resistência à flexão (entre 120 e 160 MPa), maior módulo de elasticidade (entre 8500 e 12000 MPa), melhor estabilidade de cor, razoável capacidade de adesão à subestrutura metálica e resistência de abrasão similar a do esmalte. Os cerômeros, ou polímeros otimizados por cerâmica, são resinas compostas microhíbridas de uso indireto e que apresentam uma média de 66% de peso de partículas minerais cerâmicas.^{4,5}

Portanto, explica-se o porquê das resinas indiretas neste trabalho apresentarem menores valores de fluência, sendo (2,40) para Signum Ceramis e (2,75) para SR Adoro, estas resinas contituem de 75% e 65% respectivamente, de partículas cerâmicas (dissilicato de sílica), segundo os fabricantes, além das melhores propriedades já citadas no parágrafo anterior, em relação as resinas para uso direto. Estas têm como volume de partículas cerâmicas 52-59% para IPS Empres Direct e 63% para Filtek Z350, segundo fabricantes,

Porém, não só o volume da carga e propriedades físicas e mecânicas podem ser responsáveis pelos resultados obtidos, como houve diferença também entre as resinas diretas e indiretas, entre si, pode-se justificar pelo fato de que estas resinas possuem diferentes tipos de partículas, a resina composta para uso direto IPS Empres Direct é constituída por vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício(40 e 3000 nm); a resina composta para uso direto Filtek Z350 é contituida por sílica e óxido de zircônia (20nm); a resina composta para uso indireto Signum Ceramis é constituída por dióxido de

silício (0,6 μ m); e a resina composta para uso indireto é contituida por dióxido de sílica e copolímeros (1-10 μ m), por serem partículas de diferentes materiais e tamanhos podem ter influenciado no valor de fluência.

No estudo realizado Schmidit e Ilie (2013) onde avaliou tração diametral, microdureza Vickers (HV), e fluência de resinas compostas nanohíbridas. Os ensaios foram realizados utilizando um indentador (Fischerscope H100C, Fischer, Ger- many). O valor de fluência das seis nanohíbridas foi expressa por alteração relativa da profundidade de penetração para 5 s, enquanto a força de ensaio foi mantido no nível constante do máximo de 500 mN. Testes foram realizadas após armazenamento das amostras durante 24 horas em água destilada, assim como após o envelhecimento (termociclagem por 5000 ciclos a 5-55 ° C e armazenagem durante 4 semanas, quer em água destilada, a saliva artificial, ou etanol). O efeito do envelhecimento sobre todos os parâmetros de teste foi menor do que o efeito do material. A influência do envelhecimento na propriedade micromecânica HV e fluência foi provado ser mais sensível do que na propriedade macromecânica (DTS). Este também foi ilustrado por valores mais baixos para η_2 o envelhecimento variável para DTS. Um aumento da fluência de todos os materiais foi observada após armazenamento em álcool.^{10,12}

Em 1988, Óden et al, avaliou o comportamento de deformação de 8 diferentes compósitos para posterior sob compressão estática e dinâmica uniaxial. A influência de sorção de água sobre as propriedades mecânicas também foi avaliada. A fluência estático durante um período de 2 h e a recuperação pro 2h seguinte foram determinados. Curvas tensão / deformação foram registrados durante o carregamento cíclico a uma frequência de 0,25 Hz durante 2 h. A sorção de água aumentou o

deslizamento e a diminuição da recuperação lenta. Valores de fluência estática e dinâmica foram maiores para materiais microparticulados do que para os outros tipos de materiais compósitos.⁷ Assim como neste estudo, os materiais armazenados em água apresentaram maior deformação quando comparados aos materiais armazenados em ambiente seco, devido a sorção de água no material causa uma plastificação da resina, diminuindo assim, a sua capacidades de resistir à deformação.

A absorção de umidade pelas resinas compostas leva à degradação da força e rigidez dos compósitos. O efeito da água sobre o comportamento de fluência, ocorre devido a plastificação do material, pois a presença de líquidos tem o potencial para induzir o inchaço e hidrólise da estrutura, além de um efeito de desunião das partículas de carga da matriz.

Apesar de não ter sido estatisticamente significativa a diferença entre os períodos de 24h e 1mes para todos os materiais, o fato de o período de 1mês apresentar menor deformação de fluência, isso pode ter ocorrido devido ao maior grau de conversão dos monômeros, pois a armazenagem após a polimerização podem conduzir a uma mobilidade dos monômeros, levando a uma maior ligação entre eles, obtendo uma rede de polímeros mais rígida.

Ao preparar as amostras de resina composta para ensaio de fluência, é essencial a partir do comportamento de deformação que a amostra seja cuidadosamente irradiada. Se houvesse uma zona de resina mal polimerizada, o espécime daria uma deformação imediata e muito elevada. Neste estudo, os baixos valores de deformação permanente observados confirma que as amostras estavam devidamente polimerizadas. Os resultados de fluência mostraram que estes materiais exibiram uma faixa aceitável de tensão de fluência e recuperação quando comparado com outros materiais à base de resina composta.

Sergundo Baroudi, Silikas e Watts, a fluência varia de 1-6%, dependendo do volume de carga. Neste estudo a variação foi de 2,21-3,92% para Signum Ceramis e IPS Empress, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

As resinas compostas de uso indireto são mais resistentes à deformação por fluência que as resinas compostas de uso direto., assim podendo resistir mais satisfatoriamente nas regiões posteriores, por ser uma região de maior força oclusal. Todas as resinas aqui estudadas, apresentaram maior deformação quando armazenadas em água , como também, maior deformação segundo o tempo de armazenagem, sendo maior para o período de 6 meses.

REFERÊNCIAS

- 1 MAIA, H. P; NAGEM FILHO, H. Avaliação do creep estático em resinas compostas. **Rev FOB.** v. 2, n. 3, p. 46-49, 1994.
- 2 COUTO, M. G.P. et al. Estudo do “creep” em cinco resinas compostas fotopolimerizáveis. **Rev FOB.** v. 8, n. 3/4, p. 37-42, 2000.
- 3 MORENO, V. B; RIBEIRO, M.; MELO, A. T. Compômero: principais propriedades e indicações. **Rev Biociênc.** v. 6, n. 2, p. 49-54, 2000.
- 4 PEIXOTO, A. K. M. et al. Restauração indireta em cerômero – cristobal: relato de caso clínico. **Odontologia Clín. Cientif.** v.6, n.3, p. 267-274, 2007.
- 5 ILIE, N; SIMON. A. et al. Effect of curing mode on the micro-mechanical properties of dual-cured self-adhesive resin cements. **Clin. Oral Invest.** 2011.
- 6 HEJAZI, A. A. E.; WATTS, D. C. Creep and visco-elastic recovery of cured and secondary-cured composites and resin-modified glass-ionomers. **Dent. Mat.** v. 15, p. 138-143, 1999.
- 7 ODEN, A; RUYTER, I. E; OYSAED, H. Creep and recovery of composites for use in posterior teeth during static and dynamic compression. **Dent. Mat.** v. 4, p. 147-150, 1988.
- 8 BERGE, M. Creep of resin veneer materials. **Dent. Mat.** v. 4, p. 158-162, 1988.

- 9 MARGHALANI, H. Y; AL-JABAB, A. S. Compressive creep and recovery of light-cured packable composite resins. **Dent. Mat.** v. 20, p. 600-610, 2004.
- 10 SCHMIDT, C; ILIE, N. The effect of aging on the mechanical properties of nanohybrid composites based on new monomer formulations. **Clin Oral Invest** v.17:251–257, 20013.
- 11 KALEEM, M. et al. Viscoelastic stability of resin-composites under static and dynamic loading. **Dent Mat.** V 28, p. e15-e18, 2012.
- 12 SCHMIDT, C; ILIE, N. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. **Clin Oral Invest.** v. 17:185–193, 20013.
- 13 PAPADOGIANIS Y, BOYER DB, LAKES RS. Creep of conventional and microfilled dental composites. **J Bioned Mater Res**, v.18, p.15-25, 1984.
- 14 COCK DJ, WATTS DC. Time-dependent deformation of composite restorative materials in compression. **J of Dent. Res**, v. 64, p 147-50, 1985.
- 15 EL-SAFETY S, SILIKAS N, WATTS DC. Creep deformation of restorative resin composites intended for bulk-fill placement. **Dent Mat.** v. 28, p. 928-35, 2012.
- 16 CALISTER WDJ. **Ciência e engenharia de materiais, uma introdução.** 7ª Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2008. P. 172 e 705.
- 17 VAN VLACK LH. **Princípios de ciência dos materiais.** 4ª Ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. P. 153 e 154.

- 18 LAURELL L, LUNDGREN D. A standardized programme for studying the occlusal force pattern during chewing and biting in prosthetically restored dentitions. **J. of Oral Rehabilitation**, v.11, p. 39-44, 1984.
- 19 ANUSAVICE KJ. **Materiais Dentários**. 10 Ed., Rio de Janeiro, cap 3 e 4, p 19-43, 1998.
- 20 American Society for Testing and Materials ASTM E 384-99, **Standard test method for microindentation hardness of materials**, in: 2000 Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia PA, 2000 pp. 406–429.
- 21 ADEBAYO OA, et al. **Enamel microhardness and bond strengths of self-etching primer adhesives**. **Eur J Oral Sci**. v. 118: 191-196, 2010.
- 22 YAN YL, et al. Changes in Degree of Conversion and Microhardness of Dental Resin Cements. **Oper Dent**. v.35, n. 2: 203-210, 2010.
- 23 AKRAM S, et al. Effect of Different Irradiation Times on Microhardness and Depth of Cure of a Nanocomposite Resin. **J. Coll. Physicians. Surg. Pak**. v. 21, n. 7: 411-414, 2011.
- 24 HAMOUDA IM. Effects of Various Beverages on Hardness, Roughness, and Solubility of Esthetic Restorative Materials. **J. Esthet Restor. Dent**. v.23, n. 5:315-322, 2011.
- 25 VIGNOLO V, et al. Microhardness of different resin cement shades inside the root canal. **Med. Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal**. v.17, n.5; e59-64, 2012.
- 26 CROWFORD R J. Microhardness testing of plastics. **Polymer Testing**. v.3:37-54, 1982.
- 27 BAENA E, et al. Influence of Post-cure Time on the Microhardness of Self-Adhesive Resin Cements Inside the Root Canal. **Oper. Dent**. v.37, n.5: 548-556, 2012.

28 CEBALLO L, et al. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal.** v.14, n.1: E 51-56.

29 International Organization for Standardization ISO 10477, **Dentistry — Polymer-based crown and bridge materials.** 2004 (E).

30 International Organization for Standardization ISO TR 11450, **Equipment for harvesting and conservation. Round balers. Terminology and commercial specifications.** 1999.

ARTIGO

1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos, o material restaurador mais utilizado para restaurações dentais foi o amálgama. Com o surgimento da odontologia adesiva, o amálgama vem sendo substituído por materiais compostos. A utilização de resinas compostas em dentes posteriores, exige do material, excelentes propriedades mecânicas, pois em substituição ao amálgama, os compósitos são também utilizados na região posterior, sendo a região de maior tensão. Para tanto, as propriedades mecânicas dos compósitos devem ser equivalentes às propriedades mecânicas do amálgama.^{1,2}

No início da utilização de resinas compostas em dentes posteriores, esse material não mostrou desempenho clínico satisfatório, isso por que, as propriedades como resistência ao desgaste, fadiga e deformação plástica foram indesejáveis. Mas, ao longo do tempo muitos estudos e investigações foram realizados e alterações na química, no tamanho, na concentração, na forma das partículas e uma modificação no complexo resinoso da matriz, melhoraram as propriedades físico-químicas dos compósitos.²

Materiais viscoelásticos, como compósitos e polímeros podem sofrer deformações permanentes ao longo do tempo, quando submetidos a baixas tensões, essa propriedade é denominada fluência, muito importante, principalmente para restaurações em dente posteriores. Pois a fluência vai determinar a resistência ao desgaste dos materiais ao longo do tempo, ou seja, a sua capacidade de deformação, quando submetidos a baixas tensões por longos períodos de tempo.^{1,2,3,6}

Surgiu no mercado, em meados de 1996, uma nova classe de material restaurador indireto, os cerômeros ou polímeros otimizados por cerâmica, que nada mais são do que resinas compostas microhíbridas com partículas inorgânicas cerâmicas. Os cerômeros são considerados as resinas

compostas laboratoriais de segunda geração, que devido ao seu alto teor de partículas cerâmicas pequenas, apresentam menor contração de polimerização, menor desgaste intra-oral, melhor resistência à flexão (entre 120 e 160 MPa), maior módulo de elasticidade (entre 8500 e 12000 MPa), melhor estabilidade de cor, razoável capacidade de adesão à subestrutura metálica e resistência de abrasão similar a do esmalte. Os cerômeros, ou polímeros otimizados por cerâmica, são resinas compostas microhíbridas de uso indireto e que apresentam uma média de 66% de peso de partículas minerais cerâmicas.^{4,5}

Quando uma carga age sobre um corpo sólido, uma tensão reagirá em igual magnitude e em direção contrária àquela força externa. Sempre que uma tensão esteja presente existirá como consequência uma deformação que pode ser tanto elástica como plástica ou permanente. Uma pressão inferior ao limite de proporcionalidade, produz uma deformação elástica. Isto quer dizer que, uma vez retirada a carga, as dimensões do corpo devem coincidir com as dimensões originais. Porém, muitos materiais, tais como as resinas compostas, após a remoção da carga, mantêm uma deformação residual, denominada permanente. Esta deformação não coincide com um comportamento elástico, mas seu desempenho é como o de um material viscoso, pois deforma-se permanente e progressivamente em função do tempo de aplicação da carga e não em função do aumento desta.^{1,2}

A viscoelasticidade das resinas compostas está relacionada com a carga exercida e com o tempo de aplicação dessa, sendo a fluência um processo em que o material, quando sujeito a uma pressão de carga, sofre uma alteração, em comprimento. Esta é, portanto, uma propriedade extremamente importante para se conhecer e selecionar a resina composta de melhor qualidade, almejando sua performance clínica.^{1,2,6,11}

Por ser a resina, um material não cristalino, este tipo de deformação ocorre mesmo em temperatura baixa, em virtude deste material apresentar uma deformação residual em baixas cargas e temperaturas.²

HEJAZI; WATTS, em 1998 avaliaram fluência e recuperação viscoelástica de compósitos polimerizados e de polimerização secundária e ionômero de vidro modificado por resina. Os espécimes foram fabricados como cilindros curtos (6 mm x 4 mm), com e sem polimerização secundária em forno (1208C, 7 min). O aparelho de medição foi utilizado para submeter cada espécime, por sua vez a um ciclo de tensão de compressão constante de 50 MPa, durante 6 h seguido por 6 h de recuperação, após a remoção da carga. Tempo-dependente de deformação e de recuperação foram anotados. As curvas de fluência destes materiais durante a carga e a descarga foram caracterizados por uma deformação inicial rápida elástica, maior do que 1%, seguido por uma resposta visco-elástica. Durante a descarga, houve uma recuperação elástica inicial, seguido pela recuperação de fluência, e finalmente permanente. Cura secundária não teve qualquer efeito estatisticamente significativo em fluência máxima (Y1), que era de 1-2% para resina e 3-4% para CIV-MR. Deformação permanente para o CIV-MR foram 0,68-0,77% e de resina de compósitos variou de 0,13-0,46%.⁶

Em 1988, Óden et al, avaliou o comportamento de deformação de 8 diferentes compósitos para posterior sob compressão estática e dinâmica uniaxial. A influência de sorção de água sobre as propriedades mecânicas também foi avaliada. A fluência estático durante um período de 2 h e a recuperação pro 2h seguinte foram determinados. Curvas tensão / deformação foram registrados durante o carregamento cíclico a uma frequência de 0,25 Hz durante 2 h. A sorção de água aumentou o deslizamento e a diminuição da recuperação lenta. Valores de fluência estática e dinâmica foram maiores para materiais microparticulados do que para os outros tipos de materiais compósitos.⁷

Berge, também em 1988, usou diferentes resinas para laminados na composição química e conteúdo de partículas de preenchimento, foram investigadas no que diz respeito à propriedade fluência. Processamento diferente e métodos de cura foram comparados. Dois métodos de fluência foram utilizados. Taxas de fluência foram determinados com espécimes cilíndricos expostos a tensão de compressão. Fluência também foi medido por teste de indentação em uma série separada de espécimes. As menores taxas de fluência foram obtidos para as amostras curadas por luz, enquanto que curados por calor apresentaram os maiores valores. As menores taxas de fluência dos acrílicos não preenchidos ocorreu quando o processamento foi realizado em frascos.⁸ Os resultados do teste de indentação mostraram um padrão semelhante. Um coeficiente de correlação (Rs) de 0,900 foi obtido para os 2 métodos de caracterização de fluência. As variações observadas em fluência implica que eles se comportam diferentemente na clínica.⁸

Em 1984, Maia e Nagem Filho, demonstraram que as resinas compostas deforma-se de modo permanente quando submetidas a baixas tensões em função do tempo, da mesma forma como pode ocorrer em áreas sujeitas às forças oclusais. Os resultados mostraram que o creep estático, a deformação permanenten aumentou em função do tempo, mas com redução acentuada nas primeiras 24h e 1 semana.¹

Visando determinar a fluência, por meio de deformação permanente Couto et al (2000)², confeccionaram espécimes com resinas compostas fotopolimerizáveis: ALERT [A] (Jeneric®/Pentron®), CHARISMA F [C] (Heraeus/Kulzer), HELIOMOLAR RADIOPAQUE [H] (Vivadent), SOLITAIRE [S] (Heraeus/Kulzer) e TETRIC CERAM [T] (Vivadent) após armazenamento em água, à temperatura de 37 °C, foram submetidos a uma carga compressiva constante de 36MPa, por períodos de: 15 minutos, 1 hora e 24 horas. Os resultados obtidos apresentam os valores

quantitativos da diferença entre o comprimento original da amostra e o seu comprimento após o ensaio, em cada período estabelecido. Os valores médios da fluência estática das resinas CHARISMA F e SOLITAIRE não foram estatisticamente diferentes entre si em qualquer um dos períodos estudados, sendo que no período de 15 minutos, os resultados obtidos para a resina TETRIC CERAM também se assemelharam aos destas e, em 1 hora, os da resina composta ALERT foram similares aos das duas primeiras; porém, a resina HELIOMOLAR RADIOPAQUE, apresentou resultados divergentes das anteriores, demonstrando piores características de deformação permanente, por possuir maiores valores de fluência estática em qualquer dos períodos estudados.

Marghalani e Al-jabab, em 2004, investigaram a fluência e recuperação de resinas compostas condensáveis em comparação com uma liga de amalgama de fase dispersa. Espécimes cilíndricos (4 mm x 8 mm) foram fabricados e armazenados em saliva artificial durante 1 semana a 37C. Uma máquina de ensaio de fluência foi utilizado para testar a fluência de compressão de cada um dos materiais sob condições específicas de tensão e temperatura (155,5 MPa e 37C, 155,5 MPa e 55C; 36 MPa e 37C; 36 MPa e 55C) durante 24 h, após a recuperação foi registrada ao longo de um período de 24 h. Não houve diferenças significativas na fluência e recuperação de tensão entre Alert e SureFile para cada condição de teste. No entanto, para deformação residual, houve uma diferença muito significativa entre Dispersalloy e cada um dos compósitos compactáveis, mas não houve diferenças significativas entre os compósitos: Alerte e SureFile tinham a menor fluência (0,59% e 0,36%, respectivamente), enquanto Solitaire mostrou 0,26% a 155,5 MPa e 37C.⁹

No estudo realizado Schmidit e Ilie (2013) onde avaliou tração diametral, microdureza Vickers (HV), e fluência de resinas compostas nanohíbridas. Os ensaios foram realizados utilizando um indentador (Fischerscope

H100C, Fischer, Germany). O valor de fluência das seis nanohíbridas foi expressa por alteração relativa da profundidade de penetração para 5 s, enquanto a força de ensaio foi mantido no nível constante do máximo de 500 mN. Testes foram realizadas após armazenamento das amostras durante 24 horas em água destilada, assim como após o envelhecimento (termociclagem por 5000 ciclos a 5-55 ° C e armazenagem durante 4 semanas, quer em água destilada, a saliva artificial, ou etanol). O efeito do envelhecimento sobre todos os parâmetros de teste foi menor do que o efeito do material. A influência do envelhecimento na propriedade micromecânica HV e fluência foi provado ser mais sensível do que na propriedade macromecânica (DTS). Este também foi ilustrado por valores mais baixos para η_2 o envelhecimento variável para DTS. Um aumento da fluência de todos os materiais foi observada após armazenamento em álcool.^{10,12} Por serem materiais utilizados em região de maior tensão na boca, região posterior, houve o interesse em avaliar a fluência destes materiais restauradores. O objetivo do estudo foi avaliar a fluência por microindentação de materiais restauradores à base de polímeros como, resina composta para uso direto e resina composta para uso indireto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizadas as resinas compostas de uso direto, Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Filtek Z350 XT (3M ESPE, Anhanguera, Nova Veneza, Sumaré, SP, Brasil); resinas compostas de uso indireto Signum Ceramis (Heraeus-Kulzer, Hanau, Alemanha) e SR Adoro (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), na cor Esmalte A2 para padronização no índice de conversão dos monômeros.

2.1 Preparação dos corpos de prova

Oitenta corpos de prova foram confeccionados na forma de discos em uma matriz de forma circular com 1mm de profundidade e 16mm de diâmetro (figura 1). Na parede interna do molde fez-se quatro sulcos perpendiculares, em forma de meia lua, com 0,5mm de altura, estendendo-se da parte superior da matriz até a metade da parede, dividindo a matriz em quadrantes, para orientação da fotopolimerização e leituras do teste, demarcar a superfície superior e inferior do disco. Estes espécimes foram divididos em quatro grupos (n=20), de acordo com o material utilizado, sendo: **Grupo I** (Empress Direct, Esmalte A2); **Grupo II** (Filtek Z350 XT, Esmalte A2); **Grupo III** (Signum Ceramis, Esmalte A2); **Grupo IV** (SR Adoro, A2), e serão subdivididos em dois subgrupos (n=10) de acordo com a armazenagem e controle de umidade, temperatura e tempo: **SG I:** armazenagem em água destilada 23°C. **SG II:** armazenagem à seco 23°C, controlado por ar-condicionado;^{27,28}

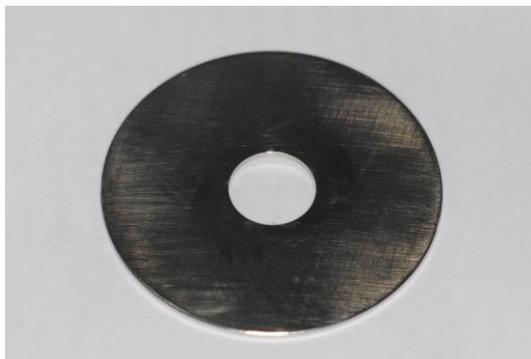


Figura 1: Matriz de aço inoxidável, com orifício circular de 16mm de diâmetro e 1mm de profundidade.

Com a matriz posicionada sobre uma placa de vidro, a resina composta foi inserida em incrementos, evitando a formação de bolhas, até o completo preenchimento da matriz, utilizando uma espátula para resina composta (Figura 2). Após o completo preenchimento, sobre a resina inserida, posicionou-se uma tira de poliéster e sobre esta uma lamínula de vidro, sobre esse conjunto, uma pressão digital permitiu o escoamento da resina composta evitando excessos grosseiros e planificação da superfície do disco (figura 3). Para as resinas compostas diretas, a fotopolimerização foi realizada diretamente sobre a lamínula de vidro, mantendo uma distância padrão para todos os espécimes, por 20s, de acordo com as orientações do fabricante, realizada em cinco pontos, sendo uma no centro e uma em cada quadrante do espécime, para garantir a total polimerização da resina composta, visto que, o diâmetro do disco é maior que o diâmetro da ponteira do LED do fotopolimerizador (Translux Power Blue, Heraeus Kulzer, Alemanha, 732 mW/cm^2) (figura 4). Para a resina indireta Signum Ceramis, o conjunto (placa de vidro, matriz com a resina inserida, fita de poliéster e lamínula de vidro) foi posicionado na unidade UNIXS (Heraeus Kulzer, Alemanha), onde a fotopolimerização foi realizada com luz

xenonestroboscópica, por 180s, e para a resina SR Adoro, a pré-polymerização foi realizada por luz halógena, por 20s e, em seguida, o conjunto foi levado à unidade Lummat 100 (Ivoclar Vivadent, Liechteinsten) onde, há lâmpadas fluorescentes que emitem luz por 10min e nos 10min seguintes há um aquecimento de 104°, nos 5min finais acontece o resfriamento da unidade. Para a remoção do espécime da matriz, basta pressionar o disco de resina composta. Logo após a confecção dos espécimes, os mesmos foram armazenados de acordo com cada grupo por 24 horas, respeitando o tempo de polymerização final.

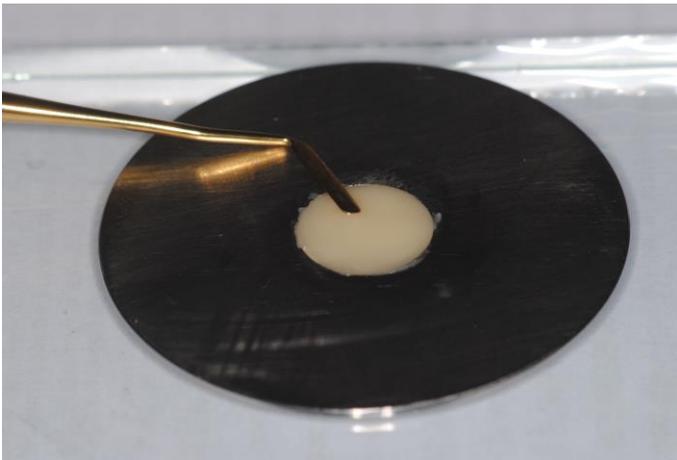


Figura 2: Inserção da resina composta na matriz metálica, sobre uma placa de vidro, utilizando uma espátula para resina composta.

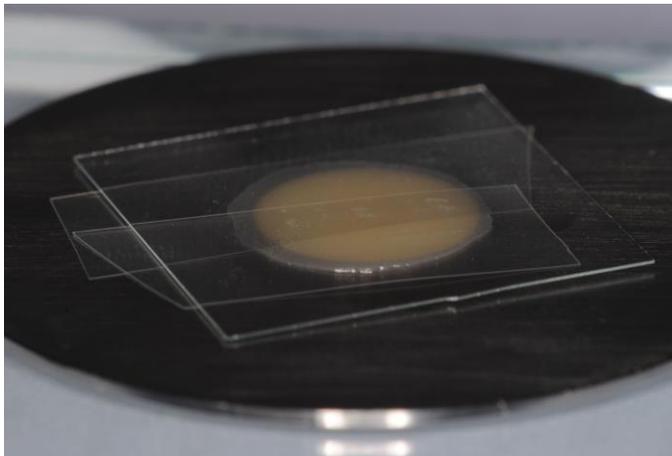


Figura 3: Após completo preenchimento da matriz, foi posicionado sobre a resina composta tiras de poliéster e lamínula de vidro, e realizada pressão digital, afim de regularizar a superfície do disco, planificar, alisar e escoar os excessos.

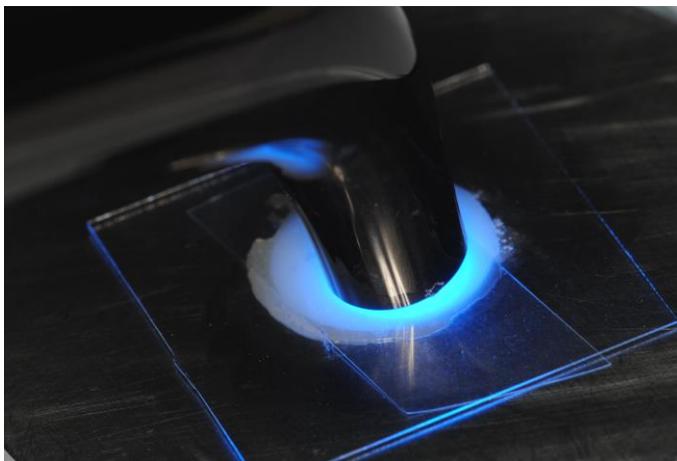


Figura 4: A polimerização foi realizada sob o conjunto lamínula de vidro e tira de poliéster, em cada quadrante do disco e no centro, garantindo a polimerização de toda a área do disco.

Para o polimento foi utilizado um dispositivo metálico para padronizar a planificação e pressão de polimento, nesse dispositivo havia um espaço onde o disco de resina composta se encaixava perfeitamente, ficando apenas a parte superior do disco exposta para que fosse polida, dessa forma, evitou-se o contato de outras áreas do disco com a lixa de polimento e a inclinação do mesmo. Foram utilizadas lixas d'água com granulações 600, 1000, 1200, 1500, discos de feltro e pastas de alumina de granulações 1, 0,3 e 0,05um na velocidade de 600rpm com água corrente na Politriz (Panambra Struers DP-10- Panambra, São Paulo, Brasil) por 30s (figuras 5 e 6). Ao final de cada etapa de polimento, os corpos de prova foram levados ao ultrassom (Ultrasonic Cleaner 1440D) com água destilada por 5 minutos para a remoção dos resíduos provenientes do polimento. Após o polimento, a lisura, a planificação e o paralelismo entre as superfícies foram analisados, para garantir a planificação e o paralelismo entre as faces superior e inferior do disco de resina composta, um paquímetro digital foi utilizado para mensurar a espessura de todo o disco, essas mensurações foram feitas em dois pontos de cada quadrante e no centro do disco, garantido assim, uma uniformidade de espessura em toda a área do disco de resina composta. Após o polimento, lavagem e sacagem, os discos de resina composta foram levados ao microdurômetro e submetidos ao teste de fluência.



Figura 5: Disco de resina composta inserido no dispositivo para polimento na máquina de polir, Politriz. Polimento realizado com a sequência de lixas determinada e sob irrigação.



Figura 6: Polimento sendo realizado. Dispositivo utilizado para padronização de posição e pressão exercida sob o disco de resina composta.

2.2 Teste de Fluência

Os espécimes foram submetidos ao teste de fluência, em um microdurômetro HMV-2, Micro Hardness Tester, (Shimadzu, Japão), no Laboratório de Pesquisa da Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, de acordo com a ISO 14577-1, 2002 (figura 7).⁵

Ao medir a alteração na profundidade de endentação com força de ensaio constante, uma mudança relativa na profundidade de endentação pode ser calculada, este é o valor para a fluência dos materiais.

Para o teste de fluência foram realizadas duas endentações, uma inicial e outra final. A carga de endentação de acordo com a ASTM E-384-99 varia de 1gf a 1000gf, portanto, a carga uniaxial, compressiva, constante utilizada foi de 100gf.¹⁴⁻¹⁸ O tempo de cada endentação foi 30s e o tempo de relaxação (sem carga) entre cada endentação também de 30s (inicial) (figura 8).^{18-21,24} As medidas e valores obtidos de cada endentação eram apresentadas na tela do computador no software (Newage Testing Instruments C.A.M.S, Testing System), em seguida, recebeu no mesmo local mais 30s de carga 100gf e permaneceu novamente em relaxamento (sem carga) por 30s e, obteve-se a segunda mensuração. Esses valores foram salvos e aplicados na fórmula específica para esse teste.

As endentações foram realizadas em três pontos de cada quadrante dos espécimes, afim de abranger diferentes áreas do quadrante e obter uma média entre esses valores. Cada quadrante representa um período de avaliação, sendo quadrante 1 de 24h, quadrante 2 de 1 mês, quadrante 3 de 3 meses e quadrante 4 de 6 meses após confecção dos espécimes, distribuídos nessa ordem no sentido horário dos discos. Ao final das mensurações, os espécimes retornavam ao local de armazenagem até o próximo período de avaliação e, submetidos novamente ao teste de fluência. Os valores de

fluência foram calculados de acordo com a fórmula indicada pela ISO – 145771; 2002:

$$C_{IT} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100$$

onde: h_1 é a profundidade de indentação no t_1 e

h_2 é a profundidade de indentação no t_2

A profundidade de indentação é 1/7 da média aritmética das duas diagonais da indentação Vickers. Portanto, após o cálculo da profundidade e utilizando a fórmula citada na ISSO-145771;2002, encontra-se o valor de fluência em %..

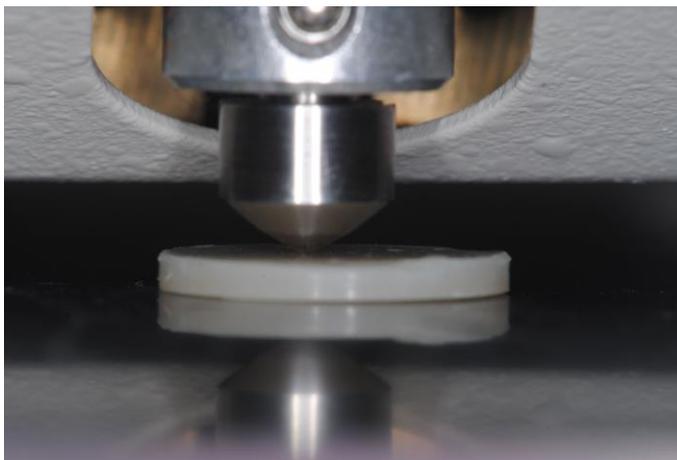


Figura 7: Teste de fluência sendo realizado. Ponta de diamante Vickers, fazendo a endentação no disco de resina composta.

2.3 Análise Estatística

O software estatístico utilizado para análise dos dados desta pesquisa foi o SPSS (versão 20:0, SPSS Inc, Illions, EUA). Após repassar os dados para o programa, os testes Levené, One-way ANOVA e Tukey HSD post hoc ($\alpha=0.05$) foram aplicados. Teste Levené para verificar homogenicidade de variância, One-way ANOVA para analisar se há diferença entre as médias e Tukey HSD post hoc ($\alpha=0.05$) para verificar onde se encontra a diferença que permitirá a comparação dos resultados de cada material e entre todos eles.

3 RESULTADOS

As diferenças entre as médias dos grupos foram analisadas pelo teste ANOVA. Como o teste ANOVA mostra que existe diferença, mas não específica, foi realizado o teste TUKEY para verificar a diferença. Valores de média e desvio padrão de todos os grupos estão apresentados na tabela 2.

MATERIAIS	<i>IPS Empress</i>	<i>Filtek</i>	<i>Signum</i>	<i>SR Adoro</i>
TEMPO	<i>Direct</i>	<i>Z250</i>	<i>Ceramis</i>	
Água 24h	3,55 (0,21)	3,17 (0,31)	2,38 (0,64)	2,77 (0,58)
X creep % (DP)				
Seco 24h	3,17(0,12)	2,96 (0,21)	2,21 (0,43)	2,69 (0,49)
X creep % (DP)				
Água 1 mês	3,64 (0,35)	3,25 (0,13)	2,45 (0,32)	2,81 (0,37)
X creep % (DP)				
Seco 1 mês	3,22 (0,15)	3,02 (0,17)	2,23 (0,28)	2,56 (0,43)
X creep % (DP)				
Água 3 meses	3,88 (0,44)	3,28 (0,45)	2,41 (0,53)	2,90 (0,62)
X creep % (DP)				
Seco 3 meses	3,20 (0,32)	3,00 (0,38)	2,29 (0,27)	2,80 (0,53)
X creep % (DP)				
Água 6 meses	3,92 (0,53)	3,37 (0,51)	2,61 (0,19)	2,99 (0,32)
X creep % (DP)				
Seco 6 meses	3,22 (0,42)	3,12(0,28)	2,46 (0,38)	2,84 (0,31)
X creep % (DP)				

Tabela 2: Média seguido do desvio padrão para valores de teste creep para cara resina composta e variáveis.

Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas nos resultados levando em consideração as variáveis testadas em fluência. Todas as resinas compostas sofreram deformação com o tempo e carga aplicada.

A análise estatística mostrou que a resina composta de uso direto IPS Empress, apresentou os maiores valores para a fluência, porém não houve diferença estatística significativa para a resina composta Filtek Z350. Os menores valores para a fluência foram apresentados para a resina composta de uso indireto Signum Ceramis, seguido por SR Adoro, havendo diferenças estatística significativa entre elas.

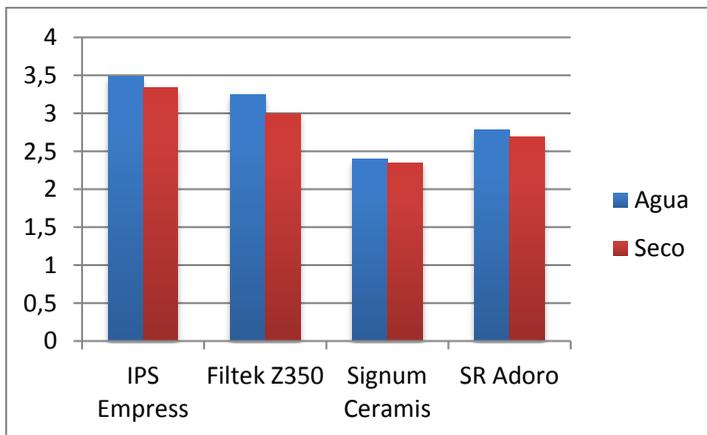


Gráfico 1: Diferença para valores médios de cada material segundo o modo de armazenagem.

Quanto ao modo de armazenagem pode-se observar que para todos os materiais estudados, a armazenagem em água apresentou

maiores valores de deformação por fluência, havendo significância estatística entre o meio de armazenagem seco e em água para todos os materiais (Gráfico 1)

Para o tempo de armazenagem houve diferença significativa estatisticamente para todos os períodos de todos os materiais, independentemente do meio de armazenagem, sendo os maiores valores de deformação por fluência apresentados pelo período de 6 meses de armazenagem. Para a resina composta Signum Ceramis o período de três meses apresentou menor média nos valores de fluência que o de um mês, porém não foi estatisticamente significativo, assim como aconteceu para a resina composta SR Adoro, onde o período de um mês apresentou menores valores médios de fluência que o de vinte e quatro horas, porém não foi estatisticamente significativo (Gráfico 2).

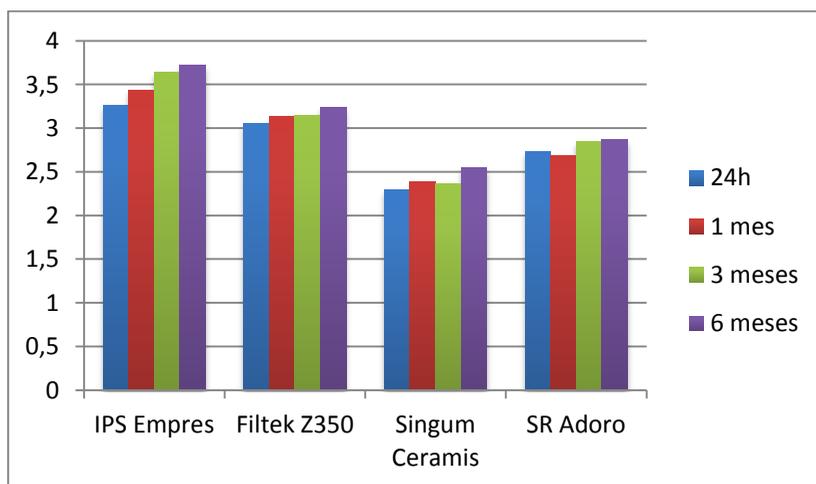


Gráfico 2: Valores médios de todos os materiais estudados, segundo o período avaliado, independentemente do meio de armazenagem.

5 DISCUSSÃO

A análise de compressão estática é um teste mecânico aceitável para determinar a estabilidade viscoelástica das resinas compostas.^{6,11} Para isso, foi utilizado o método de análise de Fluência sob compressão por microindentação.

A fluência nos permite entender sobre a capacidade do material resistir às deformações permanentes sem falha total do material, assim como, a forma que as tensões são absorvidas pelo comportamento viscoelástico sob constante estresse.^{6,11}

No meio bucal, as resinas compostas são submetidas à cargas oclusais de 66N, podendo chegar aos 90N, estas altas cargas e o contato com a saliva podem levar a restauração a sofrer uma deformação permanente. O tempo e a frequência com que recebem essas cargas oclusais determinam alterações nas propriedades, escoando a resina composta para o dente remanescente, tornando-a mais frágil, aumentando a possibilidade de fratura, comprometendo a integridade marginal, podendo causar infiltração marginal, cárie secundária e sensibilidade a curto ou longo prazo.^{18,19}

No início da utilização de resinas compostas em dentes posteriores, esse material não mostrou desempenho clínico satisfatório, isso por que, as propriedades como resistência ao desgaste, fadiga e deformação plástica foram indesejáveis. Mas, ao longo do tempo muitos estudos e investigações foram realizados e alterações na química, no tamanho, na concentração, na

forma das partículas e uma modificação no complexo resinoso da matriz, melhoraram as propriedades físico-químicas dos compósitos.²

Surgiu no mercado, em meados de 1996, uma nova classe de material restaurador indireto, os cerômeros ou polímeros otimizados por cerâmica, que nada mais são do que resinas compostas microhíbridas com partículas inorgânicas cerâmicas. Os cerômeros são considerados as resinas compostas laboratoriais de segunda geração, que devido ao seu alto teor de partículas cerâmicas pequenas, apresentam menor contração de polimerização, menor desgaste intra-oral, melhor resistência à flexão (entre 120 e 160 MPa), maior módulo de elasticidade (entre 8500 e 12000 MPa), melhor estabilidade de cor, razoável capacidade de adesão à subestrutura metálica e resistência de abrasão similar a do esmalte. Os cerômeros, ou polímeros otimizados por cerâmica, são resinas compostas microhíbridas de uso indireto e que apresentam uma média de 66% de peso de partículas minerais cerâmicas.^{4,5}

Portanto, explica-se o porquê das resinas indiretas neste trabalho apresentarem menores valores de fluência, sendo (2,40) para Signum Ceramis e (2,75) para SR Adoro, estas resinas contituem de 75% e 65% respectivamente, de partículas cerâmicas (dissilicato de sílica), segundo os fabricantes, além das melhores propriedades já citadas no parágrafo anterior, em relação as resinas para uso direto. Estas têm como volume de partículas cerâmicas 52-59% para IPS Empres Direct e 63% para Filtek Z350, segundo fabricantes,

Porém, não só o volume da carga e propriedades físicas e mecânicas podem ser responsáveis pelos resultados obtidos, como houve diferença também entre as resinas diretas e indiretas, entre si,

pode-se justificar pelo fato de que estas resinas possuem diferentes tipos de partículas, a resina composta para uso direto IPS Empress Direct é constituída por vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício(40 e 3000 nm); a resina composta para uso direto Filtek Z350 é contituida por sílica e óxido de zircônia (20nm); a resina composta para uso indireto Signum Ceramis é constituída por dióxido de silício (0,6um); e a resina composta para uso indireto é contituida por dióxido de sílica e copolímeros (1-10um), por serem partículas de diferentes materiais e tamanhos podem ter influenciado no valor de fluência.

No estudo realizado Schmidit e Ilie (2013) onde avaliou tração diametral, microdureza Vickers (HV), e fluência de resinas compostas nanohíbridas. Os ensaios foram realizados utilizando um indentador (Fischerscope H100C, Fischer, Ger- many). O valor de fluência das seis nanohíbridas foi expressa por alteração relativa da profundidade de penetração para 5 s, enquanto a força de ensaio foi mantido no nível constante do máximo de 500 mN. Testes foram realizadas após armazenamento das amostras durante 24 horas em água destilada, assim como após o envelhecimento (termociclagem por 5000 ciclos a 5-55 ° C e armazenagem durante 4 semanas, quer em água destilada, a saliva artificial, ou etanol). O efeito do envelhecimento sobre todos os parâmetros de teste foi menor do que o efeito do material. A influência do envelhecimento na propriedade micromecânica HV e fluência foi provado ser mais sensível do que na propriedade macromecânica (DTS). Este também foi ilustrado por valores mais baixos para η_2 o envelhecimento variável para DTS. Um aumento da fluência de todos os materiais foi observada após armazenamento em álcool.^{10,12}

Em 1988, Óden et al, avaliou o comportamento de deformação de 8 diferentes compósitos para posterior sob compressão estática e dinâmica uniaxial. A influência de sorção de água sobre as propriedades mecânicas também foi avaliada. A fluência estática durante um período de 2 h e a recuperação pro 2h seguinte foram determinados. Curvas tensão / deformação foram registrados durante o carregamento cíclico a uma frequência de 0,25 Hz durante 2 h. A sorção de água aumentou o deslizamento e a diminuição da recuperação lenta. Valores de fluência estática e dinâmica foram maiores para materiais microparticulados do que para os outros tipos de materiais compósitos.⁷ Assim como neste estudo, os materiais armazenados em água apresentaram maior deformação quando comparados aos materiais armazenados em ambiente seco, devido a sorção de água no material causa uma plastificação da resina, diminuindo assim, a sua capacidades de resistir à deformação.

A absorção de umidade pelas resinas compostas leva à degradação da força e rigidez dos compósitos. O efeito da água sobre o comportamento de fluência, ocorre devido a plastificação do material, pois a presença de líquidos tem o potencial para induzir o inchaço e hidrólise da estrutura, além de um efeito de desunião das partículas de carga da matriz.

Apesar de não ter sido estatisticamente significativa a diferença entre os períodos de 24h e 1mes para todos os materiais, o fato de o período de 1mês apresentar menor deformação de fluência, isso pode ter ocorrido devido ao maior grau de conversão dos monômeros, pois a armazenagem após a polimerização podem conduzir a uma mobilidade dos monômeros, levando a uma maior ligação entre eles, obtendo uma rede de polímeros mais rígida.

Ao preparar as amostras de resina composta para ensaio de fluência, é essencial a partir do comportamento de deformação que a amostra seja cuidadosamente irradiada. Se houvesse uma zona de resina mal polimerizada, o espécime daria uma deformação imediata e muito elevada. Neste estudo, os baixos valores de deformação permanente observados confirma que as amostras estavam devidamente polimerizadas. Os resultados de fluência mostraram que estes materiais exibiram uma faixa aceitável de tensão de fluência e recuperação quando comparado com outros materiais à base de resina composta.

Sergundo Baroudi, Silikas e Watts, a fluência varia de 1-6%, dependendo do volume de carga. Neste estudo a variação foi de 2,21-3,92% para Signum Ceramis e IPS Empress, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

Todas as resinas compostas estudadas apresentaram deformação permanente por fluência. As resinas compostas de uso indireto são mais resistentes à deformação por fluência que as resinas compostas de uso direto., assim podendo resistir mais satisfatoriamente nas regiões posteriores, por ser uma região de maior força oclusal. Todas as resinas aqui estudadas, apresentaram maior deformação quando armazenadas em água , como também, maior deformação segundo o tempo de armazenagem, sendo maior para o período de 6 meses.

REFERÊNCIAS

- 1 MAIA, H. P; NAGEM FILHO, H. Avaliação do creep estático em resinas compostas. **Rev FOB.** v. 2, n. 3, p. 46-49, 1994.
- 2 COUTO, M. G.P. et al. Estudo do “creep” em cinco resinas compostas fotopolimerizáveis. **Rev FOB.** v. 8, n. 3/4, p. 37-42, 2000.
- 3 MORENO, V. B; RIBEIRO, M.; MELO, A. T. Compômero: principais propriedades e indicações. **Rev Biociênc.** v. 6, n. 2, p. 49-54, 2000.
- 4 PEIXOTO, A. K. M. et al. Restauração indireta em cerômero – cristobal: relato de caso clínico. **Odontologia Clín. Cientif.** v.6, n.3, p. 267-274, 2007.
- 5 ILIE, N; SIMON. A. et al. Effect of curing mode on the micro-mechanical properties of dual-cured self-adhesive resin cements. **Clin. Oral Invest.** 2011.
- 6 HEJAZI, A. A. E.; WATTS, D. C. Creep and visco-elastic recovery of cured and secondary-cured composites and resin-modified glass-ionomers. **Dent. Mat.** v. 15, p. 138-143, 1999.
- 7 ODEN, A; RUYTER, I. E; OYSAED, H. Creep and recovery of composites for use in posterior teeth during static and dynamic compression. **Dent. Mat.** v. 4, p. 147-150, 1988.
- 8 BERGE, M. Creep of resin veneer materials. **Dent. Mat.** v. 4, p. 158-162, 1988.

- 9 MARGHALANI, H. Y; AL-JABAB, A. S. Compressive creep and recovery of light-cured packable composite resins. **Dent. Mat.** v. 20, p. 600-610, 2004.
- 10 SCHMIDT, C; ILIE, N. The effect of aging on the mechanical properties of nanohybrid composites based on new monomer formulations. **Clin Oral Invest** v.17:251–257, 2013.
- 11 KALEEM, M. et al. Viscoelastic stability of resin-composites under static and dynamic loading. **Dent Mat.** V 28, p. e15-e18, 2012.
- 12 SCHMIDT, C; ILIE, N. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. **Clin Oral Invest.** v. 17:185–193, 2013.
- 13 PAPADOGIANIS Y, BOYER DB, LAKES RS. Creep of conventional and microfilled dental composites. **J Bioned Mater Res**, v.18, p.15-25, 1984.
- 14 COCK DJ, WATTS DC. Time-dependent deformation of composite restorative materials in compression. **J of Dent. Res**, v. 64, p 147-50, 1985.
- 15 EL-SAFETY S, SILIKAS N, WATTS DC. Creep deformation of restorative resin composites intended for bulk-fill placement. **Dent Mat.** v. 28, p. 928-35, 2012.
- 16 CALISTER WDJ. **Ciência e engenharia de materiais, uma introdução.** 7ª Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2008. P. 172 e 705.
- 17 VAN VLACK LH. **Princípios de ciência dos materiais.** 4ª Ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. P. 153 e 154.

18 LAURELL L, LUNDGREN D. A standardized programme for studying the occlusal force pattern during chewing and biting in prosthetically restored dentitions. **J. of Oral Rehabilitation**, v.11, p. 39-44, 1984.

19 ANUSAVICE KJ. **Materiais Dentários**. 10 Ed., Rio de Janeiro, cap 3 e 4, p 19-43, 1998.

20 American Society for Testing and Materials ASTM E 384-99, **Standard test method for microindentation hardness of materials**, in: 2000 Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia PA, 2000 pp. 406–429.

21 ADEBAYO OA, et al. **Enamel microhardness and bond strengths of self-etching primer adhesives**. **Eur J Oral Sci**. v. 118: 191-196, 2010.

22 YAN YL, et al. Changes in Degree of Conversion and Microhardness of Dental Resin Cements. **Oper Dent**. v.35, n. 2: 203-210, 2010.

23 AKRAM S, et al. Effect of Different Irradiation Times on Microhardness and Depth of Cure of a Nanocomposite Resin. **J. Coll. Physicians. Surg. Pak**. v. 21, n. 7: 411-414, 2011.

24 HAMOUDA IM. Effects of Various Beverages on Hardness, Roughness, and Solubility of Esthetic Restorative Materials. **J. Esthet Restor. Dent**. v.23, n. 5:315-322, 2011.

25 VIGNOLO V, et al. Microhardness of different resin cement shades inside the root canal. **Med. Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal**. v.17, n.5; e59-64, 2012.

26 CROWFORD R J. Microhardness testing of plastics. **Polymer Testing**. v.3:37-54, 1982.

27 BAENA E, et al. Influence of Post-cure Time on the Microhardness of Self-Adhesive Resin Cements Inside the Root Canal. **Oper. Dent**. v.37, n.5: 548-556, 2012.

28 CEBALLO L, et al. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal.** v.14, n.1: E 51-56.

29 International Organization for Standardization ISO 10477, **Dentistry — Polymer-based crown and bridge materials.** 2004 (E).

30 International Organization for Standardization ISO TR 11450, **Equipment for harvesting and conservation. Round balers. Terminology and commercial specifications.** 1999.