



VERIDIANA CAMILOTTI

*EFEITO DE SUBSTÂNCIAS ÁCIDAS E ALCOÓLICA
SOBRE A RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE DE
RESINAS COMPOSTAS*

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da Universidade
Estadual de Campinas, para a obtenção do
Título de Doutor em Materiais Dentários
Orientador: Prof. Dr. Mario Fernando de Goes

PIRACICABA
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª. / 8099

C146e	<p>Camilotti, Veridiana. Efeito de substâncias ácidas e alcoólicas sobre a rugosidade de superfície de resinas compostas / Veridiana Camilotti. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2010.</p> <p>Orientador: Mario Fernando de Goes. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Morfologia. 2. Degradação. I. Goes, Mario Fernando de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p>(eras/fop)</p>
-------	--

Título em Inglês: Effect of alcohol and substances acid on surface roughness of composite resins

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Morphology. 2. Degradation

Área de Concentração: Materiais Dentários

Titulação: Doutor em Materiais Dentários

Banca Examinadora: Mario Fernando de Goes, Walter Miranda Júnior, Nereida da Rosa Gioppo, Mario Alexandre Coelho Sinhoretti, João Carlos Gomes

Data da Defesa: 27-09-2010

Programa de Pós-Graduação em Materiais Dentários



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 27 de Setembro de 2010, considerou a candidata VERIDIANA CAMILOTTI aprovada.

Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

Prof. Dr. JOAO CARLOS GOMES

Profa. Dra. NEREIDA MELLO DAROSA GIOPPO

Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI

Prof. Dr. WALTER GOMES MIRANDA JÚNIOR

DEDICO ESTE TRABALHO

A **DEUS**, por iluminar meu caminho e estar presente em todos os momentos de minha vida.

Ao meu marido e grande amor da minha vida **Givanildo Nardi** pela compreensão, incentivo e amor. Você foi fundamental para a conclusão deste ideal.

Aos meus pais **Jordano e Rosa Camilotti** que sempre acreditaram em meu trabalho e não mediram esforços para contribuir na minha formação profissional e pessoal.

Aos meus irmãos **Paulo e Jordana Camilotti** pela amizade carinho em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao **Prof. Dr. Mario Fernando de Goes**, Titular da Área de Materiais Dentários, Departamento de Odontologia Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela participação ativa e direta neste passo gigantesco a caminho do conhecimento, me ensinando a conciliar dedicação e honestidade que são fatores primordiais para a realização de trabalhos científicos, meu eterno agradecimento.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu **Diretor Francisco Haiter Neto** e Diretor Associado **Marcelo de Castro Meneghini**.

A **Cristiana Godoy Sartori** Azevedo por todo apoio e amizade durante este trabalho.

A **Gláucia Maria Bovi Ambrosano** pela realização da análise estatística

Aos professores **Lourenço Correr Sobrinho, Mario Alexandre Coelho Sinhoreti, Regina Maria Puppim Rontan e Simonides Consani** pela amizade e conhecimentos compartilhados neste período de trabalho.

Aos funcionários do laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, **Marcos Blanco Cangiani e Selma Aparecida Barbosa Segalla**.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica de Varredura da FOP-UNICAMP e ao funcionário **Adriano L. Martins**.

Aos meus queridos amigos e colegas de trabalho **Márcio José Mendonça e Virgínia Bosquirolli** pela dedicação e persistência para o acontecimento deste programa de doutorado.

Ao **Máx Dobrovolski** pela amizade e importante ajuda durante toda a fase experimental deste trabalho

Aos meus colegas e amigos de disciplina de Dentística Restauradora **Rosana Santos, Priscilla M.R. Busato e Júlio Ueda** pelo apoio incondicional durante o trabalho de pesquisa.

Aos meus amigos e colegas de trabalho **Carlos e Patrícia Nassar** pelo incentivo e apoio.

Ao **Alexandre Webber** pela ajuda durante o doutorado.

Ao coordenador do curso de Odontologia da UNIOESTE Adriano Hiroshi.

A **Nereida da Rosa Gioppo** pela ajuda durante a etapa laboratorial

A todos os professores da **UNIOESTE** que direta ou indiretamente contribuíram para minha pesquisa.

RESUMO

O objetivo neste estudo foi avaliar *in vitro* a rugosidade e a morfologia de superfície de resinas compostas armazenadas durante 180 dias em soluções ácidas ou alcoólica presentes na dieta. Sete resinas compostas indicadas para restaurações de dentes anteriores e posteriores foram selecionadas para este estudo (Charisma/Kulzer, Opallis/FGM, Esthet-X/Dentsply, 4Season/Ivoclar, Z250/3M ESPE, Z350/3M ESPE e P90/3M ESPE). Foram confeccionados cinquenta e um corpos-de-prova de cada material com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura com auxílio de uma matriz de elastômero. Após a fotoativação por 40 segundos (Elipar Free-Light/3M ESPE), os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 24h a 37°C para posterior realização do polimento superficial com discos Soft Lex/3M ESPE na granulação fina e extrafina. Em seguida, os corpos-de-prova foram secos com papel absorvente e a rugosidade de superfície foi mensurada por meio de rugosímetro. Os corpos-de-prova foram então divididos aleatoriamente em cinco grupos (n=7) de acordo com as soluções testadas: G1- Água destilada (pH 5,30); G2 – Vinho tinto/ Trapiche Syha Ind. Argentina (pH 3,68); 3 – Coca-cola®/ Ind. Coca-cola LTDA (pH 2,73); 4 – Suco de laranja/ Purity Cocamar (pH 3,58) e G5 – Solução tampão lactato (2,74). As soluções testadas foram trocadas diariamente. O teste de rugosidade de superfície foi repetido após 15, 90 e 180 dias de imersão. Os valores médios da rugosidade de superfície foram submetidos à análise LSmeans e teste de Tukey-Kramer, em nível de significância de 5%. Os resultados de rugosidade de superfície revelaram que as resinas compostas que apresentaram aumento de rugosidade estatisticamente significativo para todos os períodos e soluções foram Opallis, Esthet-X, 4Season e Charisma. Um corpo-de-prova de cada resina composta foi selecionado para análise morfológica de superfície após 24h, 15, 90 e 180 dias, com microscopia eletrônica de varredura (JEOL- JSM 5600, Tokyo, Japão), numa ampliação de 3000X para revelar as alterações da micro-estrutura de superfície. A análise morfológica de superfície mostrou que as resinas compostas Z350 e P90 foram as mais resistentes à ação das diferentes soluções para os períodos analisados. Enquanto que para as demais resinas compostas foi observada a extrusão das partículas de carga caracterizada por porosidades ou também seu desprendimento permanecendo expostas na superfície. Com base nos resultados pôde-se observar que a degradação superficial das resinas compostas é dependente de sua composição, tempo de armazenamento e do pH da solução.

Palavras-chave: Degradação química, Resina composta, rugosidade superficial.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate in vitro of superficial roughness and surface morphology of composite resins stored 180 days in acid and alcoholic solutions present in the diet. Seven composite resins indicated for the previous and posterior teeth restorations were selected for this study (Charisma / Kulzer, Opallis / FGM, Esthet-X/Dentsply, 4Season/Ivoclar, Z250/3M ESPE ESPE and Z350/3M P90/3M ESPE). Fifty one specimens were made proof-of-each material with 4 mm in diameter and 2 mm thick with elastomer matrix aid. After curing for 40 seconds, the specimens were stored in distilled water for 24h at 37⁰C for subsequent accomplishment of the superficial polishing with disks Soft Lex/3M ESPE and in the thin and extra thin granulation. Then the specimens were proof-of-dry with paper towels and the superficial roughness was measured using a rugosimeter. Specimens were then randomly divided into five groups according to the tested solutions: G1- Distilled water (pH 5,30) G2 - Red Wine / Argentina Trapiche SYHA Ind. (pH 3,68); G3 - Coca-Cola ® / Coca-Cola Ind. LTDA (pH 2,73); G4 - Orange Juice / Purity Cocamar (pH 3,58) and G5 - lactate buffer (pH 2,74). The superficial roughness test was repeated after 15, 90 and 180 days of immersion. The average values of the superficial roughness were statistically analyzed by LSmeans test and Tukey-Kramer test at a significant level of 5%.The results showed that the composite resins that statistically significant increase in roughness for all periods and solutions were Opallis, Esthet-X, 4Season and Charisma. One specimen more representative of each compound resin was selected for morphological analysis of surface after 24, 15, 90 and 180 days. This analysis was made using scanning electron microscopy (JEOL JSM-5600, Tokyo, Japan) at a magnification of 3000X to expose changes in the superficial micro structure. The surface morphology showed that the composite resins Z350 and P90 were more resistant to the action of different solutions for the periods analyzed. The other composite resins were observed displacement of charged particles or porosities also characterized by its detachment staying loose on the surface. Based on the results it was observed that the surface degradation of compound resins is dependent of its composition, storage time and pH solution.

Key words: Chemical degradation, Compound resin and Superficial roughness.

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM E	Sociedade Americana de Testes E Materiais
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
TA	Acidez Titulável
Bis-GMA	Bisfenol A glicidil metacrilato
bis-EMA	Bisfenol A etoxilato de dimetacrilato
BaO	Óxido de Bário
B ₂ O ₃	Óxido de Boro
-CH ₂ -CH ₂ - O-	Poli(etileno glycol)
CQ	Canforoquinona
CP	Corpo-de-prova
DMPT	N-N-dimetil-p-toluidina
DMAEMA	N-N-dimetilamino etil-metacrilato
DSC	Espectrofotômetro
DEAAP	Bis (acrilamida)propano
DMAAP	(y,y-dimetilamino)puro
DMAAH	Bis (acrilamida)hexano
FITIR	Fourier Transform Infrared Spectrometer
F/3-MPS	nonafluorohexiltrimetoxisilano
GC	Grau de conversão
GERD	Refluxo gastroesofágico
g/cm ³	Gramas por centímetro cúbico
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light -emitting-diode(Diodo Emissor de Luz)
mN	miliNewtons
mL	Mililitros
min.	Minuto
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
mW/cm ²	Milliwatts por centímetro quadrado
Mol	Quantidade de matéria
mol/ml	Quantidade de matéria por mililitros
µL	Microlitros
µm	Micrometro
MPa	Mega Pascal
N	Newton
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanômetro
OH	Grupo hidroxila
pH	Potencial Hidrogeniônio
P	Significância estatística
Ra	Rugosidade média
RL	Radicais Livres
RPM	Rotações por minuto
Seg	Segundos
Si-O-Si	Silanol

SiO ₂	Dióxido de silício
UDMA	Uretano dimetil dimetacrilato
tan	Tangente
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
vol%	Porcentagem em volume
X	Vezes
U/ml	Unidade por mililitros
W	Watt
W/cm ²	Watts por centímetro quadrado
W/v	Watts por volume
wt	Peso
wt%	Porcentagem de peso
%	Por cento
°C	Grau Celsius (Graus Centígrados)
™	Marca registrada
®	Registrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Resina composta	4
2.2 Erosão ácida	32
3 PROPOSIÇÃO	44
4 MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1 Preparo dos corpos-de-prova	45
4.2 Rugosidade de superfície	48
4.3 Armazenamento	49
4.4 Avaliação MEV	49
4.5 Metodologia estatística	51
5 RESULTADOS	52
5.1 Análise morfológica das superfícies das resinas compostas	56
6 DISCUSSÃO	91
7 CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS	99

1 INTRODUÇÃO

A indicação de resinas compostas para restaurar dentes anteriores e posteriores tem aumentado substancialmente nas últimas décadas em função do desenvolvimento tecnológico na composição e simplificação na técnica de união aos tecidos dentais. Além disso, a resina composta apresenta qualidade estética que induz o paciente à expectativa de ter restaurações com cores que sejam semelhantes ao dente (Ferracane, 2006).

A maioria das resinas compostas comercialmente disponíveis está baseada na combinação do bisfenol A glicol dimetacrilato (bis-GMA) e trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA). A presença dos grupamentos OH na molécula de Bis-GMA é responsável pela característica de absorção de água e solubilidade das resinas compostas. A absorção da água por meio da hidroxila produz a plastificação do polímero e, a conseqüente redução das propriedades químicas e mecânicas, além da susceptividade ao manchamento (Moszner *et al.* 2006; Soares *et al.*,2007). Por isso, a substituição dos grupos pendentes hidroxilas (OH⁻) por grupos metílicos (CH₃ Bis-GMA), produzindo uma molécula (Bis-EMA) de maior peso molecular e menor viscosidade em relação ao monômero Bis-GMA tem sido sugerida. O resultado foi à formação de uma resina composta com menor degradação a solventes, reduzida absorção de água, menor contração de polimerização e maior durabilidade clínica (Palin & Fleming, 2003; Palin *et al.*,2005; Ferracane, 2006).

As partículas inorgânicas constituem a maior parte da resina composta e podem ser constituídos por quartzo, sílica coloidal, vidros de bário ou estrôncio e silicato de alumínio e lítio, além do zircônio e sílica. As partículas inorgânicas provem à resina composta aumento das propriedades físicas, modulo de elasticidade, redução da contração de polimerização, do coeficiente de expansão térmica e da absorção de água. Com relação ao tamanho das partículas de carga as resinas compostas são classificadas como micro-particuladas (tipicamente sílica, <0,1µm), híbridas ou micro-híbridas (contém

uma mistura de partículas com tamanho médio de 1µm e menor que 0,1µm) e as nanoparticuladas (20 a 75 nm). (Soderholm *et al.*,1984; Rueggeberg, 2002; Santerre, Shajii & Leung,2001; Puckett *et al.*,2007).

Apesar do desenvolvimento tecnológico envolvendo a composição das resinas compostas à base de metacrilato, a tensão de contração volumétrica resultante da conversão dos monômeros dimetacrilatos em polímeros durante a fotoativação ainda é um problema. Esta situação resulta na redução da integridade marginal e possíveis problemas pós-operatórias (Weinmann *et al.*2005). Este desafio gerou o desenvolvimento de um sistema baseado na associação dos monômeros siloxano e oxirano denominado de silorano. A partícula de quartzo silanizada com tamanho médio de 0,47µm e volume de 58% na composição proporciona propriedade física similar à da resina composta com base no dimetacrilato (Ilie & Hickel, 2009).

Dessa forma, qualquer que seja a composição da resina composta, a propriedade física e o grau de conversão deve garantir a resistência do material restaurador à ação de solventes no meio bucal. Nesse sentido, o pH do meio bucal e o tempo de contato da solução têm alta influência no princípio da degradação da superfície da restauração. Nicholson & Amiri (1998), demonstraram que o menor pH encontrado na placa bacteriana aderida na superfície dental foi 4.0, o mesmo do ácido láctico, produto do metabolismo bacteriano mais comumente encontrado no meio bucal. Tursi *et al.*(2002) mostraram que o ácido láctico quando comparado a água destilada e saliva artificial produziu o maior grau de degradação da superfície quando em contato com materiais restauradores resinosos.

Também é importante informar que o consumo de bebidas ácidas tem aumentado drasticamente em muitos países (Coombes, 2005). O Brasil é o terceiro maior mercado da Coca-cola® do mundo. Estima-se que o consumo anual seja de 12 milhões de litros (Rodrigues, 2010). E, os componentes mais comuns dessas bebidas são carbonatos de cola, ácido fosfórico em conjunto com ácido de frutas, predominantemente o ácido cítrico e maléico (West *et*

al.,2001). As soluções ácidas causam erosão no agente de cobertura das partículas de carga da resina composta, ocasionando perda de dureza do compósito pela hidrólise que ocorre entre a união do dimetacrilato com a matriz inorgânica (Freund & Munksgaard, 1990). Outro componente da dieta que pode alterar a superfície de materiais restauradores resinosos são as soluções alcoólicas.

Nesse contexto, é importante ressaltar que o consumo do vinho no Brasil por pessoa é de 1,85 litros por pessoa/ano, na qual 80% deste valor estão relacionados à ingestão de vinho tinto (Teixeira *et al.*,2007) que contém em média 12-15% de graduação alcoólica. O álcool presente nessa solução se difunde na resina, plastifica o polímero matriz causando redução de algumas propriedades mecânicas como a dureza, resistência ao desgaste e lisura, agindo diretamente a interface partícula matriz (Sarret *et al.*, 2000). Dessa forma o pH, teor alcoólico, tipo e concentração dos ácidos são fatores determinantes na capacidade erosiva (Zero,1996; Jensdottir *et al.*,2005). Por isso, é de considerável importância determinar a influência de substâncias ácidas e alcoólicas na superfície de resinas compostas de diferentes composições.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resina composta

Wu & McKinney (1982) avaliaram a influência de soluções químicas na resistência ao desgaste de compósitos dentais. Utilizaram uma resina sem partículas com monômero de 66,4% BisGMA, 29,5% trietileno glicol dimetilmacrilato, 0,9% de peróxido de benzoíla e 0,2% N,N-bis(2-hidroetil)-P-toluidine e uma resina composta de uso comercial (Adaptic/Johnson & Johnson). Os corpos-de-prova para ambas as resinas foram confeccionados com 18 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura. Após 24 horas foram submetido ao polimento de superfície com discos de granulações de 200, 320, 400 e 600. Cada corpo de prova foi submetido ao armazenamento nas soluções químicas indicada por um período de duas semanas a 37°C. As soluções foram água destilada, ciclo-heptano e etanol/água nas concentrações de 100, 75, 50, 25 e 0%. Os testes de desgaste e de dureza foram realizados 30 minutos após a remoção das soluções químicas. Os resultados mostraram a alta suscetibilidade do BisGMA em todas as soluções testadas. A máxima degradação foi observada para a solução etanol/água a 75% e a mínima para a solução com 25%. Os compósitos dentais a base de BisGMA demonstraram baixa resistência ao desgaste quando imersos em soluções químicas. A menor resistência ao desgaste foi observada nos estágios iniciais do teste de desgaste. A diminuição da taxa de resistência e o amolecimento químico da matriz foram observados de forma progressiva. Esse decréscimo é atribuído a diminuição da concentração dos solventes abaixo da superfície dos corpos-de-prova e a absorção do solvente após o período de armazenamento. No caso das soluções de etanol e água, a taxa de desgaste inicial dos compósitos imersos aumenta com a porcentagem da solução usada para armazenar a resina composta.

Soderholm *et al.* (1984) avaliaram a lixiviação de partículas de carga de quatro tipos de compósitos após o armazenamento em água, por meio da absorção atômica de espectrofotometria. Os corpos-de-prova foram confeccionados em tubos de vidros com 50 mm de altura e 4 mm de diâmetro interno, em seguida foram imersos em

água destilada a 37°C. Após 24 horas, os corpos de prova foram removidos e cortados em cinco partes (15 mm de espessura cada). As amostras foram armazenadas individualmente em tubos plásticos contendo 7 ml de água destilada a 60°C por 30 dias. A cada ciclo de trinta dias a água era trocada e novamente colocada a uma temperatura de 60°C. Esse ciclo foi repetido seis vezes. Para determinar a fração de carga de cada compósito, uma amostra adicional foi feita para cada material. A fração de carga foi determinada pelo peso da amostra de resina composta. A concentração das partículas (estrôncio, bário e sílica) liberados na água foi determinada pela absorção atômica espectrofotométrica. Todos os materiais liberaram mais sílica em comparação com as demais partículas avaliadas. Ocorreu relação direta entre a perda de partículas e a formação de fendas. Esse aparecimento de fendas pode ser explicado pela pressão osmótica criada na interface entre partícula e matriz que sofreu a degradação hidrolítica. Entre os materiais estudados, a resina composta com micro-partículas foi mais estável em relação à formação de fendas. Isso pode ser explicado pela composição, forma e estrutura da partícula na matriz resinosa.

Simon *et al.* (1989) avaliaram os monômeros residuais da família do metacrilato durante o processo de polimerização utilizando um modelo cinético de geleificação. Para tanto, avaliaram as ligações duplas de carbono durante as fases de pré e pós-gel do material resinoso. Os monômeros de metacrilatos foram polimerizados entre placas de vidro em um forno de ar circulante para promover a eliminação do oxigênio pela presença do nitrogênio. Em seguida, por meio de um espectrofotômetro (DSC), a porcentagem de polimerização foi definida pela quantidade de ligações duplas de carbono consumidas durante o período de polimerização. A integridade das ligações duplas de carbono foi comparada com as ressonâncias dos grupos metacrilatos (polímeros, monômeros e grupos pendentes insaturados). Esta simulação utilizando um modelo de cinética de geleificação possibilitou realizar previsões sobre o estágio pré-gel, o tamanho e a distribuição dos monômeros. As estimativas de polimerização por DSC não se correlacionou linearmente com os monômeros residuais, mesmos estando presentes durante todo

o processo de polimerização dos grupos metacrilatos.

Freund & Munksgaard (1990) avaliaram a dureza do polímero de BisGMA e TEGDMA após o tratamento com esterase e abrasão laboratorial. Para o teste de dureza foram confeccionados discos de resina composta com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Após oito dias de armazenamento em água a 37⁰C, os corpos-de-prova foram submetidos ao polimento com discos de lixa. Os corpos-de-prova foram então distribuídos em quatro soluções tampão de fosfato nas concentrações de 5 mU, 50 mU, 500 mU esterase/ml. Seis corpos-de-prova foram tratados com cada solução e dezoito permaneceram em água a 37⁰C servindo como controle. A dureza foi mensurada antes e após a imersão dos corpos-de-prova nas soluções. Para o teste de desgaste foram confeccionados cilindros de resina composta com 8.8 mm de diâmetro e 4 mm de espessura. Para a abrasão os corpos-de-prova foram colocados em *ependorfs* com capacidade de 1,3 ml com 1 ml de solução de tampão de fosfato e 200 mg de partícula de óxido de alumínio com tamanho de 50 µm. Para metade das amostras foi adicionado 20 U de esterase. A abrasão foi obtida por fortes vibrações (2600 vibrações/seg) por 3, 100 e 200 segundos. Esse processo foi repetido por 24 horas. Quarenta corpos-de-prova foram abrasonados por um período de 3/100 s/s. Vinte desses corpos-de-prova não continham a esterase e serviram como controle. Os cilindros foram testados antes e após o período de 24 horas do teste e a mensuração da perda de peso foi usada com taxa de desgaste. Os dados foram submetidos à análise estatística. Para os resultados da dureza o grupo controle apresentou dureza estatisticamente inferior aos grupos de 50 e 500 Um/ml. O grupo com 5 Um/ml não diferiu do grupo com 50 Um/ml. Os resultados da resistência a abrasão mostraram que nos períodos de 3/100 e 3/200 s/s houve perda significativa de peso para o grupo com esterase e essa perda foi maior que o grupo controle nos períodos de 100 e 200 segundos. Os autores concluíram que a atividade hidrolítica salivar e/ou enzimática de origem bacteriana contribuiu para a perda de dureza das resinas compostas e aumentaram a sua taxa de desgaste.

Ferracane (1994) realizou uma revisão de literatura sobre os fatores que influenciam na lixiviação dos componentes das resinas compostas. Para isso o trabalho foi dividido em quatro seções. A primeira descreve os componentes dos materiais resinosos que são basicamente uma matriz orgânica com monômeros principais com BisGMA e UDMA e seu diluente o TEGDMA, reforço com partículas de carga, agentes iniciadores da reação de polimerização e agentes de cobertura (silano) que promovem a adesão das partículas de carga na matriz orgânica. A segunda seção relata que todos os componentes das resinas compostas podem ser lixiviados e identificados. Na terceira seção expõe os fatores que afetam o processo de eluição e aponta como principais a extensão da cadeia de polimerização, número de monômeros residuais, tipo e severidade do solvente, tamanho das partículas e composição química da resina composta. A quarta e última seção, o autor mostra os resultados de um estudo sobre lixiviação que conduziu em seu laboratório utilizando diferentes marcas de resina composta. A conclusão foi que monômeros residuais, partículas de carga e os iniciadores/inibidores da polimerização são os principais componentes a serem eliminados do material quando armazenados no meio aquoso. A quantidade dos componentes lixiviados é dependente do tipo de solução e do grau de conversão das resinas compostas.

Anseth *et. al.* (1996) avaliaram a concentração de ligações cruzadas e radicais livres durante o processo de polimerização dos monômeros de metacrilato. Estes monômeros foram caracterizados por ressonância paramagnética eletrônica. As concentrações e localizações de monômeros residuais e radicais livres foram usadas como mensurador das características estruturais dos polímeros em evolução, especialmente no que se refere às regiões de micro-géis e micro-poros em formação. A influência da estrutura do monômero e densidade das ligações cruzadas no polímero foi estudada por meio da análise do comportamento radical, durante a polimerização do dimetacrilato de dietileno glicol, glicol de poli (etileno 200) dimetacrilato, e poli (etilenoglicol 600) dimetacrilato. O grau de aprisionamento e formação das regiões de micro-géis e micro-poros foi encontrado para tentar

augmentar a densidade de ligações cruzadas, uma vez que tais regiões quando em contato com o meio aquoso podem absorver a umidade e também deslocar os monômeros residuais. Sendo este processo intensificado pelas fracas ligações cruzadas. Foi encontrado que a polimerização mais lenta ocasionou diminuição dos radicais livres e monômeros residuais. Por fim, os autores relataram que o deslocamento dos monômeros pode ser afetado não somente pela quantidade de monômeros residuais, como também pela distribuição dos monômeros no interior do polímero formado e pela qualidade de polimerização.

Gopferich (1996) analisou os mecanismos de degradação e erosão de polímeros. Relatou e discutiu os mais importantes fatores de degradação e erosão. A degradação do polímero foi apontada como a chave do processo de erosão. Existem dois principais caminhos pelos quais os polímeros podem ser clivados: a hidrólise passiva e a ativada por reações enzimáticas. Vários fatores podem influenciar a velocidade dessas reações como o tipo de união química, pH, composição do copolímero e com a absorção de água. A união química é afetada pela hidrólise, sendo os polímeros anidros e orto-éster os mais reativos seguidos do éster e amidas. Os monômeros que possuem ácido carboxílico a degradação é acelerada com a diminuição do pH do meio. A introdução de monômeros secundários influencia em muitas das propriedades do polímero original como a cristalinidade e a transmissão vítrea da temperatura. Com aumento do conteúdo aromático do monômero o tempo de erosão é aumentado significativamente. Polímeros hidrófilos em contato com grandes quantidades de água aumentam a taxa de degradação. Todos os polímeros degradáveis partilham a propriedade de se dilapidar após a degradação. A degradação e erosão são parâmetros decisivos para o desempenho de alguns materiais. Com relação ao volume da dilatação do polímero, a degradação e erosão não ficam confinadas na superfície do dispositivo. Portanto, o tamanho do polímero permanecerá constante para uma considerável parcela de tempo durante a degradação. Quando então se inicia a liberação de componentes do polímero. A erosão do polímero é mais complexa que sua degradação, pois envolvem muitos outros processos, como a degradação, inchaço,

dissolução e difusão de oligômeros e monômeros e mudanças de superfícies. A primeira mudança durante a erosão é a mudança na superfície, com o aparecimento de fendas, seguida da formação de poros na sua estrutura. Os resultados das mudanças morfológicas, pH, oligômeros e monômeros e propriedades assim como a cristalinidade foram ilustrados como exemplos selecionados. Finalmente, um breve estudo sobre a degradação e erosão do polímero foi fornecido.

Nicholson & Amiri (1998) avaliaram alguns cimentos Odontológicos (cimento de fosfato de zinco, policarboxilato de zinco, cimento de ionômero de vidro e cimento de ionômero de vidro modificado por resina composta) armazenados em soluções aquosas de diferentes pH. Foram confeccionados corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro e 12 mm de espessura, armazenados em água destilada por 24 horas para posterior remoção da matriz. Os corpos de prova foram divididos em quatro grupos de acordo com o meio de imersão: G1 – solução tampão de lactato; G2 – água deionizada; G3 – Solução de cloreto de sódio a 0,9% e saliva artificial. Previamente a imersão, os corpos-de-prova foram pesados e o pH das soluções aferido. Este processo foi repetido semanalmente durante seis semanas. Os resultados foram submetidos à análise estatística e mostraram que todos os cimentos que apresentavam reação ácido-base alteraram o pH das soluções tornando-as mais básicas ou quase neutras. Para todos os cimentos foram encontradas ação tampão, pois os materiais testados não somente aumentaram o pH da solução tampão lactato com diminuíram o pH levemente alcalino da saliva artificial. Para a água deionizada, todos os materiais causaram redução do pH, com exceção do cimento de policarboxilato de zinco causou aumento. Em todos os casos, este processo foi repetido a cada troca de solução. Com relação à mudança de massa, ocorreu aumento estatisticamente significativo apenas para primeira semana, permanecendo estável durante as semanas seguintes. Em solução tampão lactato, os cimentos de fosfato de zinco e policarboxilato de zinco apresentaram redução da massa no decorrer das seis semanas de avaliação,

enquanto que o cimento de ionômero de vidro apresentou aumento na primeira semana e redução da massa nas semanas seguintes. Os resultados indicaram que entre os materiais estudados o cimento de ionômero de vidro foi o mais resistente com relação à erosão ácida.

Santerre *et al.* (2001) realizaram uma revisão de literatura dos compósitos dentais relacionando os modos de degradação com os componentes específicos desses materiais. Particular ênfase foi dada aos monômeros resinosos, partículas de carga e grau de conversão após a polimerização. Perda das propriedades mecânicas em função da lixiviação dos componentes foi brevemente descrita, enquanto que os detalhes foram dados aos estudos relacionados à desagregação dos materiais por agentes que estão presentes na cavidade bucal. Específica atenção foi dada ao processo de hidrólise do monômero e seu tipo de união (éster, éter, amida) que são feitas entre os monômeros resinosos e sua relação com a água e enzimas salivares. Uma sinopse dos tipos de enzimas e suas origens foram delineadas, juntamente com a descrição de trabalhos que suportam sua capacidade de ataque e degradação a tipos específicos de monômeros. Os métodos para os tipos específicos de biodegradação foram comparados em termos de sensibilidade. O impacto sobre a biocompatibilidade final desses materiais é discutida a partir da perspectiva atual do que é conhecido até o que continua a ser estudado. As conclusões da última década indicam claramente que existem muitas razões para pesquisar a questão da estabilidade bioquímica das resinas compostas na cavidade oral. Este desafio será tanto da indústria quanto de órgãos governamentais de tomar uma abordagem proativa, para financiar a pesquisa nesta área, com a expectativa de que estes estudos levarão a uma definição mais concisa de questões relacionadas com a biocompatibilidade dos compósitos dentais. Além disso, a aquisição informações a partir de tais estudos irá gerar o desenvolvimento de polímeros químicos alternativos e compósitos com formulações que irão exigir pesquisas mais aprofundadas para utilização numa próxima geração de materiais restauradores com melhor bioestabilidade.

Yap *et al.* (2001) avaliaram a influência do ambiente intra-oral na degradação química dos compósitos de resina. Para tanto, foi avaliado a influência do meio químico na microdureza de algumas resinas compostas comerciais (Silux [SX], Z100 [ZO], Ariston [AR] e Surefil [SF]). Os autores também relacionaram a microdureza com a espessura da camada de resina composta degradada. Trinta e seis corpos-de-prova (3 X 4 X 2 mm) foram confeccionados para cada material. Após a fotopolimerização os corpos-de-prova foram armazenados em saliva artificial por 24 horas a 37⁰C. Em seguida, foram divididos aleatoriamente em seis grupos de seis para o teste de microdureza (carga = 50 mg e tempo = 15 segundos). O armazenamento foi realizado em diferentes soluções químicas durante sete dias: saliva artificial; água destilada; solução de 0,02% de ácido cítrico; 0,02% de solução tampão lactato, hepatano e solução de 75-25% de etanol/água. Após o período de armazenamento os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza e posterior seccionamento. A espessura da degradação de superfície foi analisada por imagem computadorizada com aumento de 600 X. Os valores obtidos de microdureza foram comparados com os dados de degradação de superfície e submetidos à análise estatística pelo teste ANOVA e Scheffe's ($p < 0,05$). Os resultados revelaram que a resina composta SX apresentou aumento nos valores de microdureza após o condicionamento nas diferentes soluções com exceção da solução etanol/água. Para as resinas composta Zo e AR o aumento dos valores de microdureza foram observados após o armazenamento em saliva artificial, ácido cítrico e hepatano respectivamente. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a resina composta SF nos diferentes meios de armazenamento. Com relação à degradação de superfície, as soluções que causaram maiores danos superficiais foram tampão lactato e hepatano. O efeito químico do meio de armazenamento na microdureza e degradação superficial foi material dependente. A análise estatística mostrou uma relação direta entre microdureza e degradação superficial.

Nihei *et al.* (2002) avaliaram a estabilidade hidrolítica de compósitos dentais com o uso de fluoralquiltrimetoxisilanos. Para preparação das resinas compostas experimentais cinco silanos hidrofóbicos foram utilizados: trifluoropropil (1F); nonafluorohexil (4F); tridecafluorooctyl (6F); heptadecafluorodecyl (8F) e henicosafluorododecyl-trimetoxy silano (10F). A taxa de hidrofobicidade dos silanos 3MPS foi usada no tratamento da sílica com 40 wt% a 1F, 20 wt% a 4F, 15 wt% a 6F, 10 wt% a 8F e 5 wt% a 10F respectivamente. Para cada agente silano foi misturado uma solução de etanol 3 wt%. Foram utilizados dois tipos de partículas de sílica: esférica (0,04 μm) e achatada (0,03 μm). As partículas de carga foram incorporadas aos silanos por sete dias a temperatura ambiente. Os monômeros BisGMA e TEGDMA foram adicionados a mistura. Foi utilizada uma resina comercial a Clearfil Photo A (PCA). As partículas sem silano foram tratadas com solução de etanol e usadas como controle. Para o teste de resistência a tração foram confeccionados cinco corpos-de-prova de cada silano com dimensões de 25 X 2 X 2 mm. Após a confecção dos corpos-de-prova os mesmos foram armazenados em água destilada por 1, 90, 180, 360 e 1800 dias a 37°C e estressados termicamente a 4°C e 60°C com banhos de 3000 ciclos com duração de 1 hora cada. Para o teste de absorção de água foram confeccionados discos com 20 mm de diâmetro e 1 mm de espessura, o teste foi realizado de acordo com as especificações da ISO 4049. Para avaliação do ângulo de contato um conjunto de misturas de silanos foi preparado, com diferentes concentrações de silanos hidrofóbicos a 2, 5, 10, 20, 40, 60 e 80 wt%. O ângulo de contato formado entre a mistura de monômero resinoso e a superfície de vidro modificado foi mensurado pelo CA-D. Nove corpos-de-prova foram testados para cada agente silano. Os dados foram coletados e submetidos à análise estatística. A resistência a tração da matriz resinosa após 90 dias de imersão e a ciclagem térmica de 30000 ciclos foram menores estatisticamente quando comparado com um dia de armazenamento em água ($p < 0,05$). Para o grupo controle a resistência à tração foi significativamente menor de o material resinoso para todos os períodos de armazenamento. Os compósitos com partículas modificadas por um F/3-MPS ou 4 F/3-MPS não apresentaram sua resistência diminuída após 1800 dias de

armazenamento ou pelo estresse térmico. Não houve diferenças na resistência entre 3-MPS, 8F/3-MPS e 10F/3-MPS para todos os períodos. A resina composta comercial PCA foi significativamente menos resistente que a 4F/3-MPS após 1800 dias em água e estresse térmico. No final dos 90 dias de armazenamento em água, os valores de absorção de água para os compósitos com partículas de carga com diferentes silanos e a PCA foram significativamente menor que o grupo controle. A absorção de água para cada compósito contendo partículas tratadas com silano e a PCA foi menor que $0,7\text{mg/cm}^2$ no final de 7 dias de armazenamento. O ângulo de contato entre o monômero e a superfície de vidro tratada foi de 27° . O ângulo de contato entre a resina e a superfície de vidro tratada alcançou valor mínimo quando a superfície foi tratada com 20 wt% de mistura do silano com 1F/3-MPS, 4F/3-MPS, 6F/3-MPS e 8F/3-MPS. Todos esses foram menores que o ângulo mínimo mensurado por 3-MPS sozinho. Os autores concluíram que o uso de silanos hidrofóbicos aumenta a estabilidade hidrolítica na interface entre partícula e matriz resinosa.

Shabanian & Richards (2002) avaliaram *in vitro* a resistência ao desgaste de diferentes materiais restauradores variando a carga e os valores de pH. Molares recém extraídos foram selecionados para o estudo e cavidades com 1,2 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade foram feitas no centro da superfície vestibular. Para realizar as restaurações três materiais foram selecionados, entre eles um cimento de ionômero de vidro, uma resina composta modificada por poliácido e uma resina composta micro-híbrida. Os materiais foram inseridos na cavidade conforme as instruções de cada fabricante. Para o teste de resistência ao desgaste, as restaurações foram submetidas a diferentes cargas (0, 3,2, 6,7 e 9,95 Kg) e pH de 7.0 para simular a ação salivar, 3.3 para a dieta ácida e 1.2 para refluxo. Dez corpos-de-prova foram designados para cada situação avaliada. Durante o teste de resistência ao desgaste foi verificada a perda da altura no centro da restauração, na margem do primeiro contato e no último contato. Os valores da altura nas diferentes situações foram obtidos por meio da

análise e microscópio. O grupo controle foi realizado apenas o desgaste contra a superfície do esmalte sem ciclagem térmica e variação do pH. A ciclagem térmica foi de 8.000 ciclos para todos os pH. Os dados foram submetidos à análise estatística. Para o grupo controle não houve diferenças estatísticas entre os materiais testados e as diferentes cargas. Para todos os materiais a perda de altura foi maior para a carga de 9.95 Kg em comparação com a 3.2 Kg. O esmalte significativamente mais resistente (todas as cargas) em comparação o cimento de ionômero de vidro e resina modificada por poliácido, porém não apresentou diferenças estatísticas com a resina composta. Para o pH de 3.3 a resina composta não apresentou diferenças estatística com a resina modificada por poliácido para todas as cargas. Para o pH de 1.2 sem nenhuma ação de carga (0.0 Kg) todos os materiais apresentaram perda de altura e o esmalte apresentou um desgaste maior que a resina composta. Com base nos resultados os autores concluíram que os três materiais foram mais resistentes em pH ácido que o esmalte e a resina composta apresentou menor suscetibilidade em meio ácido. No meio ácido e com a ação de carga a resina composta foi mais resistente que a resina modificada por poliácido e cimento de ionômero de vidro convencional.

Rueggeberg (2002) realizou uma revisão de literatura sobre a história da resina na dentística restauradora desde a vulcanização ao vinil. Antes dos polímeros sintéticos serem desenvolvidos, muitos itens denominados plásticos foram desenvolvidos a partir de resina natural ou exudados de tecidos de plantas, animais e insetos. As primeiras amostras desses materiais foram de origem de cascos e chifres de animais. Com relação aos exudados dos insetos, os mais notáveis foram os produtos da goma de laca os quais ainda são usados atualmente. Esses materiais são derivados de minúsculos insetos (*Coccus Lacca*) que infetam árvores. Mais tarde, partículas foram adicionadas para providenciar uma substância moldável e um volume de produtos (primeiramente decorativos) foram então produzidos. Embora esse material ofereça facilidade de moldagem com o aumento

da temperatura, não há registros da goma de laca para uso dental. A *gutta percha* é uma planta conhecida e estudada na Odontologia, também conhecida como Corallite. É um produto similar à estrutura da borracha natural, porém pequenas diferenças entre suas moléculas provêm propriedades mecânicas distintas. A borracha possui maciez, alta viscosidade e possui baixo ponto de fusão. Inversamente, guta-percha é dura e difícil, tem um alto ponto de fusão e apresenta pouca flexibilidade. Um grande aumento dos tipos de materiais plásticos para o uso odontológico veio com a necessidade de fornecer um material de baixo custo para as bases de dentadura. A mistura do enxofre com a borracha natural providenciou ligações covalente entre as moléculas da borracha, por meio de ligações carbono-carbono. Isso forneceu dureza e flexibilidade ao material, tal processo é denominado de vulcanização. As vantagens da vulcanização são fácil formalidade, boa adaptação, insolubilidade e não é reativo na saliva. Como desvantagem apresenta uma cor marrom. Um processo que veio a substituir vulcanização foi à celulose, que oferece boa flexibilidade, fácil confecção para base de dentadura e tem coloração mais parecida ao tecido gengival. Entre 1910 e 1950 foram referidos os materiais plásticos. O desenvolvimento desse polímero químico foi direcionado para encontrar um material sintético que pudesse substituir a borracha, especialmente durante a I guerra mundial. O polímero de metacrilato foi então introduzido e extensivamente utilizado na Odontologia, porém apresentava alguns problemas como instabilidade de cor e problemas durante a polimerização química. A grande melhora no desempenho dos polímeros foi entre 1950 e 1960 quando Bowen fundamentou seu trabalho usando um monômero de alto peso molecular da resina e derivados do metacrilato incorporados a partículas inorgânicas. A introdução desse monômero com alto peso molecular, conhecido como BisGMA, facilitou grandemente o desenvolvimento comercial de um material contendo partículas inorgânicas: compósitos. Esse monômero é extremamente viscoso devido à presença de dois grupamentos hidroxilas que promovem significativa união intermolecular. A viscosidade desse monômero é diluída pela adição de um monômero mais fluído conhecido como trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA). O grupamento aromático do BisGMA providencia a rigidez do monômero e os

grupamento hidroxilas aumentam a união e a viscosidade e resulta num material mais pegajoso. A remoção desses grupamentos produz um monômero que adere menos aos instrumentais quando substituídos por etoxil (-CH₂-CH₂-O-) conhecido como etoxilato BisGMA. A incorporação de partículas de carga de diferentes forma e tamanhos nesses compósitos fornece uma gama de produtos no que diz respeito à facilidade de polimento e resistência mecânica. Reduzem o volume da matriz orgânica, assim diminui a contração de polimerização. A importância de se avaliar as novas tecnologias é fundamental para o crescimento e aprendizado sobre os materiais.

Turssi *et al.*(2002) avaliaram o efeito de diferentes meios de armazenamento na superfície de diferentes materiais restauradores resinosos. Foram utilizados um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji II LC), uma resina poliácido modificada (Dyract AP), uma resina micro-particulada (Durafil VC) e uma resina composta micro-híbrida (Filtek Z250). Para cada material foram confeccionados quarenta e cinco corpos-de-prova cilíndricos com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os materiais foram manipulados de acordo com as instruções de cada fabricante, após a inserção dos materiais os mesmos foram cobertos com uma tira de poliéster e pressionados com uma placa de vidro. A polimerização foi feita com um aparelho fotoativador sobre a tira de poliéster. Após os corpos de prova ser armazenados por 24 horas em 100% de umidade relativa foi realizado o polimento com discos de óxido de alumínio de granulação média, fina e super-fina. A rugosidade superficial foi mensurada por um rugosímetro com velocidade de 0,05 mm/segundos e 0,7 mN. Os grupos foram designados de acordo com as soluções armazenadoras: saliva artificial, água destilada e solução ácida (cálcio, solução tampão de fosfato e acetato). Os corpos de prova foram colocados individualmente em frascos com 75 ml de cada solução por 24 horas a 37⁰C. Os grupos foram submetidos à ciclagem dinâmica de pH, inicialmente a solução ácida foi agitada por 6 horas a 37⁰C e a água destilada e saliva artificial foi por 18 horas a 37⁰C. Os corpos de prova foram armazenados por 10 dias de forma interrupta. Após os dez dias os corpos-de-prova foram novamente avaliados pelo

teste de rugosidade. As amostras mais significativas foram analisadas no microscópio eletrônico de varredura num aumento de 3000X. Os dados foram submetidos à análise estatística. Análise de Tukey mostrou que todos os materiais armazenados em água e saliva artificial foram menos rugosos do que quando armazenados em solução ácida. Não houve diferenças estatísticas entre os materiais em saliva artificial e água destilada. Para o fator meio de armazenamento na água, a resina Durafil AP apresentou maior lisura, seguida da Filtek Z250 e Dyract AP, o Fuji apresentou a superfície mais rugosa. Após a ciclagem a resina Durafil foi mais lisa que a Filtek Z250, que foi menos rugosa que a Dyract AP, o Fuji foi o mais rugoso. Os autores concluíram que as resinas compostas tiveram menos danos na superfície em diferentes meios.

Yoshida *et. al.* (2002) realizaram um estudo para verificar a efetividade do processo de silanização. Para tanto, analisaram qual protocolo de descontaminação das partículas de carga para aumentar a união à matriz orgânica, melhorando o assim o desempenho físico-mecânico das resinas compostas. Para análise da eficiência da silanização foram preparadas resinas compostas com partículas de carga limpas com acetona sem a cobertura do agente silano (controle). Dois agentes de silanização foram avaliados: γ -metacriloxipropil-trimetoxissilano e tridecafluoro-1, 1, 2, 2-tetrahidrooctil-dimetilclorosilano com e sem a pré-silanização com sílica. Após a aplicação dos agentes silanos, as partículas de carga foram analisadas por espectroscopia fotoelétrica de raio-X numa energia de 40 e 80 V respectivamente. Em seguida, foram confeccionados quarenta e cinco corpos-de-prova (6 mm de diâmetro e 3 mm de espessura) de cada material, armazenados por 24 horas em água destilada. Após este período foi realizada a ciclagem térmica de 5000 ciclos para todos os corpos-de-prova, com exceção do grupo controle. O teste de tração diametral foi efetuado para todos os corpos-de-prova numa velocidade de 1 mm/minuto. A espectroscopia fotoelétrica de raio-X revelou que a adequada cobertura do agente silano (Si-O-Si) depende da reatividade da partícula de carga e a molécula do agente silano. A pré-silanização melhorou significativamente a união de ambas as moléculas de silano na superfície das partículas de carga, promoveu

os maiores valores de resistência a tração diametral e tornou os materiais mais resistentes a degradação por termociclagem.

Palin & Fleming (2003) realizaram uma revisão de literatura sobre as resinas compostas. Esses materiais tiveram um desenvolvimento lento ao longo dos anos. As resinas compostas mais utilizadas são aquelas constituídas pelo BisGMA, o qual tem sido utilizado há mais de quarenta anos e apresenta alta viscosidade, necessitando de um monômero diluente para a incorporação de partículas de carga, apresentam contração de polimerização próxima de 5% o que pode provocar fendas na interface dente-restauração, permite o ingresso de bactérias e deflexão da cúspide. A primeira evolução foi a utilização de um monômero derivado do BisGMA, o bisfenol A etoxilato de dimetacrilato (BisEMA), estudos têm relatado que essa nova tecnologia apresenta menor contração de polimerização e menor sorção em água quando comparado ao BisGMA. Com o objetivo de eliminar a contração de polimerização foi desenvolvido um monômero que não pertencesse à família dos metacrilatos. Foram introduzidos os siloranos, que consistem em anéis que se abrem no momento da polimerização, resultando na ausência de movimentação durante a polimerização, ou seja, a resina baseada nesses monômeros não sofre contração de polimerização superior a 1%. Os autores também relatam as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

Yap *et al.* (2003) avaliaram a influência dos aparelhos de luz e os modos de polimerização na resistência à degradação química da resina composta em diferentes meios de armazenamento. Foram usados dois tipos de aparelhos de luz (Lâmpada halógena/Elipar Trilight, 3M ESPE e LED/Freelight, 3M ESPE) com dois modos de polimerização *Standart* (S) e exponencial (E). Quarenta e cinco corpos-de-prova retangulares (8 mm X 4 mm X 2 mm) foram usados para cada aparelho de luz e sua combinação com o modo de polimerização. Os corpos-de-prova foram randomicamente divididos em cinco grupos, de acordo com as soluções simuladoras da dieta: água destilada, solução de etanol a 50%, heptano e ácido cítrico. Os corpos-de-prova armazenados em água destilada foram utilizados como

controle. Após o período de imersão (7 dias) os corpos-de-prova foram secos e submetidos ao teste de micro-dureza. A análise estatística revelou significativa interação dos meios com o modo de polimerização. Não houve diferenças significativas nos valores de dureza entre os aparelhos de luz e seus modos de ativação quando os corpos-de-prova foram condicionados em etanol e heptano. No ácido cítrico os corpos-de-prova polimerizados com LE a dureza foi significativamente maior do que os polimerizados com HE. Significativa redução na dureza foi observada após a exposição nas diferentes soluções. Os resultados de dureza e as diferenças significativas entre os meios variaram um pouco entre os aparelhos de luz e os modos de polimerização. Em qualquer das situações a solução de etanol apresentou os mais baixos valores de dureza. Com base nos resultados desse os autores concluíram que: 1- os efeitos das soluções simuladoras da dieta nos compósitos são dependentes do aparelho de luz e no modo de polimerização; 2 – A lâmpada halógena no modo exponencial foi mais susceptível a ação das soluções, assim como ocorreu com a água e o ácido cítrico; 3 – O uso de diferente aparelho de luz e seu modo de polimerização não influenciou a degradação pelo etanol.

Sabbagh *et al.* (2004) realizaram um estudo para determinar a fração de peso e morfologia de 39 resinas compostas. A porcentagem de peso das partículas inorgânica foi feita pela análise de termogravimetria e a técnica do incinerador de ar a 900 °C. O tamanho e a forma das partículas de carga foram determinados pela análise de microscopia eletrônica de varredura após a dissolução da matriz orgânica. A fração de peso das partículas de carga variou entre 41,6 a 84,6%. As variações foram encontradas para os materiais da mesma categoria. Alguns valores encontrados neste estudo foram diferentes dos fornecidos pelos fabricantes. A análise morfologia revelou diferenças nas formas e tamanhos das partículas de carga. Quando comparadas com as resinas compostas híbridas as resinas compostas *flow* apresentaram menor concentração de carga. Já as resinas compostas condensáveis apresentaram menor concentração de carga do que o informado pelos fabricantes. Vários são os fatores que podem explicar as

diferenças encontradas entre os dados fornecidos pelos fabricantes e os resultados encontrados nesta pesquisa. O tratamento com silano das partículas e a incorporação da matriz orgânica podem ser os principais responsáveis pelas diferenças encontradas.

Schwartz & Soderholm (2004) avaliaram a dureza e resistência ao desgaste de resinas compostas com partículas de carga de diferentes tamanhos quando imersas em água destilada e álcool. Três compósitos com contendo 53 vol% de partícula de vidro bário (52 wt% SiO₂, 32 wt% BaO, 8 % B₂O₃, 8 wt% Al₂O₃) foram preparados com tamanho médio de 1,5, 3,0, e 10 µm e tratadas com silano. A matriz orgânica foi composta por TEGDMA e UDMA. Os corpos de prova para o teste de resistência ao desgaste foram confeccionados em forma de discos com 2 mm de espessura. Vinte corpos de prova por resina composta foram montados nas rodas da máquina de teste de desgastes com 200.000 ciclos. Seis corpos-de-prova de cada material foram suspensos em 27 ml de água com 30 g e 120 g de grãos de arroz. O pH 7 foi ajusto e NaOH de 1 mol foi adicionada às soluções. Os corpos-de-prova remanescentes foram suspensos em solução de 25% de etanol/água. Os compósitos foram mensurados por um perfilômetro e os dados usados para calcular o desgaste. Para o teste de dureza vinte corpos de prova com 20 mm de diâmetro e 2 mm de espessura foram preparados por material. Doze corpos-de-prova por material foram divididos em dois grupos de seis corpos-de-prova. Um grupo foi armazenado em água e o outro em solução de 25% de etanol. A dureza inicial foi realizada antes da imersão dos corpos de prova, após o teste os corpos-de-prova foram suspensos nas soluções por 2 semanas, depois disso foram removidos e submetidos a mais um teste de dureza. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística. O resultado da resistência ao desgaste mostrou que as partículas mais finas (1,5 µm de diâmetro) desgastaram menos que as partículas maiores (10 µm de diâmetro). O desgaste foi significativamente maior na solução de 25% de etanol/água. Os valores de dureza foram menores para as resinas armazenadas em solução de etanol/água. A dureza diminuiu à medida que a concentração de álcool foi aumentada. Os autores concluíram que quanto menor o

tamanho das partículas maior é a resistência ao desgaste. O tamanho das partículas não influenciou a dureza nos corpos-de-prova secos, mas afetou a dureza superficial após a imersão em água e solução de etanol. A diminuição da dureza foi mais acentuada nas resinas com partículas menores, e foi mais pronunciada após a imersão em solução de etanol/água. Os resultados mostraram uma relação inversa entre resistência ao desgaste e dureza. Os dados encontrados suportam a hipótese de que compósitos dentais com partículas pequenas são mais resistentes do que os com partículas maiores, e que a resistência ao desgaste aumenta com a dureza e diminui após o compósito ter sido pela ação do meio como o etanol.

Lee *et al.* (2005) avaliaram a perda de brilho e de textura superficial após simulação de desgaste de resinas compostas. A simulação de desgaste foi realizada com 400.000 ciclos para seis resinas compostas comerciais (Estelite, Esthet-X, Filtek Supreme, Heliomolar, Renamel e Tetric-Ceram). Foram confeccionados 24 corpos-de-prova para cada resina composta com 8 mm de diâmetro e 3 mm de espessura. O brilho de cada corpo-de-prova foi mensurado a cada 100.000 ciclos por meio de um medidor de brilho. A rugosidade de superfície foi aferida para cada corpo-de-prova antes e após os 400.000 ciclos. O desgaste de superfície foi analisado com auxílio de um perfilômetro. Em seguida foi realizada a análise estatística dos resultados. Os resultados mostraram que a perda de brilho ficou intimamente relacionada com o aumento do número de ciclos e ocorreu uma interação significativa entre o número de ciclos e o tipo de resina composta. A rugosidade de superfície foi influenciada pelo aumento de desgaste da superfície das resinas compostas.

Palin *et al.* (2005) avaliaram as diferenças das propriedades físicas e mecânicas de uma resina composta de baixa contração de polimerização comparando com materiais resinosos convencionais, no que se refere a sorção, solubilidade e resistência à flexão. Dois materiais resinosos a base de metacrilato (Filtek Z100 e Z250/3M ESPE) e duas resinas experimentais (uma a base de oxirano (OXI) e outra

com silorano (SI)), foram avaliadas. Cento e cinquenta e dois discos de resina composta de cada material foram preparados com dimensões de 12 mm de diâmetro com 2 mm de espessura. Os corpos-de-prova de cada material foram randomicamente selecionados para o teste de sorção e solubilidade por um curto (0.1, 0.5, 1, 4, 24 e 48 horas) e médio (1, 4, 12 e 26 semanas) período de tempo. O teste foi aplicado de acordo com a ISO4049. Para o teste de flexão bi-axial foram preparados 200 corpos-de-prova de cada material divididos aleatoriamente nos períodos de imersão com n=20. A carga foi aplicada no centro de cada espécime numa velocidade de 1 mm/min. Os corpos-de-prova fraturados foram analisados por microscopia eletrônica de varredura. Os dados foram submetidos à análise estatística. Os resultados encontrados para 0.5 horas e para cada período de imersão subsequente (curto ou médio) a sorção de água foi diminuindo quando comparada com a OXI. Uma diminuição significativa da resistência flexural foi associada ao aumento de lixiviação das partículas após a análise da microscopia para as resinas OXI, comparadas com Z100, Z250 e SIL após 26 semanas de imersão. A resina SIL exibiu o menor índice de sorção e solubilidade para cada período de imersão. O aumento da sorção e solubilidade da resina OXI foram associados a uma baixa resistência flexural e atribuídos a diminuída adesão entre partículas de carga e matriz resinosa. A baixa sorção e solubilidade da resina SIL podem aumentar potencialmente a estabilidade hidrolítica dos materiais resinosos onde não demonstrou diminuição da resistência flexural nos períodos de imersão avaliados

Sideridou & Achilias (2005) avaliaram o deslocamento de monômeros residuais de origem do BisGMA, TEGDMA, UDMA e BisEMA quando armazenado em solução alcoólica. Para o estudo os autores utilizaram quatro resinas preparadas em laboratório (BisGMA, TEGDMA, UDMA e BisEMA) e duas resinas compostas comerciais (Z100- BisGMA e Z250 - BisEMA). Foi avaliada a influência do tempo de polimerização na quantidade de monômeros residuais deslocados do interior do polímero. A quantidade de monômeros deslocados foi determinada pelo período de armazenamento de 3 horas e 30 dias em solução de etanol. Para todos os

materiais utilizados, foi observado que a estrutura química dos monômeros utilizados para a preparação das resinas compostas afeta diretamente a extração dos monômeros residuais, bem como o tempo de polimerização. Nas resinas compostas comerciais, a adição de partículas de carga não interferiu na quantidade de monômeros deslocados, sendo que para a resina composta Z250 a principal perda foi de monômeros diluentes de baixo peso molecular.

Weinmann *et al.* (2005) realizaram um estudo comparando uma nova resina composta polimerizada pela abertura de anéis catiônicos (siloranos) com materiais resinosos a base de metacrilato. O silorano utilizado foi uma resina experimental da 3M ESPE e foi comparada com Filtek Z250/3M ESPE, Filtek P60/3M ESPE, Tetric Ceram/Ivoclar Vivadent, TPH Spectrum/Kerr, Aelit LS/ Bisco, Quixfil/Dentsply e Solitaire 2/heraeus-Kulser. Foram avaliados o módulo de elasticidade, resistência a flexão e a estabilidade a luz ambiente que foi mensurada de acordo com a ISO 4049. A contração volumétrica foi mensurada de acordo com o método de Archimedes e pela união de discos pelo método descrito por Watts. Os dados foram submetidos à análise estatística. A contração de polimerização do Silorano foi de 0,94 vol% (união com o disco) e 0,99 vol% pelo método de Archimedes e foi claramente menor que as demais resinas. A Tetric Ceram apresentou alta contração de polimerização que foi progressiva após os primeiros 4 seg (3 vol%). Com relação ao módulo de elasticidade, o silorano foi maior em todos os pontos em comparação com a Tetric Ceram. A estabilidade a luz ambiente também foi >10 min mais alta para o silorano que as demais resinas testadas (55-90 segundos). Os autores concluíram a tecnologia dos siloranos promovem materiais restauradores resinosos com baixa contração de polimerização e estresse e alta estabilidade a luz ambiente. Ao mesmo tempo revela alta reatividade e propriedades mecânicas comparáveis clinicamente com as resinas a base de metacrilato.

Ferracane (2006) realizou uma revisão de literatura sobre os efeitos higroscópicos e hidrolíticos nos polímeros dentais. O autor abordou primeiramente a estrutura química dos polímeros formados por diferentes monômeros como BisGMA,

BisEMA, UDMA e TEGDMA e observou que todos esses monômeros apresentam grupos hidrolíticos assim com éster, uretanos e hidroxil. Esses monômeros resultam em polímeros que não são considerados hidrolíticos, ou seja, absorvem água. A água penetra no polímero em sua porosidade e espaços intermoleculares. A quantidade de água absorvida depende da densidade do polímero, potencial de união com o hidrogênio e suas interações com grupamentos polares. A água e ácidos também atuam sobre as partículas de carga, provocando erosão nas partículas de vidro, para as partículas de quartzo e sílica pura são praticamente inertes a ação dessas soluções. A solubilidade pode ser aumentada quando o polímero entra em contato com solventes. O efeito de solventes químicos (saliva, água, álcool e ácidos) é variado e envolvem componentes não reagidos e efeitos degradativos no polímero. O solvente mais erosivo é aquele que as forças de atração entre as moléculas do polímero são mais fortes pelo solvente que a atração no polímero. A água ou o solvente penetra no polímero separando as cadeias químicas provocando uma expansão, aumentando a porosidade e absorção de água. Adicionalmente leva a perda de componentes não reagidos que causam uma perda de volume. A liberação dos componentes é maior quando o solvente é o álcool ou solventes orgânicos em comparação com a água. Outro efeito dos solventes e água nos polímeros é a plastificação. A redução da dureza e outras propriedades são produtos da separação química das moléculas do polímero que não estão unidas por ligações primárias. Desse modo, o solvente reduz as interações químicas das ligações secundárias. Isto é visto imediatamente ou no máximo em um a dois meses de contato com os solventes. A degradação química dos polímeros pode ocorrer por dois mecanismos: hidrólise passiva e reação enzimática. A hidrólise passiva ocorre pela oxidação das moléculas, atacando os grupos funcionais e rompendo as ligações químicas, isso ocorre com mais frequência em meio a etanol ou água. A degradação enzimática está relacionada à polimerização da resina, os grupos éster são mais susceptíveis ao ataque enzimático. No entanto a composição dos polímeros é de fundamental importância, essencialmente quando as enzimas são responsáveis pela degradação. O TEGDMA é mais susceptível a ação das enzimas em comparação com o BisGMA e

BisEMA. O efeito da degradação enzimática é visto pela perda de dureza e da resistência ao desgaste. O autor conclui que os polímeros dentais apresentam suscetibilidade hidrolítica e higroscópica dependendo da estrutura e ligações químicas. A importância desses efeitos está no desempenho clínico dos polímeros restauradores.

Moszner *et al.* (2006) realizaram um estudo para avaliar o uso de três novos monômeros de bis(acrilamidas). As propriedades mecânicas avaliadas foram resistência flexural e módulo de flexão dos novos monômeros e comparadas aos monômeros convencionais de metacrilatos. Os monômeros a base de metacrilato selecionados foram BisGMA, TEGDMA, UDMA e D₃MA. Os novos monômeros foram: DEAAP, DMAAP e DMAAH. A resistência flexural e o módulo flexural foram avaliados de acordo com a ISO40492000. Para tanto, foram confeccionados com dimensões de 2 mm X 2 mm X 25 mm e fotoativados com aparelho de luz com 150 mW/cm² por 180 segundos. Os testes foram realizados após as amostras terem sido armazenadas a seco, em água por 24 h a 37⁰C e após 7 dias de imersão em água. A mistura de dimetacrilatos com bis(acrilamidas) mostraram similar reatividade, resistência flexural e módulo flexural quando comparados aos materiais a base de metacrilatos. Os compósitos não apresentaram nenhuma deteriorização nas suas propriedades mecânicas após a imersão em água. Somente quando monômeros acídicos fortes foram adicionados aos compósitos contendo metacrilatos ou bis(acrilamidas) a resistência e o módulo flexural foram diminuídas após a imersão em água. Os autores concluíram que os bis(acrilamidas) apresentaram propriedades promissoras como ligações cruzadas e forneceram maior hidrofiliades as resinas compostas contendo monômeros acídicos.

Sarret *et al.* (2000) avaliaram *in vitro* a resistência ao desgaste de materiais restauradores resinosos, que em parte, pode ser dependente de vários fatores do paciente. Especialmente a taxa de consumo de bebidas alcoólicas tem potencial de aumentar a taxa de degradação. As resinas compostas utilizadas foram: Herculite XR/Kerr; Prisma Fil/Dentsply; Silux Plus/3M ESPE; P50/3M ESPE e Filtek Z100/3M

ESPE. Para o teste 1, foram confeccionados seis corpos-de-prova de cada resina. Para o teste 2, três resinas compostas foram utilizadas (Herculite XR/Kerr; Silux Plus/3M ESPE e Filtek Z100/3M ESPE) e nove corpos-de-prova de cada uma das três resinas foram confeccionados. Para ambos os testes foram feitas combinações de grãos milho, arroz, água, cerveja, vinho e etanol. Para o teste 1, os grãos foram triturados por 30 segundos antes das misturas. Os líquidos experimentais foram: Cerveja e vinho branco. A água deionizada foi usada como controle. A mistura foi feita com 150 grs de grãos de milho misturada com 275 mL do líquido e 1 gr de sódio para inibir o crescimento bacteriano. Para o teste 2 a solução foi feita com 30 grs de sementes de milho misturadas com 120 grs de arroz e 275 ml de água destilada, vinho e 9% de solução etanol/água. Foi realizado o teste de resistência ao desgaste *in vitro*. A máquina de testes rotacionou os corpos-de-prova embebidos em 6 mm de cada solução. Cada espécime foi submetido a 250 Kg de revoluções com uma carga de 15N. A profundidade do desgaste foi avaliada usando um perfilômetro. Os dados foram submetidos à análise estatística. Os resultados do teste 1 não apresentaram diferenças entre suspensões e as resinas testadas. As resinas compostas Prisma Fil e Herculite apresentaram maior desgaste que a Silux Plu, P50 e Z100. Com relação às três soluções testadas, o vinho causou maior desgaste, a cerveja e a água não apresentaram diferenças entre si. Para o teste 2 o teste ANOVA não indicou diferenças entre as variáveis testadas. No entanto, houve diferenças entre as soluções e os materiais testados. Herculite teve um grande desgaste seguido da Silux Plus e a Z100. Os resultados indicaram que as bebidas alcoólicas e as com 9% de solução etanol/água aumentaram o desgaste das resinas. Foi observado aumento de desgaste das resinas com vinho foi causado primeiramente pelo etanol contido no vinho. Outros componentes do vinho não demonstraram ter efeitos no desgaste das resinas compostas. O efeito do etanol foi consistente entre os diferentes tipos de resinas. Os autores concluíram que mais estudos são necessários para decifrar o mecanismo do álcool na resistência ao desgaste das resinas compostas.

Puckett *et al.* (2007) por meio de uma revisão de literatura, analisaram a ciência e

tecnologia dos materiais restauradores resinosos nos últimos anos. Os compósitos resinosos foram introduzidos para substituir o amálgama de prata, não podem substituí-lo em sua totalidade, mas em algumas situações clínicas o fazem com grande êxito. A maioria dos monômeros utilizados nas resinas compostas é derivada da família do metil-metacrilato assim acaba herdando algumas de suas características como contração de polimerização, altas taxas de coeficiente de expansão térmica linear e sensibilidade técnica. Novas pesquisas foram realizadas para minimizar esses problemas inerentes da resina composta, entre esses avanços tecnológicos estão nas partículas de carga, com a introdução das nanopartículas. O processo sol-gel foi utilizado de forma quase mono disperso dos tamanhos das partículas, o qual representa uma grande vantagem devido aos diferentes tamanhos de partículas que podem ser obtidos melhorando a condensação e a maior inclusão de carga nas resinas compostas. Isso fornece excelentes propriedades físicas, mecânicas e bom polimento. Com relação à matriz orgânica, foi desenvolvido um diferente monômero, onde a polimerização é feita pela abertura de anéis oxiranos ou siloranos, que fornecem menor contração de polimerização e boas propriedades mecânicas. Com o aumento da demanda estética pelos pacientes, o uso de resinas compostas continua crescente. Uma importante ressalva é de que os clínicos devem continuar a usar um julgamento sobre quando, onde e como usar as resinas compostas na sua prática.

Soares *et al.* (2007) avaliaram a influência do café na refletância e na composição química das resinas compostas protegidas por selante de superfície. Para tanto, foram preparados sessenta corpos-de-prova da resina composta Fitek Z250 na cor A3. Os corpos-de-prova foram divididos em seis grupos de acordo com a unidade de luz utilizada e o tipo de proteção superficial. Grupo HC – lâmpada halógena sem a proteção do selante (controle). Grupo LC – LED sem a proteção (controle). Grupo HF – lâmpada halógena mais proteção com selante Fortify Plus. Grupo HP – lâmpada halógena mais proteção com selante PermaSeal. Grupo LF LED mais proteção com selante Fortify Plus. Grupo LP LED mais proteção com selante PermaSeal. Os corpos-de-prova foram preparados com auxílio de matriz de teflon

com 7 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura. Os corpos-de-prova foram fotoativados com LED (LCU/130 mW/cm²) ou lâmpada halógena (Degulux Softstart/745mW/cm²). Após 24h foi realizado o polimento com discos Sof-Lex (3M/ESPE) e aplicação dos selantes de superfície. A coloração dos corpos-de-prova foi avaliada imergindo os corpos-de-prova numa solução de café por 14 dias. Após o período de imersão, para avaliar as mudanças químicas, as superfícies dos corpos-de-prova foram analisadas por espectroscopia FT-Raman. As superfícies dos corpos-de-prova foram analisadas por fotorefletância para analisar as mudanças de cor na refletância. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo teste ANOVA e Tukey. O espectro FT-Raman mostrou mudanças significativas apenas para os grupos LC e LP ($p < 0,05$). A refletância demonstrou que a coloração estava presente em todos os grupos com protegidos por selantes. O grupo que apresentou maior coloração foi o HF.

De Moraes *et al.* (2008) avaliaram o efeito de 6 meses de envelhecimento em água na rugosidade de superfície e dureza superfície / subsuperfície de duas resinas compostas micro-híbridas. Duas resinas compostas micro-híbridas foram avaliadas (Charisma/Kulzer e Filtek Z250/3 M ESPE). Foram confeccionados 31 corpos de prova de cada material (10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura). O teste de micro-dureza foi realizado imediatamente após a confecção dos corpos de prova, em seguida foram armazenados em água destilada (pH 5.8) a 37 °C por 6 meses. A água foi trocada mensalmente. Após o período de armazenamento, a superfície foi polida com discos carbite de granulação de 400, 600 e 1200 para exposição de ambas as camadas de superfície e subsuperfície. O teste de microdureza foi novamente utilizado. A análise da superfície foi feita pelo teste de rugosidade, imediatamente e após os 6 meses de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise estatística. Os resultados da micro-dureza de superfície (Kg/mm²) mais desvio padrão foi de 55 ± 1 e 49 ± 4 para Z250 e 5 ± 2 e 41 ± 3 para Charisma, após 24 horas e 6 meses respectivamente. A subsuperfície foi de 58 ± 2 e 61 ± 3 para a Z250 e 50 ± 1 e 54 ± 2 para a Charisma, no período de 24 horas e 6 meses. Para ambas as resinas, o período de armazenamento teve uma suave significância

($P < 0,01$). Para a dureza da subsuperfície, a alteração após o período de armazenamento foi encontrada apenas para a Charisma. A Z250 apresentou significativa dureza de superfície e subsuperfície em comparação com a Charisma. A rugosidade superficial (R_a , μm) foi de $0,07 \pm 0,00$ e $0,07 \pm 0,01$ para Z250 e $0,06 \pm 0,01$ e $0,07 \pm 0,01$ para a Charisma, após 24 horas e seis meses respectivamente. Para ambos os compósitos não foi detectada diferenças estatísticas durante o estudo. Os autores concluíram que após 6 meses de armazenamento em água apresentou suave efeito sobre a superfície dos compósitos. O armazenamento em água não mostrou efeito significativo na rugosidade dos materiais.

Valinoti *et al.* (2008) avaliaram a degradação de superfície de quatro resinas compostas (TPH, Concept, Opallis e Supreme) pela ciclagem de pH e acidez medicamentosa. Trinta corpos-de-prova (5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura) foram confeccionados para cada resina composta e aleatoriamente divididos em três grupos de acordo com o meio de imersão: G1 – controle; G2 – Clarin; G3: Dimetap. A rugosidade de superfície (R_a) foi realizada inicialmente para cada corpo-de-prova, em seguida os mesmos foram submetidos à ciclagem de pH por 12 dias e realizada nova mensuração de R_a . Dois corpos-de-prova de cada material e grupo foram analisados pelo microscópio eletrônico de varreura (MEV) antes e após a ciclagem de pH. Os dados foram analisados pelo teste estatístico ANOVA, Duncan's e teste pareado t-test ($p < 0,05$). A análise morfológica indicou degradação superficial para todas as resinas compostas após serem submetidas às condições experimentais. Com relação à análise de rugosidade superficial a resina composta Opallis apresentou os valores estatisticamente maiores para os dois períodos de avaliação. Os autores concluíram que mesmo com rugosidade de superfície ligeiramente alterada, a ciclagem de pH e a acidez medicamentosa causam degradação superficial nas resinas compostas avaliadas.

Ilie & Hickel (2009) avaliaram o comportamento de uma nova resina composta a base de silorano e compararam com outras resinas compostas a base de

metacrilato. Foram avaliados testes de macro (resistência e módulo de elasticidade), micro (dureza, módulo de elasticidade e deformação) e de nano escala (parâmetros nano-dinâmicos: complexo, perda de módulo e $\tan\delta$) após armazenamento em água destilada por 24 horas e agitação (termociclagem e armazenamento por quatro semanas em água, saliva e álcool). As resinas compostas selecionadas foram: uma resina micro-híbrida a base de silorano (Filtek silorano), quatro resinas convencionais micro-híbridas a base de metacrilato (Tetric, Tetric Ceram, Tetric Ceram HB e Esthet-X) e duas resinas compostas nano-híbridas a base de metacrilato (tetric EvoCeram e Filtek Supreme XT). Para o teste de resistência e módulo de elasticidade ($n = 15$) foram determinadas pelo teste de três pontos de acordo com a ISO 4049-1988. Os testes foram realizados antes da imersão dos corpos de prova nas soluções. Para os testes micro-mecânicos (dureza, módulo e deformação), a dureza foi realizada antes e após a imersão dos corpos-de-prova nas soluções. O módulo foi calculado a partir do declive da tangente da curva de indentação na profundidade máxima em vigor. Ao medir a variação da profundidade de indentação por 5 segundos, com uma força constante de 500 mN, a mudança em relação a profundidade de indentação foi calculada. Esse valor encontrado foi referente à deformação dos materiais. Para os testes nano-mecânicos foi avaliado o desempenho dos corpos de prova numa área de $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ por meio do teste macroscópico. O teste foi realizado com uma ponta de diamante de 100 nm de área escaneando toda a superfície fornecendo imagens das amostras. Com as imagens foram encontradas quatro níveis (1 = partículas, 2= interface-partículas, 3= interface-matriz e 4= matriz) associados com as partículas de prova. Os dados foram analisados estatisticamente. A mais forte influência sobre as propriedades mecânicas em escala macroscópica foi exercida pelo meio de armazenamento, embora a influência do material também fosse significativa. Na micro e nano-escala, o material em si influenciou as propriedades mecânicas mais fortemente que o meio de armazenamento. Ao comparar as quatro condições de armazenamento, análise revelou uma diminuição significativa em todas as propriedades mecânicas mensuradas pelo armazenamento de 4 semanas em água, saliva ou álcool, quando comparado com o armazenamento 24 horas. O maior

efeito foi exercido pelo armazenamento em álcool, enquanto que o efeito de armazenamento por 4 semanas em água ou saliva similar. As resinas nanoparticuladas foram mais degradadas após 4 semanas em água e saliva do que as micro-híbridas. Os testes nas resinas a base de silorano revelou boas propriedades mecânicas. E foram mais estáveis em todas as soluções testadas que as resina a base de metacrilato. Os autores concluíram que as resina a base de silorano apresentaram propriedades mecânicas similares às resinas a base de metacrilato, encorajando o uso clínico desse novo material.

Yazici *et al.* (2010) avaliaram a influência do polimento imediato, após 24 horas e sem polimento (apenas com a tira de poliéster) sobre a rugosidade, dureza e brilho de alguns materiais restaurados. Utilizaram quatro diferentes materiais: uma resina composta Flow (Tetric Flow); uma resina composta híbrida (Venus); resina composta nano-híbrida (Grandio) e uma resina composta modificada por poliácidos (Dyract Extra). Foram feitos 30 corpos-de-prova de cada material e divididos aleatoriamente em três grupos. O primeiro grupo, o polimento dos materiais foi realizado imediatamente à sua confecção. O segundo grupo, os corpos-de-prova receberam o polimento após 24 horas. O terceiro grupo (controle) teve apenas o uso da tira de poliéster previamente a polimerização. Todos os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de rugosidade superficial, micro-dureza e brilho. Para o teste de rugosidade superficial os corpos-de-prova foram analisados por um perfilômetro a laser. O brilho dos corpos-de-prova foi mensurado por um medidor de brilho de pequena área. A micro-dureza Vickers foi realizada por meio de três pontos na superfície de cada corpo-de-prova com 100g de carga num tempo de 10 segundos. Os dados da rugosidade superficial e de micro-dureza foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis e os dados de brilho foram submetidos à análise de variância ANOVA de um critério e teste Tukey ($p < 0.05$). As superfícies mais lisas foram obtidas com o uso da tira matriz. Para o teste de rugosidade superficial, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para o polimento imediato e após 24 horas quando a resina composta modificada por poliácidos foi analisada. Para a resina composta Venus os corpos-de-prova mostram maior

rugosidade superficial estatisticamente significativo para o polimento imediato em comparação com o polimento após 24 horas ($p < 0.05$). Já a resina composta *flow* apresentou menor rugosidade superficial estatisticamente significativa para o polimento imediato em comparação com o polimento após 24 horas ($p < 0.05$). Com relação ao brilho os melhores resultados foram encontrados para a tira de poliéster para todos os materiais estudados. O polimento após 24 horas apresentou maior brilho de maneira estatisticamente significativa em comparação com o imediato para a resina composta Vênus ($p < 0.05$). Os demais materiais não apresentaram diferenças significativas entre os tempos de polimento ($p < 0.05$). Para o teste de micro-dureza, os menores valores foram encontrados quando apenas a tira matriz foi empregada. O polimento após 24 horas apresentou os maiores valores de micro-dureza estatisticamente significativos para todos os materiais. Os autores concluíram com base nos resultados, que a rugosidade superficial, a micro-dureza e o brilho parecem ser dependentes do material.

2.2 Erosão Ácida

Powers & Fan (1980) avaliaram a aceleração da erosão das compósitos resinosos, para tanto utilizaram sete resinas compostas (A - Adaptic/Johnson & Johnson, RA – Adaptic Radiopac/ Johnson & Johnson, C – Consise/3M, N – Nuva Fil/L.D. Caulk Company, P – Prestige/Lee Pharmaceuticals, S – Simulate/ Kerr e V – Vytol/ L.D. Caulk Company) e uma resina acrílica (SV – Sevriton/Amalgamated Dental Trade). Oito discos de 36 mm de diâmetro e 1,3 mm de espessura foram feitos para cada material, na seqüência os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37 °C. Os discos foram expostos nas condições de aceleração por 900 horas. Numa câmara a 43 °C e 90% de umidade relativa. Uma superfície de cada amostra foi submetida a uma contínua radiação de 2500 W de luz de xenônio filtrada por borosilicato de vidro e por dois intermitentes jatos de água por 18 minutos, durante duas horas. A avaliação de cor e rugosidade foram feitas após 300, 600, e 900 horas. A superfície degradada foi também analisada num

microscópio eletrônico. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scheffe. O parâmetro de cor entre 0 e 600 horas, mostrou que o lado da amostra exposto a luz de xenônio foi mais cromático que o lado não exposto. Entre 600 e 900 horas da resina S o lado exposto foi menos cromático do que o não exposto. Na análise da rugosidade, entre 0 e 600 horas, a mudança da lisura entre as superfícies foi pequena. Entretanto, após 900 horas, a rugosidade da superfície exposta foi muito maior do que a superfície não exposta. Para as resinas A, C, N e Ra a rugosidade da superfície aumentou expondo as partículas de cargas no período de 900 horas. Os autores concluíram que a condição de aceleração por 900 horas causou erosão nas matrizes e expôs as partículas de carga das resinas testadas. Diferenças no perfil das superfícies sugerem que os materiais erodidos a uma diferença estimada. A ação do aceleração pode ser o modelo do desgaste erosivo dos compósitos.

Wu *et al.* (1984) examinaram os danos causados na superfície de materiais resinosos numa análise clínica e laboratorial. Dezoito biópsias derivadas de duas fontes foram examinadas. Oito corpos-de-prova foram do hospital público da U.S. Public Health Service. E dez foram da escola dental de Geogetown. Três marcas comerciais foram utilizadas no teste *in vitro* (A - Adaptic/Johnson&Johnson, B – Profile/S.S. White e C – concise/ 3M). Os corpos-de-prova foram preparados em disco de 6 mm de diâmetro com 3 mm de espessura e mantidos a 37 °C em 100% de umidade relativa, durante 24 horas antes dos testes. Quatro diferentes condições de esforço foram testadas para gerar os tipos de defeitos de superfície observados nos corpos-de-prova *in vivo*. O teste de termociclagem foi realizado com 540 ciclos a 55 °C. A erosão ácida foi feita armazenando os corpos-de-prova em ácido láctico, etanol, acetona, metanol e etil-etanol a 37 °C por duas semanas. Os demais testes foram compressão e fadiga. Tanto os corpos-de-prova *in vivo* como os *in vitro* foram embutidos em resina acrílica, seccionados, polidos e submetidos a ao procedimento de coloração de prata. Nesse processo os íons de prata se difundiram para dentro das regiões de poros. Os íons foram precipitados, assim como as finas partículas de prata, fornecendo uma força óptica de contraste

entre as regiões coradas e não coradas. Os corpos-de-prova da biópsia exibiram na região imediatamente abaixo da resina uma coloração prata em todos os corpos-de-prova estudados. Essa camada corada foi observada não somente abaixo da linha de esforço oclusal, mas também abaixo de outras superfícies como nas regiões entre partículas de carga e matriz resinosa. Para os corpos-de-prova *in vitro* a imersão em solventes químicos mostrou uma superfície danificada muito semelhante à encontrada nos corpos-de-prova *in vivo*. Todas as substâncias testadas, com exceção da água, produziram poros nas camas superficiais dos corpos-de-prova de resina composta. Com base nos resultados os autores concluíram que a tensão de esforço sozinha não causa danos na superfície das resinas. A expansão e lixiviação dos monômeros não reagidos por substâncias com determinado parâmetro de solubilidade são as prováveis causas dessa camada superficial. Acredita-se que *in vivo* o desgaste mecânico dos compósitos dentais é acelerado pela degradação química.

Zero (1996) realizou uma revisão de literatura sobre os fatores extrínsecos promotores da erosão dental. As causas mais comuns para o aparecimento da erosão podem ser agrupadas em fatores relacionados com a dieta, estilo de vida, fatores ambientais e medicamentosos. Dentre eles o fator dietético é o que tem recebido maior atenção nos últimos tempos por atingir um segmento mais amplo da população. A maioria das bebidas ácidas possui um grande potencial de causar a erosão dental, assim com a acidez titulável de alguns alimentos. Contudo, o que realmente determina o potencial erosivo de uma solução é o seu baixo valor de pH, pois é ele que determina a interação do íon hidrogênio com a superfície dental. Alguns elementos presentes nos alimentos podem modificar a ação do hidrogênio como cálcio, fosfato, flúor, tipo de ácido, por apresentar propriedades químicas e físicas que influenciam a taxa de depuração bucal. Os tipos de alimentos e bebidas consumidas, o tempo e a frequência de consumo são considerados os fatores de maior importância para o desenvolvimento da erosão dental. Baixos valores de pH de alguns medicamentos e de produtos de higiene bucal também possuem potencial erosivo para o aparecimento da erosão. A combinação da frequência de

consumo de substâncias ácidas e o excesso de práticas de higiene bucal podem se tornar outro fator de risco para o aparecimento da erosão dental.

Hughes *et al.* (2000) avaliaram a erosão dental associada com bebidas originadas de uma dieta ácida. A influência dos valores do pH é uma importante variável na erosão, mas não é o único fator. O objetivo do estudo foi mensurar a erosão no esmalte pela ação do ácido cítrico, maleico e láctico. Para mensurar a perda de esmalte foi utilizado um perfilômetro para determinar a profundidade da lesão produzida pela exposição ácida em micrometros. Foi analisada a superfície de terceiros molares recém extraídos. Os dentes foram seccionados no sentido vestibulo-lingual e embutidos em resina acrílica. As superfícies dos esmaltes foram polidas e analisadas no perfilômetro. Cinco corpos-de-prova de esmalte foram utilizados para cada solução ácida. As soluções foram agitadas em banhos termostáticos a uma temperatura de 35^oC., três exposições sucessivas de 10 minutos. foram feitos para permitir a mensuração da perda progressiva do esmalte. Após cada exposição os corpos-de-prova foram removidos e analisados no perfilômetro. O efeito do pH e da concentração ácida foi avaliado por *software*. A primeira mensuração da perda do esmalte após as amostras serem expostas a 0,24g/100ml de ácido cítrico os valores tangenciaram entre 3.0 e 4.4 quando o cálcio foi fixado a concentração foi de 0,0248g/100ml, a taxa de ácido-cálcio foi de 2. Na segunda situação para avaliar a perda de esmalte as amostras foram expostas em soluções de ácido cítrico (pH 3,8) contendo aumento da concentração de cálcio para 0,0496 g /100ml, a taxa de ácido-cálcio foi de 1. O cálcio foi adicionado com carbonato de sódio. Os dados foram submetidos à análise estatística. Para cada ácido uma perda linear foi observada após 10 minutos de exposição. Os valores foram de 0,906, 0,916 e 0,95 para os ácidos cítrico, maléico e láctico respectivamente. Os extremos, baixo pH e alta concentração ácida resultou em alta erosão. O ácido maléico (pH 3.8) produziu menor perda de esmalte numa concentração de 0,6g/100 mL em comparação com o ácido cítrico e láctico. O ácido láctico foi mais erosivo que o maléico e o cítrico. O ácido maleico e cítrico não diferiram entre si na erosão do esmalte. A adição de cálcio na ácido cítrico elevou o

valor do pH e não foi verificada erosão no esmalte. Esse estudo mostrou que o potencial erosivo de soluções ácidas é influenciado pelo pH, concentração ácida e adição de cálcio. Essas variáveis, em particular a concentração de cálcio, podem ser manipuladas para produção de bebidas com potencial erosivo reduzido

West & Hughes (2000) avaliaram a erosão *in vitro* na dentina e no esmalte pela dieta ácida em relação à temperatura, tipo dos ácidos, concentração e tempo de exposição. Para tanto utilizaram amostras de dentina e esmalte de terceiros molares humanos livres de cáries. Os dentes após serem limpos foram cortados longitudinalmente e suas faces vestibulares foram divididas em duas partes com tolerância de $\pm 0,3 \mu\text{m}$. Após a preparação, as mostras foram delimitadas por uma fita adesiva expondo uma área de 3 X 3 mm para o estudo. Cinco amostras de dentina e de esmalte foram separadas para cada uma das três etapas. As amostras foram agitadas numa solução de 0,3% de ácido cítrico a 5, 35 ou 60 °C por 10 minutos. Além disso, as amostras foram agitadas em soluções de ácido cítrico, láctico, maleico ou fosfórico a uma concentração de 0,05%, 0,1%, 0,5% ou 1% (w/v) por 10 minutos a 35°C. A terceira etapa do trabalho envolveu a agitação dos dois tipos de amostras em soluções de ácido cítrico, láctico, maleico a 0,3% (w/v) e fosfórico a 0,1% (w/v) por três períodos de 10 minutos a 35°C. A água foi utilizada como controle em cada etapa. A fita adesiva foi removida de todas as amostras e as mesmas foram lavadas para facilitar a mensuração do grau de perda de tecidos em micrometros. A primeira etapa do estudo mostrou um aumento de perda tecidual tanto para dentina como para o esmalte na ordem de 3 μm . A segunda parte indicou que os quatro ácidos da dieta aumentaram seu efeito erosivo, tanto no esmalte como na dentina, com o aumento da concentração, mas não de forma linear. O ácido fosfórico foi o mais erosivo para os dois tipos de tecidos. A terceira etapa examinou a erosão dos ácidos sobre um período de trinta minutos. O ácido fosfórico a 0,1% (w/v) apresentou o menor pH 1,87, e causou a maior erosão na dentina e esmalte, 8 e 11 μm respectivamente após o tempo de exposição. Em comparação com os ácidos orgânicos pH 2,2 a 0,3% (w/v) evidenciaram uma perda tecidual de 6 μm tanto para o esmalte como para a dentina. O ácido maleico foi o

menos erosivo nas três situações testadas. Com base nos resultados os autores puderam concluir que o potencial erosivo dos ácidos teve grande variação, nas diferentes variáveis testadas, incluindo temperatura, tipo do ácido, concentração e tempo de exposição.

Munack *et al.* (2001) avaliaram a estrutura de superfície de quatro resinas compostas modificadas por poliácidos (compômeros) após 1 ano de armazenamento em água e soluções ácidas. Os materiais utilizados foram Dyract (DY), Compoglass F (CG), compômero experimental (EC) e F2000 (F). As soluções de imersão foram: água destilada, solução ácida (pH 4,2), solução tampão neutra (pH 7) e solução tampão com esterase. A rugosidade de superfície foi realizada imediatamente após a confecção dos corpos-de-prova e depois de 3, 6, 9 meses e 1 ano de imersão. Um corpo-de-prova de cada material foi analisado no microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os dados foram submetidos à análise estatística. A rugosidade de superfície não foi alterada pelo meio de imersão com exceção do compômero F que apresentou fendas na análise morfológica de superfície.

Von Fraunhofer (2004) avaliou a dissolução do esmalte dental devido ao alto consumo da população mundial por bebidas ácidas, alcoólicas e carbonatadas durante a dieta diária. Para determinar a extensão do envolvimento oral de resinas compostas avaliadas em laboratório o autor propôs um protocolo baseado em suas suposições. Baseado no consumo de 740 ml de determinadas soluções diariamente e que as mesmas ficam residentes na boca por 20 segundos, o tempo de exposição total na boca poderia ser igual a 6,3 horas por ano. Foram utilizados 20 molares humanos livres de cáries, sendo as paredes vestibulares e linguais em esmalte seccionadas em blocos (7mm X 5 mm X 2,5 mm). Cada bloco foi pesado numa balança analítica de alta precisão e suas dimensões foram mensuradas por meio de um paquímetro digital. Os blocos foram aleatoriamente divididos em 16 grupos de acordo com as soluções testadas. O teste de sorção e solubilidade foram realizados após 24 horas e 14 dias. A dissolução do esmalte foi observada para

todas as soluções carbonatadas e estas foram 60 vezes mais agressivas que a cerveja. Os autores concluíram com base nos resultados que além do pH de uma solução a composição também é determinante ao avaliar seu potencial erosivo.

Coombes (2005) realizou uma discussão sobre a composição e o consumo das bebidas esportivas mais consumidas. Para tanto, realizou uma revisão de literatura relacionando o consumo destas bebidas com o aparecimento das erosões dentais. Como resultado, o autor encontrou que atletas e pessoas que praticam atividade física são os que mais consomem as bebidas esportivas e que estas não promovem nenhum efeito superior ao da água. Além disso, as bebidas ácidas, alcoólicas e carbonatas como vinho, suco de frutas e coca-cola® apresentam grande potencial erosivo e estão diretamente relacionadas à causa da erosão dental. O autor conclui que a frequência de consumo e a atividade salivar também são fatores determinantes para o aparecimento da erosão.

Prakki *et al.* (2005) realizaram uma análise da influência de diferentes pH na degradação e nas propriedades dos materiais a base de polímeros. Os ácidos orgânicos predominantemente produzidos pelo metabolismo bacteriano na cavidade oral são acéticos e láticos. Conseqüentemente esses são os meios mais comuns no armazenamento para avaliação da influencia do pH nas propriedades das resinas compostas. O pH 4,0 é o mais utilizado, por ser o mais baixo pH encontrado na placa bacteriana. A influencia de pH baixo nas propriedades da resina composta pode ser explicado pela hidrólise do grupo ester presente na matriz resinosa. A hidrólise do grupo ester inicia com a formação de grupamentos carboxílico livres que poderiam diminuir o pH no interior da matriz polimérica. O pH alcalino também influencia as mudanças estruturais de materiais resinosos, devido a interação dos íons OH durante a hidrólise. Assim a degradação é acelerada num meio com excesso de íons hidroxila. As partículas de carga de óxido de bário, produzem pH de aproximadamente 9,3 quando imersos em água destilada. Essa reação alcalina, afeta negativamente a estabilidade em água da união partícula matriz. Podendo causar desunião e a hidrólise da partícula. Assim o ataque da água pode ser

explicado pela teoria da corrosão. Esse processo depende de íons metálicos, fusão dentro do vidro, lixiviação pela água e a realocação de íons hidrogênios da sílica. Esse processo de corrosão ocorre essencialmente nas partículas de vidro contendo sódio, enquanto que as partículas de quartzo são mais resistentes. Os autores concluíram que para estudos laboratoriais, meios com baixos valores de pH são de escolha para a reprodução das condições *in vivo*, mas os efeitos são vistos mais lentamente. Para acelerar a hidrólise e produção de danos na estrutura do material e avaliação do desempenho mecânico *in vitro*, a alternativa mais conveniente o uso de meios altamente alcalinos ou meios altamente ácidos.

Jensdottir *et al.* (2005) avaliaram as propriedades e modificações de bebidas com relação ao seu potencial erosivo *in vitro*. Foram examinadas e selecionadas 16 bebidas encontradas no mercado classificadas como: bebidas carbonatadas, sucos de frutas concentrados e puros, derivados do leite, energéticos, bebidas esportivas, bebidas experimentais e água destilada. O pH das bebidas foi mensurado com auxílio de um pH metro. A acidez titulável (TA) foi determinada com o volume (em ml) a 1M NaOH requerido para aumentar o pH de 50ml da bebida para 5,5, 7,0 e 10,0. Ambos os pH e TA foram determinados em três tempos para cada bebida. O cálcio foi determinado pela calorimetria. O fósforo foi determinado pela espectrofotometria e calorimetria. As amostras foram mensuradas duas vezes. Molares recém extraídos foram utilizados no estudo. O esmalte da coroa foi dividido em quatro partes. Foram utilizados dois dentes para cada solução. Um dente foi imerso por 24 horas e o outro por 72 horas, ambos em 10 volumes de cada solução. Os dentes foram pesados antes e depois do período de imersão. O potencial erosivo foi determinado pela porcentagem de perda de peso após o contato com as bebidas. Para avaliar a possibilidade de modificação das bebidas, três sucos de laranja experimentais foram desenvolvidos com alta concentração de cálcio e fósforo. O suco de laranja puro (Tropi) foi usado como controle e as três misturas foram: A – 6,67 g de citrato de cálcio dissolvido em 1 litro de suco puro de laranja, B – 4,00 g de cálcio trifosfato dissolvido em 1 litro de suco puro de laranja e C – 8,00g de cálcio trifosfato dissolvido em 1 litro de suco puro de laranja. Os dados obtidos foram

submetidos à análise estatística. Após 72 horas de exposição nas bebidas uma significativa correlação entre a perda de peso e cálcio foi obtida ($p < 0,001$). Entretanto a correlação após 24 horas de exposição foi muito fraca ($p < 0,06$). As bebidas derivadas do leite com ácido láctico apresentaram maior discrepância entre perda de peso e cálcio após 24 horas. A coca-cola® apresentou menor TA e capacidade tampão. O pH abaixo do crítico apresentado por B e C reduziram o potencial erosivo dessas soluções. Os autores concluíram que várias propriedades relatadas das bebidas tem impacto no seu potencial erosivo por um longo tempo de exposição e moderadas modificações poderiam mensurar a redução do potencial erosivo de algumas bebidas.

Bagheri *et al.* (2007) avaliaram a degradação superficial produzida nos compósitos dentais pela ação do ácido láctico ou solução de hidróxido de cálcio, observada por meio da penetração da solução de nitrato de prata. Para o estudo foram preparados corpos-de-prova de quatro resinas compostas; Point 4(Kerr), Premise (Kerr), Filtek Supreme (3M ESPE) e duas resinas modificadas por poliácidos; Dyract (Dentsply) e F2000 (3M ESPE). Nove corpos-de-prova de cada material foram preparados em anéis plásticos, com 1,5mm de espessura e 10 mm de diâmetro. Os corpos-de-prova foram imersos em água destilada por 1 semana a 60°C e transferidos para as três soluções a serem avaliadas, numa temperatura de 60°C por duas semanas: 0,1 N NaOH (pH 6,8), 0,01 mol/L ácido láctico (pH 4,0) e água destilada (pH 6,8). No final do período de imersão os corpos-de-prova foram lavados em água corrente por 1 minuto, imersos em 50% em nitrato de prata aquoso (UNIVAR/APS;Seven Hills,NSW, Austrália) por 10 dias a 60 °C, lavados em água corrente e colocados em solução de revelação (Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) por 8 horas. Os corpos-de-prova foram lavados em água corrente por 3 minutos e embebidos em resina epóxica (Polymer/daystar Austrália Pvt. Ltda., Seven Hills,NSW, Austrália), após 24 horas e seccionados horizontalmente em três partes com disco diamantado. Os corpos-de-prova foram polidos por uma série de discos de silicone com granulação de 1000, 1500, 2000, 2400 e 4000 com pasta diamantada com 3 e 1 µm e foram lavados em ultra-som após cada disco e cada pasta. Os corpos-de-prova

foram montados em *estubs* de alumínio, presos a uma fita de carbono para então serem avaliados no microscópio eletrônico num aumento de 100 X, 300 X e 1000 X (Philips XL30). O grau de penetração foi mensurado para cada uma das três microfotografias por espécime em cinco localizações e a medida da penetração foi calculada para cada microfotografia. Os dados foram avaliados pelo teste ANOVA de dois caminhos. Os resultados mostraram que o material mais afetado pelo hidróxido de sódio foi o Premisse, para o ácido láctico não diferiu significativamente da água destilada para resina composta Filtek Supreme. O grau de penetração do nitrato de prata no ácido láctico ou água destilada foi menor que as tratadas com hidróxido de sódio. Os autores concluíram que a degradação dos materiais resinosos foi: 1 – a profundidade no Premise, filtek supreme e Dyract foi significativamente maior que Cerm X , F2000 e Point 4; 2 – em média a profundidade de degradação no F2000 foi comparável com o Point 4; 3 – Filtek Supreme mostrou uma distinta camada de degradação incluindo a formação de trincas quando armazenada em solução de hidróxido de sódio, mas nenhuma degradação ocorreu em água destilada e ácido láctico.

Owens & Kitchens (2007) avaliaram o potencial erosivo de algumas bebidas sobre a superfície do esmalte dental. Dentes anteriores humanos livres de cárie e recém extraídos foram utilizados na pesquisa. Os dentes foram randomicamente divididos em sete grupos com relação às bebidas (coca-cola *classic*®; coca-cola *diet*®; *gatorad*; *red Bull*; café; água mineral e água da torneira) e dois subgrupos (com e sem a aplicação de verniz). As características da superfície do esmalte foram avaliadas e quantificadas pelo teste de rugosidade. Vinte e oito dentes foram utilizados para o teste (4 dentes por grupo), a análise foi feita na superfície vestibular. As raízes foram cortadas e as coroas foram seccionadas transversalmente no sentido vestibulo-lingual e embutidas em resina acrílica. Após o polimento das superfícies vestibulares foi realizado o teste inicial de rugosidade. Quatro corpos-de-prova foram designados para cada grupo de bebidas sendo dois designados à aplicação de flúor e dois sem a aplicação de flúor. Os corpos-de-prova de esmalte foram armazenados em recipientes plásticos a 37 °C por 15 dias. As

bebidas foram trocadas diariamente. Após o período de 14 dias o teste de rugosidade foi novamente realizado. O pH e a acidez das bebidas foram também verificadas. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente. Os valores da rugosidade mostraram diferenças estatísticas considerando a bebida em relação ao tempo; no entanto não foram observadas diferenças com relação à aplicação do flúor. Individualmente a coca-cola classic® exibiu os maiores valores de rugosidade quando comparada as demais bebidas, com exceção do *Red Bull*. A coca-cola *diet* exibiu maior rugosidade quando comparada aos grupos da água e ao café. Não houve diferenças significativas observadas entre coca-cola *diet*, *gatorede* e *red Bull*. Os autores concluíram que ambas as bebidas, carbonatadas e não carbonatadas exibiram potencial erosivo na superfície do esmalte e a aplicação do verniz fluoretado não apresentou proteção significativa na superfície do esmalte.

Texeira *et al.* (2007) realizaram um estudo sobre a rotulagem dos vinhos finos tintos nacionais comercializados na cidade de Pelotas – RS e sua importância como meio de comunicação com o consumidor, considerando o consumo “per capita” do vinho no Brasil é de 1,85 litros, na qual 80% deste valor estão relacionados à ingestão de vinho tinto.

Francisconi *et al.* (2008) avaliaram o efeito erosivo e o pH cíclico na porcentagem de mudança da microdureza (%SMHC) e desgaste de diferentes materiais restauradores usado em esmalte bovino. Foram utilizados incisivos bovinos recém extraídos e armazenados em solução de formaldeído a 2% por 30 dias. Os dentes foram cortados e separados mantendo uma distância de 4 mm de diâmetro. Após o polimento com discos de lixa o esmalte foi submetido ao teste de micro dureza. Os corpos-de-prova foram randomicamente distribuídos em oito grupos, de acordo com o material restaurador (Vitremer GI e GV/3M ESPE, Ketac molar GII e GVI/3M ESPE, Z250GIII e GVII/3M ESPE e dispersaloyGIV e GVIII/Dentsply) e meio de imersão (coca-cola/ERO e saliva/SAL). As cavidades foram preparadas no centro da superfície de esmalte com profundidade de 1,5 mm. Cada material foi usado de acordo com as instruções dos seus fabricantes. Após sete dias de armazenamento a

37 °C em 100% de umidade relativa, as restaurações foram polidas da mesma forma que o esmalte e submetidas ao teste de micro dureza. Para referência de desgaste metade da superfície restaurada foi coberta com verniz após a análise de dureza. Nos grupos I e IV os corpos-de-prova foram submetidos à ciclagem de pH por sete dias. Três ciclos de pH foram feitos a cada 8, 14 e 20 horas. Os corpos-de-prova imersos em coca-cola® por 5 minutos. (30 ml por bloco) e saliva artificial foi realizada uma agitação entre os ciclos a temperatura ambiente. Durante o tempo remanescente os corpos-de-prova foram mantidos em saliva artificial. Os corpos-de-prova dos grupos V e VIII foram mantidos durante todo o período em saliva artificial para servir como controle e simular uma situação clínica. Após a imersão e os ciclos de pH os corpos-de-prova foram novamente submetidos a análise de micro dureza. Para determinar o desgaste foi feita uma relação da superfície usando um perfilômetro. Cinco leituras por corpos-de-prova foram escaneadas como referência da superfície exposta e uma média de cada grupo foi obtida para o esmalte e material restaurador. Os dados foram submetidos para análise estatística. Com relação à avaliação do material restaurador, o teste ANOVA revelou um efeito significativo entre material, meio de imersão e a interação das variáveis do desgaste. O teste Tukey mostrou altos valores de desgaste para a resina modificada com ionômero de vidro quando comparada com o cimento convencional, mas esses materiais não diferiram entre os outros. Os valores de dureza não apresentaram diferenças estatísticas entre os materiais. Com relação à avaliação do esmalte, a resposta para ambas as variáveis (dureza e desgaste), o teste ANOVA revelou um significativo efeito para o meio de imersão. Comparando o armazenamento em saliva, o pH cíclico promoveu alto desgaste e %SMHC no esmalte. Não houve diferenças estatísticas no desgaste e %SMHC no esmalte circundante ao material restaurador nas distâncias testadas. Os autores concluíram que só houve diferenças sutis entre os materiais, e essas diferenças não foram capazes de proteger a erosão do esmalte.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi determinar o efeito de soluções ácidas e alcoólica sobre a superfície de resinas compostas por meio de análise da rugosidade e da morfologia nas seguintes variáveis:

- 1 – Composição das resinas compostas.
- 2 – Tempo de exposição ao meio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Sete resinas compostas indicadas para restaurações de dentes anteriores e posteriores foram selecionadas para este estudo. Dentre as resinas compostas selecionadas quatro apresentam partículas inorgânicas com tamanho médio na escala micrométrica (0,4 – 0,6 μm) e a matriz orgânica baseada no bis-GMA como monômero predominante: Charisma/ Hereaus Kulzer, Opallis/FGM, Esthet-X/Dentsply e 4Season/Ivoclar Vivadent. Duas resinas compostas com matriz orgânica baseada no bis-EMA: Filtek Z350 / 3M ESPE (partículas inorgânicas com tamanho na escala nanométrica) e Filtek Z250/3MESPE (partículas inorgânicas com 0,4 μm). Uma resina composta (P90/3MESPE) que utiliza matriz orgânica com base no siloxano/ oxirano e partículas inorgânicas também na escala micrométrica (0,47 μm). A descrição técnica, incluindo composição básica, fabricante e lote, está na Tabela 1.

4.1 Preparo dos corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos-de-prova foi utilizada uma matriz de polivilsiloxano com 4mm de diâmetro e 2mm de espessura (figura 1). As resinas compostas foram inseridas na matriz em dois incrementos. Foi colocado um fio dental, interposto nos incrementos das resinas compostas, com 10 cm de comprimento para deixar os corpos-de-prova suspensos nas soluções. Em seguida, uma tira de poliéster (Probem Ltda) foi colocada sobre a resina composta e o material pressionado por compressão digital com auxílio de uma placa de vidro com 2 mm de espessura (figuras 2 a 6). O material foi fotoativado por 40 segundos através da tira de poliéster usando unidade de luz (Elipar Free-Light 2/3M ESPE) com densidade de potência 1200 mW/cm^2 , aferida em radiômetro (Demetron). Dessa forma, foram confeccionados cinquenta e um corpos-de-prova para cada material.

Tabela 1 – Descrição das resinas compostas utilizadas no estudo

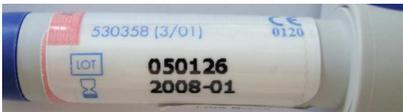
Material	Composição	Tamanho das partículas (µm)	Fabricante	Lote
Charisma	BisGMA, TEGDMA Partículas: carga de bário	0,7 a 3 75% em peso	Hereaus Kulzer	010306 
Opallis	Bis-GMA BisEMATEGDMA UDMA canforquinona, co-iniciador e silano co-iniciador e silano. Partículas: vidro de bário-alumino silicato silanizado, pigmentos e sílicas.	0,5 75 a 77% em peso	FGM	170308 
Esthet X	BisGMA,TEGDMA, BisEMA Partículas:silicato de bário-flúor-alumínio, sílica, iniciadores e estabilizadores	1 a 0,4 77% em peso	Dentsply	0504001373 
4 seasons	BisGMA,TEGDMA, UDMA Partículas:vidro de bário e sílica	0,4 a 3 75 a 77% em peso	Ivoclar Vivadent	J16883 
Filtek Z250	BisGMA, BisEMA e UDMA, Partículas: sílica/zircônia (60% em volume), foto-iniciador	0,6 60% em peso	3M ESPE	7WM 
Filtek Z350	Bis-GMA, Bis-EMA (6), UDMA e TEGDMA. Partículas: zircônia/sílica.	Tamanho primário 5 a 20nm 78,5% em peso	3M ESPE	7GT 
Filtek P90	Siloranos Partículas: quatzo	0,47 60% em peso	3M ESPE	8AP 



Figura 1 – Matriz de polivinilsiloxano

Após a polimerização os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas a 37⁰C a 100% de umidade relativa. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao procedimento de polimento superficial (na superfície de topo) com discos de óxido de alumínio (Soft Lex Pop On/3M ESPE) montada em uma peça de mão de baixa rotação (Kavo) com granulação fina e superfina. Entre um disco de lixa e outro os corpos-de-prova foram limpos com jatos de ar/água e em água sob ultra-som por 15 minutos. Após o término do polimento, os corpos-de-prova foram novamente limpos em água destilada com auxílio do ultra-som (Ultrasonic Cleaner) por 30 minutos para remover os *debris* do polimento. Durante o período de limpeza no ultra-som a água destilada foi trocada a cada 10 minutos.



Figura 2 – Fio dental sobre a resina composta



Figura 3 – Fio dental coberto com resina composta



Figura 4 – Tira de poliéster sobre a resina composta

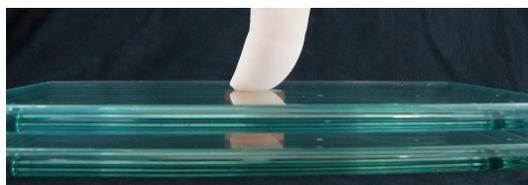


Figura 5 – Pressão digital sobre a placa de vidro



Figura 6 – Corpo-de-prova

4.2 Rugosidade de superfície

Cada corpo-de-prova teve a superfície cuidadosamente seca com papel absorvente para mensuração da rugosidade da superfície. Para isso, foram feitas três leituras dos perfis reais das superfícies de cada corpo-de-prova, sendo a média aritmética das leituras o seu valor representativo.

Para a verificação da rugosidade da superfície foi usado Rugosímetro (Surfcorder SE 1700) com ponta diamantada de 2 μm (figura 7) de diâmetro que percorreu uma superfície previamente delimitada (1,25 mm). O aparelho apresenta software específico que processa as informações quantitativamente. Dessa forma, os resultados foram registrados em microcomputador que armazenou as informações pertinentes ao ensaio.

Foi utilizado o parâmetro de Ra (rugosidade média) que traduz o valor da média aritmética de todas as distâncias absolutas do perfil de rugosidade (R) desde a linha central, dentro da extensão média Lm (Limite de medição = a extensão considerada na leitura). O Lm foi de 1,25 mm, *cut off* de 0,25 mm. As tolerâncias (T= a valores extremos a serem considerados nas leituras) foram de 0,01 μm (T mínima) e 8 μm (T máxima). Foi utilizado o parâmetro Ra, a fim de propiciar melhores condições de comparação com resultados de outros estudos realizados com esse parâmetro.

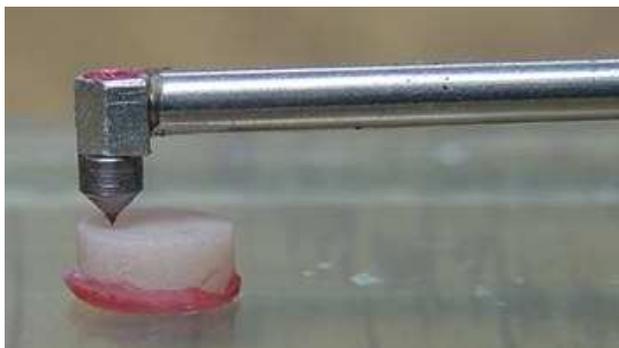


Figura 7 – Imagem aproximada da ponta diamantada do rugosímetro

Após a ponta diamantada percorrer todo o corpo-de-prova numa velocidade de 0,5 mm/seg com carga de 0,7 mN, um gráfico foi criado pelo software do aparelho. Para análise do desgaste do espécime, o parâmetro utilizado foi a leitura dos perfis reais testadas. Após a avaliação da rugosidade, um corpo-de-prova foi aleatoriamente separado para avaliação no microscópio eletrônico de varredura. O teste de rugosidade foi realizado imediatamente após a confecção dos corpos-de-prova e repetido depois de 15, 90 e 180 dias de armazenamento nas soluções experimentais.

4.3 Armazenamento

Os corpos-de-prova foram aleatoriamente divididos em cinco grupos, sendo que três corpos-de-prova de cada grupo ficaram separados para a análise de morfologia de superfície (n=7) e armazenados a 37°C nas seguintes soluções: Grupo 1 – Água destilada; Grupo 2 – Vinho tinto; Grupo 3- Coca-Cola classic®; Grupo 4 – Suco de laranja; Grupo 5 - Solução tampão lactato. As soluções foram trocadas diariamente. Cada corpo-de-prova foi armazenado individualmente em tubos de 1,5 mL (figuras 8 e 9) devidamente identificados.

Os valores do pH de cada uma das soluções foram determinados usando um pHmetro (Orion Modelo 420) que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro. Previamente a imersão dos corpos-de-prova o medidor de pH foi colocado em cada solução para converter o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. Este procedimento foi repetido diariamente antes da troca de cada solução. A composição das soluções e os valores de pH estão descritos na tabela 2.

4.4 Avaliação MEV

Um corpo-de-prova de cada resina composta em cada solução após 24h, 15, 90 e 180 dias foi submetido à análise por meio de microscopia eletrônica de varredura (JEOL- JSM 5600, Tokyo, Japão), numa ampliação de 3000 X para verificar as alterações da micro-estrutura. Para a análise os corpos-de-prova selecionados foram limpos em ultra-som (Ultrasonic Cleaner) por trinta minutos,

sendo a água trocada a cada dez minutos. Em seguida, os corpos-de-prova foram montados em porta-amostra e revestidos com ouro-paládio sob alto vácuo (Balzer – SCD 050).

Tabela 2 – Descrição das soluções utilizadas com o valor de pH

Soluções	pH	Composição	Marca comercial
Água destilada	5,30	Água destilada	_____
Vinho	3,68	água, álcool 14%, ácidos tartárico 5,5 e 8,5g/l., ácidos graxos, glicerina, açúcar, aminoácidos, carboidratos, mono terpenos, aldeídos e ésteres.	Trapiche Syha (Industria Argentina)
Coca-cola Classic	2,73	Água carbonatada, açúcar: 2400g, água suficiente para dissolver, caramelo: 37g, cafeína: 3,1g, ácido fosfórico: 11g, folha descocainizada de coca: 1,1g, noz de cola: 0,37g	Coca-Cola classic®/ Coca-cola LTDA
Suco de Laranja	3,58	Água, açúcar, suco concentrado de laranja, acidulantes: ácido cítrico, aromatizante: aroma natural de laranja, vitaminas A e D, estabilizantes: goma aguar e corantes naturais: cúrcuma e urucum. Não contém glúten	Purity/ Cocamar
Solução Tampão de Lactato	2,74	8,26g de ácido láctico, 0,92 d de lactato de sódio, água deionizada	_____

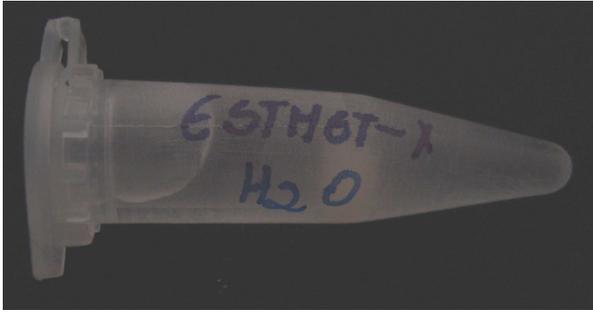


Figura 8 – Identificação do grupo e da resina composta

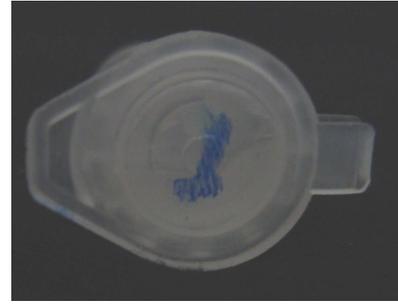


Figura 9 – Identificação do número do corpo-de-prova

4.5 Metodologia estatística

Como foi utilizado mesmo corpo-de-prova para mensuração dos valores de rugosidade de superfície para todos os períodos avaliados o teste de esfericidade de Mauchly foi aplicado modelo misto pelo procedimento PROC MIXED para medidas repetidas do programa estatístico SAS, considerando o delineamento 7 resinas x 5 soluções (com medidas repetidas em 4 tempos). As medias dos tratamentos foram comparadas usando o comando LSmeans e teste de Tukey-Kramer. O nível de significância considerado foi de 5%.

*SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Release 9.1, 2008.

5 RESULTADOS

Os valores médios obtidos durante a leitura da rugosidade superficial dos corpos-de-prova, incluindo o desvio padrão nos respectivos grupos experimentais estão apresentados nas tabelas 3 e 4. As diferenças estatísticas foram identificadas com a aplicação da Análise LSmeans e teste de Tukey-Kramer. O nível de significância considerado foi de 5%.

Na tabela 3 foi observado que para todos os períodos de avaliação (inicial, 15, 90 e 180) e soluções de imersão água, vinho, suco de laranja e tampão lactato as resinas compostas P90 e Z350 apresentaram os menores valores de rugosidade superficial e que foram estatisticamente diferentes em relação aos demais compósitos estudados. E as resinas compostas Z250, 4 Season, Charisma e Esthet-X apresentaram valores de rugosidade superficial que não diferiram estatisticamente entre si em todos os períodos de avaliação e soluções (água, vinho, suco de laranja e tampão lactato). Enquanto que a resina composta Opallis apresentou o maior valor de rugosidade superficial, sendo estatisticamente diferente das demais resinas compostas.

As resinas compostas Charisma, Opallis, 4Season, Esthet-X e Z250 apresentaram aumento significativamente no valor da rugosidade superficial gradativo até o período de 180 dias quando armazenadas em vinho, coca-cola classic® e solução tampão lactato. As resinas compostas Z350 e P90 apresentaram aumento nos valores de rugosidade estatisticamente significativo até o período de 90 dias quando imersas nas soluções de coca-cola classic®, suco de laranja e tampão lactato.

No grupo água as resinas compostas Charisma, Opallis e 4Season apresentaram aumento significativamente no valor da rugosidade superficial gradativo até o período de 180 dias. As resinas compostas Esthet-X, Z250, Z350 e P90 mostraram aumento significativamente no valor da rugosidade superficial nos períodos de 15 e 90 dias, em relação ao período inicial. Entretanto, nos períodos entre 90 e 180 dias os valores de rugosidade não diferiram estatisticamente entre

si. Na análise do grupo vinho, as resinas compostas Charisma, Opallis, 4 Season, Esthet-X, Z250 e Z350 apresentaram aumento nos valores de rugosidade superficial estatisticamente significativa para todos os períodos avaliados. A resina composta P90 demonstrou aumento no valor de rugosidade de superfície estatisticamente significativo no período de 90 dias e não se alterou significativamente para o período de 180 dias.

Na análise do grupo coca-cola classic® para o período inicial e de 90 dias as resinas compostas Charisma, Opallis, 4Season e Esthet-X apresentaram aumento estatisticamente significativo nos valores de rugosidade para todos os períodos avaliados. Sendo estes valores estatisticamente maiores que os apresentados pelas demais resinas compostas avaliadas. Para o suco de laranja os compósitos de resina Opallis, 4Season e Esthet-X apresentaram aumento nos valores de rugosidade superficial em cada período de armazenagem com diferença estatisticamente significativa entre eles. Tanto para o suco de laranja como para a coca-cola classic®, os valores da rugosidade de superfície apresentada pelos compósitos de resina Z250, Z350 e P90 aumentaram significativamente entre os períodos inicial, 15 e 90, mas não houve diferença estatística entre os períodos de 90 e 180 dias.

Para o grupo tampão lactato as resinas compostas Charisma, Opallis, 4 Season, Esthet-X e Z250 apresentaram aumento gradativo na rugosidade superficial com diferença estatisticamente significativa entre cada período avaliado. A tabela 4 demonstra que apenas as resinas compostas Opallis, 4Season e Esthet-X apresentaram alterações nos valores de rugosidade estatisticamente significativa em função das soluções armazenadoras. Para as resinas compostas Opallis e Esthet-X a solução tampão lactato causou aumento significativo nos valores de rugosidade de superfície para os períodos de 90 e 180 dias. E a resina composta 4 Season teve seus valores de rugosidade de superfície alterados de forma significativa quando armazenada em vinho por 180 dias.

Tabela 3 – Valores médios de rugosidade superficial e respectivos desvios-padrão para cada material imerso nas soluções testadas nos diferentes períodos de leitura (Ra - μm).

Material	Período				Soluções
	Inicial	15 dias	90 dias	180 dias	Água
Charisma	0,223(\pm 0,013) Db	0,238(\pm 0,010) Cb	0,256(\pm 0,014) Bb	0,266(\pm 0,012) Ab	Água
Opallis	0,302(\pm 0,038) Da	0,319(\pm 0,037) Ca	0,339(\pm 0,037) Ba	0,349(\pm 0,037) Aa	
4Season	0,209(\pm 0,010) Db	0,221(\pm 0,006) Cb	0,237(\pm 0,005) Bb	0,248(\pm 0,008) Ab	
Esthet-X	0,210(\pm 0,006) Cb	0,225(\pm 0,006) Bb	0,240(\pm 0,006) Ab	0,249(\pm 0,007) Ab	
Z250	0,209(\pm 0,011) Cb	0,222(\pm 0,008) Bb	0,234(\pm 0,006) Ab	0,241(\pm 0,005) Ab	
Z350	0,085(\pm 0,011) Cc	0,098(\pm 0,012) Bc	0,107(\pm 0,011) ABc	0,113(\pm 0,008) Ac	
P90	0,106(\pm 0,008) Bc	0,111(\pm 0,008) Bc	0,121(\pm 0,007) Ac	0,124(\pm 0,005) Ac	
Charisma	0,224(\pm 0,012) Db	0,253(\pm 0,014) Cb	0,274(\pm 0,017) Bb	0,304(\pm 0,016) Ab	
Opallis	0,284(\pm 0,058) Da	0,312(\pm 0,059) Ca	0,344(\pm 0,059) Ba	0,364(\pm 0,058) Aa	
4Season	0,219(\pm 0,002) Db	0,249(\pm 0,002) Cb	0,277(\pm 0,005) Bb	0,298(\pm 0,003) Ab	
Esthet-X	0,218(\pm 0,007) Db	0,233(\pm 0,007) Cb	0,272(\pm 0,012) Bb	0,293(\pm 0,013) Ab	
Z250	0,211(\pm 0,016) Db	0,236(\pm 0,014) Cb	0,253(\pm 0,016) Bb	0,264(\pm 0,016) Ab	
Z350	0,093(\pm 0,010) Dc	0,103(\pm 0,007) Cc	0,111(\pm 0,005) Bc	0,116(\pm 0,005) Ac	
P90	0,105(\pm 0,010) Cc	0,112(\pm 0,007) BCc	0,118(\pm 0,004) ABc	0,122(\pm 0,004) Ac	
Charisma	0,236(\pm 0,019)Da	0,275(\pm 0,018)Cb	0,313(\pm 0,016)Ba	0,347(\pm 0,014)Aa	Coca-cola
Opallis	0,251(\pm 0,030)Da	0,291(\pm 0,029)Ca	0,314(\pm 0,030)Ba	0,334(\pm 0,030)Aab	
4Season	0,216(\pm 0,004) Dab	0,251(\pm 0,005) Cabc	0,270(\pm 0,006) Bab	0,290(\pm 0,006) Ab	
Esthet-X	0,207(\pm 0,015) Dab	0,240(\pm 0,014) Cbc	0,271(\pm 0,012) Bab	0,288(\pm 0,013) Ab	
Z250	0,180(\pm 0,027)Cb	0,210(\pm 0,032)Bc	0,231(\pm 0,032)Ab	0,237(\pm 0,033) Ac	
Z350	0,089(\pm 0,005)Cc	0,103(\pm 0,008)Bd	0,118(\pm 0,006)Ac	0,122(\pm 0,006) Ad	
P90	0,111(\pm 0,021) Cc	0,126(\pm 0,018)Bd	0,138(\pm 0,016)Ac	0,142(\pm 0,015) Ad	
Charisma	0,212(\pm 0,038)Cab	0,229(\pm 0,039)Bab	0,250(\pm 0,038) Aab	0,258(\pm 0,038)Aabc	
Opallis	0,257(\pm 0,045) Da	0,275(\pm 0,046)Ca	0,295(\pm 0,044) Ba	0,306(\pm 0,046)Aa	
4Season	0,200(\pm 0,030)Db	0,235(\pm 0,029)Cb	0,235(\pm 0,029) Bb	0,247(\pm 0,031)Abc	
Esthet-X	0,207(\pm 0,013)Dab	0,260(\pm 0,013)Cab	0,260(\pm 0,013)Bab	0,295(\pm 0,011)Aab	
Z250	0,207(\pm 0,036) Cab	0,233(\pm 0,035)Bb	0,233(\pm 0,035)Ab	0,239(\pm 0,035)Ac	
Z350	0,093(\pm 0,008)Cc	0,120(\pm 0,006)Bc	0,120(\pm 0,006)ABc	0,124(\pm 0,005)Ad	
P90	0,102(\pm 0,014)Cc	0,129(\pm 0,011)Bc	0,129(\pm 0,011)Ac	0,132(\pm 0,010)Ad	
Charisma	0,214(\pm 0,008)Db	0,246(\pm 0,012)Cb	0,278(\pm 0,012)Bd	0,290(\pm 0,014)Abc	Tampão lactato
Opallis	0,309(\pm 0,021)Da	0,333(\pm 0,023)Ca	0,369(\pm 0,024)Ba	0,400(\pm 0,025)Aa	
4Season	0,207(\pm 0,006)Db	0,230(\pm 0,005)Cb	0,255(\pm 0,005)Bd	0,287(\pm 0,006)Abc	
Esthet-X	0,211(\pm 0,007)Db	0,248(\pm 0,007)Cb	0,279(\pm 0,005)Bd	0,306(\pm 0,005)Ab	
Z250	0,197(\pm 0,005)Db	0,221(\pm 0,005)Cb	0,240(\pm 0,007)Bd	0,250(\pm 0,008)Ac	
Z350	0,089(\pm 0,011)Cc	0,104(\pm 0,008)Bc	0,126(\pm 0,005)ABc	0,129(\pm 0,005)Ad	
P90	0,102(\pm 0,010)Cc	0,115(\pm 0,008)Bc	0,129(\pm 0,005)Ac	0,134(\pm 0,005)Ad	

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical dentro de cada solução) diferem entre si ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 – Valores médios de rugosidade superficial e respectivos desvios-padrão para as resinas compostas em função das soluções, nos diferentes períodos de leitura (Ra - μm).

Soluções	Período				Material
	Inicial	15 dias	90 dias	180 dias	
Água	0,223(\pm 0,013)a	0,238(\pm 0,010)a	0,256(\pm 0,014)a	0,266(\pm 0,012)a	Charisma
Vinho	0,224(\pm 0,012)a	0,253(\pm 0,015)a	0,274(\pm 0,017)a	0,304(\pm 0,016)a	
Coca-cola	0,236(\pm 0,019)a	0,275(\pm 0,018)a	0,313(\pm 0,016)a	0,347(\pm 0,014)a	
Suco	0,212(\pm 0,038)a	0,229(\pm 0,039)a	0,250(\pm 0,038)a	0,258(\pm 0,038)a	
Lactato	0,214(\pm 0,08)a	0,246(\pm 0,012)a	0,278(\pm 0,012)a	0,290(\pm 0,014)a	
Água	0,302 (\pm 0,035)a	0,319(\pm 0,037)ab	0,339(\pm 0,037)ab	0,349(\pm 0,037)bc	Opallis
Vinho	0,284 (\pm 0,058)a	0,313(\pm 0,059)ab	0,344(\pm 0,059)ab	0,364(\pm 0,058)ab	
Coca-cola	0,251 (\pm 0,030)a	0,291 (\pm 0,029)ab	0,314(\pm 0,030)b	0,334(\pm 0,030)bc	
Suco	0,257 (\pm 0,045)a	0,275 (\pm 0,046)b	0,295(\pm 0,044)b	0,306(\pm 0,046)c	
Lactato	0,309 (\pm 0,021)a	0,333 (\pm 0,023)a	0,369 (\pm 0,024)a	0,400(\pm 0,025)a	
Água	0,219(\pm 0,010)a	0,221(\pm 0,006)a	0,237(\pm 0,005)a	0,248(\pm 0,08)b	4Season
Vinho	0,219(\pm 0,002)a	0,249(\pm 0,002)a	0,277 (\pm 0,005)a	0,298(\pm 0,003)a	
Coca-cola	0,216(\pm 0,004)a	0,251(\pm 0,005)a	0,270(\pm 0,006)a	0,290(\pm 0,006)ab	
Suco	0,200(\pm 0,030)a	0,218(\pm 0,030)a	0,235(\pm 0,029)a	0,247(\pm 0,031)b	
Lactato	0,207(\pm 0,006)a	0,230(\pm 0,005)a	0,255 (\pm 0,005)a	0,287(\pm 0,06)ab	
Água	0,210 (\pm 0,006)a	0,225 (\pm 0,005)a	0,240(\pm 0,006)a	0,249(\pm 0,007)b	Esthet-X
Vinho	0,218 (\pm 0,007)a	0,232(\pm 0,007)a	0,272(\pm 0,012)a	0,293(\pm 0,012)ab	
Coca-cola	0,207 (\pm 0,015)a	0,240 (\pm 0,014)a	0,271(\pm 0,012)a	0,288(\pm 0,013)ab	
Suco	0,207 (\pm 0,013)a	0,237 (\pm 0,014)a	0,260(\pm 0,012)a	0,295(\pm 0,011)ab	
Lactato	0,211 (\pm 0,009)a	0,248(\pm 0,007)a	0,279(\pm 0,005)a	0,306(\pm 0,05)a	
Água	0,209(\pm 0,011)a	0,222(\pm 0,008)a	0,222(\pm 0,008)a	0,241 (\pm 0,005)a	Z250
Vinho	0,211(\pm 0,016)a	0,236(\pm 0,014)a	0,236(\pm 0,014)a	0,264(\pm 0,016)a	
Coca-cola	0,180(\pm 0,027)a	0,210(\pm 0,032)a	0,210(\pm 0,032)a	0,237(\pm 0,033)a	
Suco	0,207(\pm 0,036)a	0,221(\pm 0,040)a	0,221(\pm 0,040)a	0,239(\pm 0,035)a	
Lactato	0,197(\pm 0,005)a	0,221(\pm 0,005)a	0,221(\pm 0,005)a	0,250(\pm 0,008)a	
Água	0,085(\pm 0,011)a	0,098(\pm 0,012)a	0,107(\pm 0,011)a	0,113(\pm 0,008)a	Z350
Vinho	0,093(\pm 0,010)a	0,103(\pm 0,007)a	0,111(\pm 0,005)a	0,116(\pm 0,005)a	
Coca-cola	0,089(\pm 0,005)a	0,103 (\pm 0,008)a	0,118(\pm 0,006)a	0,122(\pm 0,006)a	
Suco	0,093(\pm 0,008)a	0,107(\pm 0,006)a	0,120(\pm 0,006)a	0,124(\pm 0,005)a	
Lactato	0,089(\pm 0,011)a	0,104(\pm 0,008)a	0,126(\pm 0,005)a	0,129(\pm 0,005)a	
Água	0,106(\pm 0,008)a	0,111(\pm 0,008)a	0,121(\pm 0,007)a	0,124(\pm 0,005)a	P90
Vinho	0,105(\pm 0,010)a	0,112(\pm 0,007)a	0,118(\pm 0,004)a	0,122(\pm 0,004)a	
Coca-cola	0,111(\pm 0,021)a	0,126(\pm 0,018)a	0,138(\pm 0,016)a	0,142(\pm 0,015)a	
Suco	0,102(\pm 0,014)a	0,116(\pm 0,012)a	0,129(\pm 0,011)a	0,132(\pm 0,010)a	
Lactato	0,102(\pm 0,010)a	0,115(\pm 0,008)a	0,129(\pm 0,005)a	0,134(\pm 0,005)a	

Médias seguidas por letras distintas na vertical dentro de cada material diferem entre si ($p \leq 0,05$).

5.1 Análise morfológica das superfícies das resinas compostas

As fotografias obtidas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) das resinas compostas imersas nas soluções testadas e nos diferentes períodos de avaliação estão dispostas nas figuras de 10 a 44. A figura 10 ilustra a superfície da resina composta Charisma armazenada em água nos diferentes períodos de avaliação. A Figura 10A apresenta camada de matriz resinosa cobrindo as partículas de carga (círculo amarelo). Após o período de 15 dias (B) essa matriz começa a se romper. Esse rompimento continua e as partículas de cargas se mostram mais evidentes na superfície do material, como mostrada na Figura 10 C. A irregularidade da matriz resinosa é visível no período de 180 dias (D) e as partículas de carga são predominantes na superfície do compósito resinoso.

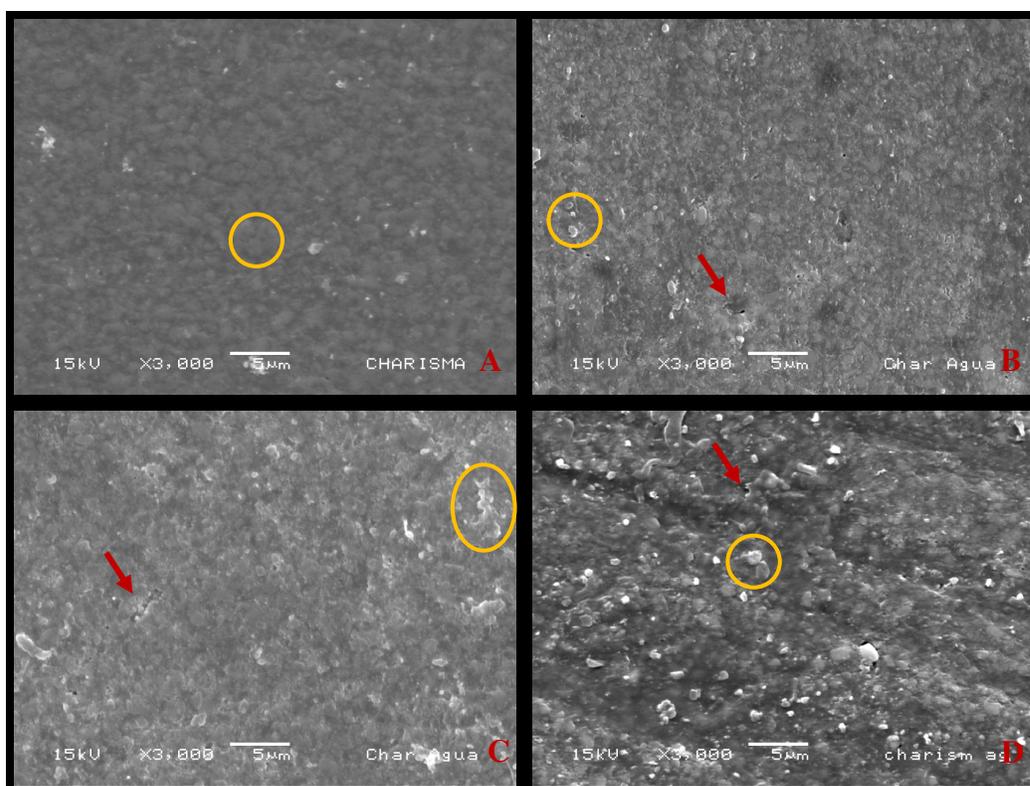


Figura 10 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Charisma após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas indicam exemplo de ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos amarelos elucidam as partículas de carga.

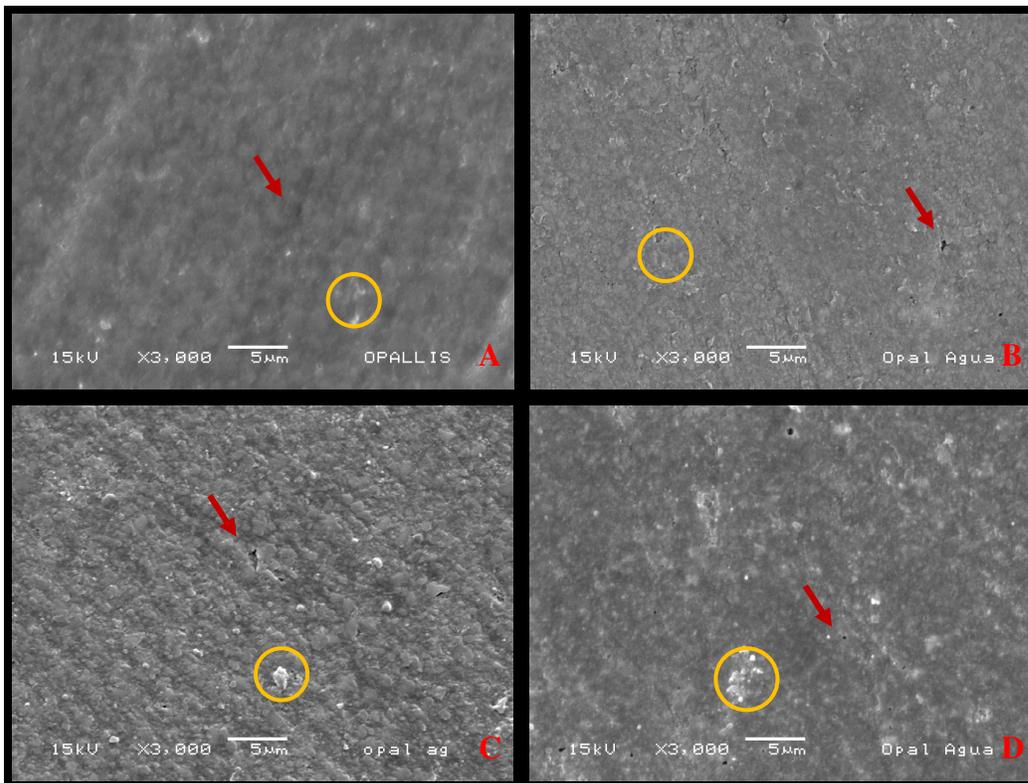


Figura 11 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Opallis após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 11 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Opallis imersa em água nos diferentes períodos analisados. No período inicial (A-controle) é possível visualizar a presença da matriz resinosa ainda cobrindo as partículas de carga na superfície. A camada de matriz orgânica começa a desaparecer e a irregularidade aparece após 15 dias (B). Em 90 dias (C) percebe-se a perda mais acentuada da matriz orgânica. Passados os 180 dias (D) de armazenamento, a superfície do compósito de resina exibe superfície com grande concentração de partículas de carga expostas.

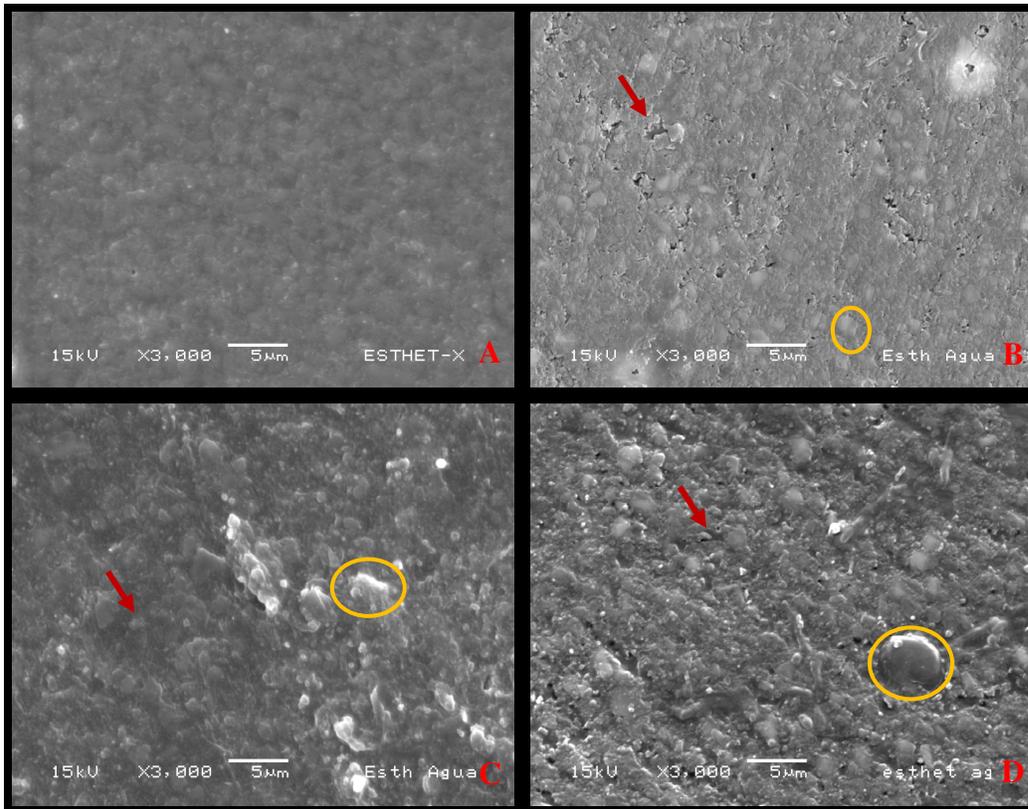


Figura 12 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Esthet-X após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 12 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Esthet-X armazenada em água nos períodos analisados. Inicialmente (A- controle) apresenta homogênea camada de matriz resinosa envolvendo as partículas de carga. Já no período de 15 dias (B) a camada orgânica começa a se romper e conseqüentemente ocorre a exposição das partículas de carga. Nos períodos de 90 dias (C) este processo evolui tornando a camada de matriz orgânica irregular e com 180 dias de exposição (D) as partículas de carga na superfície do material estão expostas.

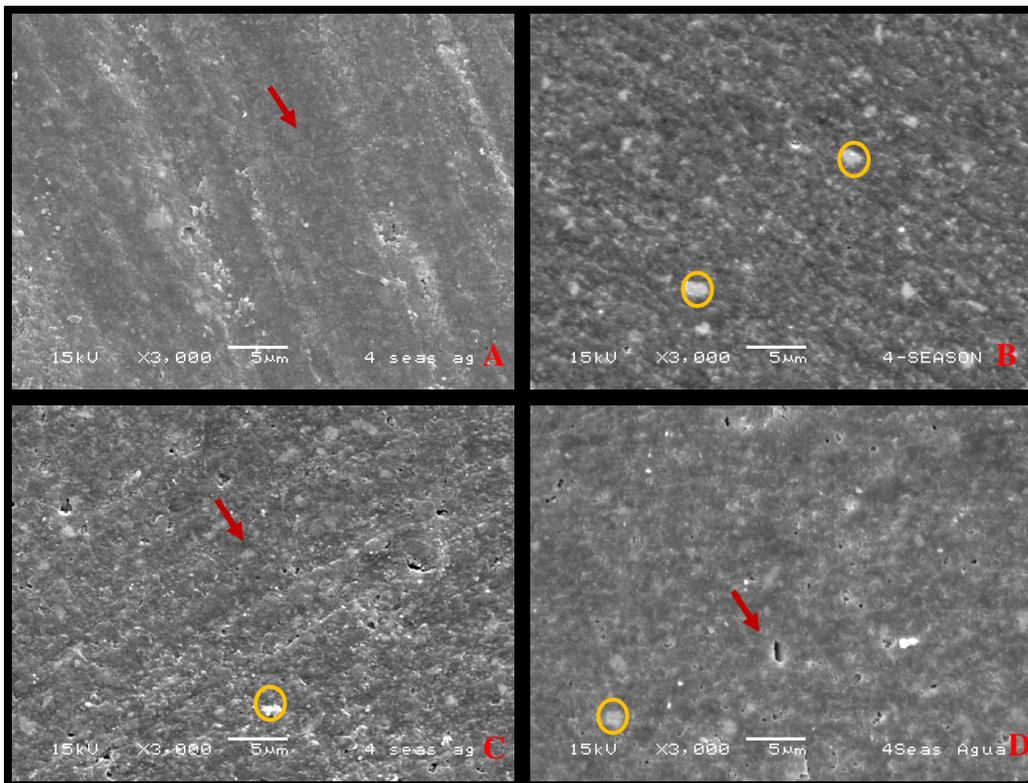


Figura 13 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta 4 Season após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 13 A, B,C, D refere-se à superfície do compósito de resina 4 Season imerso em água nos diferentes períodos de avaliação. Inicialmente (controle) esse compósito de resina (A) apresenta uma camada de matriz resinosa que recobre toda superfície do material. Após 15 dias (B) essa camada de matriz torna-se mais irregular deixando transparecer as partículas de carga. Para o período de 90 dias (C) a degradação é mais intensa com ruptura da camada de matriz resinosa e exposição de pequenas crateras, possivelmente de partículas que foram deslocadas. Em 180 dias de contato com a solução (D) o processo de degradação se mostra muito semelhante ao anterior.

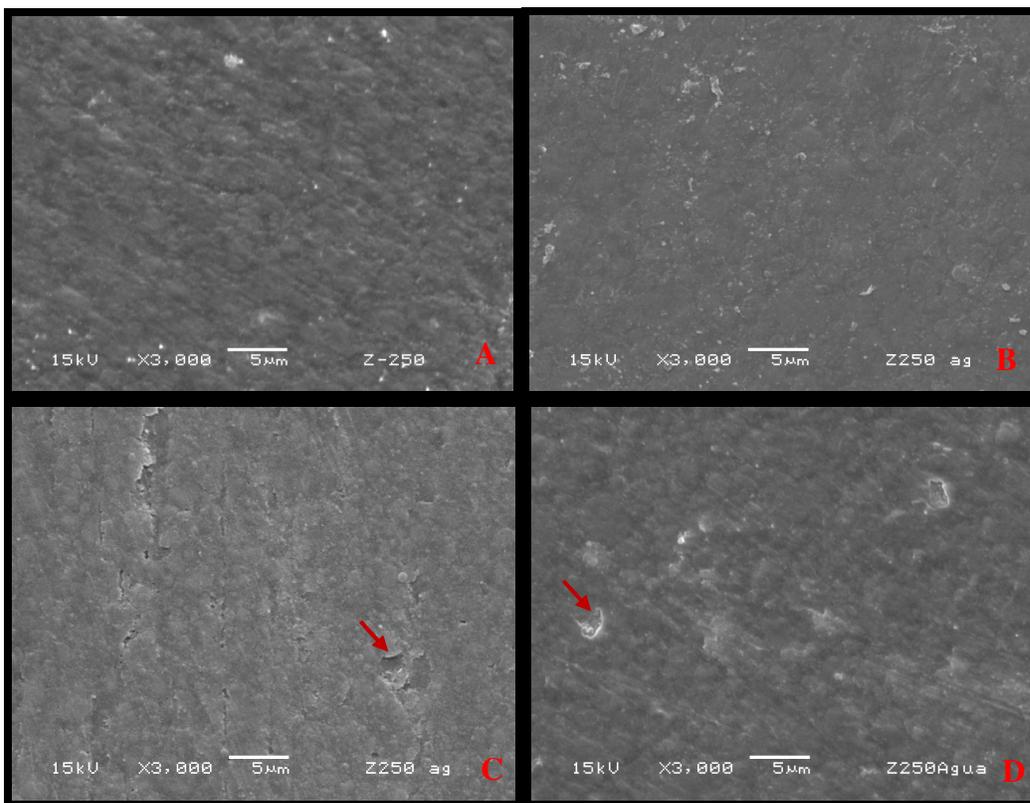


Figura 14 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z250 após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 14 A,B,D mostra a superfície da resina composta Z250 imersa em água nos diferentes períodos de avaliação. Nas imagens representadas pelas letras A (controle) e B (15 dias) visualiza-se uma matriz resinosa homogênea não deixando transparecer as partículas de carga. As figuras C (90 dias) e D (180 dias) demonstram o início de uma ruptura da matriz, entretanto as partículas de carga não estão expostas na superfície do material.

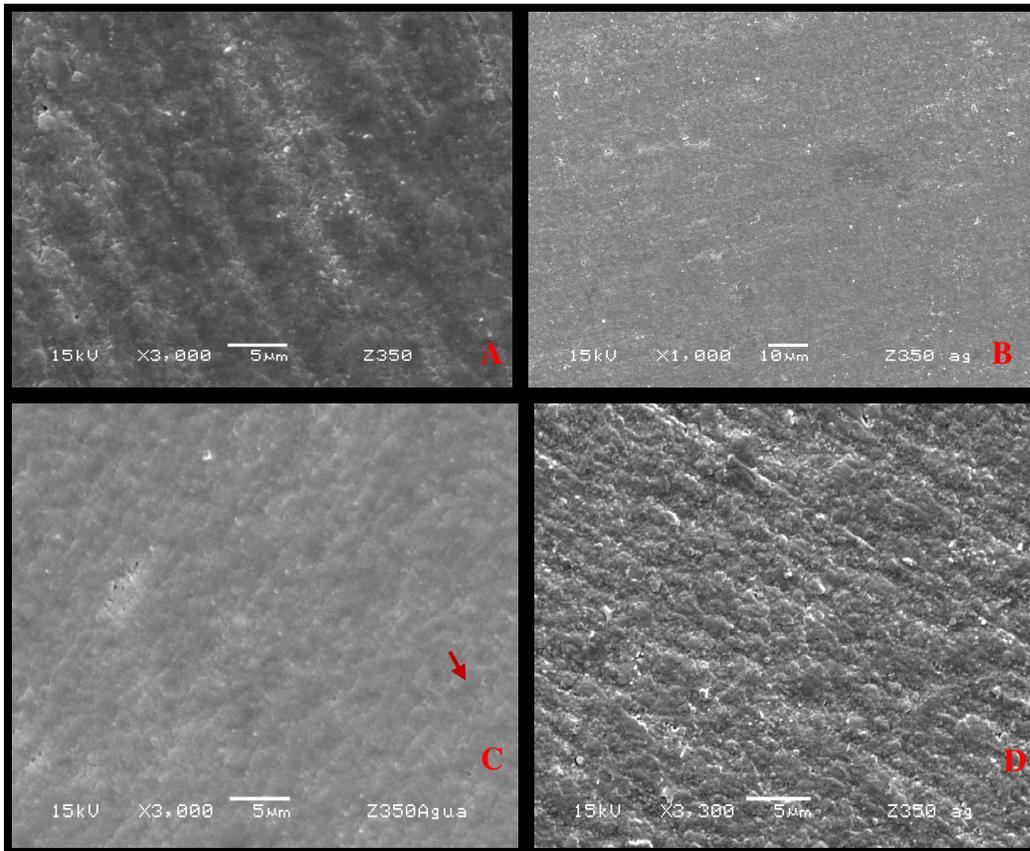


Figura 15 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z350 após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas elucidam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 15 A,B,C,D refere-se à superfície do compósito de resina Z350 armazenado em água nos diferentes períodos de avaliação. As fotografias A e B ilustram uma matriz resinosa compacta cobrindo toda a superfície do material. Após 90 dias de imersão (C) fica evidenciado o início de uma descontinuidade da matriz resinosa, porém não evolui no período de 180 dias como está representado na fotografia (D).

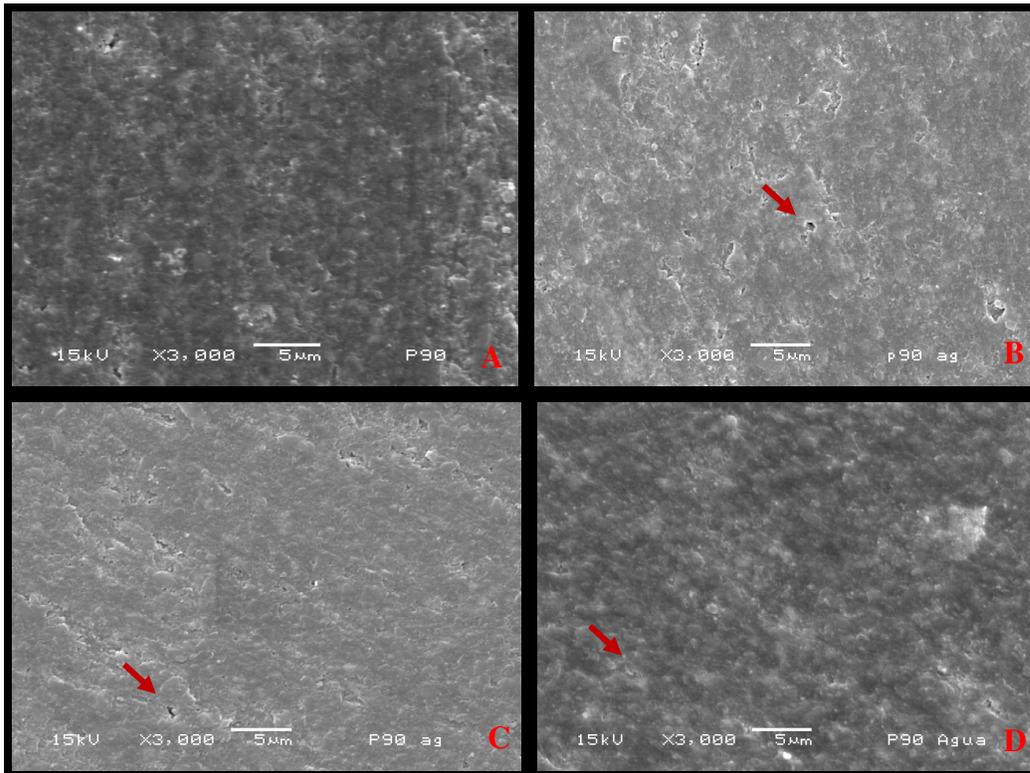


Figura 16 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta P90 após os períodos de imersão em água. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 16 A,B,C,D representa a superfície da resina composta P90 imersa em água nos períodos de avaliação. É possível constatar que inicialmente (A- Controle) a resina composta apresenta matriz resinosa cobrindo as partículas de carga. Esta característica se mantém para o período de 15 dias (B) e após 90 dias de armazenamento inicia a ruptura da matriz resinosa. Entretanto, essa situação não evolui como demonstra a fotografia D.

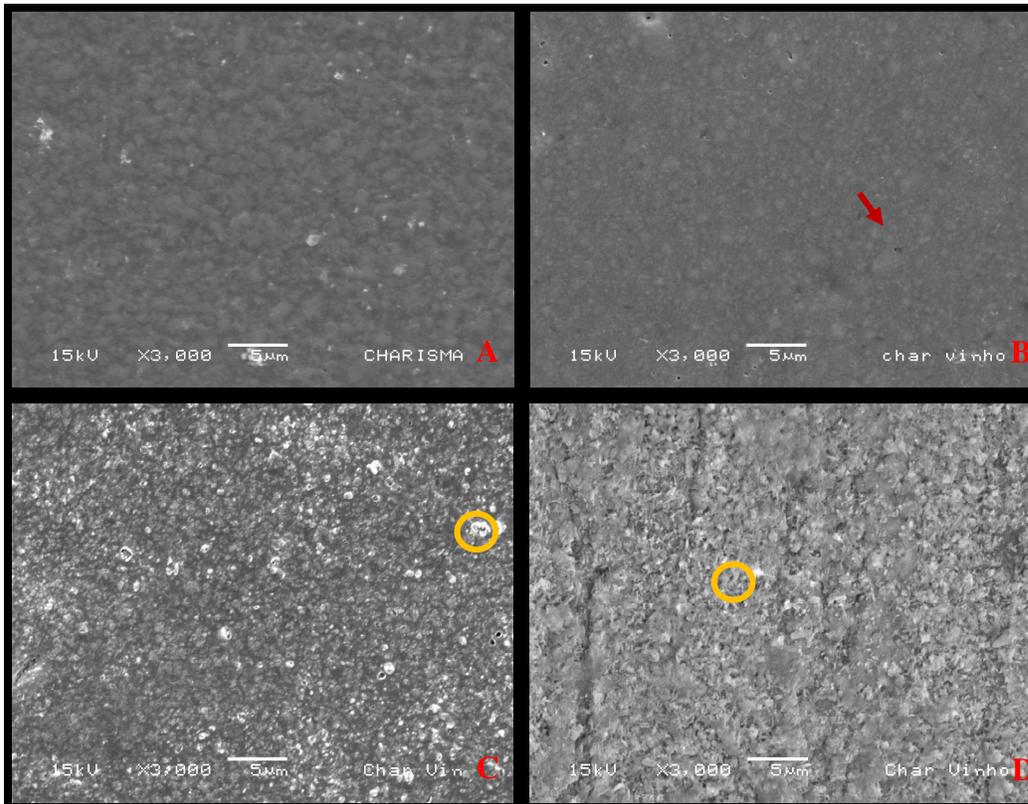


Figura 17 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Charisma após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A fotografia 17 A,B,C,D representa a superfície da resina composta Charisma imersa no vinho para os diferentes períodos de avaliação. Inicialmente (A- Controle) este compósito apresenta homogênea camada de matriz resinosa encobrindo as partículas de carga. Após 15 dias (B) de imersão ocorre o início da descontinuidade na camada de matriz orgânica. Essa degradação superficial evolui para o período de 90 dias (C) deixando as partículas de carga parcialmente descobertas na superfície do material. No período de 180 dias (D) a degradação da matriz é mais intensa. Notar a exposição das partículas de carga e a presença de porosidades na superfície da resina composta.

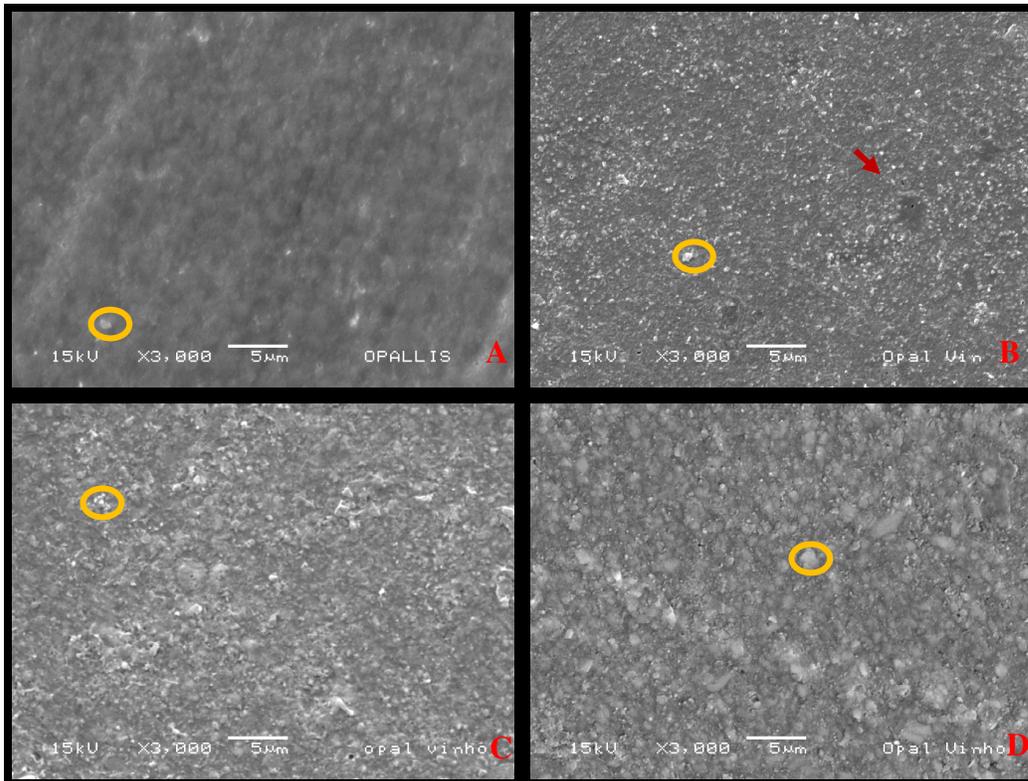


Figura 18 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Opallis após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 18 A,B,c,D ilustra a superfície da resina composta Opallis armazenada em vinho nos diferentes períodos de avaliação. No período inicial (A- Controle) existe uma descontínua camada de matriz resinosa com exposição parcial das partículas de carga. No período de 15 dias (B) ocorre a ruptura da matriz tornando a superfície mais heterogênea com a exposição das partículas de carga. Para os períodos de 90 (C) e 180 (D) dias ocorre o afloramento das partículas de carga na superfície do material, além da presença de porosidades.

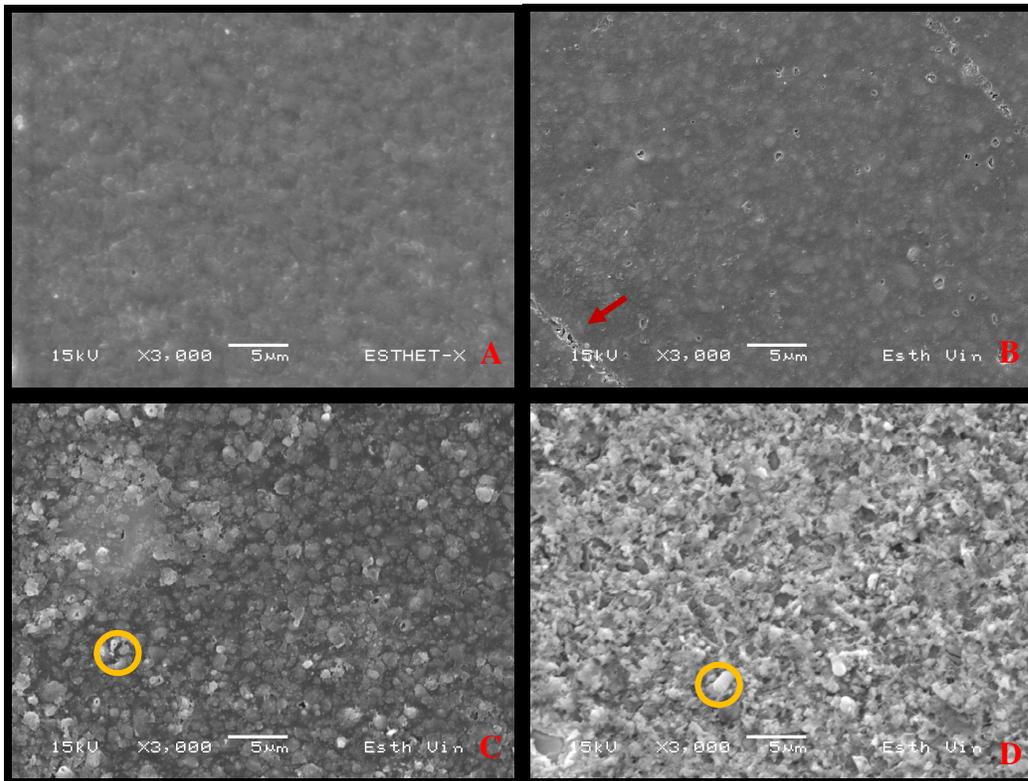


Figura 19 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Esthet-X após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 19 A,B,C,D ilustra a superfície do compósito de resina Esthet-X armazenada no vinho nos diferentes períodos avaliados. No período inicial (A- Controle) apresenta homogênea camada de matriz orgânica está encobrendo as partículas de carga. No período de 15 dias (B) ocorre o início da descontinuidade dessa camada resinosa, porém as partículas de carga se mantêm revestidas por matriz resinosa. Já para o período de 90 dias (C) a degradação se torna mais evidente deixando as partículas de carga totalmente expostas. Em 180 dias (D) a matriz orgânica foi degradada e expôs uma superfície disforme, na qual coexistem partículas de carga e os espaços das partículas de carga deslocadas da superfície.

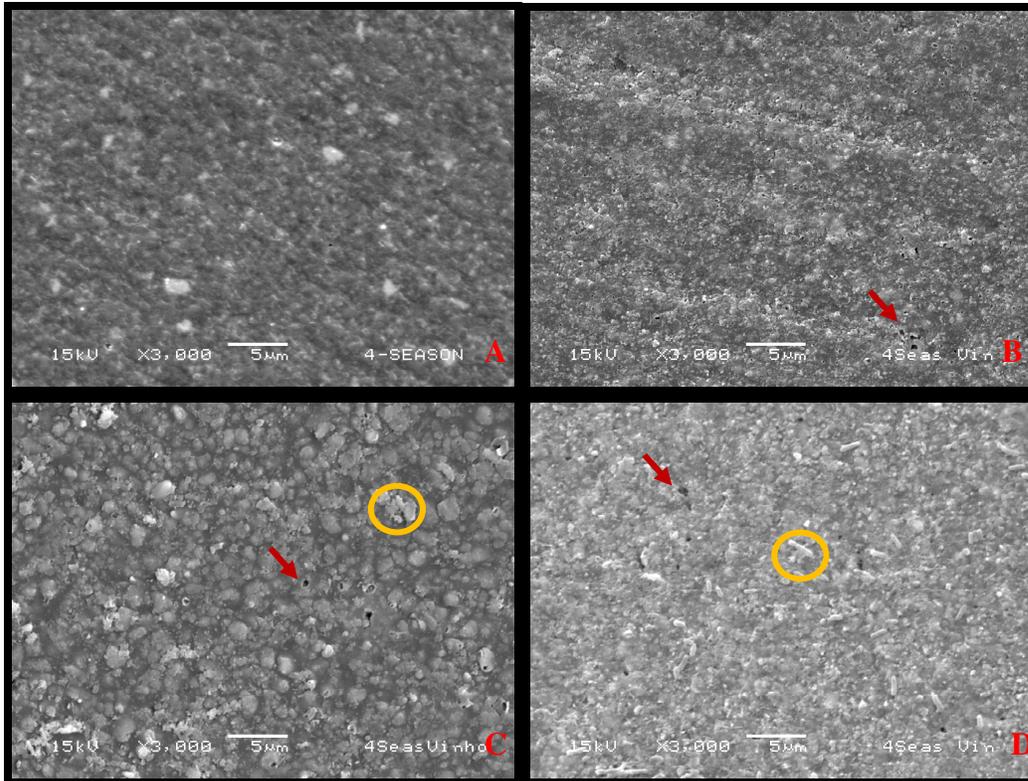


Figura 20 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta 4 Season após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 20 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta 4 Season armazenada em vinho durante os períodos de imersão. Inicialmente (A- Controle) a camada de matriz resinosa cobre a superfície do material. Após 15 dias (B) as partículas de carga ficam expostas. No período de 90 dias (C) as partículas de carga expostas estão mais evidentes. No período de 180 dias (D) a degradação da matriz orgânica deixa as partículas de carga expostas e porosidades na superfície.

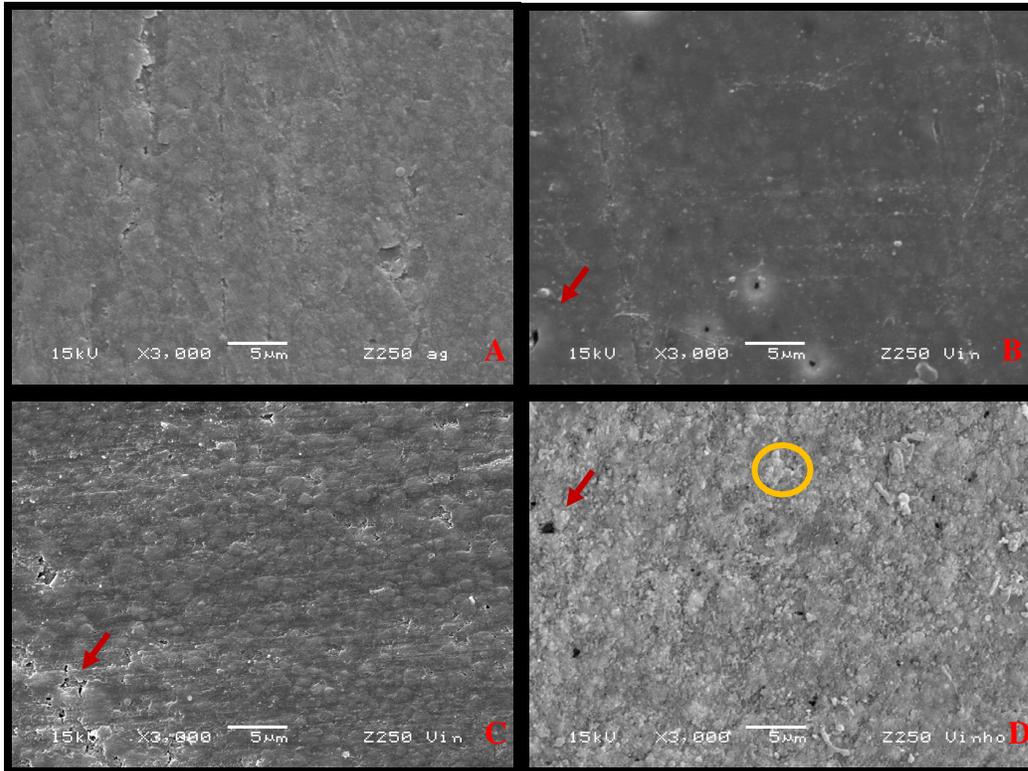


Figura 21 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z250 após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A resina composta Z250 imersa em vinho nos períodos avaliados está ilustrada na figura 21 A,B,C,D. No período inicial (A- controle) a superfície da resina composta apresenta-se coesa e integrada com as partículas de carga unidas à matriz resinosa. Após 15 dias de imersão (B) ocorre início a descontinuidade da matriz orgânica pela degradação química. No período de 90 dias (C), as partículas de carga estão unidas à matriz resinosa e pequenas áreas de degradação aparecem na superfície. No período de 180 dias (D) ocorreu a exposição das partículas e porosidades na matriz resinosa produzida pelo deslocamento das partículas de carga.

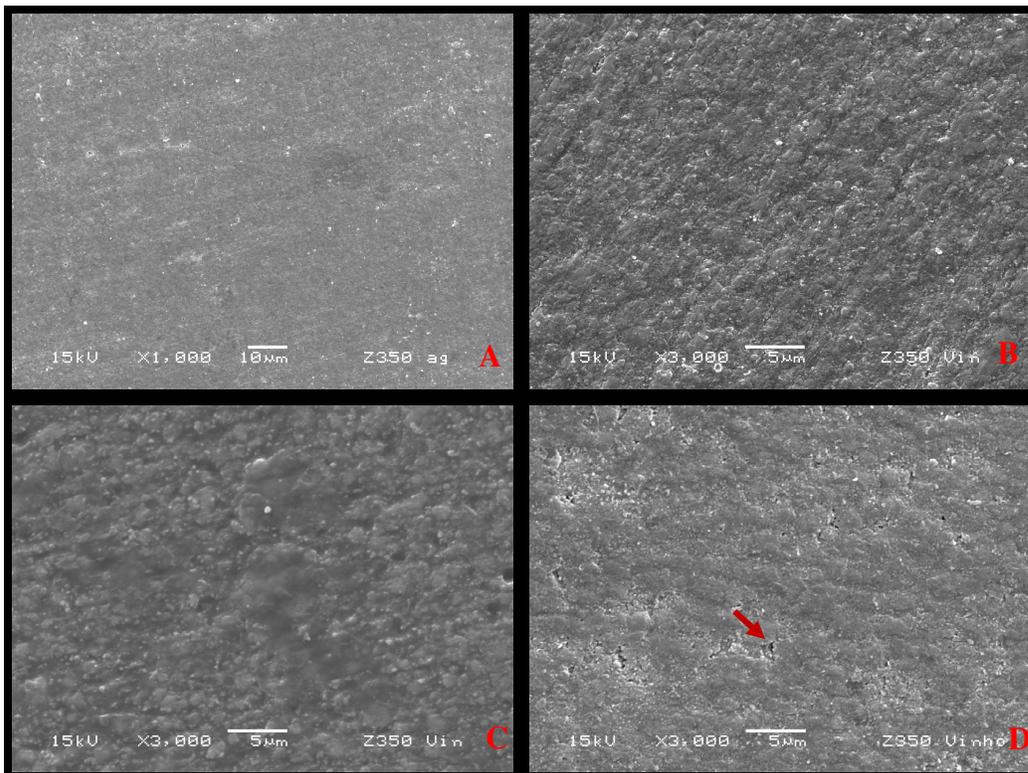


Figura 22 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z350 após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A Figura 22 A,B,C,D ilustra a superfície do compósito de resina Z350 durante os diferentes períodos de armazenamento em vinho. No controle (A) existe homogeneidade na superfície do material. Com 15 dias (B) e 90 dias (C) de imersão aparecem alterações na morfologia da superfície da resina composta sem haver exposição das partículas de carga. Após o período de 180 dias (D) ocorrem áreas de descontinuidade na superfície da resina composta. Não é possível visualizar as partículas de carga.

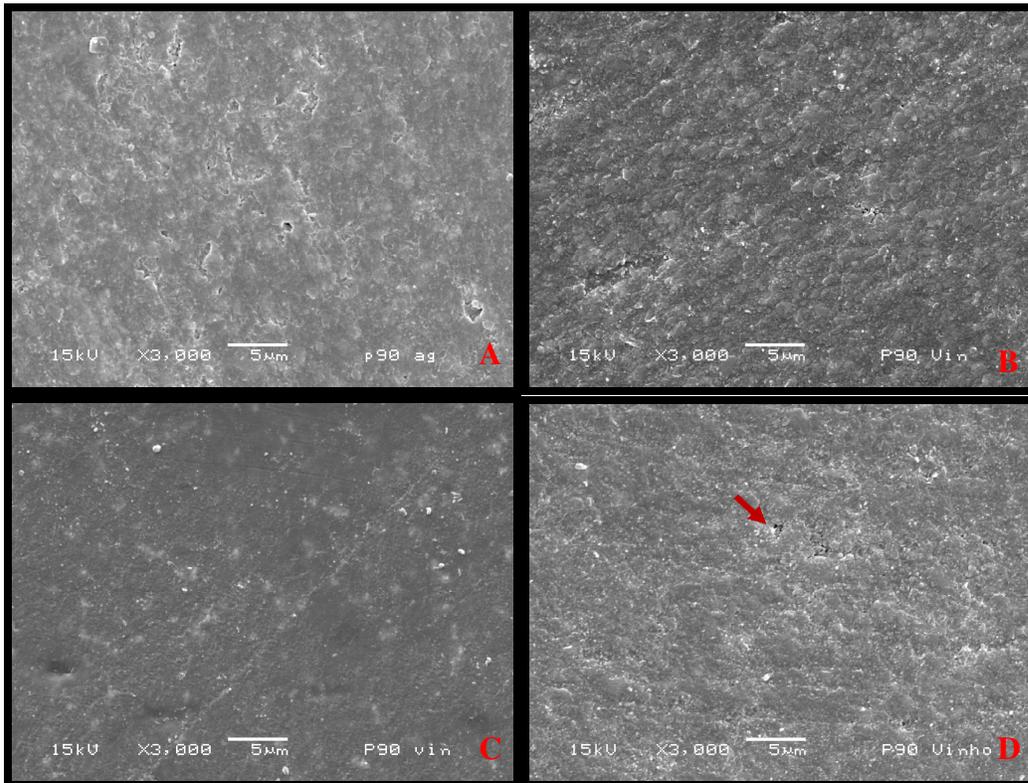


Figura 23 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta P90 após os períodos de imersão em vinho. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 23 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta P90 armazenada em vinho nos períodos avaliados. Este compósito apresenta-se com a matriz orgânica homogênea no período inicial (A- controle). Com 15 dias (B) a morfologia se alterou, mas sem haver separação entre partículas de carga e matriz orgânica. Com 90 dias (C) o aspecto morfológico não se alterou. Após 180 dias (D) aparecem pequenas zonas de descontinuidade na superfície, mas as partículas de carga ainda estão envolvidas pela matriz resinosa.

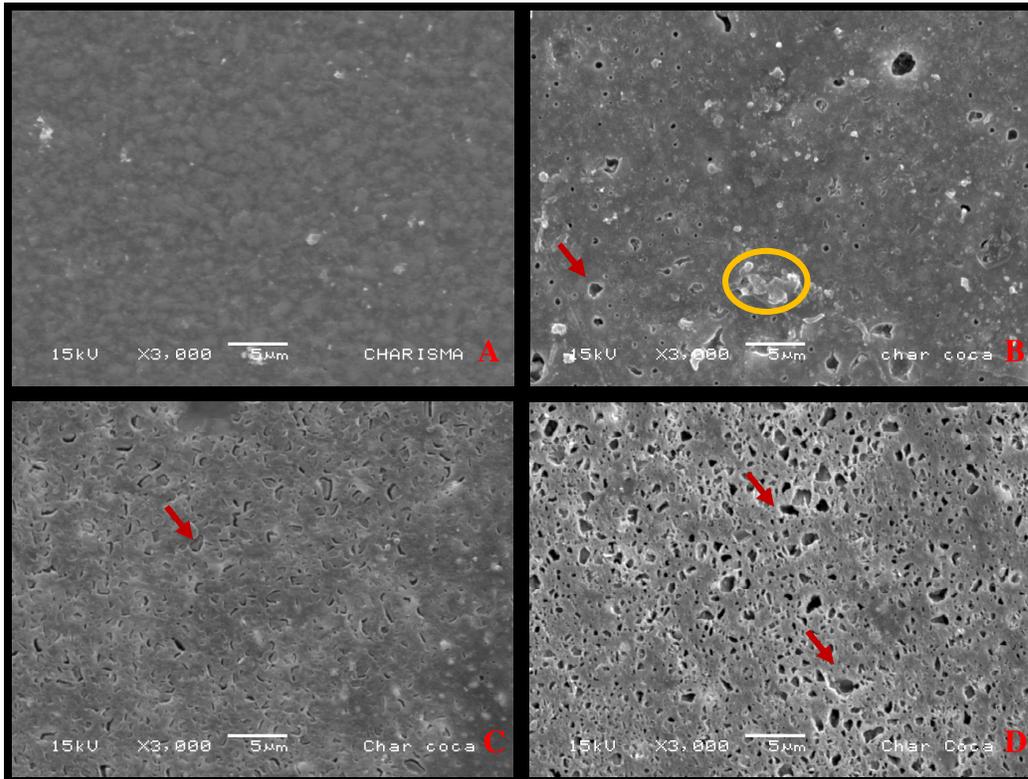


Figura 24 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Charisma após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A superfície da resina composta Charisma armazenada em Coca-cola classic® nos diferentes períodos de avaliação está ilustrada na figura 24 A,B,C,D. Inicialmente (A- controle) o material mostra-se coeso com a aparência morfológica das partículas de carga unidas pela matriz orgânica. Após o período de 15 dias (B) a degradação química altera a morfologia da superfície com a exposição das partículas de carga e a presença de porosidades. A degradação superficial torna-se mais evidente no período de 90 dias (C) com a presença das porosidades. Com 180 dias de imersão (D), a degradação química é mais intensa e expõe mais poros em toda a superfície da resina composta. Notar que as partículas de carga não aparecem. Provavelmente, foram deslocadas da superfície deixando os espaços vazios (porosidade).

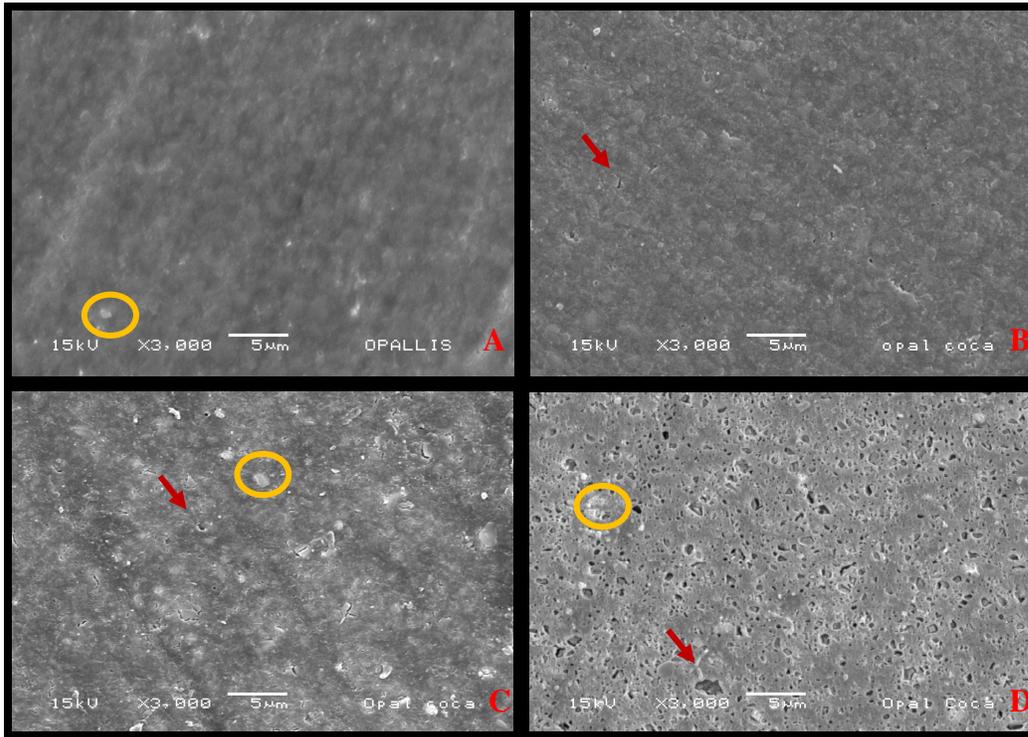


Figura 25 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Opallis após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 25 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Opallis armazenada em Coca-cola classic® durante os períodos de avaliação. No período inicial (A - controle) a morfologia mostra zonas de relevo decorrentes do procedimento de polimento e o material apresenta-se coberto por uma irregular camada de matriz resinosa. Após o período de 90 dias (C) ocorre o aparecimento de ruptura da camada superficial e exposição parcial das partículas de carga. O desprendimento das partículas de carga de sua matriz orgânica pode ser observado após o período de 180 dias de imersão.

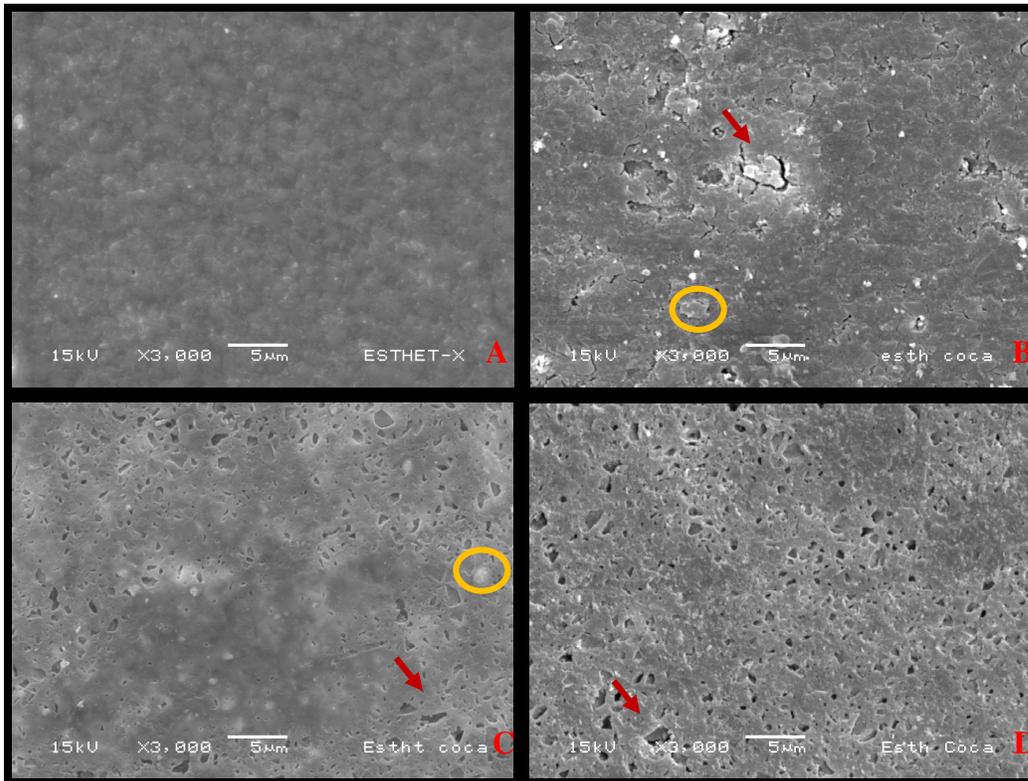


Figura 26 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Esthet-X após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A superfície do compósito de resina Esthet-X imerso em Coca-cola Classic® nos diferentes períodos de imersão está ilustrado na figura 26 A,B,C,D. O período inicial (A- controle) a superfície está homogênea e mostrando as partículas de carga unidas à matriz orgânica. Após 15 dias de imersão (B) aparecem porosidades na superfície e exposição das partículas de carga. Aos 90 dias de imersão (C) a morfologia da superfície é mais porosa. Aos 180 dias de imersão (D), a superfície está totalmente tomada pelos poros. Notar que as partículas de carga não são visualizadas, provavelmente por que foram deslocadas da superfície deixando os espaços (poros).

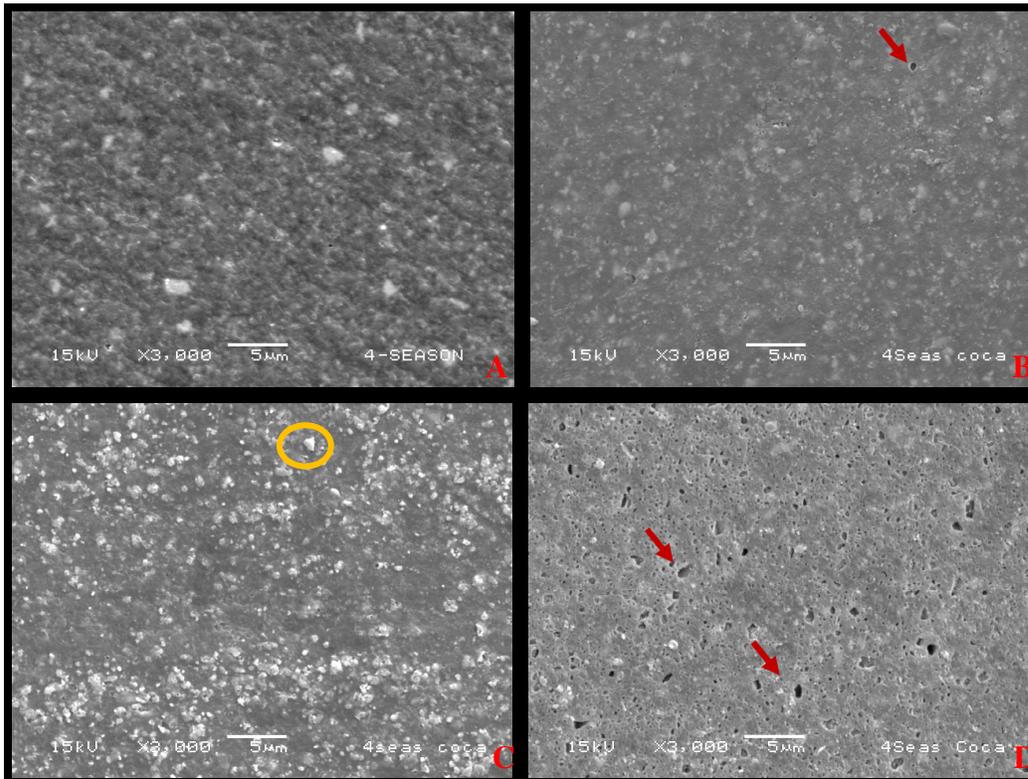


Figura 27 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta 4 Season após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 27 A,B,C, e D ilustra a superfície da resina composta 4 Season armazenada em coca-cola classic® nos diferentes períodos de avaliação. No período inicial (A-Controle) a superfície da resina composta está homogênea e mostrando as partículas de carga unidas à matriz orgânica. Após 15 dias (B) de imersão aparecem às primeiras porosidades indicando degradação da matriz orgânica e deslocamento das partículas inorgânicas. Após 90 dias de imersão (C) as partículas de carga estão parcialmente expostas e afloradas na superfície do material. Com 180 dias de imersão (D) a aparência da superfície evidenciou o deslocamento das partículas de carga deixando os espaços vazios.

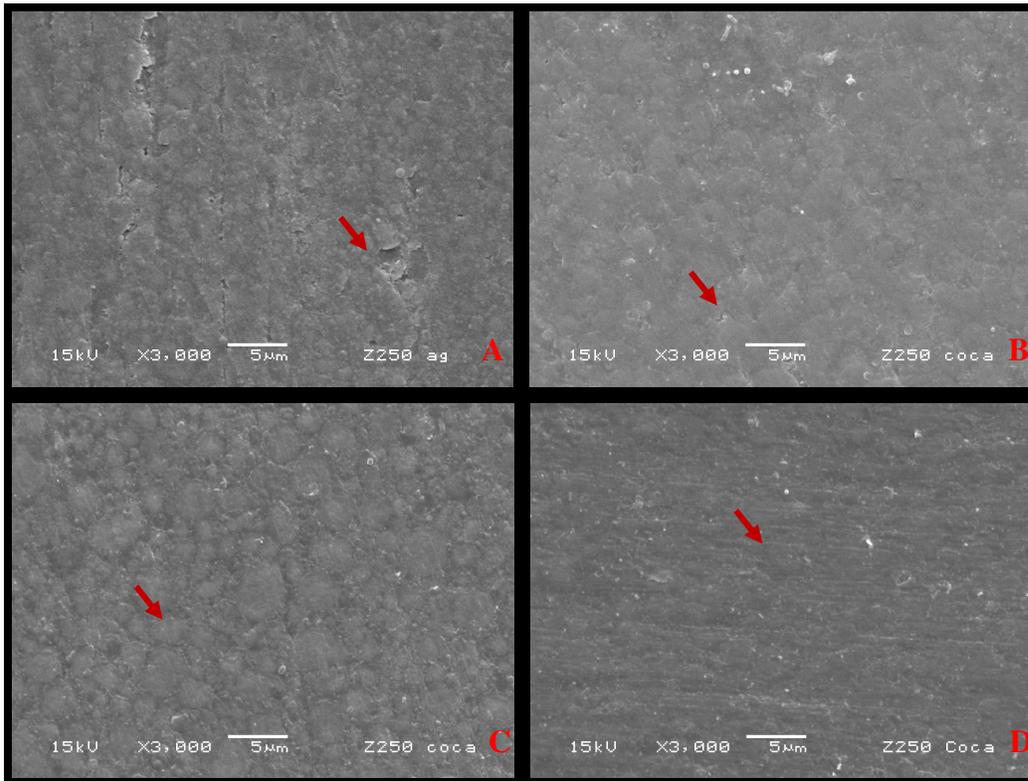


Figura 28 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z250 após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 28 A,B,C,D ilustra a superfície do compósito de resina Z250 imersa na Coca-cola classic® nos diferentes períodos de avaliação. Inicialmente (A - Controle) a superfície da resina composta está homogênea com sinais deixados pelo polimento inicial. Após 15 dias de imersão(B) a homogeneidade da superfície da resina composta foi mantida, juntamente com o aspecto morfológico das partículas de carga unidas pela matriz orgânica. As mesmas características morfológicas foram observadas aos 90 (C) e 180 (D) dias de imersão.

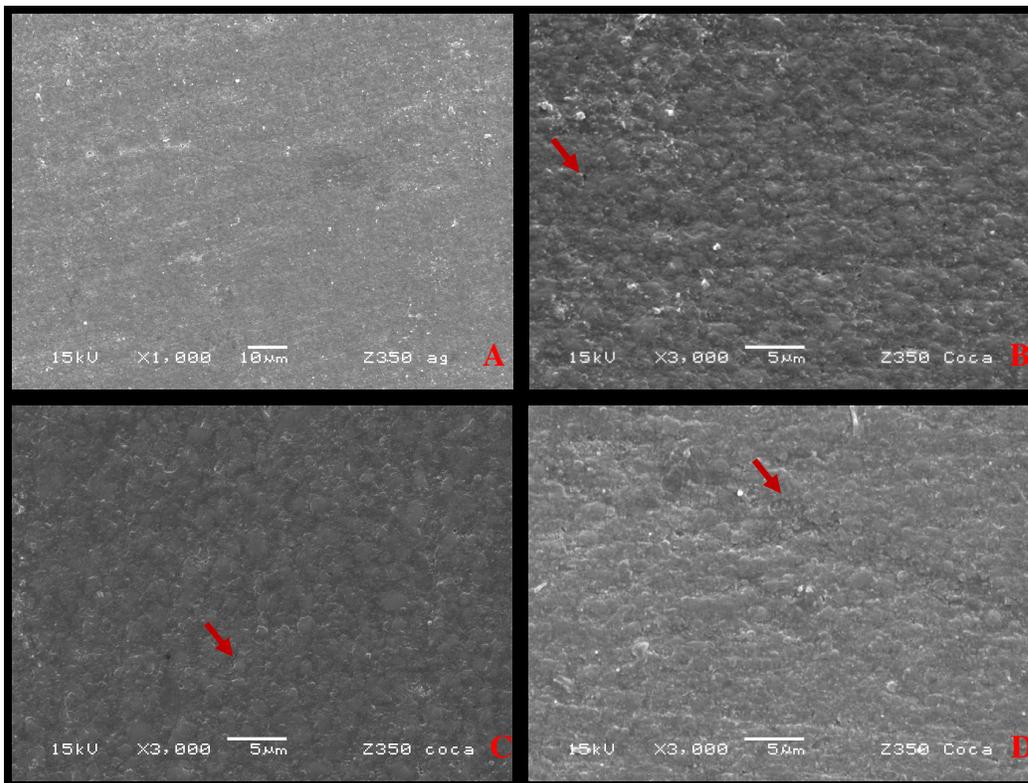


Figura 29 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z350 após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A resina composta Z350 armazenada em Coca-cola classic® está ilustrada pela figura 29 A,B,C,D. No período inicial (A- Controle) a superfície da resina composta está homogênea com aspecto morfológico polido. Após o período de 15 dias de imersão (B) a morfologia se alterou com característica mais irregular. Com 90 (C) e 180 dias (C) de imersão, o aspecto morfológico não se alterou. Apenas algumas zonas de sulcos deixados pelo polimento mostram pequenas alterações na morfologia da superfície. Em todas as imagens não é possível identificar a exposição das partículas de carga desse compósito de resina.

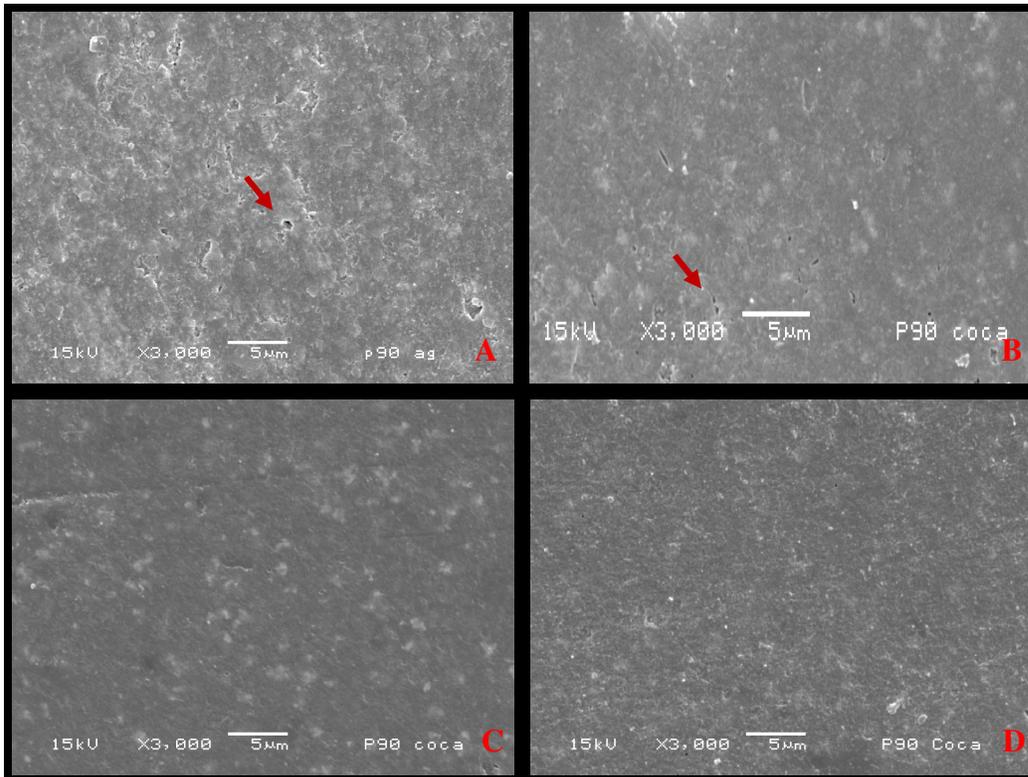


Figura 30 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta P90 após os períodos de imersão em Coca-cola classic®. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura número 30 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta P90 imersa em Coca-cola Classic® nos diferentes períodos de avaliação. No período inicial (A - Controle) a superfície da resina composta está homogênea e a morfologia mostra pequenas ranhuras decorrentes do polimento. Após 15 dias de imersão (B) a morfologia superfície não se alterou. No período de 90 dias de imersão (C) as partículas da resina composta estão mais evidentes. Aos 180 dias de imersão (D) o aspecto morfológico da superfície mostra mais partículas afloradas e soltas. Mas não são visíveis áreas porosas.

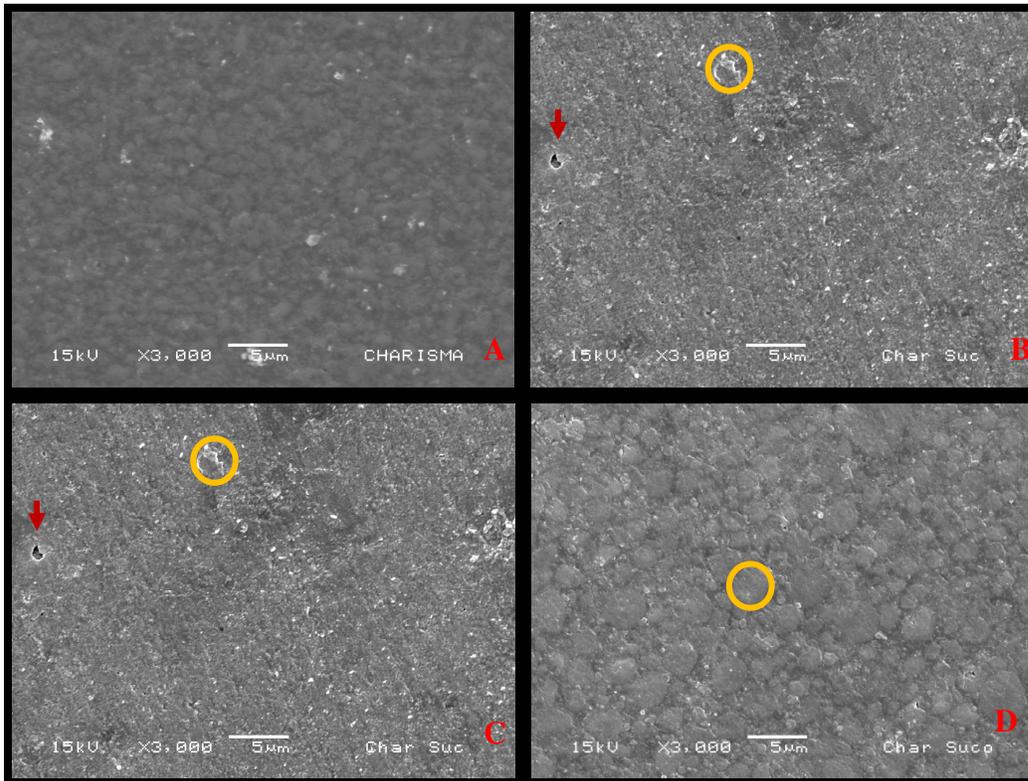


Figura 31 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Charisma após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo explicam as partículas de carga.

A figura 31 A,B,C,D ilustra a superfície resina composta Charisma armazenada no suco de laranja para os diferentes períodos de avaliação. O período inicial (A - Controle) ilustra a homogeneidade da superfície e a visualização das partículas de carga unidas à matriz orgânica. Após 15 dias (B) de imersão é perceptível a degradação da matriz orgânica e a exposição das partículas de carga, bem como os espaços deixados pela própria partícula de carga. Estas características se mantêm para os períodos de 90 (C) e 180 dias (D).

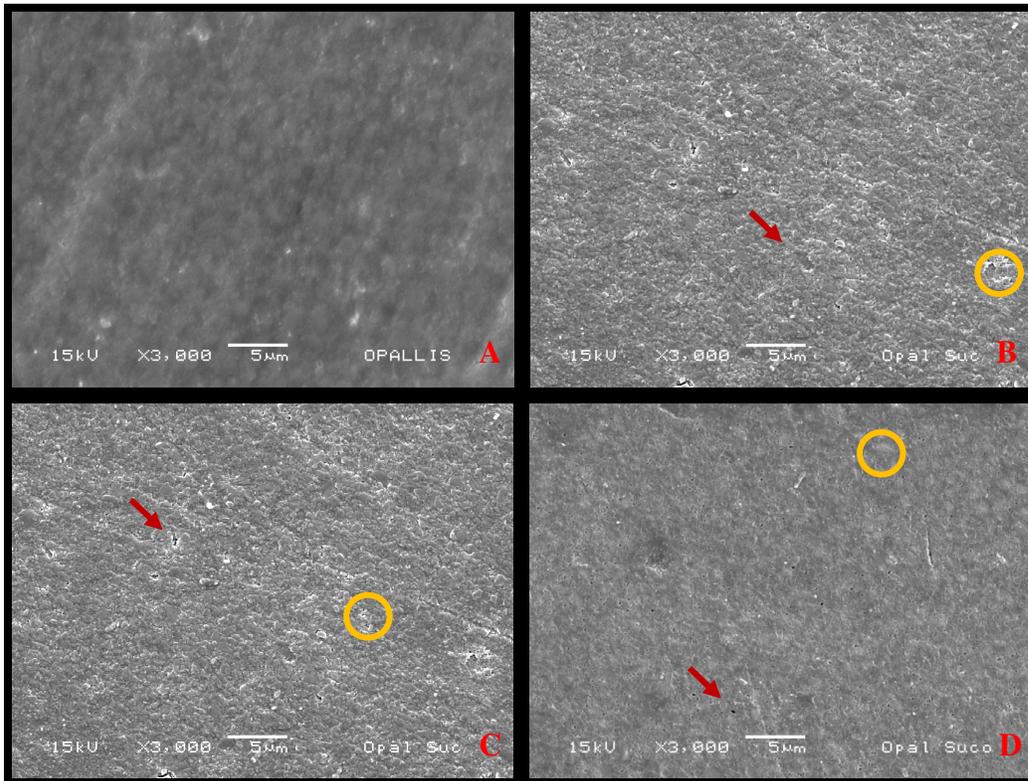


Figura 32 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Opallis após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 32 A,B,C,D ilustra a superfície do compósito de resina Opallis quando armazenada no suco de laranja nos diferentes períodos de análise. No período inicial (A - Controle) a superfície exibe uma morfologia homogênea deixando transparecer a partícula de carga unida à matriz orgânica. Após de 15 dias de armazenamento (B) nota-se uma superfície irregular e a exposição das partículas de carga. Em 90 dias(C) e 180 de armazenamento (D) o padrão morfológico continua o mesmo.

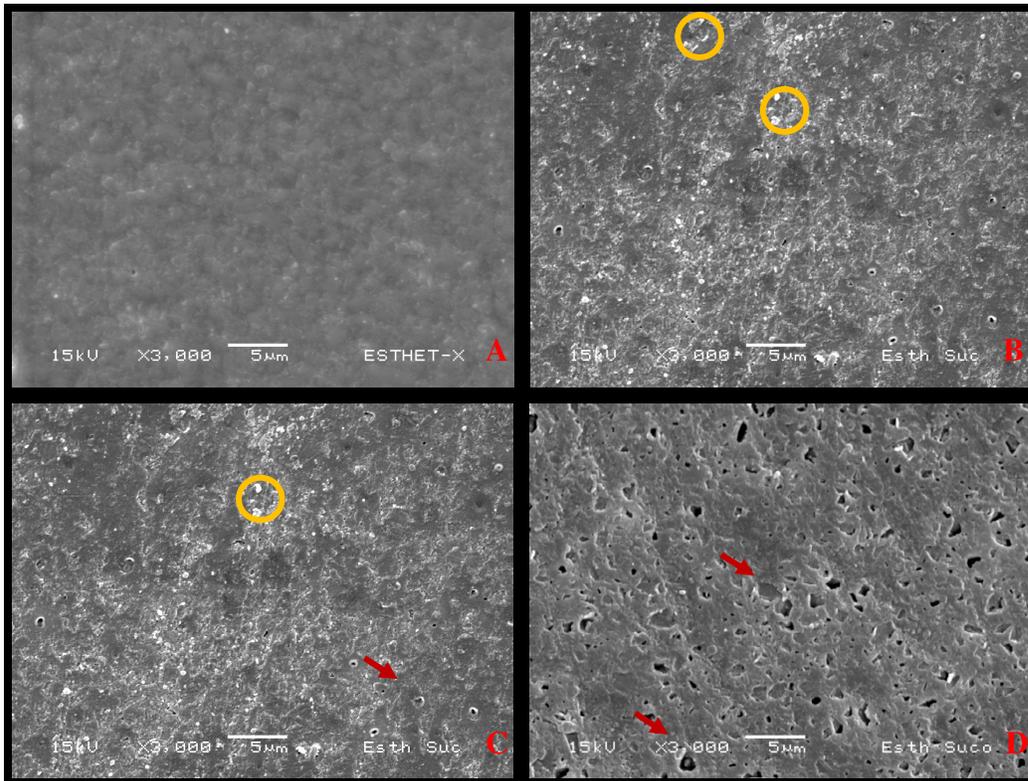


Figura 33 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Esthet-X após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga

A figura 33 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Esthet-X armazenada em suco de laranja nos diferentes períodos de avaliação. Inicialmente (A - Controle) a superfície do compósito de resina apresenta-se homogênea e deixando transparecer a morfologia da partícula de carga unida à matriz orgânica. Após 15 dias (B) de imersão já ocorreu à degradação da matriz orgânica e a exposição das partículas de carga. Em 90 dias de imersão (C) aparecem alguns espaços na superfície em decorrência do deslocamento da partícula de carga. Este aspecto morfológico fica mais evidente após 180 dias de imersão (D).

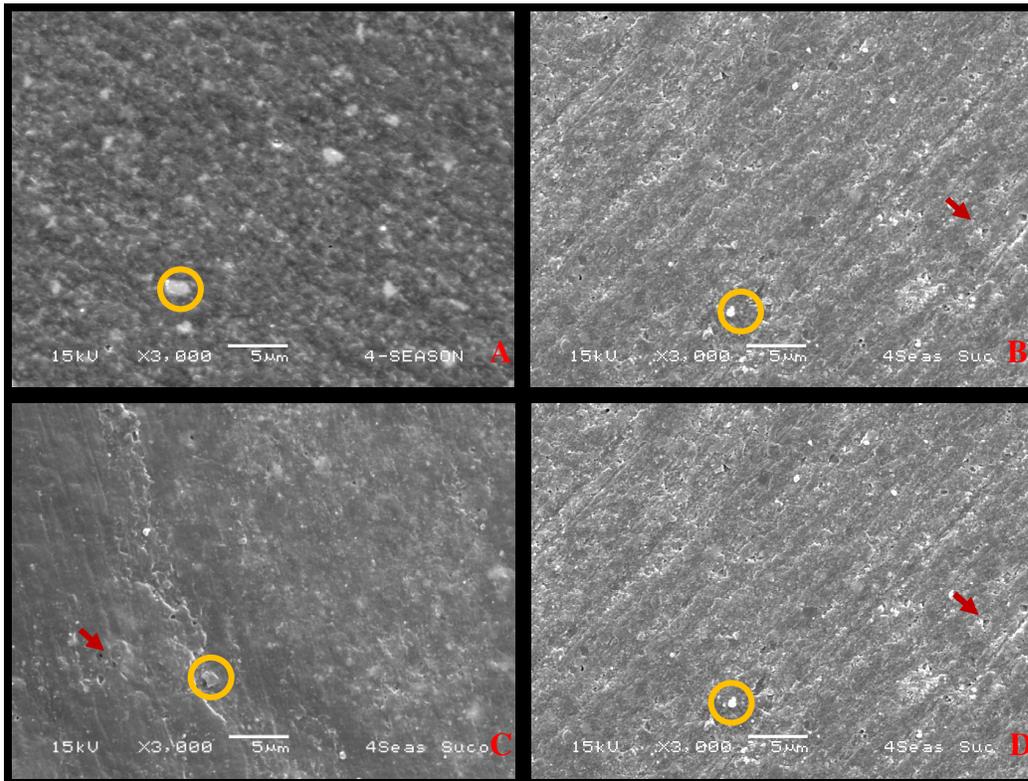


Figura 34 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta 4Season após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga

A figura 34 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta 4 Season imersa em suco de laranja nos tempos de avaliação. No período inicial (A – Controle) a superfície apresenta-se com uma morfologia homogênea com a evidenciação de partículas de carga unidas à matriz orgânica. Após 15 de imersão (B) a degradação química já se estabelece e a superfície se altera com a exposição de partículas de carga e a presença de porosidades. Após 90 dias (C) e 180 dias de imersão (D) o padrão morfológico se repete um pouco mais acentuado.

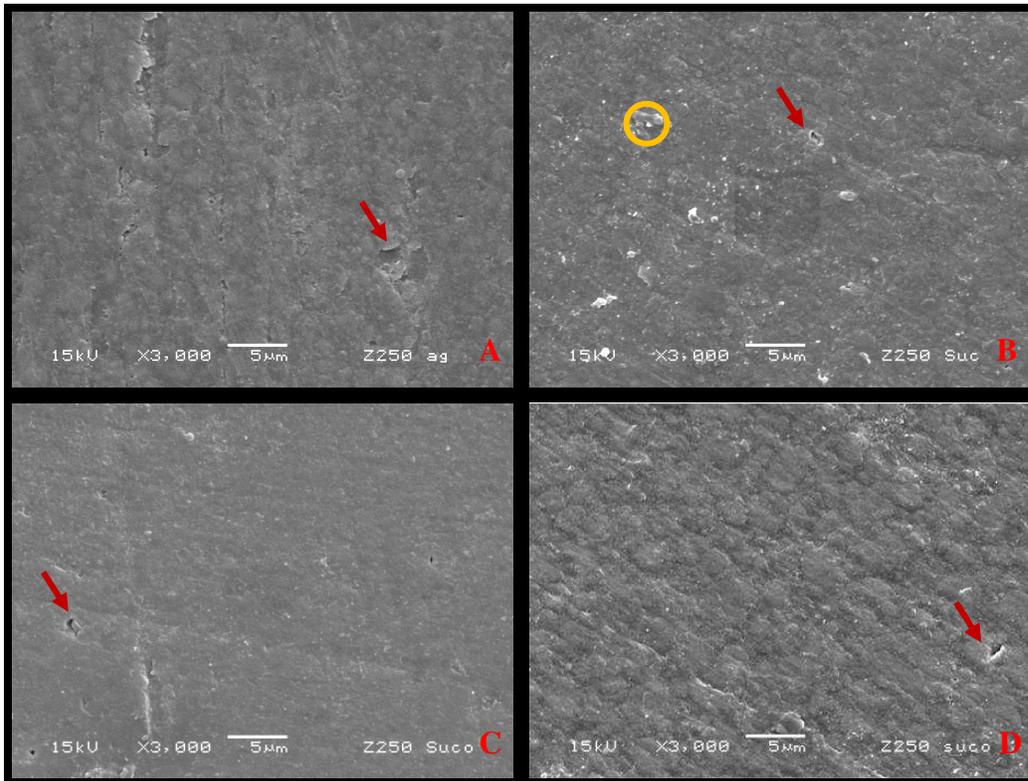


Figura 35 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z250 após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A superfície da resina composta Z250 armazenada em suco de laranja nos diferentes períodos de avaliação está ilustrada pela figura 35 A,B,C,D. Inicialmente (A - Controle) a superfície da resina composta está com homogênea e com alguns pontos de remoção da partícula unida à matriz orgânica. Após 15 dias (B) de imersão a superfície mostra – se mais irregular evidenciando algumas partículas de carga soltas e porosidades. Nos períodos de 90 (C) e 180 dias de imersão (D) o padrão morfológico se repete.

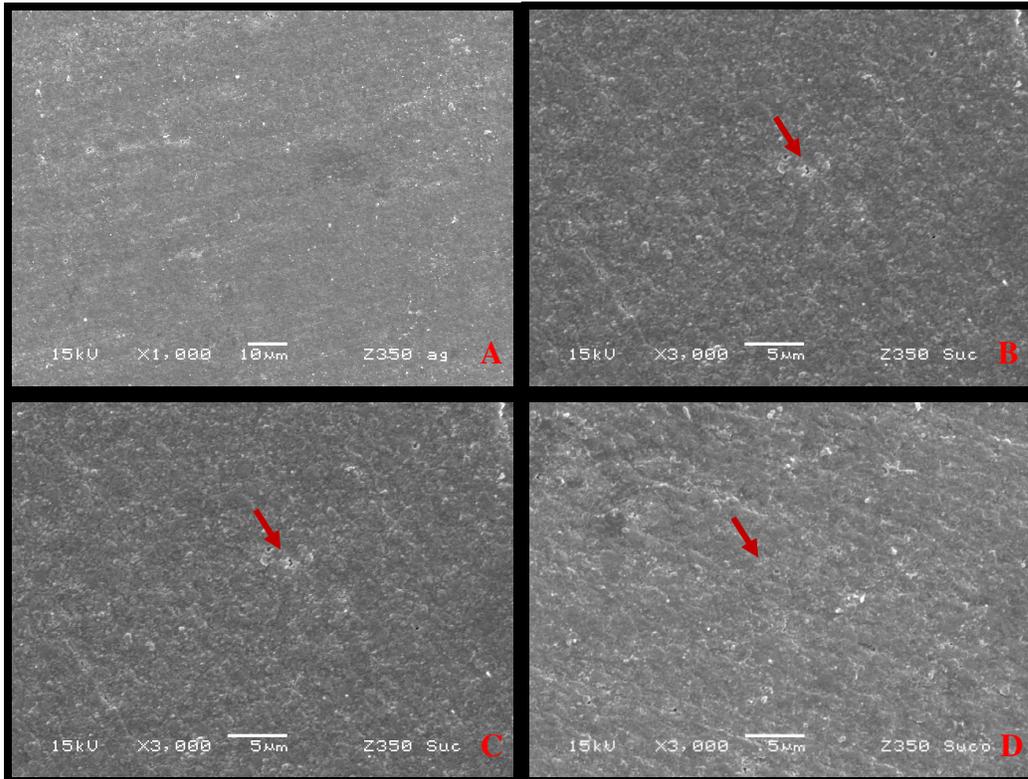


Figura 36 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z350 após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 36 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Z350 imersa em suco de laranja nos diferentes tempos de avaliação. Inicialmente (A - Controle) a superfície está homogênea com algumas partículas de carga soltas sobre a superfície. Após 15 (B) e 90 dias (C) e 180 dias (D) de imersão a superfície exibe alguns pontos de porosidade e uma morfologia mais irregular.

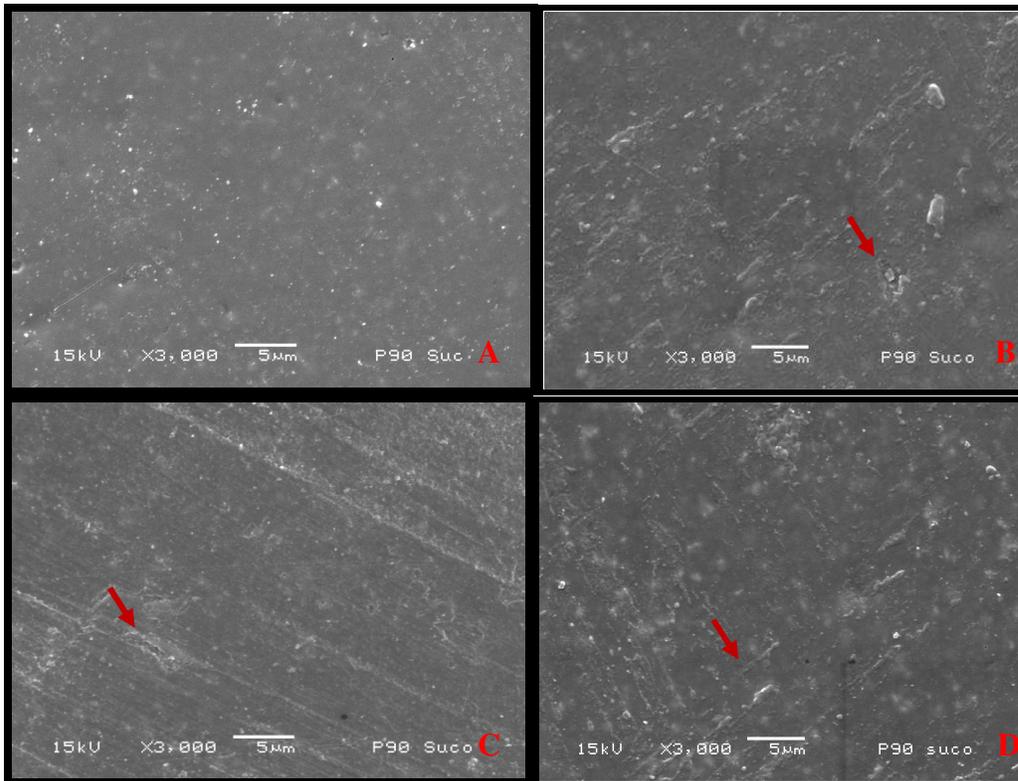


Figura 37 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta P90 após os períodos de imersão em Suco de laranja. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A superfície da resina composta P90 imersa em água nos diferentes períodos de armazenamento está ilustrada pela figura 37 A,B,C,D. A superfície da resina composta previamente à imersão (A- Controle) exibe homogeneidade e deixa perceptível a união entre a partícula de carga e a matriz resinosa. Após 15 (B) de imersão aparecem pequenas porosidades. Em 90 (C) zonas de descontinuidade na superfície formando estrias são evidenciadas. Após 180 dias, as áreas de irregularidades são mais frequentes em toda a superfície do material.

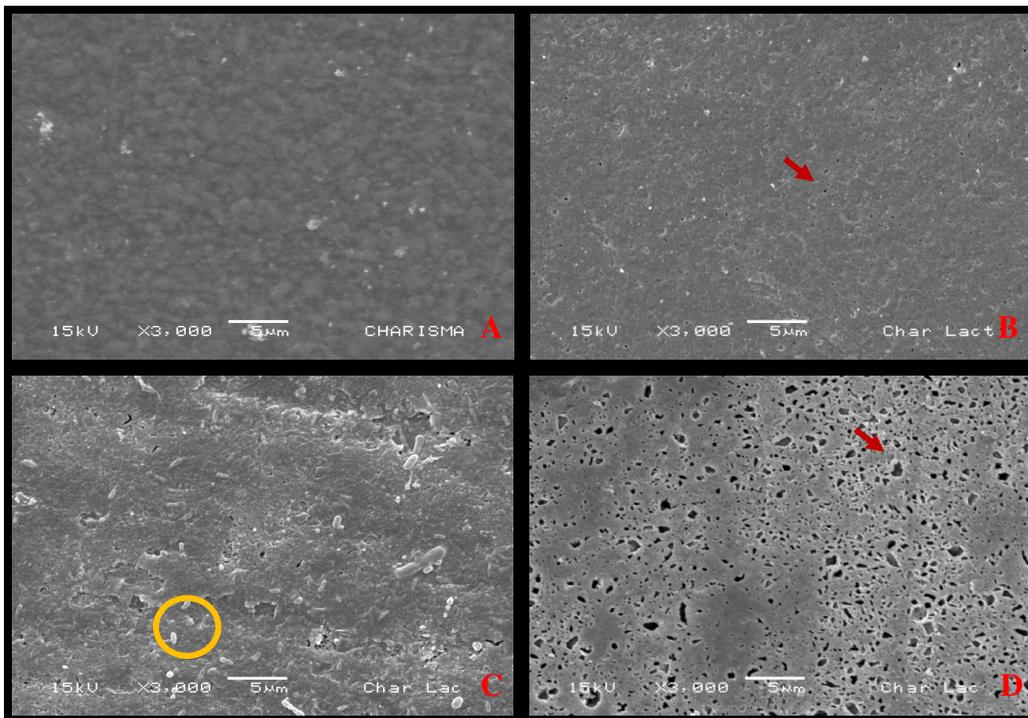


Figura 38 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Charisma após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga

A figura 38 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Charisma armazenada em tampão lactato nos diferentes períodos de imersão. Previamente ao armazenamento (A - Controle) a superfície do material está homogênea e a morfologia da partícula de carga envolvida pela matriz orgânica é evidenciada. Após 15 dias (B) de imersão, a superfície da resina composta está mais irregular com a presença de porosidade. Aos 90 dias de imersão (C) ocorre a exposição de algumas partículas de carga. Após o período de 180 dias de imersão (D), toda extensão da superfície está muito porosa, provavelmente pelo desprendimento das partículas do interior do material.

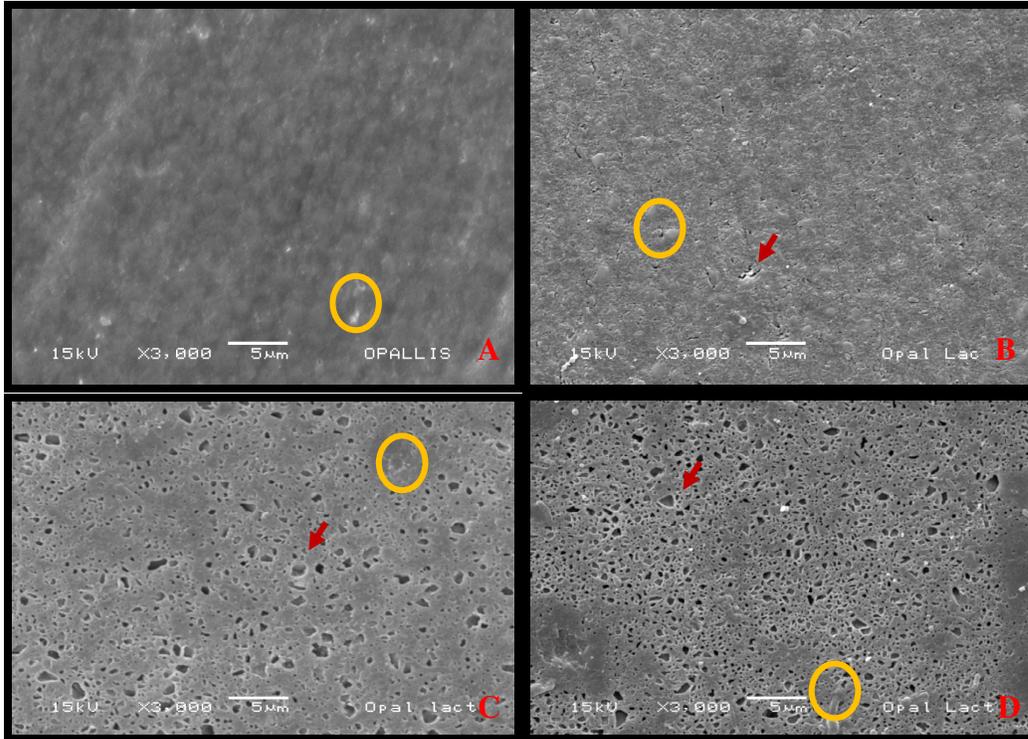


Figura 39 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Opallis após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A figura 39 A,B,C,D ilustra a superfície da resina composta Opallis imersa em solução tampão de lactato nos diferentes períodos de avaliação. Inicialmente (A - Controle) a superfície apresenta uma morfologia homogênea mostrando a partícula de carga unida à matriz orgânica. Após 15 dias (B) de armazenamento a matriz orgânica mostra sinais de degradação com a presença de porosidades na superfície. Após 90 (C) e 180 dias imersão (D) a superfície da resina composta está mais degradada e apresenta-se completamente porosa

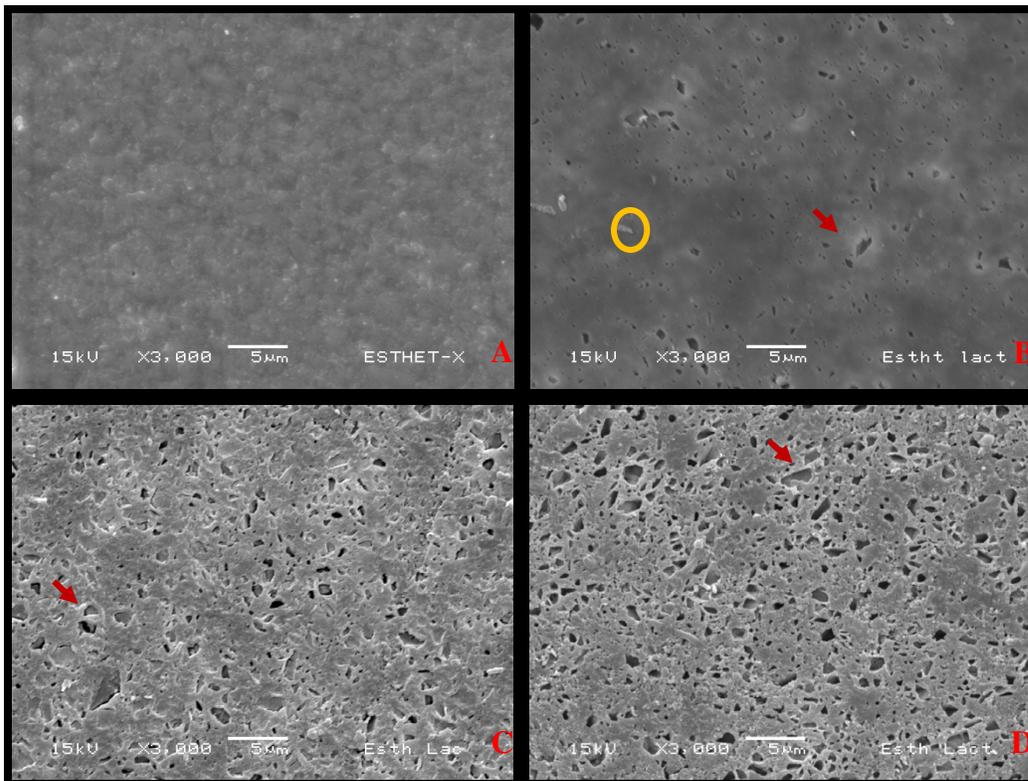


Figura 40 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Esthet-X após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A superfície da resina composta Esthet-X armazenada em solução tampão lactato nos diferentes tempos de avaliação está ilustrada pela figura 40 A,B,C,D. Previamente à imersão (A - Controle) a superfície do material está homogênea e a morfologia da partícula de carga unida à matriz orgânica é visível. Após 15 dias de imersão (B) inicia-se o processo de degradação química da matriz orgânica e aparecem as porosidades na superfície. Aos 90 (C) e 180 dias de imersão (D), a degradação da matriz orgânica se intensificou gradualmente dentro dos respectivos períodos e superfície apresentou-se está totalmente porosa.

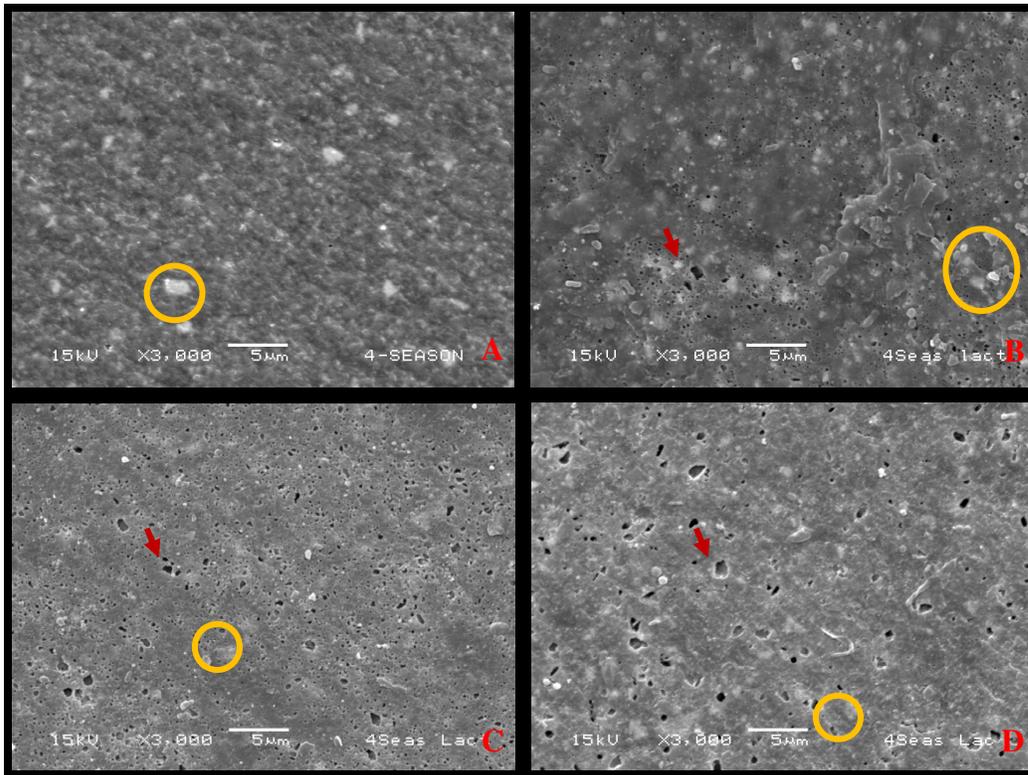


Figura 41 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta 4 Season após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa e os círculos em amarelo elucidam as partículas de carga.

A superfície do compósito de resina 4 Season imerso em solução lactado armazenado nos diferentes tempos de imersão está ilustrado pela figura 41 A,B,C,D. Inicialmente (A - Controle), a superfície já mostra sinais de irregularidade e apresenta partículas de carga extruídas da matriz orgânica. Após 15 dias de imersão(B), o aspecto poroso aparece, assim como o afloramento das partículas de carga sobre a superfície. Aos 90 (C) e 180 dias (D) de imersão, os sinais de degradação se tornam mais evidentes pela presença intensa das porosidades.

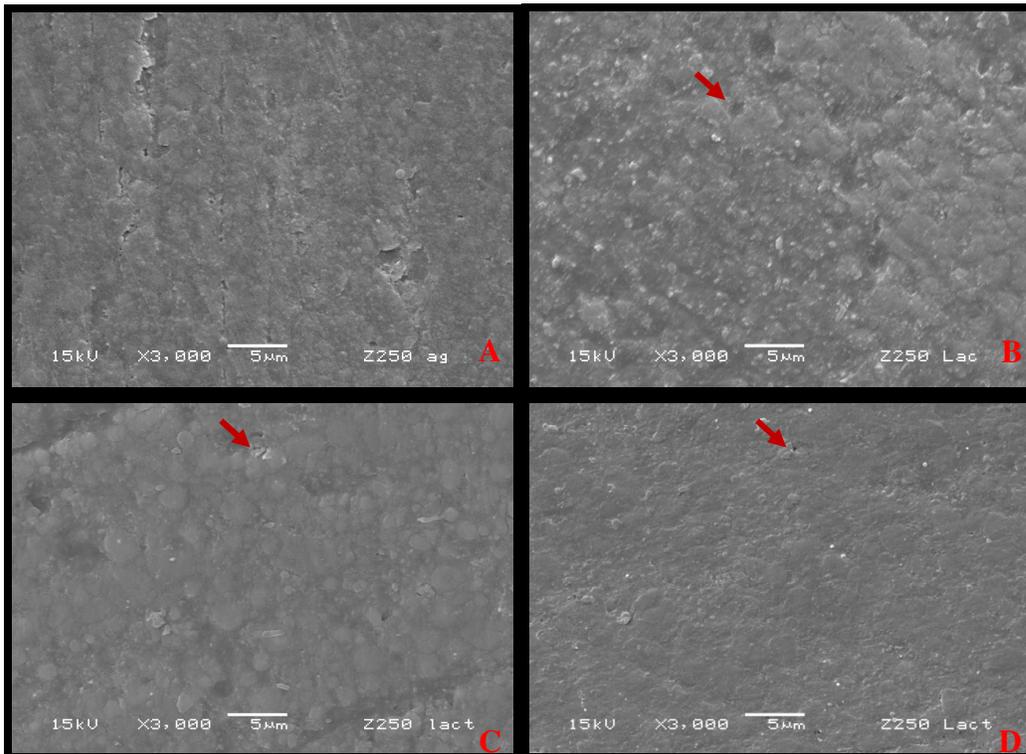


Figura 42 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z250 após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A superfície da resina composta Z250 imersa em solução tampão lactato para os diferentes períodos de avaliação está ilustrada pela figura 42 A,B,C,D. Previamente à imersão na solução (A - Controle) a superfície da resina composta está homogênea. Após 15 (B), 90 (C) e 180 dias (D) de armazenamento, a superfície aparenta mais irregular. Nos três períodos avaliados ocorrem pequenas rupturas na matriz orgânica.

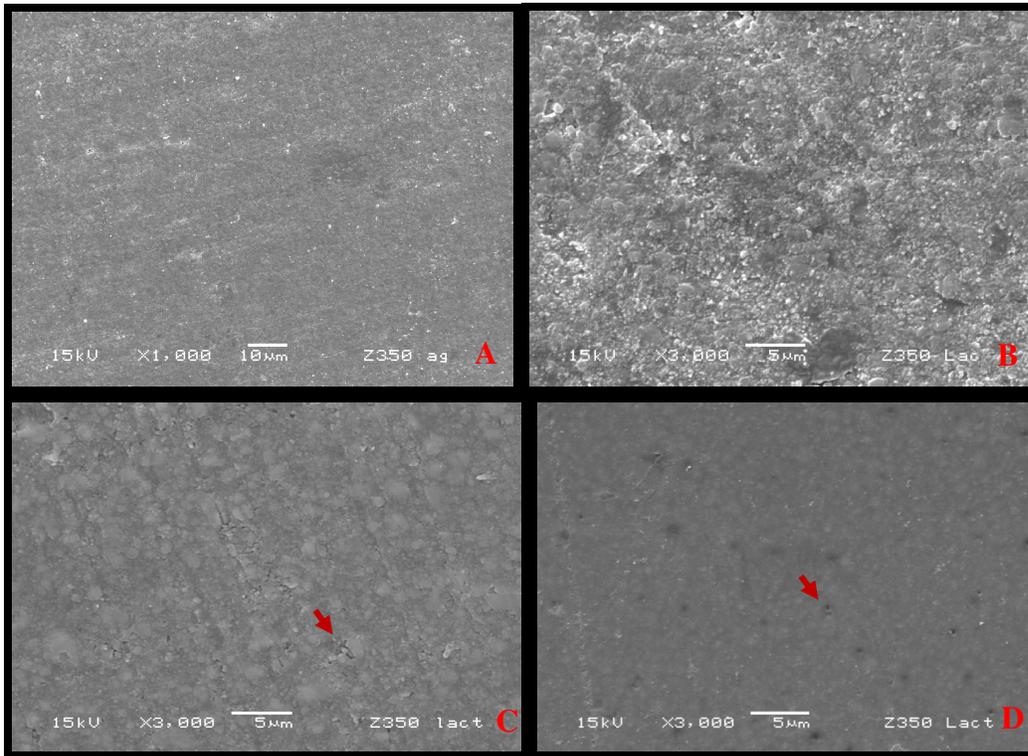


Figura 43 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta Z350 após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A figura 43 A,B,C,D ilustra a superfície do compósito de resina Z350 armazenado em solução tampão de lactato para os diferentes tempos de avaliação. Inicialmente (A - Controle) o material apresenta-se homogêneo e com aspecto morfológico sólido. Após 15 dias (B) de imersão a alteração na morfologia é evidente, na qual a superfície aparenta ter sido desarrumada. Em 90 (C) e 180 dias (D) de imersão, é possível identificar micro-rupturas da matriz, mas é visível a união das partículas de carga com a matriz orgânica.

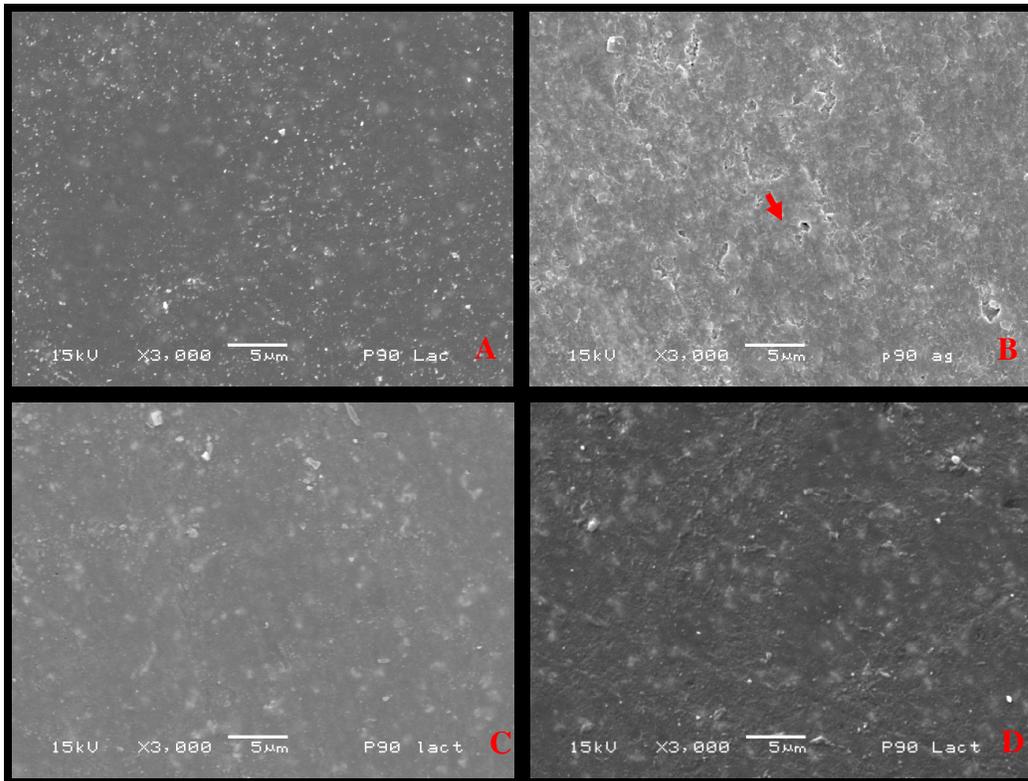


Figura 44 – Fotografias em MEV (aumento de 3.000X) da resina composta P90 após os períodos de imersão em Solução tampão lactato. (A) superfície da resina composta (controle); (B) após 15 dias de imersão; (C) ilustra a superfície após 90 dias de imersão e (D) mostra a superfície da resina composta após 180 dias de imersão. As setas vermelhas exemplificam a ruptura da continuidade da matriz resinosa.

A superfície do compósito de resina P90 imerso em solução tampão lactato para os diferentes períodos de avaliação está ilustrado pela figura 44 A,B,C,D. Previamente à imersão (A - Controle) a superfície da resina composta está homogênea envolvendo as partículas de carga soltas. Após 15 dias de imersão (B), a superfície exibe de áreas rompidas e irregularidades. Aos 90 dias de imersão (C) a superfície parece vitrificada e deixando transparecer as partículas de carga de maneira mais evidente. Após 180 dias de imersão (D) as partículas de carga permanecem unidas à matriz orgânica.

6 DISCUSSÃO

O sucesso clínico em longo prazo das restaurações diretas de resina composta depende da sua estabilidade no ambiente bucal. As interferências químicas exercem um papel fundamental no processo de degradação superficial em que os materiais restauradores resinosos são submetidos (Yap *et al.*,2003). Um dos indícios da degradação química é a alteração na textura da superfície, que pode ser mensurada pelo teste de rugosidade (Lee *et al.*,2005; Wu *et al.*1984).

Os resultados encontrados na presente pesquisa revelaram alterações morfológicas na superfície das diferentes resinas compostas ao serem expostas durante seis meses às substâncias ácidas e alcoólica ingeridas na dieta diária.

No grupo controle (água) os resultados mostraram que as resinas compostas Charisma, Opallis e 4 Season apresentaram aumento gradativo significativo no valor da rugosidade de superfície até o período de 180 dias. Já as demais resinas compostas avaliadas (Esthet-X, Z250, Z350 e P90) quando imersas em água apresentaram aumento significativo e gradativo até o período de 90 dias não alterando os valores de rugosidade de maneira significativa para o período de 180 dias ($p>0,05$). Na comparação da rugosidade de superfície inicial, os valores obtidos para as resinas compostas P90 e Z350 foram inferiores e estatisticamente diferentes em relação às resinas compostas Charisma, Opallis, Esthet-X, 4 Season e Z250. Corroborando com Moraes *et al.* (2008) que encontraram resultados semelhantes ao deste estudo quando relataram não haver diferenças estatisticamente significativas entre os valores da rugosidade de superfície das resinas compostas Z250 e Charisma na comparação inicial e após imersão pelo período de 180 dias em água destilada. Já a resina composta Opallis foi a que apresentou os maiores valores de rugosidade de superfície estatisticamente significativos em comparação com as resinas compostas estudadas para todos os períodos de avaliação. Valinoti *et al.*, 2008 também relataram maiores valores de rugosidade superficial para a resina composta

Opallis quando comparada com a resina composta Supreme que possui composição similar à da resina composta Z350, e esta condição nos valores de rugosidade de superfície se manteve após a ciclagem de pH.

Dentre as resinas compostas avaliadas, as marcas comerciais Charisma, Opallis, Esthet-X, 4 Season utilizam vidro de bário como principal elemento constituinte da partícula inorgânica, cujo tamanho médio está entre 05 a 0,7 μm . Além disso, a matriz orgânica é composta principalmente pelo Bis-GMA. Com todas estas características semelhantes, o resultado de rugosidade inicial não foi diferente estatisticamente quando comparado às resinas compostas Charisma, Opallis, Esthet-X e 4 Season. No entanto, a resina composta Opallis apresentou valores de rugosidade inicial superior e estatisticamente diferente em relação a esse grupo de resinas compostas. Provavelmente, o mesmo procedimento de acabamento e polimento feito na superfície dos corpos-de-prova de todas as resinas compostas tenha produzido maior desestruturação na matriz e partícula inorgânica da resina composta Opallis, resultando em maior alteração na superfície e, conseqüentemente, na rugosidade. No período inicial, a análise morfológica da superfície da resina composta Opallis (figura 11) foi possível constatar a presença de sulcos mais acentuados (Figura 13). No mesmo período, as resinas compostas Charisma e Esthet-X apresentaram morfologia mais uniforme (figuras 10, 12). Para as resinas compostas Z250, Z350 e P90, a análise morfológica revelou aspecto mais coeso e uniforme da superfície, apesar das pequenas rupturas na continuidade da matriz orgânica. Este aspecto morfológico se repetiu em todos os períodos avaliados (Figuras 14,15,16) e pode ser esclarecido pela presença de partículas esféricas que promovem menor rugosidade de superfície em comparação com as partículas irregulares (Sabbagh *et al.* 2004).

Soderholm (1984) expôs que as partículas de carga oriundas do bário (Charisma, Opallis, Esthet-X e 4 Season) perdem mais o silício que as partículas de carga constituída pelo quartzo, apresentando conseqüentemente maior

degradação hidrolítica. Dessa forma, a resina composta P90 que é formada por partículas de quartzo, com tamanho médio similar às partículas de bário integrantes da composição das resinas compostas Charisma, Opallis, Esthet-X e 4 Season apresentou menor índice de rugosidade na superfície em todos os períodos avaliados após imersão em água destilada. A diferença no desempenho da resina composta P90 também pode ser creditada a presença dos monômeros siloxanos e oxiranos que compõem a matriz orgânica e tem característica hidrofóbica. De acordo com Palin *et al.*(2005), as resinas compostas à base de silorano são mais resistentes à ação hidrolítica do meio quando comparada às resinas com monômeros da família do metacrilato.

Provavelmente, a ação da água na superfície da resina composta estabelece o processo de degradação química pela hidrólise da união entre o silano e a superfície da carga contida no compósito. Como consequência, a partícula de carga que fica solta pode ser deslocada pelos processos mecânicos e fisiológicos a que restauração está sujeita no meio bucal, deixa a superfície mais rugosa, conforme os valores registrados neste estudo *in vitro* e aquele relatado previamente por Mosner *et al.*(2006).

A degradação hidrolítica pode ser explicada pela reação auto-catalítica da água com o agente de cobertura das partículas de carga (R -Si-O-Si-R) que possui um radical pendente chamado silanol (SiOH). Por meio deste radical é possível a união da partícula de carga com a matriz orgânica da resina composta. De acordo com a reação catalítica, a polaridade natural da água é capaz de quebrar a união (R -Si-O-Si-R) pela ligação do átomo de oxigênio da água com o silício. No momento que ocorre esta união, o silício é deslocado, ocasionando a hidrólise iônica e degradação hidrolítica na superfície das partículas de carga. Essa degradação depende da qualidade da união das partículas de carga com o agente de cobertura (silano), conforme explicou Yoshida *et al.*,(2002).

A degradação química age também sobre a matriz orgânica das resinas

compostas devido à heterogeneidade natural do processo de polimerização dos monômeros à base de metacrilato (Sideridou & Achilias, 2005). Durante a polimerização os monômeros multifuncionais formam regiões de microgéis e de microporos localizadas entre as ligações cruzadas próximas aos terminais pendentes das ligações duplas de carbono. Os monômeros não reagidos estão localizados nessas regiões formando um aglomerado de monômeros residuais (Anseth *et al.*, 1996). Quando a água penetra na matriz orgânica e expande os espaços entre as ligações cruzadas dos polímeros, ocasiona mudanças na massa e nas dimensões do polímero. Os monômeros residuais são solubilizados pela solução solvente e podem ser deslocados da massa do polímero. Desta maneira, ambos os processos de expansão e lixiviação são ocasionados pela difusão da água para o interior do polímero. É relatado que os monômeros presos na região de microporos são mais susceptíveis a lixiviação do que os retidos nos microgéis. Assim, o deslocamento dos monômeros pode ser afetado não somente pela quantidade de monômeros residuais, como também pela distribuição dos monômeros no interior do polímero formado (Simon *et al.*, 1989; Anseth *et al.*, 1996).

Esse processo de degradação química pode ser intensificado com o tempo de exposição à solução (Gopferich,1996; Nihei *et al.*,2002; Powers & Fa,1980). Para avaliar o efeito clínico do tempo de exposição de determinadas soluções sobre as restaurações de resina composta foi realizado algumas projeções de acordo com o protocolo de Von Fraunhofer (2004). Baseado no consumo de dois litros de água divididos em 8 copos (250 ml cada) por dia e tempo residente na boca de 20 segundos, a exposição seria igual 10 horas por mês (Vianna, 2010). O contato direto por 24 horas durante 30 dias seria o equivalente a 720 horas de exposição. Na presente pesquisa, as resinas compostas ficaram expostas nas soluções de armazenamento por um período de 180 dias o equivalente a um consumo diário aproximado de três anos, período razoável para avaliar a degradação química das restaurações de resina composta

presentes na cavidade bucal.

A degradação química ocorreu em água que apresenta um pH neutro (5,30), porém quando as resinas compostas estão em contato com solução mais ácida (pH 2,74 solução tampão lactato) o processo de degradação química foi intensificado para as resinas compostas Opallis e Esthet-X (Tabela 4). De acordo com Zero (1996), o pH é o fator de maior relevância ao determinar o potencial erosivo de uma solução. Além disso, Shabonian & Richards & (2002), relataram que quanto mais baixo for o pH de uma solução mais danos trará ao desempenho mecânico das resinas compostas. O efeito erosivo da solução tampão lactato nestas resinas compostas (Opallis e Esthet-X) pode ser elucidado pela hidrólise dos grupos éster presente na matriz orgânica responsáveis pela união do Bis-fenol A aos grupos metacrilatos. Em particular a hidrólise dos grupos éster poderia iniciar a formação de ácidos carboxílicos livres que podem diminuir os valores de pH no interior do polímero e intensificar a degradação hidrolítica. (Santere *et al.*,2001; Prakki *et al.*, 2005). Já a resina composta P90 que não apresenta em sua composição grupos éster apresentou melhor desempenho quando imersa nas soluções ácidas. Contrariamente, Munack *et al.*(2001) relataram que nem a acidez e o tempo de armazenamento influenciaram na rugosidade superficial de diferentes resinas compostas modificadas por poliácido após o período de um ano de armazenamento. Como estes autores efetuaram a troca das soluções semanalmente, a acidez da solução diminuiu e conseqüentemente foi reduzido seu potencial erosivo. Neste estudo, as trocas das soluções ocorreram diariamente. Com isso, o pH das soluções foram mantidos e também a potencialidade para degradação, conforme explicou Owens & Kitchens (2007).

No presente estudo, as resinas compostas Filtek Z350, Z250, P90 e Charisma não apresentaram alterações nos valores de rugosidade de superfície para as diferentes soluções avaliadas (tabela 4). A mesma situação foi descrita por Bargheri *et al.*(2007), no qual observaram a resina composta Filtek Supreme mostrou o mesmo comportamento morfológico de superfície quando imersa em solução tampão de lactato e água que pode ser comparada com a Filtek Z350

usada neste estudo. Ambas as resinas compostas são constituídas por partículas de carga a base de zircônia e sílica dentro da escala nanométrica. Desta forma, são mais reativas superficialmente e isto favorece a união com o agente de cobertura e, conseqüentemente, aumenta a resistência à degradação (Shabani & Richards, 2003). A resina composta Z250 apresenta matriz orgânica com base no BisEMA que é um monômero de alto peso molecular e mais resistente a degradação pois não apresenta os terminais (OH) que são susceptíveis a absorção e solubilidade (Ferracane, 2006). A resina composta P90 apresenta um sistema de monômero siloxano e oxiranos que não pertencem à família dos metacrilatos e que apresentam característica hidrófoba garantindo ao material maior estabilidade hidrolítica (Palin *et al.*, 2005; Weinmann, Thalacker & Guggenberger, 2005; Ilie & Hickel, 2009). Já a resina composta Charisma possui matriz orgânica a base de BisGMA associada ao monômero diluente TEGDMA que são altamente solúveis (Ferracane, 2006). Além disso, a resina composta Charisma apresenta partículas de formato irregular que podem contribuir para o aumento de rugosidade, para todas as soluções testadas (Sabbagh *et al.* 2004).

Quando as resinas compostas foram armazenadas em Coca-cola® (pH 2,73) e suco de laranja (3,68) os danos causados na superfície destes materiais foram similares ao grupo controle (água). Isto confirma os resultados encontrados por Hughes *et al.*(2000), que não observaram diferenças no padrão de erosão quando compararam o efeito do suco de laranja e a água. E também Franciscone *et al.* (2008) observaram que a resina composta Z250 não apresentou diferenças estatisticamente significativas nos valores de rugosidade de superfície quando armazenada em água ou coca-cola classic®.

A solução alcoólica (vinho tinto pH 3,68) foi capaz de ocasionar degradação química no polímero mais intensificada para a resina composta 4Season. Esta resina composta provavelmente possui concentrações mais elevadas de TEGDMA o que a torna mais sensível a ação do álcool, como mostrou Schwartz & Soderholm (2004). Além disso, o BisGMA é altamente susceptível a absorção e solubilidade quando em contato com o álcool presente

no vinho, ocasionando plastificação da matriz orgânica e conseqüentemente menor resistência a degradação (Yap, 2003; Sarret, *et al.*, 2000). Na análise da morfologia da superfície das resinas compostas armazenadas em vinho tinto foi observado partículas de carga expostas e extruídas pelo processo de degradação química, nos casos da Opallis, Esthet-X, 4 Season e Z250 (Figuras 18, 19, 20 e 21). Ou ainda, depois da degradação química as partículas de carga foram deslocadas deixando espaços vazios que tornaram a superfície da resina mais porosa, como observada nas resinas compostas Charisma, Opallis, Esthet-X, 4 Season e Z250 (Figuras 17, 18, 19, 20 e 21).

Foi possível constatar que as soluções que aumentaram os valores de rugosidade superficial de algumas resinas compostas foram a solução tampão lactato (Esthet-X e Opallis) e o vinho tinto (4Season). Com relação ao material, as resinas compostas Z350 e P90 mostraram melhores resultados tanto nos valores de rugosidade superficial quanto na análise da morfologia superficial para as diferentes soluções e períodos de avaliação. Isto mostra que a rugosidade da superfície e a degradação química são dependentes da composição das resinas compostas, conforme observou Yazici *et al.* (2010). Clinicamente os efeitos das soluções ácidas e alcoólica nas resinas compostas podem ser diferentes. O intercâmbio dos componentes das soluções interagindo com os componentes ativos de outros produtos da dieta e da higiene bucal, pode interferir na degradação química das resinas compostas. Outros estudos devem ser realizados para avaliar esses parâmetros, fazendo associações de agentes que podem ser agressores aos materiais restauradores diretos, tentando similar a condição do meio bucal.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados neste estudo pode-se concluir que:

1. As superfícies das resinas compostas Charisma, Esthet-X, Opallis e 4Season apresentaram valores de rugosidade estatisticamente diferentes e superiores em relação aos compósitos Filtek Z250, Z 350 e P90, em todos os tempos de imersão estudados.
2. A alteração morfológica da superfície das resinas compostas Charisma, Esthet-X, Opallis e 4Season foi mais acentuada que na superfície das resinas compostas Filtek Z250, Z 350 e P90 após imersão em soluções ácidas e alcoólica. Quanto maior o tempo de exposição maior a degradação química da superfície da resina composta.
3. A solução tampão lactato foi mais agressivas na ação erosiva das superfícies das resinas compostas com base no monômero Bis-GMA e nas partículas de carga boro-alumínio-silicato (Esthet-X e Opallis). E a solução de vinho tinto causou aumento significativo de rugosidade para a resina composta 4Season, enquanto que as resinas compostas à base de silorano e quartzo (P90) e Bis-EMA (Z350) foram mais resistentes a ação das soluções ácidas e alcoólica, qualquer que seja o tipo e tamanho da partícula de carga usada como reforço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anseth KS, Anderson KJ, Bowman CN. Radical concentrations, environments, and reactivities during crosslinking polymerizations. *Macromol. Chem. Phys.* 1996; 197(3): 833-48.
2. Bagheri R, Tyas MJ, Burrow MF. Comparison of the effect of storage media on hardness and shear punch strength of tooth-colored restorative materials. *Am J Dent.* 2007; 20(5): 329-34.
3. Coombes JS. Sports drinks and dental erosion. *Am J Dent.* 2005; 18(2): 101-4.
4. de Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *J Prosthodont.* 2008; 17(4):323-6.
5. Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* 1994; 21(4): 441-52.
6. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22(3): 211-22.
7. Francisconi LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent.* 2008; 33(2): 203-8.
8. Freund M, Munksgaard EC. Enzymatic degradation of BISGMA/TEGDMA-polymers causing decreased microhardness and greater wear *in vitro*. *Scand J Dent Res.* 1990; 98(4): 351-5.
9. Göpferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials.* 1996; 17(2): 103-14.
10. Hughes JA, West NX, Parker DM, van den Braak MH, Addy M. Effects of pH and concentration of citric, malic and lactic acids on enamel, *in vitro*. *J Dent.* 2000; 28(2): 147-52.
11. Ilie N, Hickel R. Macro-, micro- and nano-mechanical investigations on silorane and methacrylate-based composites. *Dent Mater.* 2009; 25(6): 810-9.

12. Jensdottir T, Bardow A, Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential *in vitro*. J Dent. 2005; 33(7): 569-75.
13. Lee YK, Lu H, Oguri M, Powers JM. Changes in gloss after simulated generalized wear of composite resins. J Prosthet Dent. 2005; 94(4): 370-6.
14. Moszner N, Fischer UK, Angermann J, Rheinberger V. Bis-(acrylamide)s as new cross-linkers for resin-based composite restoratives. Dent Mater. 2006; 22(12): 1157-62.
15. Munack J, Haubert H, Dogan S, Geurtsen W. Effects of various storage media on surface hardness and structure of four polyacid-modified composite resins ("compomers"). Clin Oral Investig. 2001; 5(4): 254-9.
16. Nicholson JW, Amiri MA. The interaction of dental cements with aqueous solutions of varying pH. J Mater Sci Mater Med. 1998; 9(10): 549-54.
17. Nihei T, Kurata S, Kondo Y, Umemoto K, Yoshino N, Teranaka T. Enhanced hydrolytic stability of dental composites by use of fluoroalkyltrimethoxysilanes. J Dent Res. 2002; 81(7): 482-6.
18. Owens BM, Kitchens M. The erosive potential of soft drinks on enamel surface substrate: an *in vitro* scanning electron microscopy investigation. J Contemp Dent Pract. 2007; 8(7): 11-20.
19. Palin WM, Fleming GJ. Low-shrink monomers for dental restorations. Dent Update. 2003; 30(3): 118-22.
20. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. Dent Mater. 2005; 21(9): 852-63.
21. Powers JM, Fan PL. Erosion of composite resins. J Dent Res. 1980; 59(5): 815-9.
22. Prakki A, Cilli R, Mondelli RF, Kalachandra S, Pereira JC. Influence of pH environment on polymer based dental material properties. J Dent. 2005; 33(2): 91-8.
23. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. Dent Clin North Am. 2007; 51(3): 659-75.
24. Rodrigues A. Indústria de bebidas prevê crescer até 10% este ano. Jornal Estadão. 2010; Disponível em: www.estadao.com.br. Acesso fev. 2010.

25. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent.* 2002; 87(4): 364-79.
26. Sabbagh J, Ryelandt L, Bachérius L, Biebuyck JJ, Vreven J, Lambrechts P, Leloup G. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *J Oral Rehabil.* 2004; 31(11):1090-101.
27. Sarrett DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dent Mater.* 2000; 16(1): 62-7
28. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2001;12(2): 136-51.
29. Schwartz JI, Söderholm KJ. Effects of filler size, water, and alcohol on hardness and laboratory wear of dental composites. *Acta Odontol Scand.* 2004; 62(2): 102-6.
30. Shabaniyan M, Richards LC. *In vitro* wear rates of materials under different loads and varying pH. *J Prosthet Dent.* 2002; 87(6): 650-6.
31. Sideridou ID, Achilias DS. Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, and Bis-EMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005; 74(1): 617-26.
32. Simon GP, Allen PEM, Bennett DJ, Williams DRG, Williams EH. Nature of residual unsaturation during cure of dimethacrylates examined by CPPEMAS carbon-13 NMR and simulation using a kinetic gelation model. *Macromolecules.* 1989; 22(9): 3555–3561.
33. Soares LE, Cesar IC, Santos CG, De Cardoso AL, Liporoni PC, Munin E, Martin AA. Influence of coffee on reflectance and chemistry of resin composite protected by surface sealant. *Am J Dent.* 2007; 20(5): 299-304.
34. Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res.* 1984; 63(10): 1248-54.
35. Tahmassebi JF, Duggal MS, Malik-Kotru G, Curzon ME. Soft drinks and dental health: a review of the current literature. *J Dent.* 2005; 34(1): 2-11.
36. Teixeira AM, Pinto PE, Jantzen MM, Ferri VC. Legislação e rotulação de vinhos finos tintos comercializados na cidade de Pelotas – RS. *Rev. Bras. Agrociência.* 2007; 13(1): 119-21.

37. Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues AL Jr. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(9): 864-71.
38. Vianna M.. *Jornal o globo.* Água e boa alimentação são fundamentais para quem quer ter boa energia no carnaval. 2010; disponível em: WWW.jornaloglobo.com.br. Acesso fev. 2010.
39. Valinoti AC, Neves BG, da Silva EM, Maia LC. Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. *J Appl Oral Sci.* 2008; 16(4): 257-65.
40. Von Fraunhofer JA, Rogers MM. Dissolution of dental enamel in soft drinks. *Gen Dent.* 2004; 52(4): 308-12.
41. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996; 104(2): 162-77.
42. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005; 21(1): 68-74.
43. West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids *in vitro*. *J Oral Rehabil.* 2001; 28(9): 860-4.
44. Wu W, McKinney JE. Influence of chemicals on wear of dental composites. *J Dent Res.* 1982; 61(10): 1180-3.
45. Wu W, Toth EE, Moffa JF, Ellison JÁ. Subsurface damage layer of *in vivo* worn dental composite restorations. *J Dent Res.* 1984; 63(5): 675-80.
46. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil.* 2001; 28(11): 1015-21.
47. Yap AU, Wattanapayungkul P, Chung SM. Influence of the polymerization process on composite resistance to chemical degradation by food-simulating liquids. *Oper Dent.* 2003; 28(6): 723-7.
48. Yoshida Y, Shirai K, Nakayama Y, Itoh M, Okazaki M, Shintani H, Inoue S, Lambrechts P, Vanherle G, Van Meerbeek B. Improved Filler-Matrix Coupling in Resin Composites. *J Dent Res.* 2002; 81(4): 270-273.

49. Yazici AR, Tuncer D, Antonson S, Onen A, Kilinc E. Effects of delayed finishing/polishing on surface roughness, hardness and gloss of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Dent.* 2010 Jan; 4(1): 50-6.