



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Raphael Vieira Monte Alto

Caracterização de sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão

Rio de Janeiro

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Raphael Vieira Monte Alto

Caracterização de sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão.



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda

Rio de Janeiro

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

M764 Monte Alto, Raphael Vieira.
Caracterização de sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão / Raphael Vieira Monte Alto. – 2009.
84 f.

Orientador: Mauro Sayão de Miranda.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Cerâmica odontológica. 2. Microscopia eletrônica de varredura. 3. Óxido de alumínio. 4. Microestrutura. 5. Materiais dentários. I. Miranda, Mauro Sayão de. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. III. Título.

CDU
616.314

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

Assinatura

Data

Raphael Vieira Monte Alto

Caracterização de sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Aprovada em 30 de janeiro de 2009.

Orientador:

Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda
Faculdade de Odontologia da UERJ

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Katia Regina Hostilio Cervantes Dias
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Hélio Rodrigues Sampaio Filho
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Ivo Carlos Corrêa
Faculdade de Odontologia da UFRJ

Prof. Dr. Alexandre de Araújo Lima Barcellos
Faculdade de Odontologia da UFF

Prof. Dr. Eduardo Batitucci
Departamento de Prótese Dentária da UFES

Rio de Janeiro

2009

DEDICATÓRIA

À **Camille**, minha namorada, esposa, amiga, amante; MINHA VIDA! Essa conquista é nossa!

Ao meu pai, **Raul**, pelo exemplo de pai, homem e profissional. O grande responsável pela minha escolha da odontologia e da vida acadêmica.

À minha mãe, **Therezinha**, pelos ensinamentos de caridade e humanidade, pelo amor e apoio incondicionais em todas as etapas da minha vida.

Às minhas irmãs e “irmãos” **Juliana, Marquinho, Joana e Duda**, por apenas existirem em minha vida.

Às minhas avós, **Maria de Lourdes e Haydée**.

À minha sobrinha **Isabela**, seu sorriso é fonte de inesgotável energia.

Vocês são a minha vida!!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **DEUS** por tudo que acontece e aconteceu em minha vida.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda**, pelo apoio, pela confiança, pelas respostas rápidas, pela objetividade, e principalmente, por sempre acreditar nas minhas “idéias”.

À **Professora Dra. Kátia Regina Cervante Dias**, pela amizade e confiança constantes, e principalmente pelas oportunidades que me deu.

Aos Professores do FOUERJ, **Antônio Monnerat, Carlos Eduardo Sabrosa, Helio Rodrigues Sampaio, Nilda, Ricardo Herzog, Rogério Mussel**, pela oportunidade do agradável convívio.

Ao meu padrinho, “**Toninho**”, por sempre acreditar em mim e ter me dado tantas oportunidades.

Aos meus GRANDES amigos **Glauco Botelho e Gustavo Santos**, que fizeram das travessias e engarrafamentos da ponte um momento de diversão e descontração.

Aos amigos **Rafael Andreiolo e Edgard Belladona**, pelo apoio real na confecção do trabalho escrito.

Ao **Prof. Dr. Carlos Eduardo Fellows**, pela ajuda e apoio na seleção para o Doutorado.

A minha prima **Professora Dra, Andréa Monte Alto Costa**, exemplo de docente e pesquisadora, pela torcida e motivação em todos os momentos do curso.

À **Professora Renata Nunes Jardim** e em especial ao Coordenador **José Mocarzel Filho** da Universidade Salgado de Oliveira. Sem a compreensão de vocês teria que me transformar em dois!

Aos Professores da Disciplina de Dentística da Universidade Federal Fluminense, minha primeira casa acadêmica onde tive grande parte da minha formação: **Prof. Dr. Eduardo Moreira da Silva, Prof. Dr. Alexandre de Lima Barcellos, Prof. Dr. José Guilherme Antunes Guimarães, Prof. Dra. Laiza Tathiana Poskus, Prof. Dr. Glauco Botelho dos Santos, Prof. Fernando Paragó, Prof. Jaime Noronha.**

Aos amigos de turma e todos os amigos da pós-graduação pela amizade e convívio desses anos.

Aos funcionários da Pós-Graduação, **Denise, Antonio e Jose Carlos**, pela presteza em ajudar sempre.

Ao **Prof.Dr.Renato Bastos Guimarães**, do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense, por toda a ajuda e disponibilidade na utilização do difratômetro por RX.

Ao **Prof. Dr. Mário Lima de Alencastro Graça**, do Centro Técnico Aeroespacial, Instituto de Aeronáutica e espaço, divisão de Materiais, pela ajuda, receptividade e atenção no auxílio da observação dos espécimes em MEV.

Ao Prof. Dr. **Sidnei Paciornik**, pela realização imediata da análise digital das imagens.

À minha fiel escudeira, **Lúcia**, sempre dando um jeito nos meus horários do consultório.

À **Profa. Ana Márcia** pela ajuda na correção do português.

Ao Laboratório de Prótese **JOÃO EMÍDIO**, em especial à TPD "**Carminha**", pelo esmero na confecção dos corpos de prova.

Às empresas **ANGELUS, WILCOS, e CELMAT** por terem cedido os materiais para o trabalho.

RESUMO

MONTE ALTO, Raphael Vieira. **Caracterização de sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão.** 2008. 84f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, 2008.

Objetivo: O objetivo do trabalho foi caracterizar e comparar sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados por vidro, por meio de difração por RX, microscopia eletrônica de varredura e resistência à flexão uniaxial em três pontos. Os sistemas cerâmicos utilizados foram: (IC)- In-Ceram Alumina (VITA), (VC)- Vitro-Ceram (Angelus) e (AG)- Alglass (Celmat). A fase cristalina de cada material foi identificada por meio de difração por RX. Dez espécimes em forma de barra (25X4X1,2±0,1) de cada material foram produzidos seguindo as instruções do fabricante de acordo com a ISO 6872. Os espécimes foram levados em uma máquina de ensaio universal para avaliação da resistência à flexão em três pontos, com carga de 500Kgf, velocidade de 0,5mm/min e distância entre os apoios de 15mm. Os dados foram submetidos a análise estatística ANOVA ($p < 0,01$). Os espécimes fraturados foram observados no MEV em diversas condições: superfície jateada, superfície polida, superfície fraturada e alumina sem infiltração.

Resultados: Foi identificada uma segunda fase cristalina de zircônia dopada com Ítrio no VC. Os valores médios de resistência à flexão foram (MPa): VC (483±38,3)= IC (456,6±29,4) > AG(263,8±37,8) (nível de 1% de significância). A micromorfologia dos sistemas apresentou características bem distintas, com diferenças em relação ao tamanho e distribuição das partículas de alumina e capacidade de molhamento do vidro de infiltração. A análise da fratura demonstrou comportamento semelhante contornando a maioria dos grãos de alumina e atravessando outros.

Conclusões: 1 - O sistema Vitro-Ceram apresenta uma segunda fase cristalina composta por Zircônia dopada por Ítrio enquanto que os sistemas Alglass In-Ceram apresentam apenas Alumina na sua fase cristalina. 2 - Os sistemas In-Ceram e Vitro-Ceram apresentaram valores de resistência à flexão estatisticamente semelhante entre si e maiores que o Alglass. 3 - O sistema Alglass apresentou diversas áreas sem infiltração por vidro, o que pode estar relacionado com resultados mecânicos inferiores. 4 - A propagação da fratura se dá do mesmo modo nos três sistemas, percorrendo preferencialmente pela fase vítrea e, eventualmente, atravessando uma partícula de alumina.

Palavras-chave: Cerâmicas. Microscopia eletrônica de varredura. Óxido de alumínio. Microestrutura. Materiais dentários.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to characterize and compare glass-infused alumina-based ceramic systems by using X-Ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM) and flexural strength with a three-point bending test. The ceramic systems used were: (IC)- In-Ceram Alumina (VITA), (VC)- Vitro-Ceram (Angelus) and (AG)- Alglass (Celmat). The crystalline phase of each material was identified through X-Ray diffraction. Ten bar specimens ($25 \times 4 \times 1,2 \pm 0,1$) of each material were produced following the manufacturer's instructions according to ISO 6872. The specimens were taken to a universal testing machine to evaluate flexural strength with a three-point bending test, with a constant load of 500Kgf, crosshead speed of 0,5mm/min and a 15mm distance between supports. The data was submitted to ANOVA ($p < 0,01$) statistical analysis. The fractured specimens underwent SEM analysis in different conditions: sandblasted surface, polished surface, fractured surface and alumina without infiltration. **Results:** a second crystalline phase of yttrium-stabilized zirconia was identified in VC. Mean values of flexural strength were (MPa): VC ($483 \pm 38,3$) = IC ($456,6 \pm 29,4$) > AG ($263,8 \pm 37,8$). The micro morphology presented distinct characteristics for each system, with differences in relation to size and distribution of the alumina particles, and the ability of glass infiltration. Fracture analysis showed similar behavior contouring most alumina particles and though others. **Conclusions:** 1 – Vitro-Ceram system presents a second crystalline phase composed of yttrium-stabilized zirconia while Alglass and In-Ceram presented only alumina in their crystalline phase. 2 – In-Ceram and Vitro-Ceram systems presented higher flexural strength values than Alglass and statistically similar between them. 3 – Alglass system presented several areas where glass infiltration did not occur, which might explain its worse mechanical results. 4 – The mode of crack propagation showed to be similar in all three systems, being most frequently observed through the glassy phase and sometimes though an alumina particle.

Keywords: Ceramics. Scanning electron microscopy. Aluminium oxide. Microstructure. Dental materials.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Marcas comerciais, fabricantes, classificação e composição básica de diversos sistemas cerâmicos.....	23
Quadro 2 -	Lista dos sistemas cerâmicos empregados no trabalho com suas respectivas composições básicas (informações do fabricante).....	32
Quadro 3 -	Largura e espessura de cada corpo de prova para determinação do valor de resistência à flexão.....	35
Quadro 4 -	Comparativo entre os resultados obtidos no atual trabalho trabalhos na literatura.....	55
Quadro 5 -	Influência das medidas na resistência à flexão.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Fotos dos sistemas cerâmicos avaliados (Vitro-Ceram, Alglass e In-Ceram).....	32
Figura 2 –	Difratômetro utilizado para a medida da fase cristalina dos sistemas cerâmicos - D8-Advance.....	33
Figura 3 –	Corpos de prova.....	34
Figura 4 –	Ensaio de flexão uniaxial em três pontos.....	36
Figura 5 –	Foto esquemática demonstrando as áreas avaliadas em MEV.....	38
Figura 6 –	Difratograma da fase cristalina do sistema InCeram.....	39
Figura 7 –	Difratograma da fase cristalina do sistema Vitro-Ceram.....	40
Figura 8 –	Difratograma da fase cristalina do sistema Alglass.....	40
Figura 9 –	Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 50X.....	43
Figura 10 –	Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 500X.....	43
Figura 11 –	Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 2000X.....	44
Figura 12 –	Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 5000X.....	45
Figura 13 –	Fotomicrografias com aumento de 1000X das superfícies jateadas evidenciando porosidades.....	45
Figura 14 –	Fotomicrografia das superfícies polidas com aumento de 60X.....	46
Figura 15 –	Fotomicrografia das superfícies polidas com aumento de 1200X.....	48
Figura 16 –	A – Imagem original; B – Superposição do plano gráfico, em vermelho, demonstrando a qualidade da segmentação para a medida da área pelo KS 400.....	48
Figura 17 –	Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 80X.....	49

Figura 18 – Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 3500X.....	50
Figura 19 – Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 3500X.....	51
Figura 20 – Fotomicrografia da superfície da fratura com aumento de 26X.....	52
Figura 21 – Fotomicrografia da superfície da fratura com aumento de 800X.....	52
Figura 22 – Foto micrografia da alumina sinterizada sem a infiltração por vidro com aumento de 2000X.....	53
Figura 23 – Foto micrografia da alumina sinterizada sem a infiltração por vidro com aumento de 5000X.....	53
Figura 24 – Fotomicrografias comparativas com a literatura.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias, desvios padrão e análise estatística de resistência à flexão(σ_3PT), Módulo de elasticidade(E), Dureza, Densidade e volume da fase de Alumina(%Al ₂ O ₃).....	29
Tabela 2 - Análise de variância da resistência à flexão (P<0,01).....	41
Tabela 3 - Valores, médias e desvios-padrão referentes à resistência à flexão de cada sistema.....	42
Tabela 4 - Valores, médias e desvios-padrão referentes ao percentual de fase cristalina de cada sistema.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS

MPa	Mega Pascal
cm	Centímetro
mm	Milímetro
ISO	International Organization for Standardization
Kgf	Kilograma força
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
µm	Micrômetro
PADI	Processamento e análise digital de imagens
PPF	Prótese Parcial Fixa

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentual
°C	Graus Celsius
°	Graus
Al ₂ O ₃	Óxido de alumínio (Alumina)
N	Newton
Kgf	Kilograma força
ZrO ₃	Óxido de Zircônia
Y-TZP	ZrO ₂ estabilizada com ítria

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	16
1	REVISTA DA LITERATURA	17
1.1	Desenvolvimento dos distemas cerâmicos	17
1.2	Coroas metalo-cerâmicas	17
1.3	Porcelanas reforçadas com óxido de alumínio	18
1.4	Cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro	19
1.5	Propriedades mecânicas das cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro	22
2	PROPOSIÇÃO	30
2.1	Objetivos	30
2.2	Hipóteses nulas	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Materiais	32
3.2	Métodos	33
3.2.1	<u>Identificação da fase cristalina</u>	33
3.2.2	<u>Ensaio de resistência à flexão</u>	34
3.2.3	<u>Análises microestrutural</u>	36
4	RESULTADOS	39
4.1	Análise por difração de raios X	39
4.2	Resistência à flexão	41
4.3	Análise micro estrutural	42
5	DISCUSSÃO	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
7	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE – Fotomicrografias	68
	ANEXO A - Bula Vítro-Ceram	69
	ANEXO B - Bula In-Ceram Alumina	76
	ANEXO C - Bula Alglass	81

INTRODUÇÃO

A satisfação estética assumiu uma importância crescente no conceito de saúde oral da população, estando associada, pela força do *marketing*, ao êxito social e profissional. Nesta perspectiva, as porcelanas odontológicas conseguem um excelente desempenho, devido ao potencial estético, longevidade, além de outras características discutidas mais adiante.

As restaurações metalocerâmicas são amplamente utilizadas na odontologia, tendo como principais vantagens: Estética aceitável¹, excelentes propriedades mecânicas², versatilidade², e principalmente acompanhamento clínico com estudos longitudinais³. No entanto, podemos destacar como principais limitações, a dificuldade de se conseguir adesão ao metal e, principalmente, o comprometimento estético na região cervical devido à cinta metálica muitas vezes aparente.¹

Na tentativa de suprir essas deficiências, o mercado mundial tem desenvolvido materiais totalmente cerâmicos, onde, o casquete metálico é substituído por um casquete cerâmico de cor clara, muitas vezes translúcido e passível de cimentação adesiva.

Dentre os diversos sistemas cerâmicos no mercado, o sistema In-Ceram (VITA, Alemanha) foi o precursor da filosofia de restauração com casquete e porcelana de cobertura, totalmente cerâmica. O sistema apresenta diversos estudos laboratoriais na literatura e tem sua eficiência clínica comprovada por inúmeros trabalhos clínicos longitudinais^{4,5,6}.

Devido ao grande sucesso clínico e laboratorial, e, principalmente, ao término da patente em Abril de 2007⁷, inúmeros sistemas cerâmicos similares têm sido produzidos por outros fabricantes. Por serem recentes, existe pouca informação na literatura sobre o desempenho desses materiais, tornando necessária uma avaliação cuidadosa de suas propriedades químicas, mecânicas e micro estrutural.

1 REVISTA DA LITERATURA

1.1 Desenvolvimento dos sistemas cerâmicos

Historicamente, a cerâmica é o material mais estético e mais utilizado para repor dentes perdidos ou parte deles. Por volta de 1870 Land introduziu a primeira coroa totalmente estética, confeccionada com um tipo de cerâmica feldspática sobre uma lâmina de platina, que apresentava resultados estéticos superiores aqueles obtidos até então. No entanto o material empregado apresentava propriedades mecânicas insuficientes, e por esse motivo fraturavam com freqüência restringindo as indicações clínicas ⁸.

A técnica de sinterização da cerâmica sob vácuo proposta por Vines e Semmelman em 1957⁹ foi um marco no seu aprimoramento, tanto na estética quanto na resistência mecânica, pois o processo reduzia o número e tamanho das bolhas de ar existentes entre as partículas. Entretanto essa melhoria não era suficiente para utilização como sistema único.

Hudson (1959) ¹⁰ relatou que os materiais com boa resistência mecânica são geralmente cristalinos na sua estrutura e por isso opacos. As cerâmicas dentais, que devem ser são translúcidas o suficiente para simular o esmalte dental, são constituídas basicamente por vidro em sua estrutura e conseqüentemente possuem as propriedades físicas mais próximas a esse, explicando assim a dificuldade de se encontrar um material com boas propriedades físicas e estéticas.

Ficava evidente então que a porcelana feldspática necessitava de uma subestrutura de apoio metálica, ou uma subestrutura de cerâmica com mais fase cristalina.

1.2 Coroas metalo-cerâmicas

Em 1962 ¹¹ foi patenteada uma porcelana feldspática, que por apresentar temperatura de sinterização mais baixa, da ordem 1050°C, podia ser aplicada sobre

uma liga de ouro. Esse fato torna-se importante, pois sendo a temperatura de sinterização consideravelmente mais baixa que a de fusão do metal, evitam distorções nas ligas metálicas.

O incremento das propriedades mecânicas proporcionado pela subestrutura metálica, e o desenvolvimento de uma interface confiável entre o metal e a porcelana aumentaram consideravelmente o desempenho clínico das restaurações envolvendo porcelana dental ¹². As restaurações metalocerâmicas tornaram-se então uma possibilidade real.

Surgiram novas opções de subestruturas metálicas como a liga de níquel-cromo, que apresenta baixo custo, em relação às ligas de ouro, excelentes propriedades mecânicas e boa adesão à porcelana. Contudo podemos destacar algumas desvantagens, como formação excessiva de óxidos, dificuldade de acabamento e polimento e biocompatibilidade duvidosa. O Níquel da liga pode causar reações alérgicas em indivíduos sensíveis e o berílio utilizado para reduzir a formação de óxidos e melhorar a fusibilidade é considerado um elemento carcinogênico ^{11,13}.

Em restaurações anteriores, e principalmente, em pacientes com fenótipo gengival fino, a região cervical vestibular se apresenta com um aspecto acinzentado pela exposição da cinta metálica. Nos anos 70 novas técnicas foram desenvolvidas para a confecção de restaurações metalocerâmicas com porcelana de ombro, melhorando a estética final, pois a subestrutura metálica não era aparente na região cervical vestibular ¹¹.

Apesar da melhora significativa nas propriedades estéticas, o resultado final ainda não era o desejável, pois a luz não passava de forma natural resultando muitas vezes em uma restauração mais opaca que o elemento dental ^{14,15}.

Houve então a necessidade de conseguir uma subestrutura mais fiel às características ópticas dentais.

1.3 Porcelanas reforçadas com óxido de alumínio

Na década de 60, McLean e Hughes ¹⁶, incluíram na porcelana feldspática 40 a 50% de óxido de alumínio com a finalidade de melhorar as propriedades

mecânicas do material. Essa classe de materiais consiste em uma matriz vítrea envolta a uma segunda fase de cristais individuais. As partículas de alumina, por serem mais resistentes que as do vidro, atuam impedindo a propagação das trincas, conseguindo elevar a resistência à flexão para cerca de 150MPa¹¹.

Por apresentar uma grande quantidade de Alumina, o material se apresentava acentuadamente opaco, sendo empregado para a confecção de um núcleo cerâmico e posteriormente recoberto com uma cerâmica feldspática¹².

Apesar de um considerável aumento na resistência à flexão dessas subestruturas, este sistema ainda não era indicado para uso na região posterior e utilizado com cautela, mesmo na região anterior. Subestruturas mecanicamente superiores ainda eram necessárias para a utilização segura da cerâmica pura.

1.4 Cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro

Parecia óbvio que para a melhoria das propriedades mecânicas era essencial o aumento da fase cristalina, no entanto, a adição de cristais a uma matriz vítrea era limitada em torno de 40-50%. Uma alternativa foi desenvolvida pelo Dr. Mickail Sadoun nos anos 80, onde subestruturas cerâmicas exclusivamente de alumina eram infiltradas por vidro. Este sistema, denominado In-Ceram (Vita Zahnfabrik) possibilitou a obtenção de subestruturas com alta concentração de alumina (85 %).

O sistema In-Ceram é disponível atualmente com três composições distintas.

- **In Ceram Alumina:**

Composto de Óxido de alumínio parcialmente sinterizado e infiltrado com vidro de Boro e lantânio. Possui opacidade e resistência à flexão (450MPa)¹⁷ intermediárias. Indicado para coroas anteriores e posteriores, e PPFs anteriores de até 3 elementos¹⁸.

- **In Ceram spinell:**

Composto de Óxido de alumínio e magnésio sinterizado e infiltrado com vidro de Boro e lantânio. Possui opacidade superior e resistência à flexão (350MPa) inferior aos demais. Indicado para coroas anteriores, inlays ¹⁸.

- **In Ceram Zircônia:**

Composto de Óxido de alumínio e óxido de zircônia sinterizado e infiltrado com vidro de Boro e lantânio. É muito opaco e possui resistência à flexão superior (700MPa) aos demais. Indicado para coroas posteriores e PPFs posteriores de até 3elementos ¹⁸.

Para a confecção dos casquetes de In-Ceram utiliza-se o método da moldagem por barbotina. Um troquel construído por um revestimento específico é duplicado a partir do original. Uma solução composta por cristais de alumina e granulometria de 05 a 3,5 micrômetros e um líquido com aditivos orgânicos é pincelada sobre o troquel em revestimento. O conjunto casquete-troquel é levado ao forno específico onde o ciclo de queima é realizado. O material orgânico e a água são removidos durante seis horas a 200°C e depois a temperatura é elevada a 1050°C durante duas horas. Este ciclo não provoca a completa sinterização do material, mas os cristais de alumina se mostram bastante próximos ¹⁹.

Este processo causa mínima contração ²⁰, fazendo com que a adaptação marginal do material seja excelente ²¹. Neste momento o material apresenta propriedades mecânicas reduzidas. Então uma solução contendo um diluente e vidro de Lantânio é pincelada sobre a subestrutura, que é submetida a um novo ciclo térmico, por seis horas a 1050°C. O vidro fundido penetra por capilaridade nos espaços inter granulares, fazendo com que o material atinja a resistência mecânica desejada ²⁰.

Após a remoção do excesso de vidro, a restauração é recoberta com uma porcelana feldspática reforçada por alumina.

As restaurações no sistema In-Ceram Alumina apresentam uma excelente alternativa para restaurações em cerâmicas reforçadas livres de metal. Inúmeros estudos longitudinais foram realizados desde sua criação.

Scott, Catapano e D'elia (1995)⁴ acompanharam 63 coroas de In-Ceram, sendo 24 anteriores e 39 posteriores, durante aproximadamente 37 meses, encontrando apenas uma falha por fratura em uma coroa posterior, sendo o motivo justificado pelo preparo inadequado.

Haselton, Diaz-Arnold e Hillis (2000)⁵ confeccionaram 80 coroas em In-Ceram Alumina, em um total de 42 pacientes (16 homens, 25 mulheres), sendo 53 coroas anteriores e 27 posteriores, que foram acompanhadas por um período de 4-6 anos. Em uma coroa foi encontrada cárie secundária, em outra um desgaste oclusal, todas as coroas apresentavam a cor original, e um pré-molar teve a cerâmica de recobrimento desprendida do casquete.

Os estudos clínicos disponíveis a respeito do desempenho clínico deste material em PPFs ainda são limitados. Sorensen, Kang, Torres, Knode (1998)²² reportaram que após três anos, os índices de fratura foram de 0% para PPFs com pânticos situados na região anterior, 11% para pânticos em pré molares e 24% quando na região de molares. Estudos longitudinais revelam que este material tem desempenho aceitável em coroas unitárias anteriores e posteriores, PPFs, mas apresenta altos índices de insucesso quando empregado em PPFs²³.

Apesar da estética superior aos sistemas anteriores, In-Ceram Alumina apresenta uma opacidade acentuada¹⁶. Na tentativa de solucionar esse problema foi desenvolvido o sistema In-Ceram Spinell. Constituído por cristais de Óxido de Alumínio e Espinélio de magnésio envolvidos por uma matriz de vidro, a fabricação segue os mesmos princípios do In-Ceram Alumina. O casquete apresenta resistência flexural menor, contudo apresenta um grau maior de translucidez possibilitando a construção de restaurações com estética superior¹⁸.

Uma revisão de literatura⁶ avaliando o desempenho clínico de restaurações em In-Ceram, demonstrou que após 5 anos coroas em Alumina e Spinell demonstraram uma sobrevivência de 91,7% a 100%, e que esses resultados são similares a restaurações convencionais em metalocerâmica. Além disso, o autor recomenda o In-Ceram Spinell, para a reabilitação de coroas anteriores, principalmente quando uma excelência estética é desejada. Em estudo comparativo Hefferman et al., avaliaram a translucidez de sete sistemas cerâmicos concluindo que o sistema In-Ceram Spinell, juntamente com o Empress I e II foram os materiais com maior translucidez.

Devido às limitações principalmente em relação a PPFs posteriores, a VITA desenvolveu o In-Ceram Zircônia, sendo constituída por um compósito de alumina-zircônia-vidro. A alumina tenacificada por zircônia (ZTA) é baseada na adição de 33% em peso de zircônia à alumina, sendo capaz de produzir subestruturas com resistência à flexão de cerca de 700 MPa ²⁴.

Este sistema é indicado para coroas posteriores e PPFs de até três elementos anteriores e posteriores. Por apresentar uma grande opacidade esse sistema não se comporta de maneira adequada nas restaurações anteriores unitárias ^{16,25}. A melhora nas propriedades mecânicas desse cerâmico se dá pelo mecanismo de tenacificação por transformação observada na zircônia ^{26,27}.

Atualmente já existe uma rota alternativa à técnica da barbotina para a confecção de subestruturas, por meio da tecnologia CAD/CAM (*computer assistance design e computer assistance manufactured*). Pós da mistura dos sistemas cerâmicos são prensados isostaticamente e parcialmente sinterizados para produzir blocos cerâmicos, os quais são usinados e infiltrados com vidro de lantânio ²⁴.

Devido ao sucesso clínico comprovado do sistema In-Ceram, e principalmente a quebra da sua patente em Abril de 2007, inúmeros fabricantes tentaram reproduzir o sistema In-Ceram Alumina. No Brasil, podemos destacar dois produtos: O Vitro-Ceram (Angelus, Brasil) e o Alglass(Celmat, Brasil).

Por serem materiais recentes, pouquíssimos trabalhos estão disponíveis na literatura comprovando a real efetividade desses sistemas.

1.5 Propriedades mecânicas das cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro.

O quadro a seguir visa facilitar a redação e o entendimento da revisão da literatura, visto que inúmeras vezes os materiais abaixo relacionados são citados nos trabalhos.

Material	Fabricante	Classificação	Composição básica
In-Ceram Spinell	VITA, Bad Sackingen, Alemanha	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxidos de Alumínio e Magnésio e vidro de lantânio
In-Ceram Alumina	VITA, Bad Sackingen, Alemanha	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxido de Alumínio, vidro de lantânio
In-Ceram Zircônia	VITA, Bad Sackingen, Alemanha	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxidos de Alumínio e Zircônia ($Al_2O_3-ZrO_2$) e vidro de lantânio
Cercom	Dentsply Ceramco, Burlington, EUA	Óxido de Zircônia densamente sinterizada	Y-TZP
IPS Empress	Ivoclar Vivadent, Schaan, Listenstaine	Vidros Ceramizados	Leucita
IPS Empress II	Ivoclar Vivadent, Schaan, Listenstaine	Vidros Ceramizados	Díssilicato de lítio ($Li_2O \cdot 2SiO_2$)
Procera All-Ceram	Nobel biocare, Göteborg, Suécia	Óxido de alumínio densamente sinterizado.	Óxido de alumínio densamente sinterizado.
Procera All-Zirkon	Nobel biocare, Göteborg, Suécia	Óxido de zircônia densamente sinterizado.	Y-TZP.
LAVA	3M ESPE, St. Paul, EUA	Óxido de zircônia densamente sinterizado.	Y-TZP
OPC TM	Jeneric Pentron, Califórnia, EUA	Vidro ceramizado	Leucita
Dicor	Dentsply International,	Vidro ceramizado	Vidro e cristais de fluórmica tetrassílica
Alglass	(Cellmat, São Carlos, Brazil)	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxido de Alumínio (Al_2O_3), vidro de lantânio
Vitro Ceram	Angelus, Londrina, Brasil	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxido de Alumínio (Al_2O_3), vidro de lantânio
Turkom-Cera	Turkom Ceramic, Kuala Lumpur, Malásia	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxido de Alumínio (Al_2O_3), vidro de lantânio
Ceramcap	Foto-Ceram, Catalão, GO, Brasil	Aluminizadas infiltradas por vidro	Óxido de Alumínio (Al_2O_3), vidro de lantânio

Quadro 1 - Marcas comerciais, fabricantes, classificação e composição básica de diversos sistemas cerâmicos.

Em um dos primeiros trabalhos científicos citando o sistema In-Ceram foi em 1990, Morin, Daniel e Valentin ²⁷, descreveram toda a técnica laboratorial do sistema, salientando os bons resultados conseguido com a técnica: estética, adaptação cervical, resistência à flexão em torno de 580MPa e a possibilidade de se confeccionar casquete de até 0,4 mm de espessura.

Pfeiffer, Schwickerath e Sommerc (1991)²⁹ avaliaram resistência à flexão, resistência compressiva e módulo de elasticidade de 15 diferentes tipos de cerâmicas (convencionais e reforçadas). Os autores concluíram que as cerâmicas

convencionais de diferentes marcas apresentavam propriedades mecânicas semelhantes. Entre as cerâmicas reforçadas, o sistema CEREC 2 , e especialmente o In-Ceram apresentaram aumentos significativos na melhoria da resistência mecânica. O sistema Dicor teve um resultado um pouco superior em relação as cerâmicas convencionais e bem aquém das “novas” cerâmicas reforçadas.

Wall e Cipra (1992) ², em um artigo intitulado “Sistemas alternativos de coroas: É a metalo-cerâmica sempre a restauração de escolha ?” , fazem algumas ponderações sobre diversos sistemas cerâmicos e tipos de preparo. Na opinião dos autores quando se deseja restaurações anteriores estéticas aliadas à resistência mecânica, deve-se optar pelo sistema In-Ceram ou Alceram.

Giordano, Pelletier, Campbell e Pober em (1995) ³⁰ compararam a resistência à flexão de porcelanas feldspáticas, Dicor e In-Ceram, utilizando resistência à flexão uniaxial de quatro pontos. Os autores encontraram os seguintes valores(MPa): Porcelana Feldspática 69,74(±5,47), Dicor 107,78 (±8,45), In-Ceram 236,15 (±21,94).

Wagner e Chu (1996) ³¹ avaliaram a resistência à flexão biaxial de três sistemas de cerâmicas reforçadas: In-Ceram, Empress e Procera Allceram. As cerâmicas foram preparadas de acordo com as instruções do fabricante. As médias dos valores de resistência à flexão para os sistemas Procera Allceram, In-Ceram e Empress foram respectivamente, 687MPa>352MPa>134MPa (p<0,05).

Correr Sobrinho, Cattell e Knowles (1998) ³² avaliaram a interferência do cimento na resistência a fratura de casquetes cerâmicos (In-Ceram(IC), OPCTM (OP), IPS Empress(IE)). No primeiro grupo dez casquetes de cada material foram cimentados em um padrão metálico seguindo as recomendações do fabricante: In-Ceram: fosfato de zinco, IPS Empress e OPCTM: Cimento resinoso. No segundo grupo todos os casquetes foram cimentados com cimento de ionômero de vidro. Os valores médios de resistência a fratura foram IC fosfato de zinco-2030N(±133,4; variando entre 1820-2235N)>OP cimento resinoso-1995,5N(±240,5; variando entre 1649-2334N)=IE cimento resinoso-1743,3 (±217,3; variando entre 1440-2085N) (p<0,05). Os resultados no grupo com cimento ionômero de vidro foram: IC-2183N(variando entre 11877-2383N)>OP-1814,5N(variando entre 1610-2032N)>IE-1609N(variando entre 1318-1774N). Os autores concluíram que: 1 - coroas de In-Ceram cimentadas com fosfato de zinco são mais resistentes a fratura que coroas de IPS Empress cimentadas com cimento resinoso, mas estatisticamente

semelhante aos valores obtidos no sistema OPC™. Não houve diferença estatística entre os sistemas IPS Empress e OPC™. 2 – Quando as três coroas eram cimentadas com ionômero de vidro (Fujii), o sistema In-Ceram apresentou os maiores valores de resistência a fratura em relação aos sistemas IPS Empress e OPC™.

Ohyama, Toshinari e Oda (1999)³³, avaliaram o efeito da fadiga na resistência mecânica de materiais utilizados na confecção de coroas em cerâmica pura. Discos de In-Ceram e IPS Empress com diâmetro de 11,75mm e espessura de $1,2 \pm 0,05$ mm foram preparados. A resistência à flexão biaxial dos espécimes polidos e com trinca pré-existente foram avaliados. Então a resistência à flexão sob fadiga foi avaliada através de 10 ciclos de cargas cíclicas em água a 37°C, com 60% do valor necessário para fraturar o corpo anteriormente. Os autores encontraram os seguintes resultados: 20-30% dos espécimes polidos fraturaram durante a ciclagem mecânica, a resistência à flexão biaxial dos espécimes que suportaram o teste cíclico permaneceu a mesma do resultado inicial. A resistência do In-Ceram diminuiu com as trincas previamente confeccionadas, ocasionando a fratura de quase todos os espécimes durante a fadiga cíclica, enquanto o Empress não teve sua resistência afetada pela existência de trincas. Concluiu-se que apesar do In-Ceram ter uma maior resistência à flexão, ele é mais sensível a trincas e a falhas por fadiga enquanto que esse efeito no Empress parece ser menor.

Apholt, Bindl, Luthy e Mormann (2001)³⁴ avaliaram entre outros parâmetros a resistência à flexão uniaxial de barras de In-Ceram alumina produzidas pelo método mecanizado (C1), método da barbotina confeccionada pelo autor (C2), método da barbotina confeccionada pelo laboratório VITA (C3), e In-Ceram zircônia pelo método mecanizado (C4). Foram confeccionadas 15 barras de cada material com dimensões de 3 mm X 4mm X 13mm. Para a determinação da resistência à flexão, foi utilizada uma máquina de ensaios mecânicos, com velocidade de 0,5mm/min. Os resultados de resistência à flexão foram: C1- 511(± 59), C2 – 498(± 125), C3 530(89) e C4 624(58). Apesar de não haver diferença estatística ($p > 0,05$) entre o método mecanizado (C1) e da barbotina (C2 e C3), os autores destacaram a diferença encontrada no desvio padrão dos grupos C2 e C3, que foram 100% e 50% maiores respectivamente que o grupo C1. Outra importante informação salientada pelo autor foi a presença de 40% de porosidades na superfície de fratura para o grupo C2 e 13% no grupo C3. Porosidades essas não encontradas no grupo C1.

Esquivel-Upshaw, Chai, Sansano e Shonberg (2001)³⁵, avaliaram a alteração de cor, solubilidade e a resistência à flexão em três pontos de três sistemas cerâmicos: Procera, IPS Empress e In-Ceram Alumina. Os valores de resistência à flexão obtidos foram: Procera:464,3 MPa > In-Ceram 323,4 MPa > IPS Empress 176,9 MPa. O sistema IPS empress apresentou a maior alteração de cor e o sistema In-Ceram demonstrou a maior solubilidade.

Oliveira (2002)³⁶ avaliou a microestrutura, resistência à flexão e a superfície da fratura de quatro sistemas cerâmicos (In-Ceram Alumina, In-Ceram Spinell, In-Ceram Zircônia e Procera Allceram. Dez discos de 12 X 1,2 mm foram confeccionados e levados a uma máquina de ensaio de universal com velocidade de 0,5mm/min. Os valores médios de resistência à flexão e o desvio padrão foram: In-Ceram Alumina – 515,5 ($\pm 93,1$); In-Ceram Spinell – 251,5 ($\pm 54,1$), In-Ceram Zircônia – 676,2 ($\pm 44,0$) e Procera Allceram – 646,1 ($\pm 86,1$). Após o ensaio mecânico foi analisada por meio do MEV a região da fratura. Os autores puderam observar que a trinca se propaga preferencialmente pela fase vítrea dos materiais infiltrados por vidro. Os grãos de espinélio de magnésio (presentes no In-Ceram Spinell) e de Alumina não são capazes de desviar a ponta da trinca nos materiais infiltrados por vidro. Os grãos de Zircônia e os grãos de Alumina densamente sinterizados desviam a superfície de propagação das trincas.

Rizkalla e Jones (2004)³⁷ compararam entre outras propriedades a resistência à flexão de sete marcas comerciais de sistemas cerâmicos. Foram confeccionadas cinco barras de 11,5mmX5mmx1mm de cada material. Os espécimes foram levados à máquina de ensaios mecânicos com velocidade de 0,5mm/min. Os sistemas In-Ceram Alumina e IPS Empress 2 apresentaram os maiores valores de resistência à flexão, comparados aos demais sistemas

Raigrodski (2004)²³ em uma vasta revisão de literatura sobre materiais e tecnologias utilizadas para PPFs em cerâmica pura, compilou artigos desde 1966 a 2004. Os autores destacaram os valores (MPa) de resistência à flexão de diversos sistemas encontrados na literatura: IPS Empress I (300-400), In-Ceram Alumina (236-600), In-Ceram Zircônia (421-800), Procera Allceram (487-699), Cercon (900-1200), Lava (900-1200).

Bohjalian, Froner, Zanetti e Santos (2006)³⁸ em revisão de literatura sobre os sistemas cerâmicos Empress, Empress II e In-Ceram (Fatores envolvidos nos testes) concluíram que: 1 – Nenhum método laboratorial é capaz de submeter materiais às

mesmas condições que se comportam na cavidade oral, fazendo com que muitas vezes as propriedades dos materiais sejam superestimadas. 2 – A resistência à fratura das coroas cerâmicas está baseada no suporte adequado por meio do preparo dental, tipo de linha de terminação, seleção adequada do paciente, número de amostras utilizadas na pesquisa, período de avaliação, região a ser restaurada (anterior ou posterior), tipo de material cerâmico, tipo de dente utilizado (humano ou artificial), aplicação de cargas estáticas ou cíclicas, minuciosa execução laboratorial, espessura adequada do casquete, tipo de cimentação, cimento utilizado e sua espessura, condicionamento da superfície da cerâmica previamente à cimentação sempre que possível, aplicação de glaze ou polimento da superfície cerâmica e cuidadoso ajuste oclusal após a cimentação. 3 - O conhecimento das propriedades e a correta indicação das novas alternativas restauradoras são fundamentais para a obtenção do resultado desejado.

Itinoche, Ozcan, Bottino e Oyafuso (2006)³⁹ avaliaram o efeito da ciclagem mecânica na resistência à fratura biaxial de dois sistemas cerâmicos: In-Ceram zircônia e Procera AllCeram. Quarenta discos de 15 mm de diâmetro por 1,2mm de altura foram confeccionados. A resistência à flexão biaxial foi avaliada nos 20 espécimes que não sofrerem fadiga cíclica e nos 20 espécimes após terem sido submetidos ao ensaio de fadiga cíclica com 20000 ciclos, carga de 50N e imersos em água a 37°C. Resultados obtidos para o grupo In-Ceram Zircônia: sem fadiga - 497±35 MPa = com fadiga - 458±53 e para o grupo Procera AllCeram: sem fadiga - 647±48 = com fadiga - 630±43. Os autores concluíram que os 20000 ciclos não foram capazes de reduzir a resistência à flexão dos sistemas testados, e que o Procera AllCeram apresenta maiores valores de resistência à flexão independente do momento do teste.

Yilmaz, Aydin e Gul (2007)⁴⁰ avaliaram a resistência à flexão biaxial de seis sistemas cerâmicos. 15 discos de 15mm de diâmetro e 1,2±0,2 de espessura foram confeccionados para cada material. Os discos foram levados a uma máquina de ensaio universal, com uma velocidade de 0,15mm/min. Os resultados obtidos foram Finesse (Dentsply): 88,04±31,67; Cergo (Dentsply): 94,97±13,62; IPS Empress: 101,18±13,49; In-Ceram Alumina: 341,80±61,13; In-Ceram Zircônia: 541,80±61,10 e Cercon Zircônia (Dentsply) 1140,89±121,33.

Oh, Kim, Ong, HY Lee HY e KW Lee (2007)⁴¹ compararam as propriedades mecânicas de um composto de Alumina experimental com o In-Ceram Alumina. Um

material baseado na formulação do In-Ceram foi desenvolvido. Os autores acharam valores de resistência à flexão biaxial maiores para o sistema In-Ceram(505 ± 33) quando comparados com o experimental (498 ± 32).

Chen, Smales, Yip e Sung (2008)⁴² avaliaram a resistência à flexão biaxial e a translucidez de quatro sistemas cerâmicos para subestrutura: IPS Empress 2 dentina, In-Ceram Alumina, In-Ceram zircônia e Cercon. Oito discos de 14 mm de diâmetro e $0,5\pm0,05$ mm de espessura foram confeccionados seguindo as orientações do fabricante. Para a determinação da relativa translucidez os espécimes foram avaliados através de um colorímetro. O In-Ceram zircônia (1.00 ± 0.01) foi tão opaco quanto o Cercon (1.00 ± 0.01), seguidos do In-Ceram Alumina (0.94 ± 0.01). O sistema IPS Empress II ($0,78\pm0,03$) apresentou a maior translucidez. Os discos foram então levados a máquina de ensaio universal, com velocidade de 0,5mm/min. As médias de resistência à flexão biaxial do IPS Empress II ($355,1\pm25,7$) foram significativamente menores e o Cercon($910,5\pm95,3$) foi significativamente maior, que os sistemas In-Ceram Zircônia ($592,4\pm84,7$) e In-Ceram Alumina ($514,0\pm49,5$) que foram semelhantes entre si.

Della Bona, Mecholsky Jr., Barrett e Griggs (2008)⁷ caracterizaram a microestrutura, composição e propriedades mecânicas das aluminas infiltradas por vidro similares ao sistema In-Ceram. Cinco sistemas cerâmicos foram avaliados: In-Ceram Alumina(IA), Vitro-Ceram (VC), Turkom-Cera (TC), Ceramcap (CC) e Alglass (AG). Todos os espécimes foram fabricados seguindo as orientações do fabricante e normas da ISO 6872, utilizando a técnica tradicional da barbotina. Análise semi-quantitativa e análise qualitativa foram realizadas utilizando MEV, EDS e Esteriologia. O módulo de elasticidade dinâmico e a relação de Poisson's foram determinados por meio de ondas ultrasônicas e um programa de computador que usa como referência tempo de passagem da onda pelo espécime, densidade e espessura. A densidade foi avaliada através de um picnômetro a hélio. Edentações Vicker foram utilizadas para aferição da Dureza. Vinte espécimes em forma de barra ($25\text{mm}\times4\text{mm}\times1,2$) foram levados a uma máquina de ensaio mecânico com velocidade de 1mm/min para o ensaio de flexão em três pontos. Os valores de resistência à flexão foram obtidos e analisados estatisticamente usando ANOVA, Tukey ($\alpha=0,05$) e Módulo de Weibull. A composição dos diversos materiais se mostrou bem parecida, com exceção de Zircônia e ítrio no VC, e a substituição do lantânio por chumbo no CC, onde foi encontrado 84% de chumbo na fase vítrea. A

microestrutura foi bem semelhante com exceção do VC que apresentou mais uma fase cristalina com a Zircônia. Os principais resultados se apresentam na tabela a abaixo:

Tabela 1 - Médias, desvios padrão e análise estatística de resistência à flexão(σ_{3PT}), Módulo de elasticidade(E), Dureza, Densidade e volume da fase de Alumina(%Al₂O₃).

	σ_{3PT}	E (Gpa)	Dureza (Gpa)	Densidade	%Al ₂ O ₃
In-Ceram	489 ± 62 _a	280 ± 4 _a	12.1 ± 1.1 _a	3.8	74 ± 3
Vitro-Ceram	529 ± 67 _a	284 ± 5 _a	12.4 ± 0.4 _a	3.8	62 ± 3
Turkom-Cera	332 ± 44 _b	245 ± 3 _b	9.3 ± 0.7 _b	4.2	63 ± 3
Ceramcap	258 ± 28 _c	166 ± 1 _c	7.4 ± 0.5 _c	4.2	42 ± 2
Alglass	233 ± 26 _c	239 ± 2 _b	8.5 ± 0.8 _b	3.6	57 ± 2

Letras semelhantes representam valores estatisticamente semelhantes (p>0,05)

Fonte; Della Bona, A., et al., Characterization of glass-infiltrated alumina-based ceramics. Dent Mater, 2008 ⁷.

Os autores concluíram que, apesar de algumas pequenas diferenças na microestrutura, o sistema Vitro-Ceram apresentou propriedades semelhantes ao sistema In-Ceram.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivos

O objetivo deste estudo foi caracterizar e comparar os sistemas cerâmicos In-Ceram (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha), Vitro-Ceram (Angelus, Londrina, Brasil), Alglass (EDG, São Carlos, Brasil), utilizando as seguintes metodologias:

- a) análise por difração de raios-X;
- b) avaliação da resistência à flexão uniaxial em três pontos;
- c) caracterização microestrutural por meio de microscopia eletrônica de varredura;
- d) análise microscópica da área da fratura.

2.2 Hipóteses nulas:

- a) composição química:

H_0 - Os sistemas cerâmicos não apresentam diferença em relação a composição química;

- b) resistência à flexão uniaxial em três pontos:

H_0 - Os sistemas cerâmicos não apresentam diferença em relação à resistência à flexão;

c) características microestruturais:

H₀- As características microestruturais de cada sistema não interferem nas propriedades mecânicas do material;

d) avaliação da fratura:

H₀- Os sistemas cerâmicos não apresentam diferença em relação ao comportamento da propagação da fratura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik, Alemanha), Vitro Ceram (Angelus, Brasil) e Alglass (Celmat, Brasil)(Figura 1). A composição de cada material está descrita no quadro 2.



Figura 1 – Fotos dos sistemas cerâmicos avaliados (Vitro-Ceram, Alglass e In-Ceram)

CERÂMICA	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO (Informações do fabricante)
Vitro-Ceram	Angelus, Londrina, Brasil	Óxido de Alumínio (Al_2O_3) Vidro de lantânio
Alglass	Celmat, São Carlos, Brasil	Óxido de Alumínio (Al_2O_3) Vidro de lantânio
In-Ceram	VITA, Bad Sackingen, Alemanha	Óxido de Alumínio (Al_2O_3) Vidro de lantânio

Quadro 2 – Lista dos sistemas cerâmicos empregados no trabalho com suas respectivas composições básicas (informações do fabricante).

3.2 Métodos

3.2.1 Identificação da fase cristalina

A identificação das fases cristalinas presentes nas amostras, analisadas na forma policristalina com a granulação fornecida pelos fabricantes, foi feita por difração de raios-X, utilizando um difratômetro D8 Advance (Bruker-Axs. EUA) , com radiação de Cu monocromatizada por um cristal de grafite, no Laboratório de Difração de Raios-X (LDRX-uff), localizado no Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense. Nestas medidas, realizadas pelo Prof.Dr.Renato Bastos Guimarães, foi utilizado porta-amostra de vidro amorfo, com rebaixo retangular para acomodar o material.

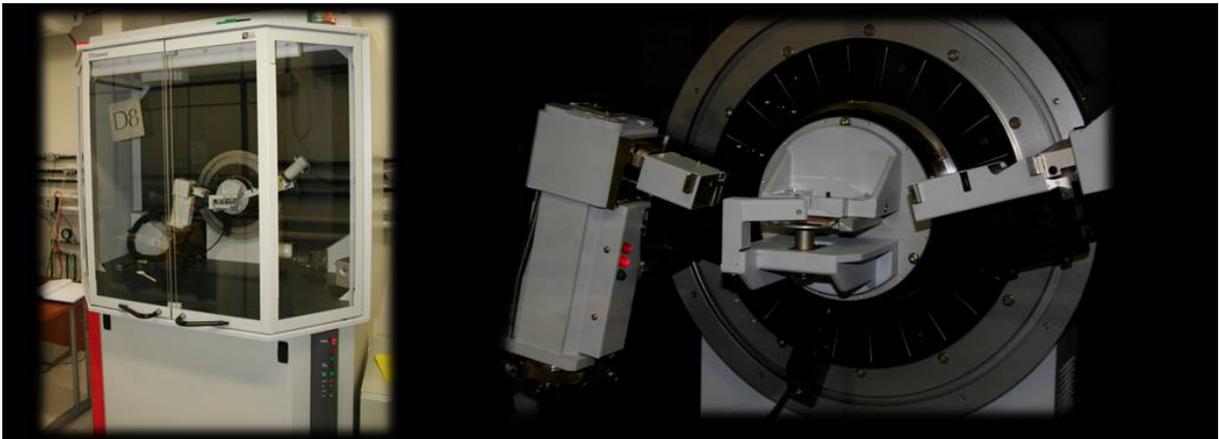


Figura 2 – Difratômetro utilizado para a medida da fase cristalina dos sistemas cerâmicos - D8-Advance.

Uma análise qualitativa e semi-quantitativa dos dados foi feita utilizando-se o programa Match! (Crystal Impact).

3.2.2 Ensaio de resistência à flexão

Dez corpos em formato de barra (25 X 4 X 1,2±0,1) foram construídos a partir de cada material de acordo com a norma ISO 6872, que normaliza os testes mecânicos realizados em materiais cerâmicos empregados em odontologia.(Figura 3).

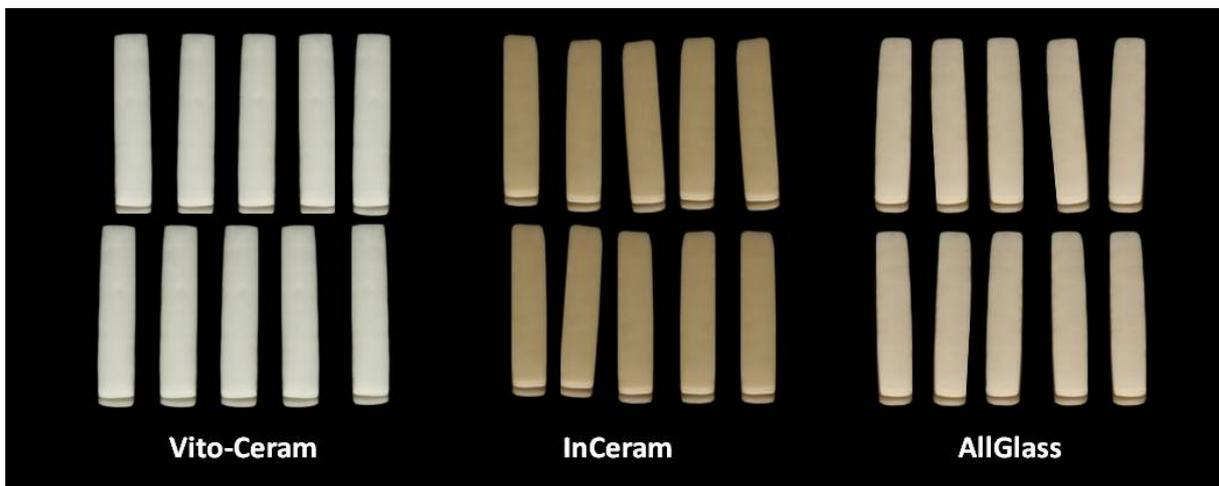


Figura 3 – Corpos de prova.

O processo de obtenção do compósito de alumina envolve duas fases: a sinterização parcial de um corpo de alumina e a posterior infiltração de vidro na estrutura porosa da alumina.

Bases de gesso de 10 cm X 10 cm foram confeccionadas e sobre elas colocado uma matriz de silicone (Futura AD, DFL, Brasil) contendo cavidades em formas retangulares vazadas (25X4X1,3mm), preparadas com matrizes metálicas em forma de barra.

Para o preparo da barbotina seguiu-se as orientações de cada fabricante (vide Anexos A, B e C). Com o auxílio de um pincel aplicou-se a barbotina no interior das cavidades do molde de silicone apoiado sobre o gesso. Após a absorção de água os espécimes eram facilmente removidos e levados ao forno para a sinterização. A sinterização foi realizada seguindo as orientações de cada fabricante, utilizando o forno Inceramat III (Vita Zahnfabrik, Alemanha).

A seguir, uma mistura de vidro e diluente, específica de cada sistema, foi pincelada sobre os espécimes. Cada corpo de prova foi então submetido a um novo ciclo de queima onde agora o vidro penetra por capilaridade nos espaços existentes entre os grãos de alumina. Após remoção do forno, os espécimes foram jateados com óxido de alumínio de 50Mm, a uma pressão máxima de 3 bar para remover os excessos do vidro fundido. Os espécimes foram acabados com lixas de SIC 320, 400, 600, 1200 e colocados em uma cuba ultra-sônica com etanol a 75% por 10 min⁴². Para o correto cálculo do valor de resistência à flexão, cada corpo de prova teve sua largura e espessura aferidas individualmente através de um paquímetro digital. Para a medição da espessura eram feitas três medidas e obtida uma média (Quadro 3).

MATERIAL CORPO DE PROVA	VITRO-CERAM		IN-CERAM		ALGLASS	
	Largura	Espessura	Largura	Espessura	Largura	Espessura
CP1	4,1	1,26	4,1	1,33	3,9	1,34
CP2	4,2	1,32	4,0	1,22	4,0	1,22
CP3	4,1	1,27	4,0	1,27	4,1	1,12
CP4	4,0	1,18	4,3	1,26	4,0	1,10
CP5	4,0	1,19	4,1	1,27	3,9	1,32
CP6	4,1	1,33	4,0	1,22	4,1	1,21
CP7	4,0	1,28	4,0	1,16	4,2	1,22
CP8	4,2	1,26	4,2	1,22	4,0	1,33
CP9	4,1	1,21	4,0	1,28	4,0	1,24
CP10	4,0	1,30	4,1	1,28	4,3	1,25

Quadro 3 – Largura e espessura de cada corpo de prova para determinação do valor de resistência à flexão.

Os espécimes foram submetidos ao ensaio de resistência à flexão em três pontos, usando uma máquina de ensaio universal (Kratos – Modelo K500S) com célula de carga de 500kgf e velocidade de 0,5mm/min e distância entre os apoios de 15mm (Figura 4, a seguir).

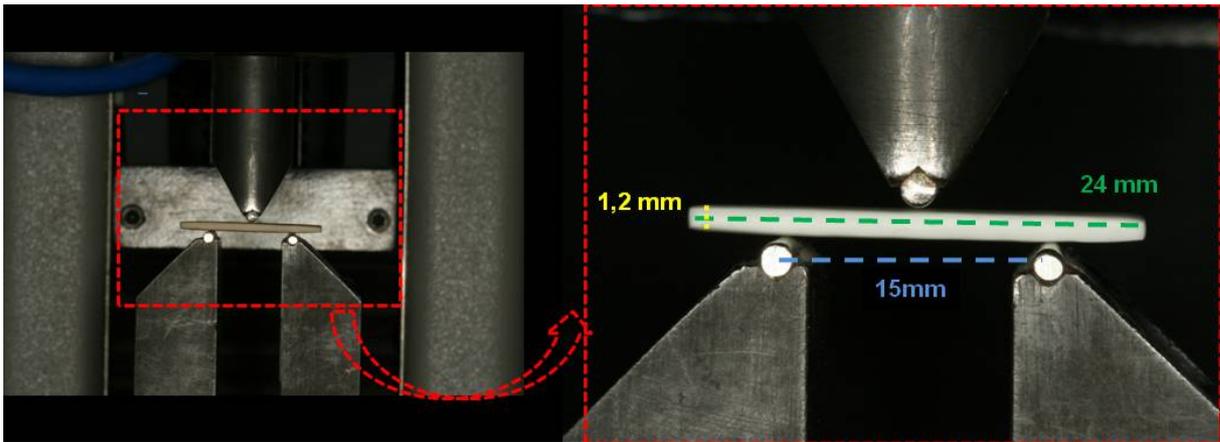


Figura 4 – Ensaio de flexão uniaxial em três pontos.

A fórmula usada para a determinação da resistência a flexão foi:

$$\sigma_{3PT} = \frac{3CD}{2le^2}$$

Onde σ_{3PT} = resistência à flexão (MPa), C= Carga aplicada(N), D=a distância entre os apoios(mm), l=largura da barra (mm) e e= espessura da barra(mm).

Os resultados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico utilizando o software GMC 8.1. Os dados originais foram submetidos ao teste de aderência à curva normal. Tendo sido constatada a normalidade da distribuição, o experimento foi analisado através do modelo Análise de variância e teste de Tukey para contraste entre médias ao nível de 1% de significância ($\alpha = 0,01$).

3.2.3 Análises microestrutural

Para análise da microestrutura os espécimes foram observados em Microscópio eletrônico de varredura (LEO 435 Vpi). Foi realizada a deposição de

ouro nos espécimes, já que os mesmos não apresentavam condutividade elétrica necessária para a análise.

Foram determinadas as seguintes áreas e condição de observação:

- **Superfície Jateada**

Três corpos de prova de cada material foram jateados para a remoção dos excessos do vidro, mas não foram lixados. A observação se deu na superfície (Figura 5 – B, folha seguinte) utilizando elétrons secundários e aumentos de (50, 500, 1000, 2000 e 5000X).

- **Superfície Polida**

Três corpos de prova de cada material tiveram suas superfícies (Figura 5 – B, folha seguinte) lixadas com lixas de SIC 320, 400, 600, 1200 e polidas com disco de feltro com pasta diamantada de 1μ , e observadas em MEV utilizando-se elétrons retro espalhados com aumentos de 60, 1200 e 4000X. Foram realizadas cinco imagens de cada corpo de prova com aumento de 4000X de áreas escolhidas aleatoriamente e levadas para o processamento e análise digital de imagens (PADI), pelo programa KS400 3.0 (Carl Zeiss Vision). A partir da elaboração de uma rotina de trabalho (macro), obteve-se a segmentação das imagens para determinar os percentuais de cada fase. Os resultados de cada imagem foram exportados para uma planilha do Excel 2007 (Microsoft) onde foram geradas tabelas para a comparação dos grupos.

- **Superfície Fraturada**

Após o ensaio mecânico seis corpos de prova de cada material foram selecionados aleatoriamente para que fossem observados em MEV. A avaliação se deu na superfície da fratura (Figura 5 – A, a seguir) e no corte transversal (Figura 5 – C, a seguir), utilizando elétrons secundários e aumentos de (50, 500, 1000, 2000 e 5000X). Para avaliação transversal os espécimes foram lixados transversalmente com lixas de SIC 320, 400, 600, 1200 e polidos com disco de feltro, com pasta diamantada de $1\mu\text{m}$.

- **Alumina sem infiltração de vidro**

Três espécimes de cada material com as mesmas dimensões foram sinterizados, mas não foram infiltrados por vidro, com o objetivo de observar sua superfície (Figura 5 - B) e a disposição dos cristais de Alumina logo após a sinterização.

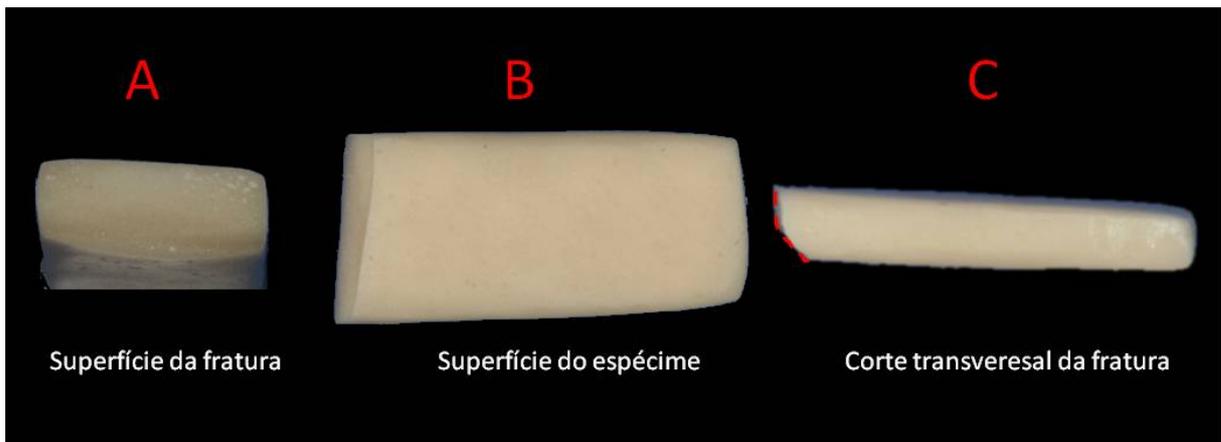


Figura 5 – Foto esquemática demonstrando as áreas avaliadas em MEV.

4 RESULTADOS

4.1 Análise por difração de Raios-X

As análises por difração de RX da fase cristalina dos três sistemas são apresentadas nas figuras 6-8, na sequência a seguir. As linhas azuis representam o resultado do grupo experimental, as linhas vermelhas e verdes claras representam o Al_2O_3 e ZrO_2 dopada com Ítrio respectivamente, informações essas adquiridas no banco de dados do programa Match. A identificação dos cristais se dá pela coincidência dos picos do grupo experimental com os picos do difratograma de cada cristal arquivado no banco de dados.

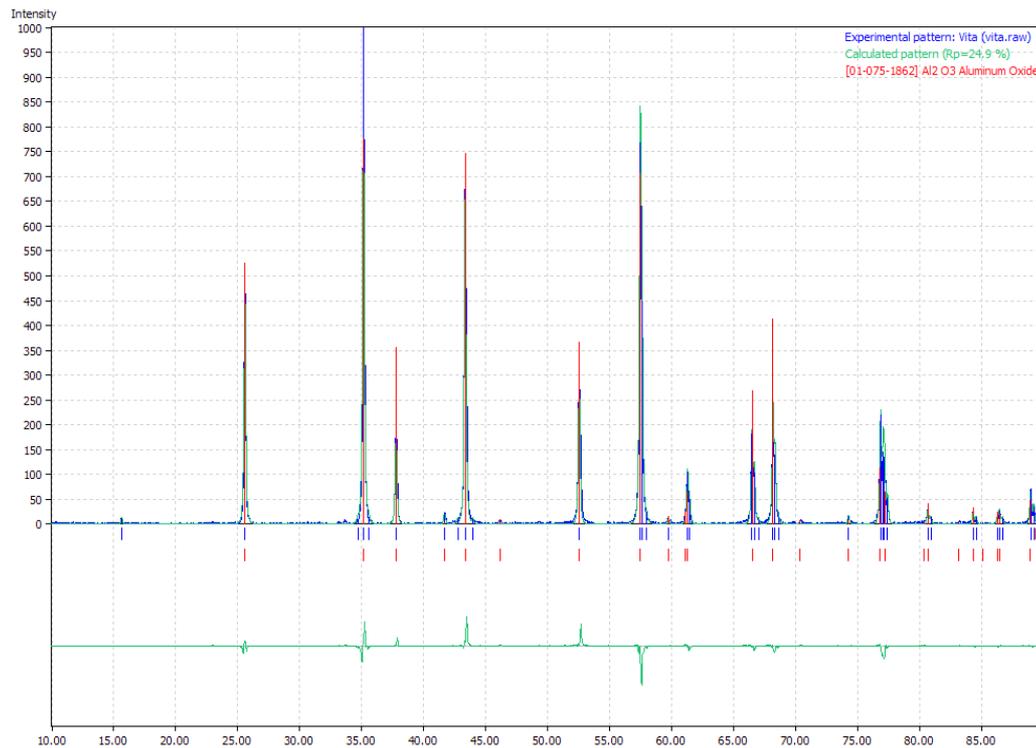


Figura 6 – Difratoograma da fase cristalina do sistema In-Ceram.

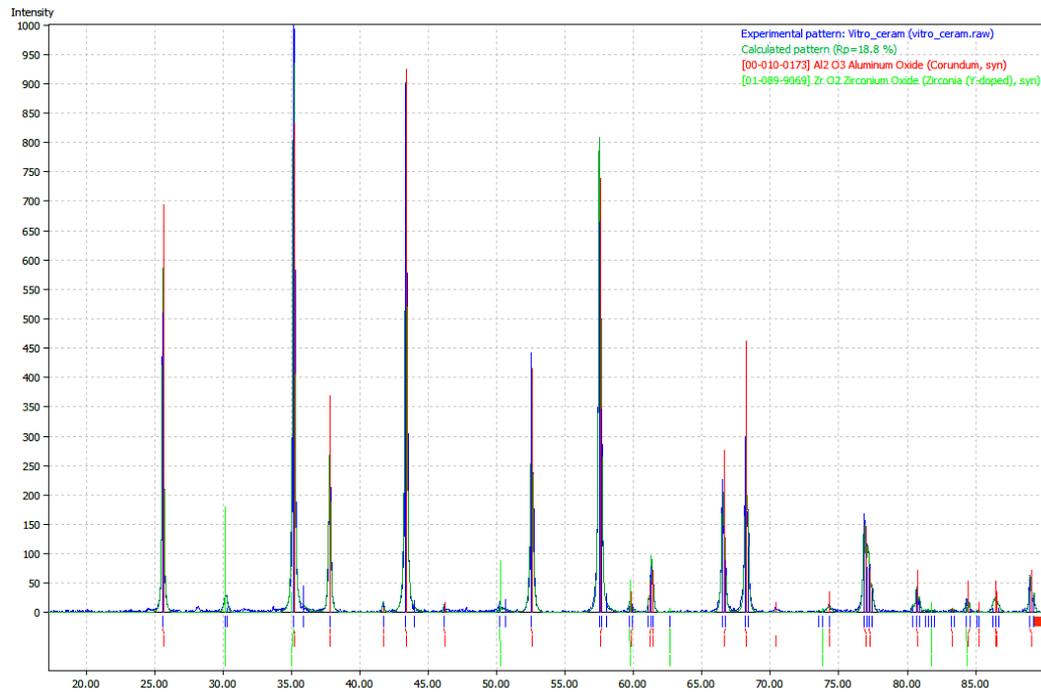


Figura 7 – Difratoograma da fase cristalina do sistema Vitro-Ceram.

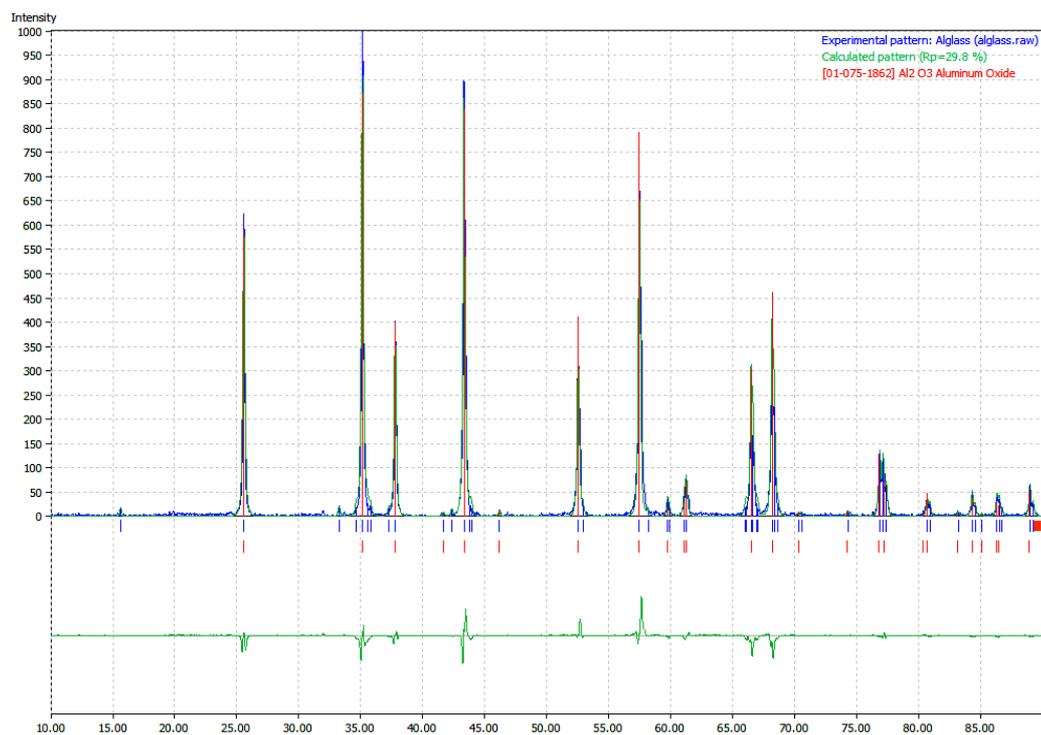


Figura 8 – Difratoograma da fase cristalina do sistema Alglass.

No difratograma de raios X das figuras 6 (folha 39) e 8, acima, observamos que a maioria dos picos de difração são das fases cristalinas compostas de óxido de alumina (α -Al₂O₃). Pode-se, também, observar que os picos do grupo experimental

(azul), coincidem com os picos do difratograma pré estabelecido do Óxido de Alumínio (vermelho). Segundo análise semi-quantitativa do programa Match, a quantidade de Óxido de Alumínio está em torno de 99,8%.

No difratograma de raios X da figura 7 (folha 40) ainda observa-se que a maioria dos picos de difração são das fases cristalinas compostas de óxido de alumina (α -Al₂O₃), no entanto consegue-se observar outros picos de menor intensidade. Esses representam a Zircônia dopada por Ítrio (verde). Segundo análise semi-quantitativa do programa Match, a quantidade de zircônia é de 2,2%, enquanto que a de Alumina 97,8%.

Fica rejeitada a hipótese nula, pois apesar de o In-Ceram e Alglass apresentarem composição química da fase cristalina semelhantes, o sistema Vitro-Ceram apresenta uma segunda fase cristalina composta por Zircônia dopada por Ítrio, diferenciando-se dos outros sistemas.

4.2 Resistência à flexão

A tabela 2, abaixo, mostra o resultado da análise estatística, Análise de variância com 1 fator ($p \leq 0,01$). A tabela 3, em seguida, corresponde aos valores (MPa) de resistência à flexão, média e desvio padrão. Letras iguais representam valores estatisticamente semelhantes.

Os sistemas Vitro-Ceram e In-Ceram foram estatisticamente semelhantes entre si e superiores ao sistema Alglass.

Rejeitada a hipótese nula, pois apenas os sistemas Vitro-Ceram e In-Ceram apresentaram resultados estatisticamente semelhantes.

Tabela 2 - Análise de variância da resistência à flexão ($P < 0,01$).

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrados médios	F	Valores de p
Resistência à flexão	286510	2	143255	114.35	0,0000
Resíduo	33826	27	1252.8148	-	-
Total	320336	29	-	-	-

Tabela 3 – Valores, médias e desvios-padrão referentes a resistência à flexão de cada sistema.

MATERIAL			
Valores de Resistência a Flexão (MPa)	VITRO-CERAM	IN-CERAM	ALGLASS
CP1	499,33	489	233,4
CP2	478,1	444,1	317,1
CP3	528	483,1	243,6
CP4	469,7	487,3	270,6
CP5	489,1	431,3	302,1
CP6	512,5	402,1	288,1
CP7	389,1	446,9	277
CP8	508,4	447,5	213,1
CP9	465,1	488,7	206,4
CP10	490,4	446,4	286,2
Média	483,0 ^a	456,6 ^a	263,8
Desvio Padrão	38,3	29,4	37,8

Tukey (1%) = 43,9

4.3 Análise micro estrutural

- **Superfície Jateada**

Das figuras 9 a 13, na sequência a seguir, podemos observar fotomicrografias com diferentes aumentos obtidas em MEV da superfície jateada (Figura 5 B, folha 38) dos três materiais avaliados por meio de elétrons secundários.

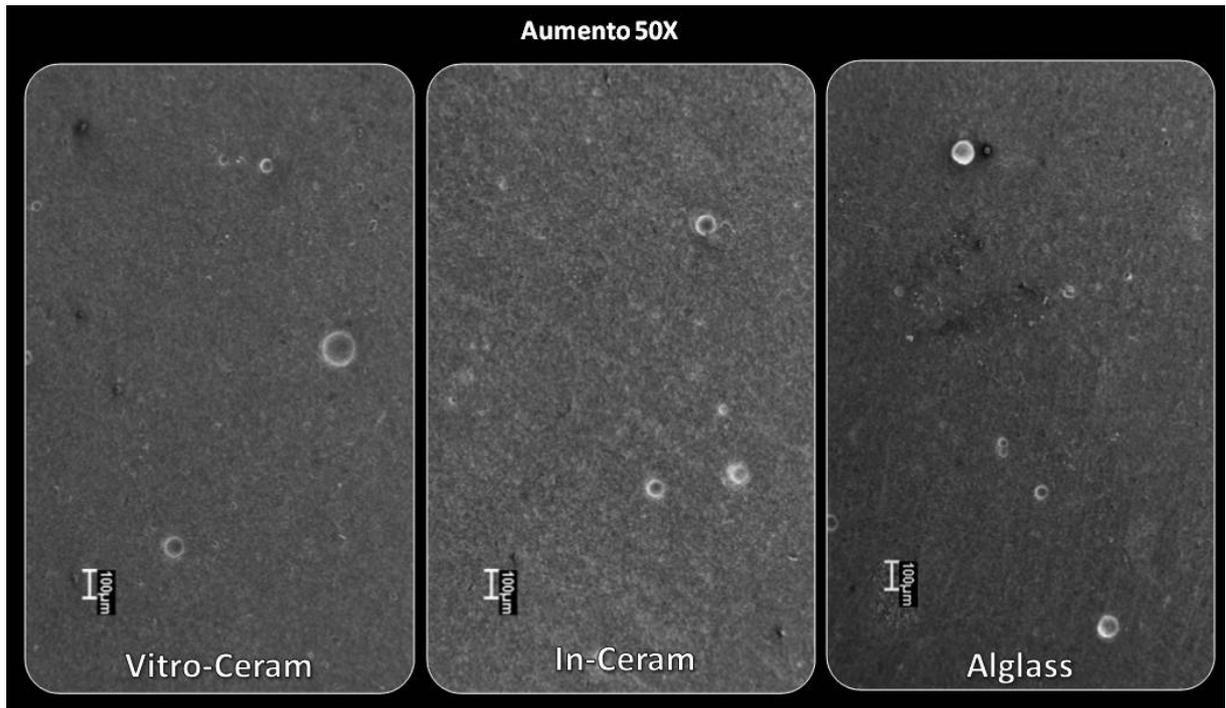


Figura 9 – Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 50X.

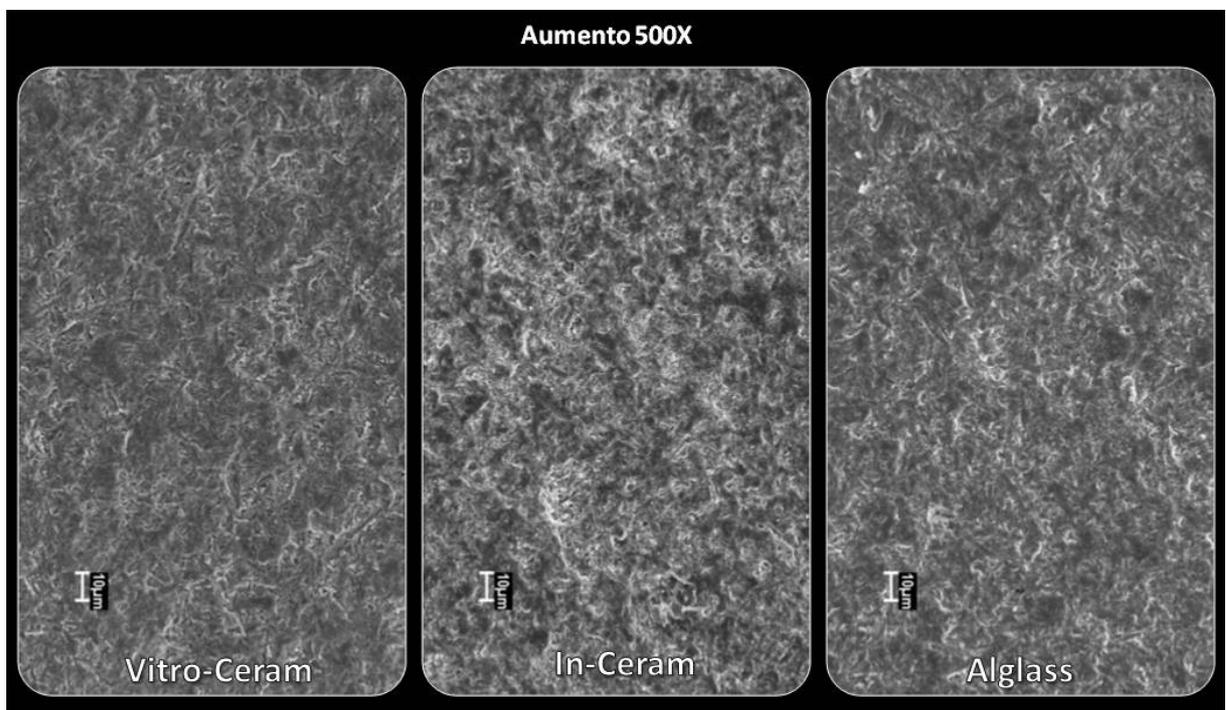


Figura 10 – Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 500X.

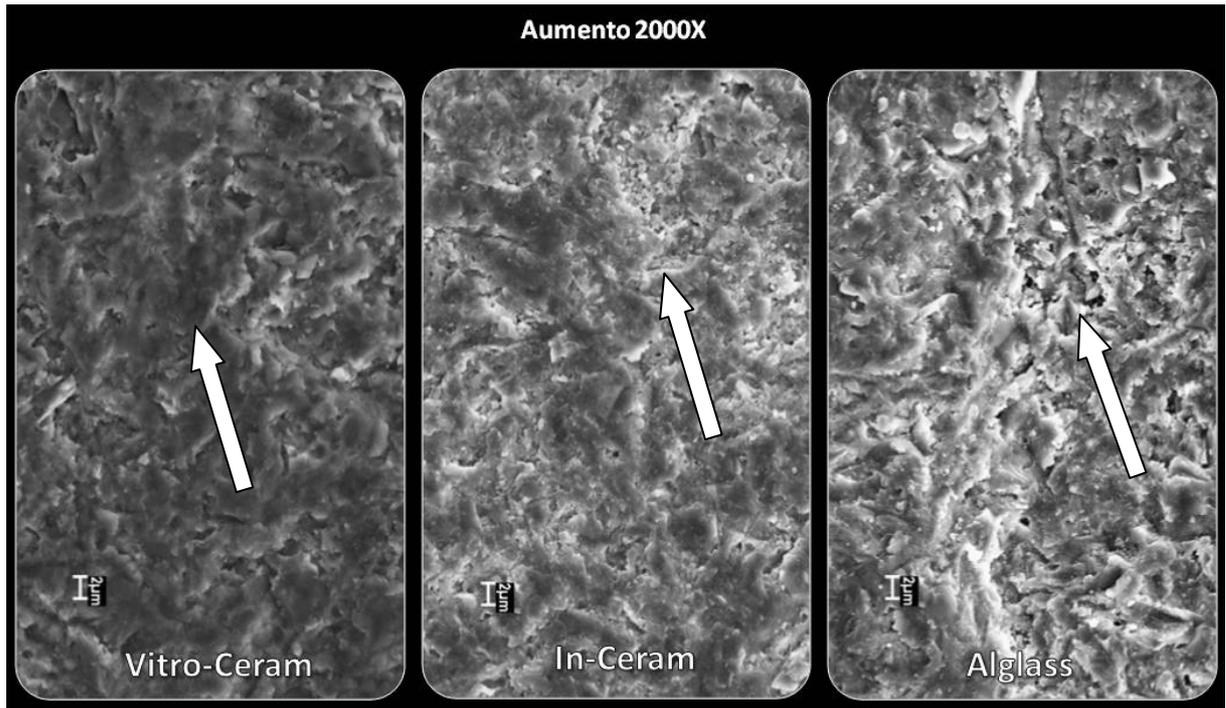


Figura 11 – Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 2000X.

Na figura 9 (folha 43) podemos observar porosidades nas três imagens, que parece ser uma característica comum aos sistemas cerâmicos estudados. Na Figura 10 (folha 43), já com um aumento maior, a superfície se apresenta com uma textura semelhante entre os três sistemas, com irregularidades em consequência do jateamento com óxido de alumínio.

Na figura 11, acima, já se nota uma diferença mais significativa entre as superfícies. O Vitro-Ceram apresenta uma textura mais compactada, apresentando a fase vítrea “amassada” sobre a fase cristalina, característica essa muito próxima ao In-Ceram. Enquanto que a superfície do Alglass apresenta áreas de arrancamento, com cristais de alumina exposto sem a cobertura de vidro (conforme indicado pela seta).

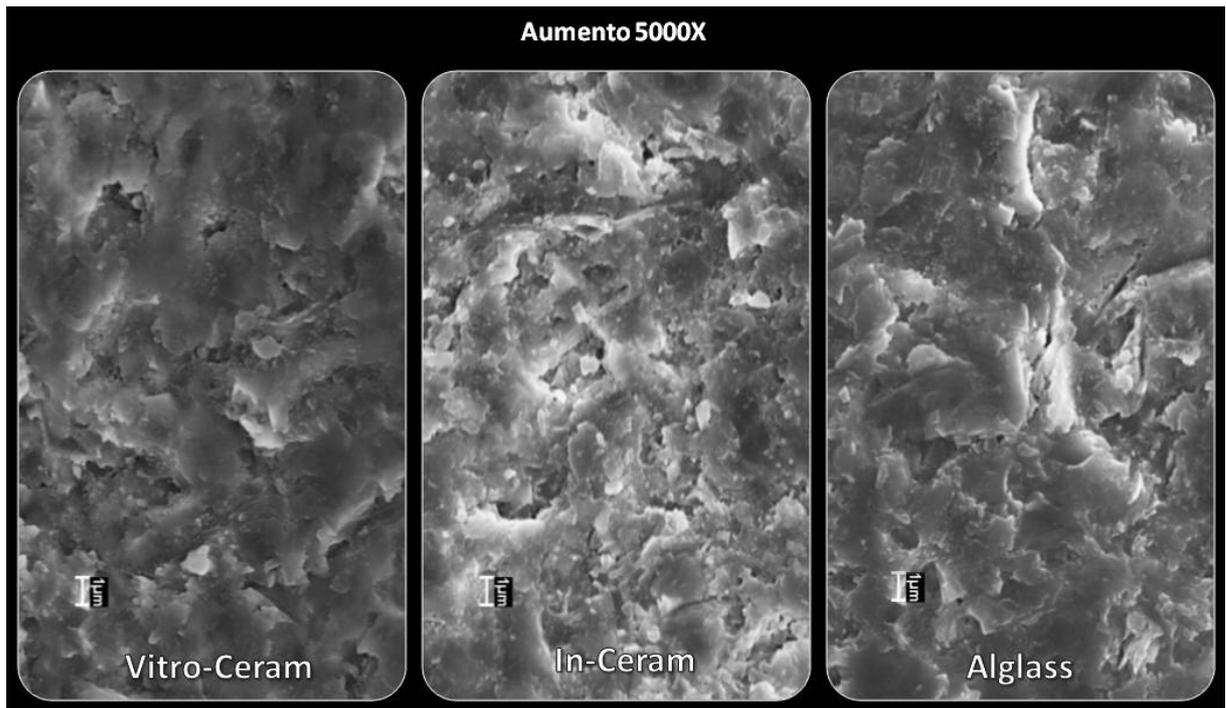


Figura 12 – Fotomicrografia das superfícies jateadas com aumento de 5000X.

No maior aumento (figura 12, acima) a superfície já não é tão bem evidenciada. Fica mais evidenciada a relação fase cristalina com fase vítrea, bem semelhante aos três sistemas.

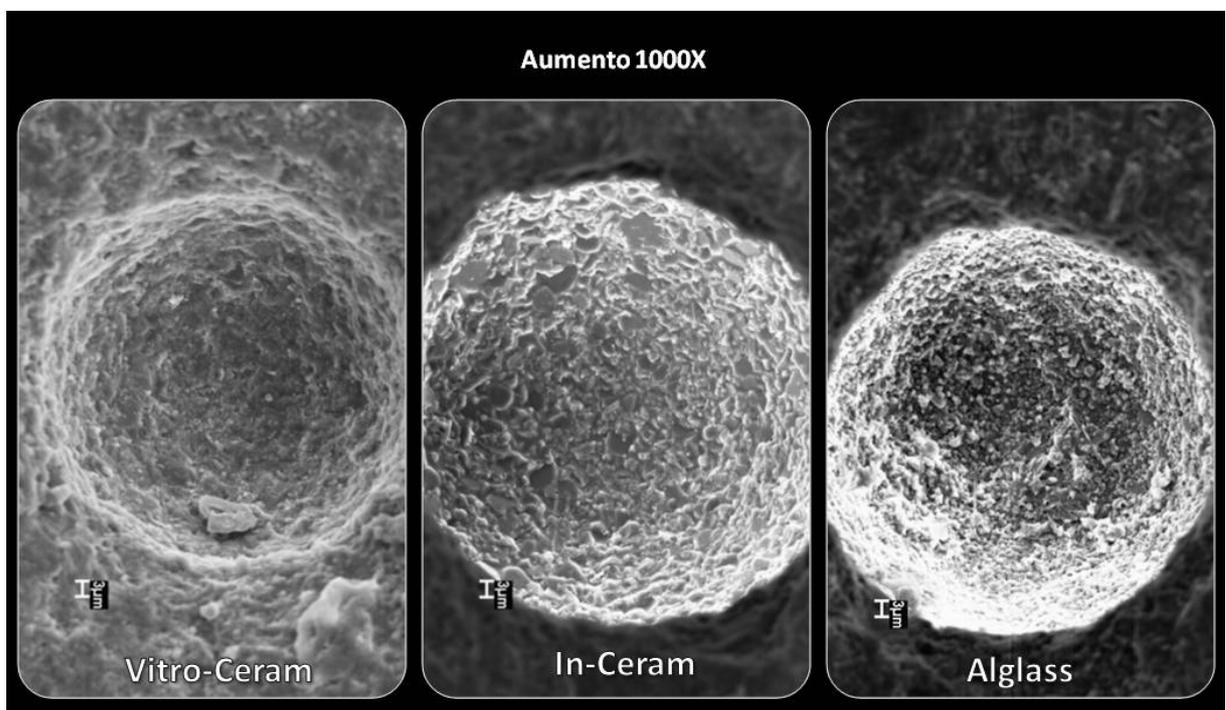


Figura 13 – Fotomicrografias com aumento de 1000X das superfícies jateadas evidenciando porosidades.

Na figura 9 (folha 43) podemos observar a presença de porosidades inerentes do processo de confecção do material. Um desses defeitos em cada sistema foi evidenciado em um aumento de 1000X na figura 13 (folha 45). Nos sistemas Vitro-Ceram e In-Ceram o poro encontra-se totalmente coberto pelo vidro. No Alglass a porosidade se apresenta com um fundo sem cobertura de vidro, onde podem ser observados cristais de alumina expostos. Isso demonstra a inability do vidro de penetrar em toda a estrutura de alumina.

- **Superfície Polida**

Nas figuras 14 (abaixo), 15 e 16 (folha 48), observam-se fotomicrografias com diferentes aumentos obtidas em MEV da superfície (Figura 5 B, folha 38), por meio de elétrons retro espalhados.

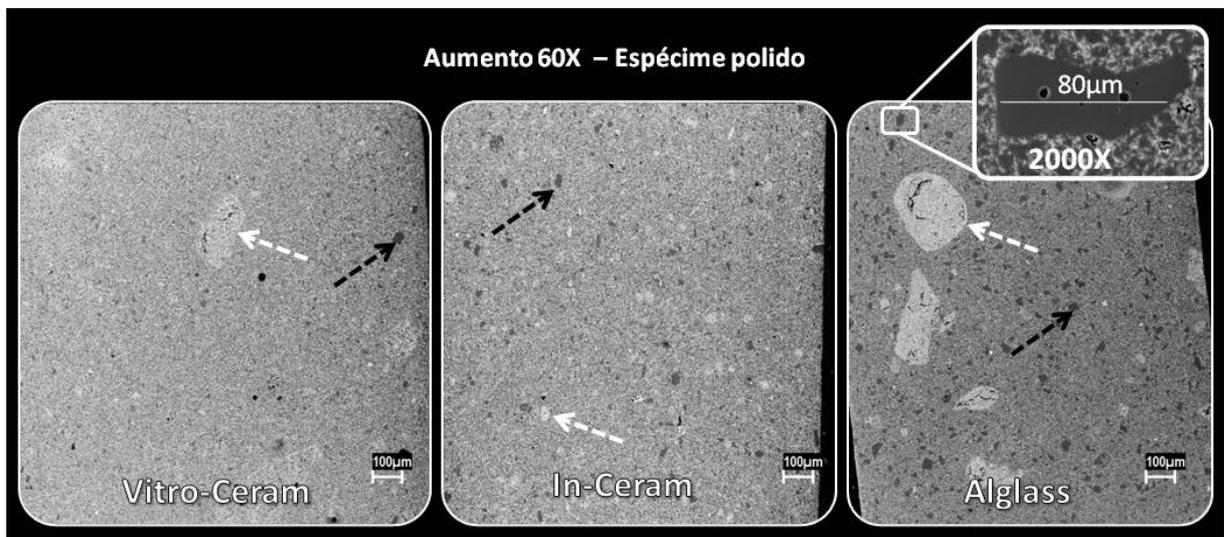


Figura 14 – Fotomicrografia das superfícies polidas com aumento de 60X.

Na figura 14, acima, podemos observar a superfície dos três sistemas após o polimento. Os pontos escuros (seta preta) representam grandes cristais de alumina, com até 80µm (destaque figura 14 Alglass). No sistema Alglass esses cristais estão em grande número enquanto que no sistema In-Ceram e Vitro-Ceram apenas alguns cristais isolados são vistos. Podem-se observar áreas brancas em todos os sistemas (seta branca). Essas manchas no Alglass e no In-Ceram são áreas com partículas menores e mais vidro, e no Vitro-Ceram com partículas menos compactadas e mais

vidro como mostra a figura 15 (folha 48). Sendo que no Alglass ainda encontramos defeitos sem a penetração do vidro.

Na figura 16-A (folha 48) pode-se observar a granulometria dos sistemas. O Sistema In-Ceram se apresenta com grãos mais regulares e tamanhos mais próximos, o Vitro-Ceram apresenta uma estrutura semelhante, no entanto com maior quantidade de grãos menores. No sistema Alglass observa-se tamanhos de partículas bem distintos.

No processamento e tratamento das imagens figura 16-B (folha 48) e Apêndice, nota-se a segmentação contornando os grãos em vermelho. Na sobreposição das imagens consegue-se quantificar o que está selecionado, resultando então na média percentual da fase cristalina de cada sistema cerâmico. Na tabela 4 observam-se os valores, médias e desvio padrão de cada grupo, letras iguais representam valores estatisticamente semelhantes ($P < 0,05$). Os sistemas Vitro-Ceram e In-Ceram apresentaram o percentual de fase cristalina estatisticamente semelhante e maiores que o sistema Alglass.

Tabela 4 – Valores, médias e desvios-padrão referentes a percentual de fase cristalina de cada sistema

MATERIAL	VITRO CERAM	IN-CERAM	ALGLASS
Valores de % de fase cristalina			
Fotomicrografia 1	76,9	73,5	71,1
Fotomicrografia 2	76,5	75,6	71,9
Fotomicrografia 3	75,5	76,3	73,9
Fotomicrografia 4	78,0	75,4	74,5
Fotomicrografia 5	76,5	75,8	73,7
Média	76,7 ^a	75,3 ^a	73,0
Desvio Padrão	0,9	1,1	1,4

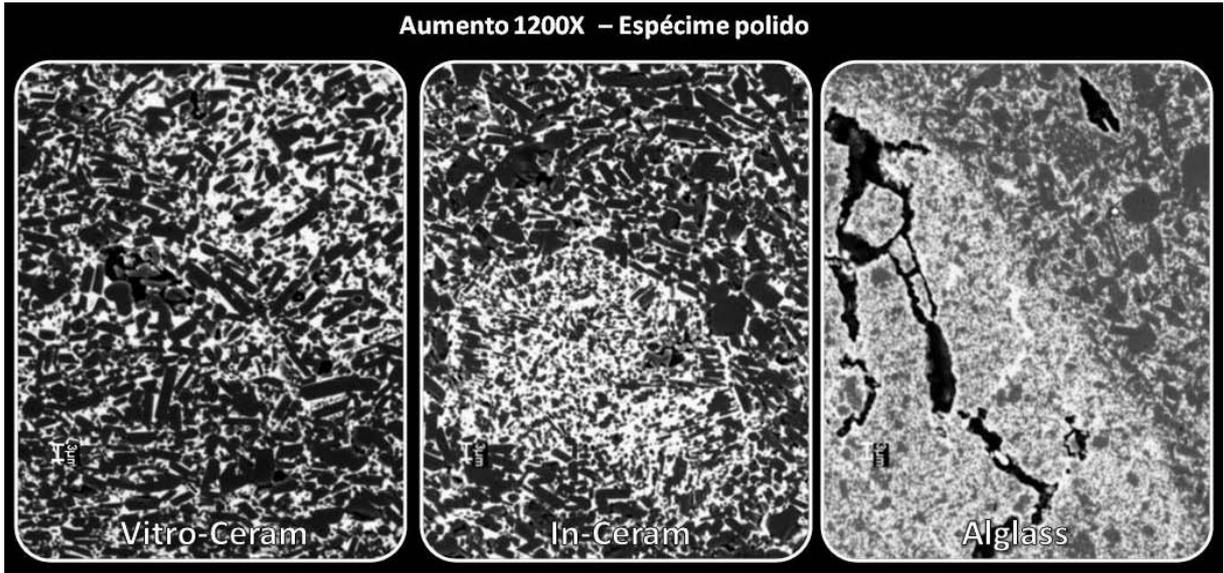


Figura 15 – Fotomicrografia das superfícies polidas com aumento de 1200X.

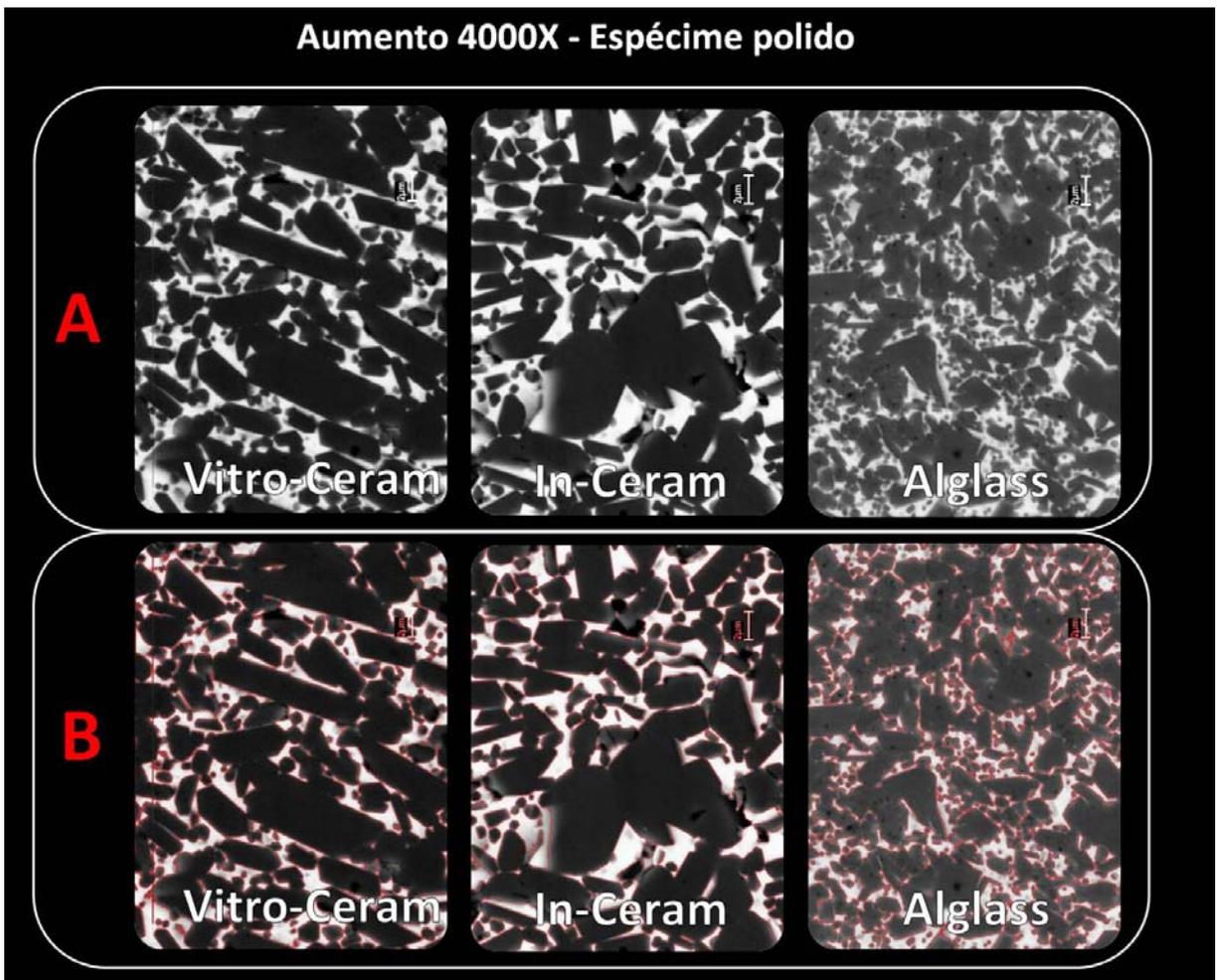


Figura 16 – A – Imagem original; B – Superposição do plano gráfico, em vermelho, demonstrando a qualidade da segmentação para a medida da área pelo KS 400.

- **Corte transversal da fratura (polida)**

Nas figuras 17, 18 e 19, em sequência, observam-se fotomicrografias com diferentes aumentos, obtidas em MEV do corte transversal da fratura (Figura 5 C, folha 38), por elétrons retro espalhados.

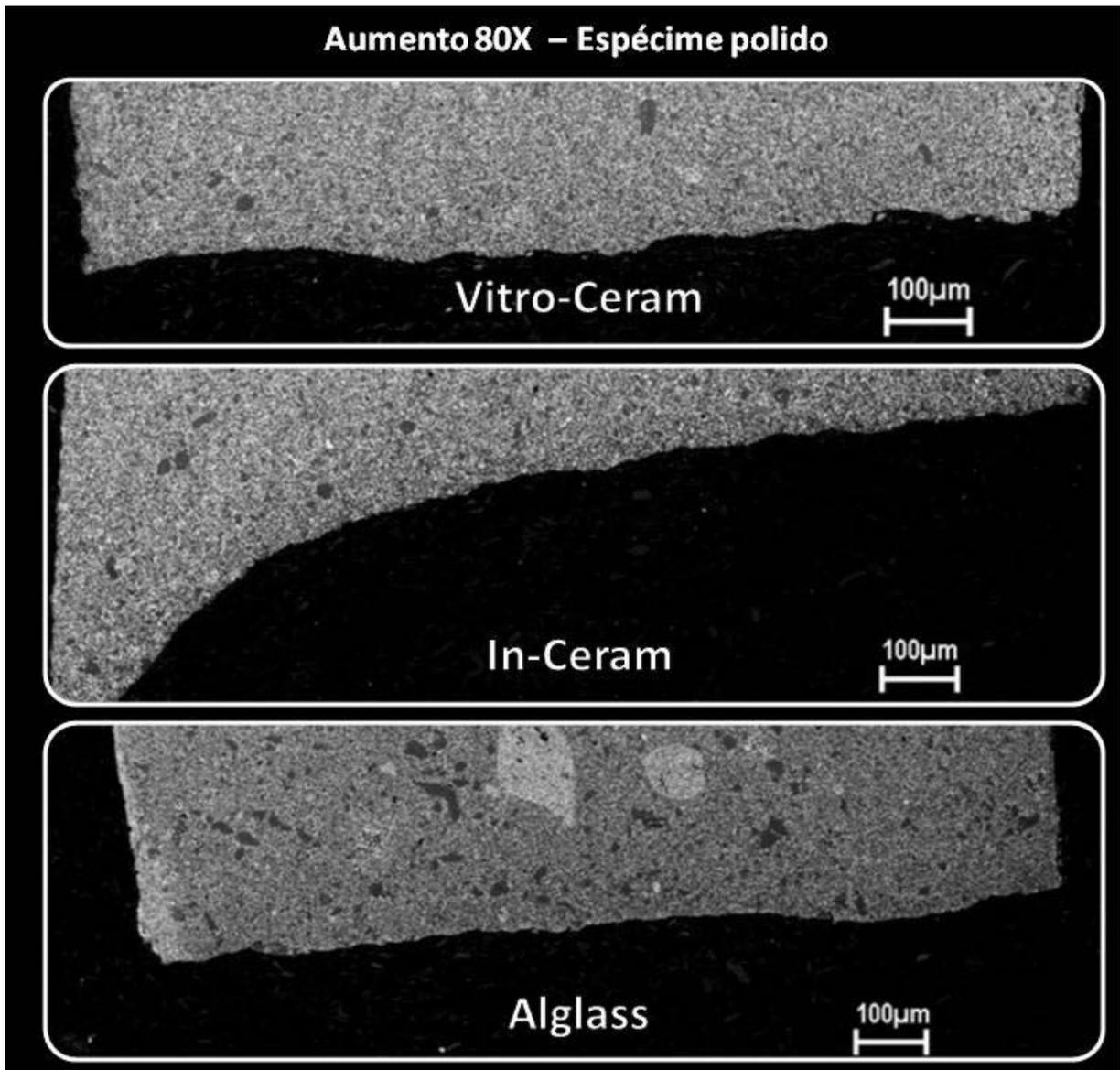


Figura 17 – Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 80X.

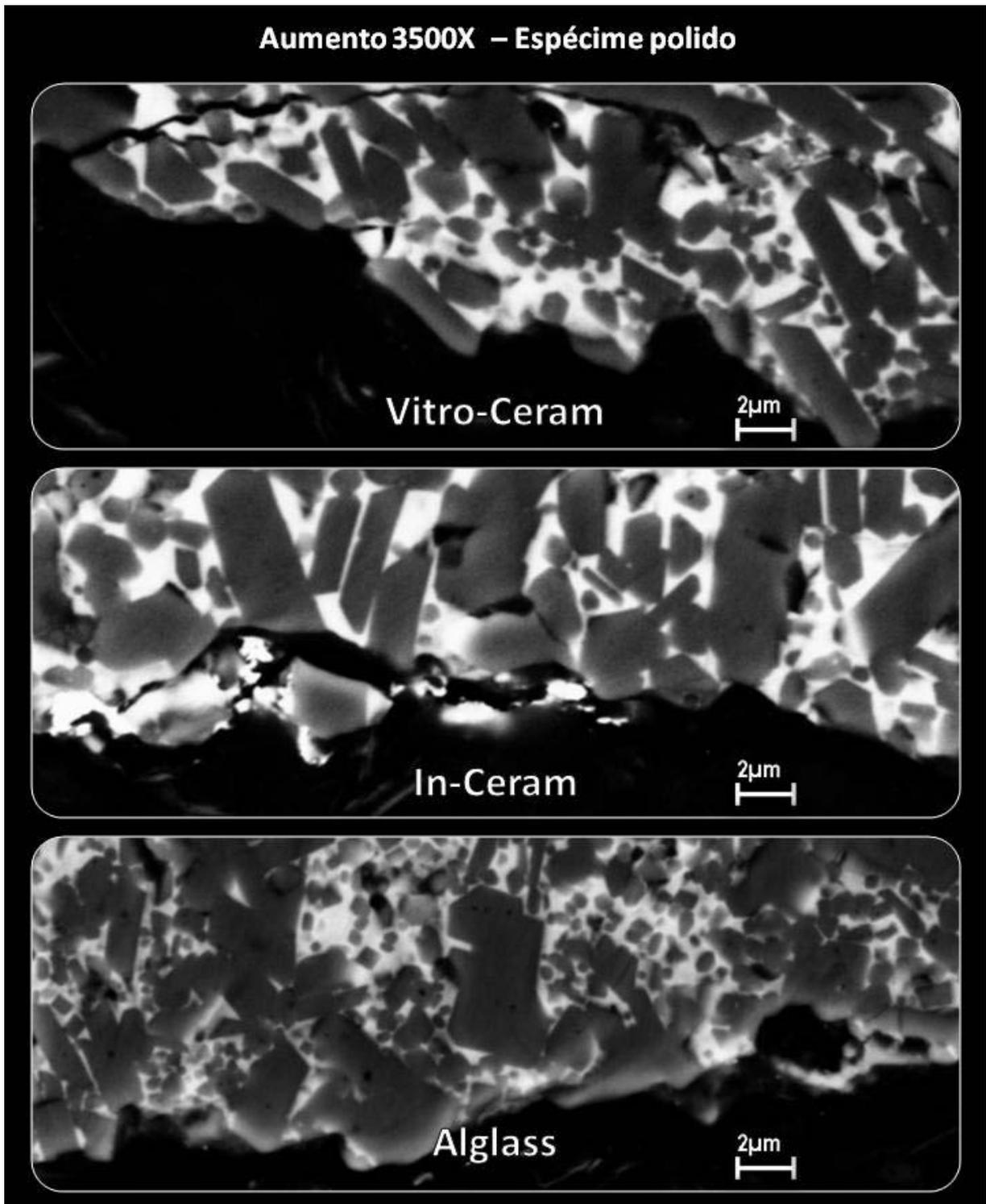


Figura 18 – Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 3500X.

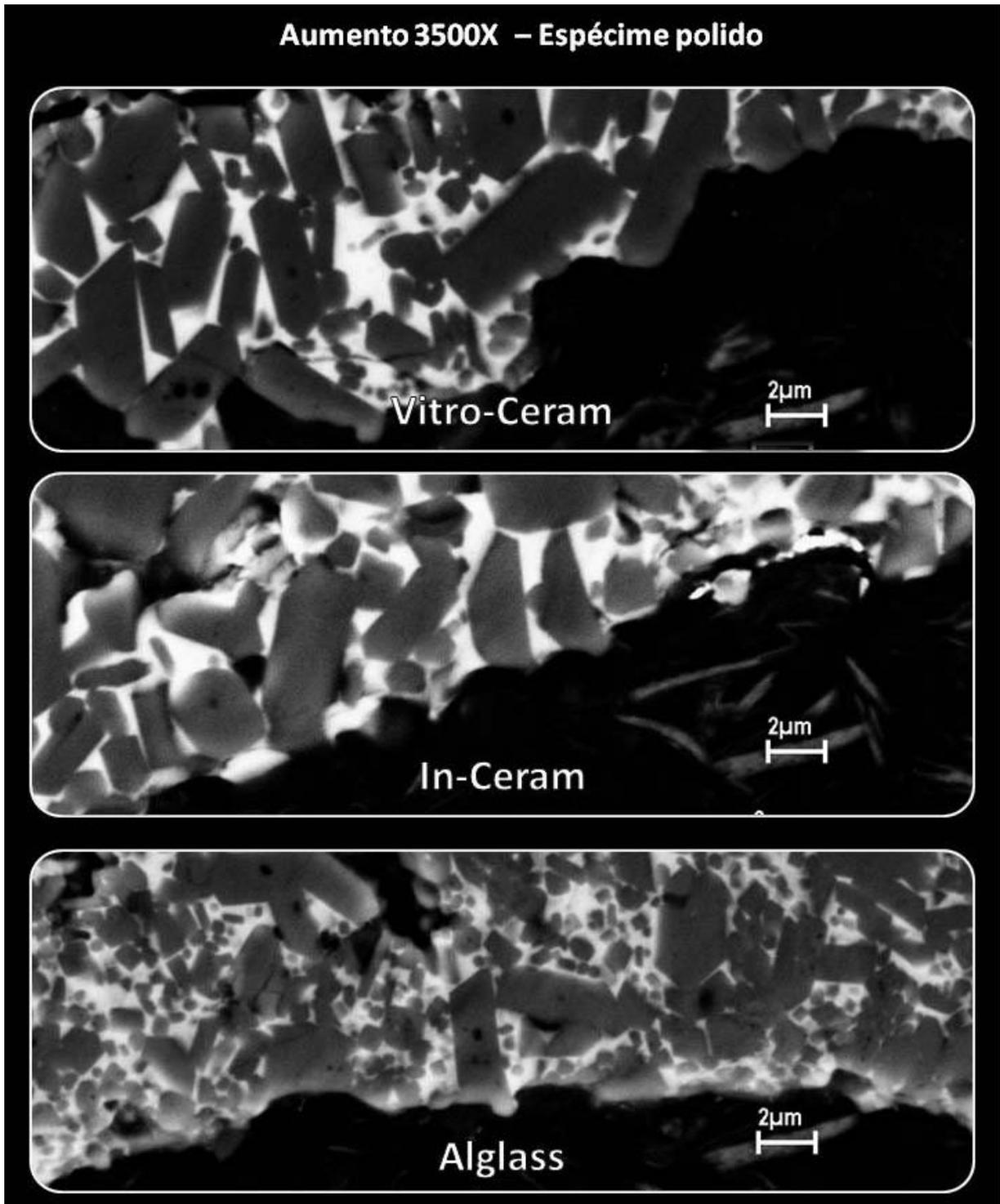


Figura 19 – Fotomicrografia do corte transversal da fratura com aumento de 3500X.

Nas figuras 18 (folha 50) e 19 (acima) pode-se observar o caminho da fratura, onde se percebe um comportamento bem semelhante nos três sistemas. A fratura se propaga, preferencialmente pela parte vítrea, quebrando algumas partículas de alumina de maior diâmetro que se interpõe no caminho, porém contornando a maioria.

- **Superfície da fratura**

Nas figuras 20 e 21 observam-se fotomicrografias com diferentes aumentos, obtidas em MEV da superfície da fratura (Figura 5 A, folha 38), por meio de elétrons secundários.

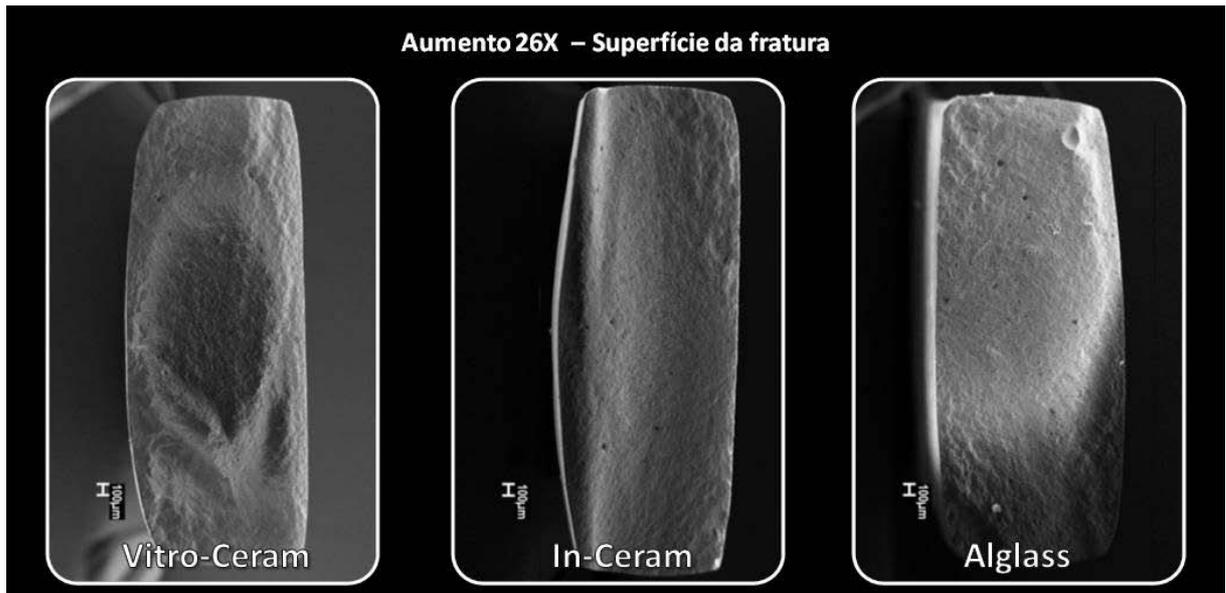


Figura 20 – Fotomicrografia da superfície da fratura com aumento de 26X.

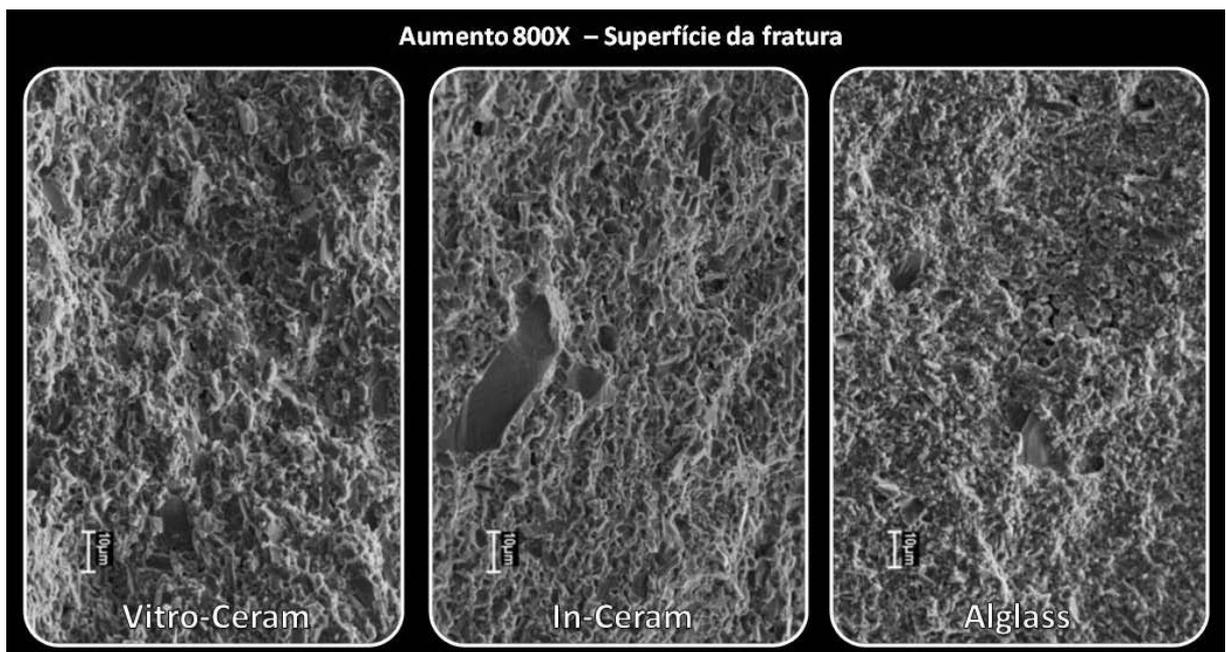


Figura 21 – Fotomicrografia da superfície da fratura com aumento de 800X.

O padrão de fratura dos três sistemas é muito parecido, apresentando alguns cristais de alumina inteiros, e outros clivados.

- **Alumina sem infiltração de vidro**

Nas figuras 22 e 23 observam-se fotomicrografias com diferentes aumentos, obtidas em MEV da superfície sem infiltração por vidro (Figura 5 A, folha 38), por meio de elétrons secundários.



Figura 22 – Fotomicrografia da alumina sinterizada sem a infiltração por vidro com aumento de 2000X.

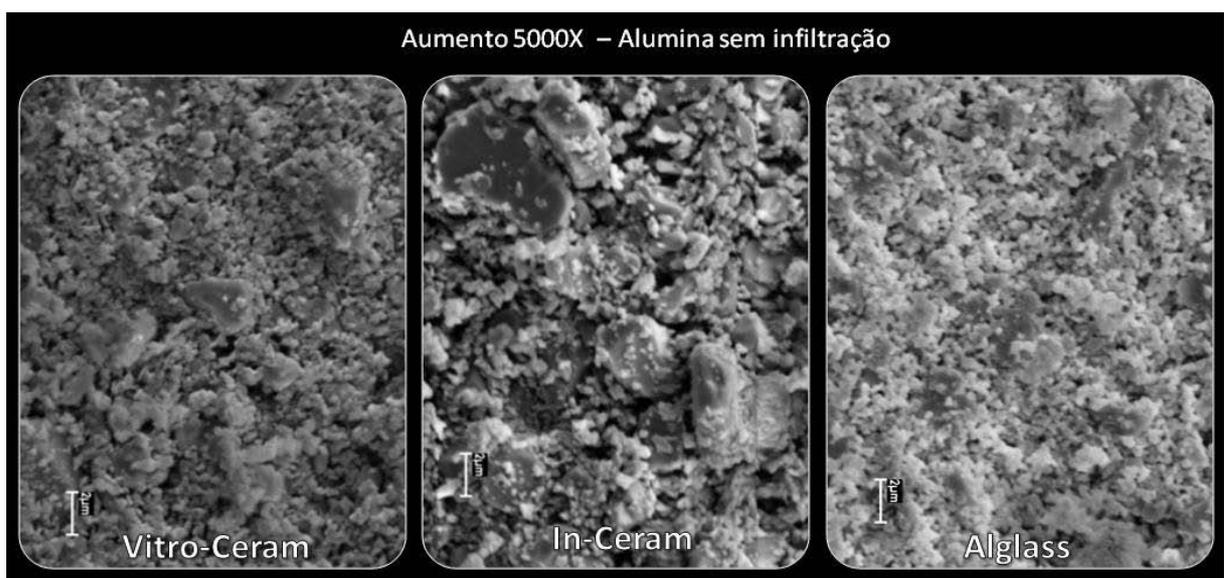


Figura 23 – Fotomicrografia da alumina sinterizada sem a infiltração por vidro com aumento de 5000X.

O sistema In-Ceram apresenta espaços intergranulares mais regulares, enquanto que nos sistemas Alglass e Vitro-Ceram esse espaços são reduzidos.

Após análise das imagens rejeita-se a hipótese nula, em relação à influência da microestrutura interferir nas propriedades mecânicas, pois esta influenciou na resistência a flexão dos materiais.

E pode-se aceitar a hipótese nula em relação ao comportamento da fratura, pois esta se comportou de maneira semelhante nos três sistemas cerâmicos estudados.

5 DISCUSSÃO

O ensaio uniaxial de resistência à flexão em três pontos é amplamente utilizado na literatura para materiais cerâmicos ^{34,07,23,38,43}. Barras representam situações clínicas características de próteses parciais fixas, onde quando uma carga é aplicada na superfície, uma tensão de compressão acontece na região oclusal do conector e tensões de tração na região gengival do mesmo ⁷. A tensão de tração contribui para a propagação de defeitos localizados na região gengival dos conectores através do corpo do material em direção a oclusal ²⁴, eventualmente resultando em falhas catastróficas do material.

Outra característica dos ensaios de flexão uniaxial em três pontos é a sua facilidade de execução e interpretação. Como um dos objetivos do trabalho foi a avaliação da superfície fraturada, esse tipo de metodologia forneceu uma área muito favorável para observação e análise.

Diversos autores afirmam a incapacidade de testes laboratoriais reproduzirem com exatidão a situação clínica ^{38,7,24,36,44}. No entanto testes laboratoriais permitem uma padronização maior e assim uma possível relação com outros trabalhos. Segundo Bohjalian, Froner, Zanetti e Santos (2006) ³⁸, ao se transferir os resultados do estudo laboratorial para situações clínicas deve-se usar como parâmetro os menores valores obtidos.

Mesmo com a padronização dos ensaios, ainda encontra-se na literatura uma diversidade de resultados, alguns chegando mesmo a ser conflitantes ³⁶. Havendo, assim, a necessidade de se conhecer o tipo de teste empregado em cada trabalho. Como existe uma quantidade muito reduzida de trabalhos utilizando os sistemas testados, fica difícil uma comparação muito ampla. No único trabalho encontrado na literatura com o sistema Vitro-Ceram e Alglass ⁷, podemos perceber uma proximidade entre os valores (Quadro 4).

Material	Dados desse estudo		Dellabona et al, 2008	
Vitro-Ceram	483,0	±38,3	529	± 67
In-Ceram	456,6	±29,4	489	± 62
Alglass	263,8	±37,8	233	± 26

Quadro 4 – Comparativo entre os resultados obtidos no atual trabalho e da literatura.

Os resultados próximos são facilmente explicados pela semelhança da metodologia utilizada.

Os valores baixos de desvio padrão encontrado no trabalho podem ser justificados pela grande experiência do técnico em prótese na confecção dos sistemas e no acompanhamento detalhado de cada etapa do procedimento. A escolha de apenas um técnico teve como objetivo padronizar as confecções dos espécimes, pois trabalhos na literatura demonstram que o mesmo material produzido por técnicos diferentes resultam em resultados distintos ³⁴. Além desse fato, acredita-se também que a medição da espessura e largura individual de cada espécime representa de maneira mais correta os dados necessários para a determinação do valor de resistência à flexão. Nesse trabalho foram utilizados valores com uma casa decimal para a largura e duas casas decimais para a espessura, isso se justifica pela influência da espessura no resultado final da resistência à flexão. No quadro 5 pode-se observar os dados necessários para a determinação da resistência à flexão. Quando se mantém hipoteticamente a largura fixa e variamos a espessura (destaque amarelo) observa-se que se fosse aproximado o valor de duas casas decimais 1,24 (destaque em verde) para 1,2 (destaque em azul) ter-se-ia um ganho de 33,4MPa nos valores de resistência à flexão. No entanto na espessura fixa, quando se alterna os valores da largura (destaque em rosa), pode-se perceber que a aproximação do valor de 4,04 (destaque verde) para 4,0 (destaque azul) representa um ganho de apenas 5,2 MPa.

	Largura Fixa					Espessura Fixa				
	C	D	L	E	σ_{3PT}	C	D	L	E	σ_{3PT}
CP1	135	15	4	1,2	527,3	135	15	4	1,2	527,3
CP2	135	15	4	1,21	518,7	135	15	4,01	1,2	526,0
CP3	135	15	4	1,22	510,2	135	15	4,02	1,2	524,7
CP4	135	15	4	1,23	501,9	135	15	4,03	1,2	523,4
CP5	135	15	4	1,24	493,9	135	15	4,04	1,2	522,1
CP6	135	15	4	1,25	486,0	135	15	4,05	1,2	520,8
CP7	135	15	4	1,26	478,3	135	15	4,06	1,2	519,6
CP8	135	15	4	1,27	470,8	135	15	4,07	1,2	518,3
CP9	135	15	4	1,28	463,5	135	15	4,08	1,2	517,0
CP10	135	15	4	1,29	456,3	135	15	4,09	1,2	515,7

C=Carga, D=Distância entre os pontos, L=Largura, E = Espessura

Quadro 5 - Influência das medidas na resistência à flexão.

Pode-se também destacar a etapa de acabamento e polimento previamente ao ensaio de flexão como proposta por Chen, Smales, Yip e Sung (2008)⁴², além dos defeitos microscópicos, falhas ou poros na superfície, como visto no espécime jateado (figura 9, folha 43) poderiam ser determinantes no ensaio de flexão⁴⁵. O polimento pode padronizar essas superfícies diminuindo assim o desvio padrão. Vale salientar que a etapa de polimento não é realizada nos casquetes utilizados clinicamente. No entanto nos casquetes temos a cerâmica de cobertura que “cobririam” esses defeitos por oclusal e na parte interna a cimentação que minimizaria esse efeito³².

O material Vitro-Ceram apresentou resultados estatisticamente semelhantes ao sistema In-Ceram. Isso pode ser explicado pela semelhança de suas composições químicas, bem como de suas características estruturais⁷. O material Alglass apresentou valores mais baixos, o que é confirmado em outro estudo⁷.

A resistência à flexão de materiais cerâmicos está diretamente relacionada com a presença de defeitos estruturais^{23,25,45,46,47,9}. Nos sistemas aluminizados infiltrados por vidro, o perfeito molhamento da alumina pelo vidro é uma condição indispensável para resultados satisfatórios^{20,45}. Durante a etapa laboratorial se percebe uma diferença na capacidade de molhamento dos vidros de cada material, parecendo o sistema Alglass menos fluido e com menos capacidade de penetração. Isso se comprova na microscopia eletrônica de varredura (Figura 13, folha 45) onde se pode observar em detalhes o interior de um poro de cada um dos três sistemas testados. Nos sistemas Vitro-Ceram e In-Ceram, percebe-se uma superfície completamente molhada com o vidro, enquanto que no sistema Alglass encontra-se no fundo da bolha cristais de alumina expostos. Isso nos leva a acreditar que o vidro não teve a capacidade de infiltrar por todo o material.

Do mesmo modo quando se avaliam outras regiões do sistema Alglass (figura 11, folha 44) podem-se perceber diversas áreas de alumina sem a cobertura do vidro, o que é considerado um defeito estrutural e que levaria a uma redução significativa das propriedades mecânicas do material. Essa característica do Alglass é também justificada em outro trabalho na literatura, onde o autor justifica os pobres resultados mecânicos pela grande quantidade de porosidades⁷.

Os resultados estatisticamente semelhantes entre os sistemas In-Ceram e Vitro-Ceram se justificam pela composição química e microestrutural muito próxima dos dois sistemas. Na análise da fase cristalina foi encontrada uma quantidade de

2,2% de zircônia dopada por ítrio no sistema Vitro-Ceram. No entanto, acredita-se que essa pequena quantidade de zircônia não seja a principal responsável pelas propriedades mecânicas do material.

Os valores de resistência à flexão do sistema In-Ceram estão de acordo com aqueles encontrados na literatura ^{48,7,43,44,37,41,42,31, 36}. No entanto, como destacado por Apholt, Bindl, Luthy e Mormann (2001) ³⁴, o mecanismo de confecção manual do sistema pode gerar resultados diferentes e com desvios padrão distintos. Em vasta revisão de literatura Raigrodski²³ encontrou valores entre 236-600 (MPa) para o sistema In-Ceram Alumina.

A observação da superfície do sistema jateado, foi determinada pela proximidade clínica, uma vez que os casquetes são finalizados dessa maneira. Na figura 9 (folha 43) podemos observar a presença de poros em todos os sistemas, essa característica é consequência do processo de sinterização pó e líquido associada a uma técnica manual ⁴⁵. Esses poros são passíveis de “cicatrização” pelo vidro de infiltração ⁴⁵. Contudo no sistema Alglass esses poros não foram totalmente cobertos (figura 13, folha 45) apresentando no fundo de um poro cristais de alumina expostos. Observam-se também na figura 11 (folha 44) características bem distintas entre os três sistemas, o Vitro-Ceram com uma superfície mais “amassada” nos leva a acreditar que existe uma maior quantidade de vidro na superfície o qual seria compactado durante o jateamento, enquanto no In-Ceram uma relação mais distribuída de alumina e vidro é evidente. Já no Alglass se percebem áreas de arrancamento e porosidades sem vidro.

Quando se observa a alumina sem infiltração (figuras 21 e 22, folhas 52 e 53), percebe-se uma diferença nos espaços entre os grãos de alumina, maiores no sistema In-Ceram que nos outros sistemas. Espaços intergranulares menores dificultariam a penetração do vidro, o que resultaria em áreas de defeitos. Essa limitação de infiltração do vidro é observada no Alglass, no entanto, no Vitro-Ceram espaços são preenchidos o que parece ser pela maior fluidez do vidro do Vitro-Ceram.

Para avaliação de fases torna-se fundamental o polimento das amostras ^{7,36}. Na figura 16 (folha 48) pode-se observar a granulometria e a proporção fase cristalina e fase vítrea de cada sistema. Essas fotomicrografias estão de acordo com trabalhos encontrados na literatura, como demonstrado na figura 24, a seguir.

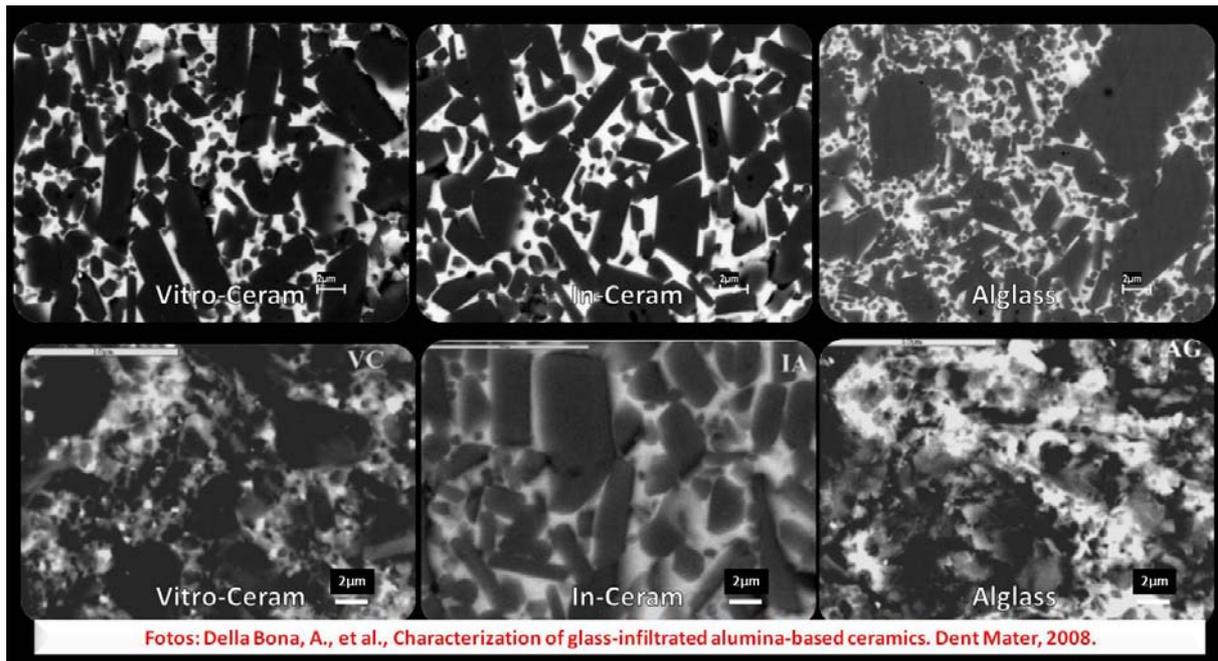


Figura 24 – Fotomicrografias comparativas com a literatura.

Na determinação do percentual em área da fase cristalina foram encontrados valores de 77,6%, 75,3% e 73% para o Vitro-Ceram, In-Ceram e Alglass respectivamente. O valor do sistema In-Ceram está de acordo com o trabalho de Della Bona, Mecholsky Jr., Barrett e Griggs (2008)⁷, entretanto os valores do Vitro-Ceram e do Alglass estão discrepantes. Essa diferença se deu pela diferença na seleção da fase cristalina pelos autores. Pode-se observar nas fotomicrografias comparadas, que as fase cristalina dos sistemas vitro-ceram e alglass estão melhores definidas no atual trabalho, o que facilitou a seleção das mesmas para quantificação. Acredita-se que alguns cristais de alumina de tamanho reduzido não foram levados em conta no trabalho de citado⁷.

A propagação da fratura se deu da mesma maneira nos três sistemas, passando preferencialmente pela matriz vítrea, clivando alguns cristais de alumina e desviando da maioria. Sendo assim, além de outros fatores anteriormente citados para os menores valores de resistência à flexão do sistema Alglass, acredita-se que a maior quantidade de vidro também tenha influência.

Apesar de resultados próximos ao sistema In-Ceram, o sistema Vitro-Ceram ainda deve ser avaliado clinicamente. Deve-se salientar, que dentre as diversas limitações desse trabalho, tem-se que destacar a ausência de cerâmica de cobertura e a ausência do cimento, as quais poderiam resultar em diferentes achados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhar com sistemas cerâmicos aluminizados infiltrados, confeccionados manualmente parece uma atitude retrógrada quando lembramos que estamos na era do computador. Sistemas confeccionados por unidades de fresagem parecem ser o grande investimento das indústrias no momento. No entanto quando procuramos nos laboratórios de próteses, percebemos que o sistema em cerâmica pura mais “vendido”, são justamente as cerâmicas aluminizadas infiltradas por vidro. Além do custo final ainda menor, existe a possibilidade de com pequenas estruturas e investimentos, o técnico consegue trabalhar com esses sistemas.

O objetivo da avaliação desses novos sistemas teve como principal objetivo compará-los com o sistema In-Ceram, o qual possui na literatura a maior quantidade de estudos longitudinais clínicos entre todos os sistemas totalmente cerâmicos. Além de representar na nossa experiência um sistema de sucesso clínico.

O sistema Alglass apresentou propriedades de resistência à flexão inferior aos demais sistemas, necessitando melhoras, provavelmente, com relação a um maior controle dos tamanhos das partículas e principalmente a uma melhor infiltração do vidro.

A partir dos resultados encontrados neste estudo, pode-se pensar em outros trabalhos complementares, como por exemplo um ensaio com carga cíclica, teste de compatibilidade com as cerâmicas de cobertura, adesão aos cimentos, tratamentos superficiais, propriedades ópticas, mas principalmente um bom acompanhamento clínico dos sistemas nacionais.

Outra alternativa seria a possibilidade de se combinar o vidro de um sistema com a alumina do outro. Por exemplo, talvez utilizando o vidro do Vitro-Ceram no sistema Alglass obtenham-se melhores resultados. Isso devido ao fato de neste trabalho ter sido constatado que os espaços entre os grãos de alumina são reduzidos nos dois sistemas. Contudo no Vitro-Ceram temos menos áreas sem infiltração, o que nos leva a crer que o vidro do Vitro-Ceram infiltrando o Alglass possa obter-se uma redução dos espaços vazios.

O sistema Vitro-Ceram apresentou propriedades muito parecidas com o Sistema In-Ceram Alumina. Diversos trabalhos na literatura demonstram efetividade clínica do sistema In-Ceram Alumina, em situações de coroas unitárias anteriores e

posteriores, e prótese parcial fixa anterior de até três elementos. Pode-se se especular então que essas seriam boas indicações para o sistema Vitro-Ceram.

Já o sistema Alglass apresentou resistência à flexão inferior ao sistema In-Ceram Alumina, entretanto resultados próximos ao In-Ceram Spinell, que tem comprovação clínica em coroas unitárias anteriores. Seria então coerente que indicássemos esse material apenas para coroas unitárias anteriores.

Vale ressaltar, no entanto, que essas possíveis indicações só estão relacionadas à resistência mecânica do material, não levando em consideração outros fatores.

7 CONCLUSÕES:

a) composição química:

o sistema Vitro-Ceram apresenta uma segunda fase cristalina composta por Zircônia dopada por Ítrio, enquanto que os sistemas Alglass e In-Ceram apresentaram apenas Alumina na sua fase cristalina;

b) resistência à flexão uniaxial em três pontos:

os sistemas In-Ceram e Vitro-Ceram apresentaram valores de resistência à flexão semelhantes entre si, e estatisticamente superiores ao Alglass;

c) características microestruturais:

os sistemas In-ceram e Vitro-Ceram apresentaram características microestruturais semelhantes e com a infiltração por vidro regular, diferente do sistema Alglass que apresentou diversas áreas sem infiltração por vidro, o que pode estar relacionado com resultados mecânicos inferiores;

d) avaliação da fratura:

a propagação da fratura se deu do mesmo modo nos três sistemas, percorrendo preferencialmente a fase vítrea, contornando as partículas de alumina, e eventualmente, fraturando uma delas.

REFERÊNCIAS

1. McLaren EA. All-ceramic alternatives to conventional metal-ceramic restorations. *Compend Contin Educ Dent*. 1998; 19(3):307-25.
2. Wall JG, Cipra DL. Alternative crown systems. Is the metal-ceramic crown always the restoration of choice? *Dent Clin North Am*. 1992; 36(3):765-82.
3. Christensen GJ. Longevity versus esthetics: The great restorative debate. *JADA*. 2007; 138(7): 1013-15.
4. Scotti R, Catapano S, D'Elia A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont*. 1995; 8(4):320-3.
5. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2000; 83(4):396-401.
6. Wassermann A, Kaiser M, Strub JR. Clinical long-term results of VITA In-Ceram Classic crowns and fixed partial dentures: A systematic literature review. *Int J Prosthodont*. 2006; 19(4):355-63.
7. Della Bona A, Mecholsky Jr. JJ, Barrett AA, Griggs JA. Characterization of glass-infiltrated alumina-based ceramics. *Dent Mater*. 2008 Nov;24(11):1568-74.
8. Land CH. Porcelain Dental Art. *Dental Cosmos*. 1903 ; XLV(6):437-44.
9. Vines RF, Semmelman JO. Densification of dental porcelain. *J Dent Res*. 1957; 36(6):950-6.
10. Hodson JT. Phase composition of crown and inlay porcelains. *J Dent Res*. 1959; 38(3):483-90.
11. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent*. 2001; 85(1):61-6.
12. McLean JW. Dental materials developments in the UK: a personal view. *J Dent Res*. 1996; 75(11):1816-9.

13. Leinfelder KF. An evaluation of casting alloys used for restorative procedures. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128(1):37-45.
14. Hsieh YL, Lai YL, Chen HL, Hung CY, Chen XL, Lee SY. Photoconductive method for measuring light transmission to the root of metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Dent Mater.* 2008; 24(9):1230-5.
15. Heffernan MJ, Aquilino MS, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials. *J Prosthet Dent.* 2002; 88(1):10-5.
16. McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J.* 1965; 119(6):251-67.
17. Grey NJ, Piddock V, Wilson MA. In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. *J Dent.* 1993 Feb;21(1):47-51.
18. A Hülls. Prótese ceramic sem metal de In-Ceram; 6 anos de trabalhos clínicos práticos [Breve compêndido]. Göttingen; 1995.
19. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont.* 1997 Sep-Oct;10(5):459-66.
20. Probst L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int.* 1992 Jan;23(1):25-31.
21. Pera P, Gilodi S, Bassi F, Carossa S. In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1994 Dec;72(6):585-90.
22. Sorensen JA, Kang SK, Torres TJ, Knode H. In-Ceram fixed partial dentures: three-year clinical trial results. *J Calif Dent Assoc.* 1998 Mar;26(3):207-14.
23. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2004 Dec; 92(6):557-62.

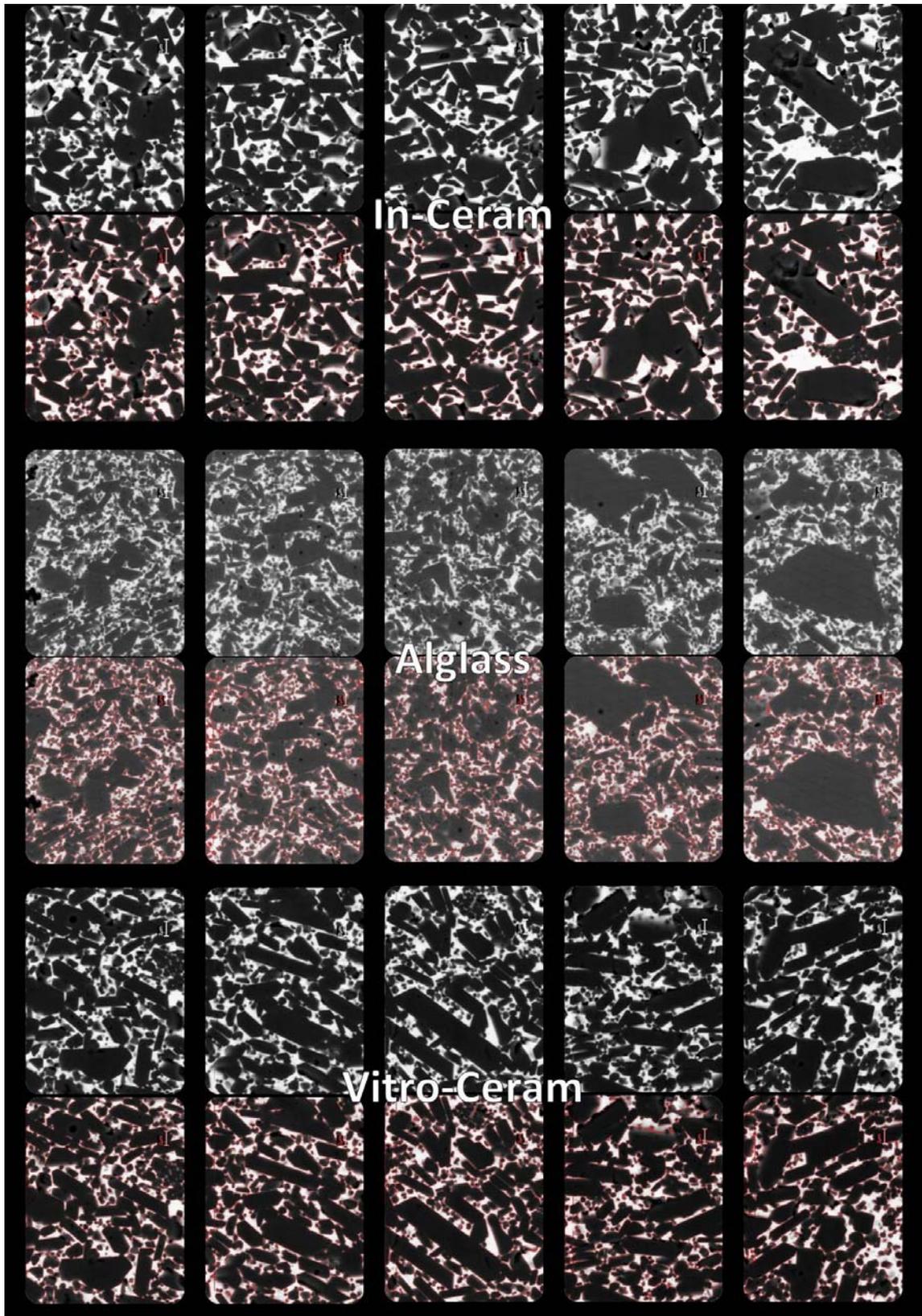
24. Andreiolo RF. Resistência a fratura de substruturas de In-Ceram Zircônia via CAD/CAM sob testes de fadiga cíclica [dissertação] Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2007.
25. Studart AR, Filser F, Kocher P, Luthy H, Gauckler LJ. Mechanical and fracture behavior of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent Mater.* 2007; 23(1):115-23.
26. Chong KH, Chai J, Takahashi Y, Wozniak W. Flexural strength of In-Ceram alumina and In-Ceram zirconia core materials. *Int J Prosthodont.* 2002; 15(2):183-8.
27. Morin F, Daniel X, Valentin CM. [Slip casting: design and processing]. *Cah Prothese.* 1990; (70):18-30.
28. McLaren EA, White SN. Glass-infiltrated zirconia/alumina-based ceramic for crowns and fixed partial dentures. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1999; 11(8):985-94; quiz 96.
29. Pfeiffer P, Schwickerath H, Sommer MC. [Tensile strength of dental porcelains]. *ZWR.* 1991; 100(12):938-42.
30. Giordano RA, 2nd, Pelletier L, Campbell S, Pober R. Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic, and feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent.* 1995; 73(5):411-8.
31. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent.* 1996; 76(2):140-4.
32. Correr Sobrinho L, Cattell MJ, Knowles JC. Fracture strength of all-ceramic crowns. *J Mater Sci Mater Med.* 1998; 9(10):555-9.
33. Ohyama T, Yoshinari M, Oda Y. Effects of cyclic loading on the strength of all-ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 1999; 12(1):28-37.
34. Apholt W, Bindl A, Luthy H, Mormann WH. Flexural strength of Cerec 2 machined and jointed In-Ceram-Alumina and In-Ceram-Zirconia bars. *Dent Mater.* 2001; 17(3):260-7.

35. Esquivel-Upshaw JF, Chai J, Sansano S, Shonberg D. Resistance to staining, flexural strength, and chemical solubility of core porcelains for all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont.* 2001; 14(3):284-8.
36. Oliveira AHG. Relação entre microestrutura e módulo de ruptura em sistemas cerâmicos empregados em prótese odontológica fixa. [dissertação] Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2002.
37. Rizkalla AS, Jones DW. Mechanical properties of commercial high strength ceramic core materials. *Dent Mater.* 2004; 20(2):207-12.
38. Bohjalian A, Froner EE, Zanetti AL, Santos VM. Resistência a fratura de sistemas cerâmicos Empress I, II e In-Ceram. *RGO.* 2006; 54(2):185-90.
39. Itinoche KM, Ozcan M, Bottino MA, Oyafuso D. Effect of mechanical cycling on the flexural strength of densely sintered ceramics. *Dent Mater.* 2006 Nov; 22(11):1029-34.
40. Yilmaz H, Aydin C, Gul BE. Flexural strength and fracture toughness of dental core ceramics. *J Prosthet Dent.* 2007 Aug; 98(2):120-8.
41. Oh NS, Kim DJ, Ong JL, Lee HY, Lee KW. Properties and cyclic fatigue of glass infiltrated tape cast alumina cores produced using a water-based solvent. *Dent Mater.* 2007 Apr; 23(4):442-9.
42. Chen Y-M, Smales RJ, Yip KH-K, Sung W-J. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. *Dent Mater.* 2008 Nov; 24(11):1506-11.
43. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 1995; 8(3):239-46.
44. Zeng K, Odén A, Rowcliffe D. Flexure tests on dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 1996; 9(5):434-9.
45. Fischer H, Weiß R, Telle R. Crack healing in alumina bioceramics. *Dent Mater.* 2008 Mar; 24(3):328-32.

46. Taskonak B, Griggs JA, Mecholsky JJ, Jr., Yan JH. Analysis of subcritical crack growth in dental ceramics using fracture mechanics and fractography. *Dent Mater.* 2008 May; 24(5):700-7.
47. Gokce S, Celik-Bagci E, Turkyilmaz I. A comparative in vitro study of the load at fracture of all-ceramic crowns with various thicknesses of In-Ceram core. *J Contemp Dent Pract.* 2008; 9(4):17-25.
48. Correr Sobrinho L, Glover RH, Knowles JC, Cattel MJ. Comparison of the wet and dry fatigue properties of all ceramic crowns. *J Mater Sci Mater Med.* 1998; 9(9):517-21.

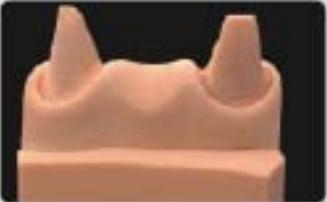
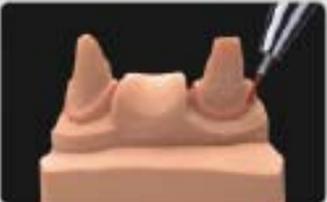
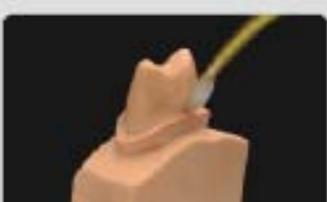
APÊNDICE – Fotomicrografias

Fotomicrografias utilizadas para a determinação do percentual de fase cristalina.



ANEXO A – Bula Vitro-Ceram

Bula Vitro-Ceram: Técnica de Aplicação. (Cedido pela Empresa Angelus).

TÉCNICA DE USO		
A. Preparo do Modelo		
Coroa Unitária		Prótese Fixa
	<p>1. Vaze o modelo duas vezes com gesso especial. O segundo modelo não deve ser seccionado, pois, servirá para os ajustes finais da peça após a aplicação da porcelana de cobertura.</p> <p>2. Após o preparo dos troquéis, observe-os com atenção. Pequenas falhas, bolhas e áreas retentivas devem ser corrigidas.</p> <p>3. Delimite a linha de término (margens) da preparação dental com uma ponta de cera colocada em lapiseira.</p> <p>4. Com um pingador de cera aquecido, aplique o isolante para gesso sobre a preparação dental com exceção da linha de término.</p> <p>5. Agora, com um pincel, aplique uma fina camada de bolante para gesso sobre a linha de término e sua área circundante.</p>	
		
		
		
		

B. Preparo da Pasta de Alumina



1. Separe 1 sachê do pó de alumina, 1 frasco do líquido de mesclar e 1 frasco do aditivo.



2. No frasco de vidro de 50 ml, entorne o conteúdo de 1 frasco do líquido de mesclar e adicione 1 gota do aditivo. Leve o frasco de vidro ao aparelho de ultra-som e inicie a vibração.

IMPORTANTE

Mantenha a água do banho de ultra-som sempre muito gelada (use gelo).



3. Com o frasco no ultra-som, adicione vagarosamente metade do conteúdo do sachê do pó de alumina na solução líquida, de acordo com as seguintes instruções:

- Enquanto o pó é acrescentado, a solução deve ser constante e levemente misturada com a espátula de vidro por 2 minutos;
- Continue misturando enquanto se acrescenta a outra metade do pó de alumina, sempre em pequenas porções, por 3 minutos;
- Mantenha o frasco no banho de ultra-som por mais 10 minutos.

A solução final deve ser uma pasta homogênea, sem grumos.



4. Armazene a pasta de alumina em três potes plásticos numerados que serão usados sequencialmente. Mantenha-os sempre tampados para evitar a evaporação dos componentes. Após o preparo, a validade da pasta de alumina é de 3 meses. Os potes com a pasta de alumina devem ser mantidos no congelador.

TÉCNICA DE DESCONGELAMENTO:

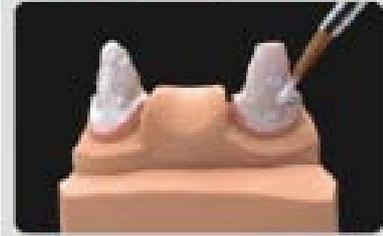
- Coloque água gelada no banho de ultra-som.
- Coloque o pote plástico com a pasta congelada no aparelho de ultra-som.
- Ligue o aparelho e misture a pasta com a espátula de vidro até nova homogeneização.
- Mantenha a vibração ultra-sônica por mais 3 minutos e a pasta de alumina estará pronta para a aplicação. Pode-se obter um tempo de trabalho maior com mais 30 minutos de vibração.

C. Aplicação da Pasta de Alumina

IMPORTANTE: Os potes com a pasta de alumina devem estar sempre tampados para evitar a evaporação dos componentes.



1. Para um ótimo molhamento do troquel pela pasta de alumina, aplique como primeira camada uma mistura do pó de alumina com álcool absoluto ou, preferivelmente, com álcool isopropílico.



2. Para obter o coping, aplique com um pincel a pasta de alumina de acordo com o formato da preparação dental. Faça-o rapidamente para evitar o ressecamento das camadas já aplicadas. No entanto, uma área ressecada pode ser reumedecida com uma pequena quantidade do líquido de mesclar. Não use água.

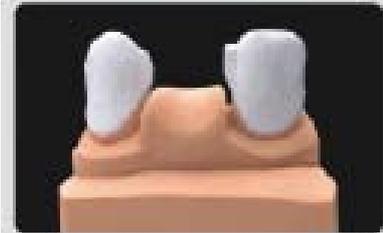


3. Com uma lâmina de bisturi, remova excessos do material que estejam além da linha de término da preparação dental.



4. Requisitos de espessura:

- copings para dentes anteriores
 - mínimo de 0,5 mm em todas as superfícies
- copings para dentes posteriores
 - mínimo de 0,5 mm nas paredes axiais
 - mínimo de 0,7 mm na superfície oclusal
- conexões entre copings e pântico
 - mínimo de 3 mm x 3 mm



IMPORTANTE: Copings com espessuras insuficientes podem quebrar quando removidos do troquel ou causar fratura da restauração quando sujeitos às cargas oclusais.

D. Secagem e Remoção da Estrutura de Alumina

IMPORTANTE: Nesta fase os copings são muito frágeis e devem ser manuseados com extremo cuidado.



1. Espere 30 minutos após a aplicação da pasta de alumina. Coloque o troquel com o coping no forno à temperatura de 100 a 110°C por 5 minutos. O ar quente de um secador de cabelo também pode ser usado para a secagem.



2. Com o coping ainda quente, mas apto a ser manuseado, remova-o delicadamente do traqué.
- IMPORTANTE:** Na confecção de uma estrutura para ponte, antes da construção do póntico, os copings também devem ser removidos dos traqués.



Passos exclusivos para estrutura de ponte

1. Recoloque os copings nos traqués e fixe-os com uma pouca do isolante para gesso aquecido (a ceta com um contaminante a alumina e não deve ser usada). Coloque ou construa o póntico. As áreas de conexão devem ser fumedecidas com o líquido de mesal.
2. Espere 30 minutos e coloque os traqués com a estrutura no forno em 100 a 110°C por 5 minutos. O ar quente de um secador de cabelo também pode ser usado para a secagem.
3. Com a estrutura ainda quente, mas apta a ser manuseada, remova-a delicadamente dos traqués.



E. Sinterização

IMPORTANTE: Nesta fase o coping ainda é muito frágil e deve ser manuseado com extremo cuidado. Não é necessário vácuo para os processos de sinterização e infiltração.



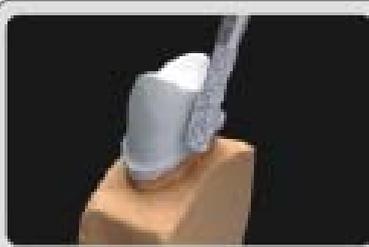
1. Com os copings nos pinos de alumina, coloque-os no forno para a sinterização. O forno deve ser programado de acordo com as seguintes instruções:
 - a. Aumente a temperatura até 120°C e mantenha por 6 minutos.
 - b. Em 40 minutos, com acréscimos de 25°C por minuto, aumente a temperatura até 1.120°C e mantenha por 60 minutos.
 - c. Ao atingir 400°C, o coping ou a estrutura podem ser removidos do forno.

Observação: Os copings e estruturas também podem ser sinterizados em pinos de platina, lâminas de platina ou sobre a bandeja refratária.



2. Aplique um marcador oclusal líquido para detectar irregularidades na superfície interna do coping. Remova-as com leve pressão.





3. O acabamento (escultura) deve ser feito com brocas diamantadas finas em baixa rotação e com leve pressão.



4. Com um espessímetro, confira os requisitos de espessura:

- copings para dentes anteriores
 - mínimo de 0,5 mm em todas as superfícies
- copings para dentes posteriores
 - mínimo de 0,5 mm nas paredes axiais
 - mínimo de 0,7 mm na superfície oclusal
- conexões entre copings e pântico
 - mínimo de 3 mm x 3 mm



5. Use discos ou pontas de borçhita para o ajuste final das margens. Verifique a peça atentamente. Antes da infiltração com vidro é possível corrigir falhas (veja "Técnica para a correção de pequenas falhas").



6. Aplique uma camada do líquido para detecção de trincas na superfície externa do coping. Qualquer trinca será evidenciada como uma linha de coloração mais intensa. A presença de uma trinca inutiliza o coping. Um novo coping deve ser confeccionado.



TÉCNICA PARA A CORREÇÃO DE PEQUENAS FALHAS

1. Aplique no troquel uma camada do isolante para gesso VITRO-CERAM.
2. Com uma ponta diamantada, faça um bisel na área do coping a ser corrigida.
3. Posicione o coping no troquel.
4. Umedeça o coping com água destilada.
5. Aplique a pasta de alumina sobre a falha.
6. Coloque o troquel com o coping no forno à temperatura de 100 a 110°C por 5 minutos. O ar quente de um secador de cabelo também pode ser usado para a secagem. Com uma lâmina de bisturi, remova os excessos do material usado na correção.
7. Retire o coping do troquel com cuidado.
8. Reposicione o coping no troquel e verifique a área corrigida.
9. Inicie a sinterização. Para o apoio do coping podem ser usados pinos de alumina, pinos de platina, lâminas de platina ou a bandeja refratária. O forno deve ser programado de acordo com as seguintes instruções:
 - a. Aumente a temperatura até 120°C e mantenha por 6 minutos.
 - b. Aumente a temperatura até 1.100°C (70°C por minuto durante 14 minutos) e mantenha por 30 minutos.
 - c. Ao atingir 400°C, o coping ou a estrutura podem ser removidos do forno.
 - d. Reposicione o coping no troquel e verifique a área corrigida.

F. Aplicação e Infiltração do Vidro

IMPORTANTE: Certifique-se de que não há pó de alumina nas superfícies externa e interna do coping. Partículas remanescentes dos desgastes e do acabamento impedem a adequada infiltração do vidro. Não é necessário vácuo para os processos de sinterização e infiltração.



1. Faça uma bolinha de manta refratária e coloque-a dentro do coping.



2. Posicione um fino de alumina em contato com a bolinha de manta refratária previamente colocada dentro do coping. O fino não pode tocar as margens do coping. Se isto acontecer, o vidro fluirá para dentro do coping.



3. Misture o pó de vidro com água destilada para obter uma pasta de consistência média.

4. Aplique uma camada espessa da pasta de vidro (1 a 2 mm) na superfície externa do coping.



IMPORTANTE: A pasta de vidro deve ser mantida 0,5 mm distante da linha de bémolo.



5. Coloque os copings no forno. Ajuste o forno para infiltração do vidro assim:

- Aumente a temperatura até 120°C e mantenha por 6 minutos.
- Em 110 minutos, com acréscimos de 9°C por minuto, aumente a temperatura até 1.110°C.
- Mantenha esta temperatura por 40 minutos.



6. Nos casos de infiltração incompleta, manchas brancas opacas aparecerão. O vidro não infiltrado deve ser removido, a pasta de vidro novamente aplicada e o processo de infiltração repetido.



	<p>7. Após a infiltração, remova os excessos de vidro de acordo com as seguintes precauções:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Use pontas e discos diamantados ou jato de partículas de óxido de alumínio de 50 µm com pressão de 1,5 bar (microabrasão). - Brilhe aquecimento durante essa remoção. - A superfície interna do coping não pode ser desgastada ou jateada. 	
<p>OBSERVAÇÃO: Há pontas e discos diamantados específicos para desgaste e acabamento de alumina. IMPORTANTE: Partículas de vidro podem causar danos à saúde. Use óculos ou tela de proteção, máscara e sucção a vácuo ao trabalhar com copings e estruturas de VITRO-CERAM/Alumina.</p>		
	<p>8. Ao jatear as margens do coping, reduza a pressão para 1 bar e direcione o jato num ângulo de 45°.</p>	
		
<p>9. Para eliminar qualquer excesso de vidro não infiltrado sobre o coping, proceda do seguinte modo (neste passo podem ser usados fornos de porcelana convencionais):</p> <ol style="list-style-type: none"> Coloque no forno a bandeja refratária com o coping. Aumente a temperatura do forno até 580°C. Aumente 80°C por minuto até atingir 980°C. Mantenha esta temperatura por 5 minutos. 		
	<p>10. Posicione a peça no modelo e faça o acabamento com pontas ou discos de borracha de granulação fina.</p>	
<p>Nota: Áreas brilhantes na superfície do coping indicam vidro não infiltrado que deve ser removido com jateamento. A presença de vidro não infiltrado pode causar defeitos na porcelana de cobertura final.</p>		
	<p>11. Aplique sobre a peça uma porcelana específica para copings e estruturas de alumina, de acordo com a anatomia planejada da restauração.</p>	
<p>IMPORTANTE: Áreas do coping ou da estrutura de VITRO-CERAM/Alumina não cobertas pela porcelana final devem ser glazeadas.</p>		

ANEXO B – Bula In-Ceram

Bula In-Ceram Alumina: Técnica de Aplicação. (Cedido pela Empresa VITA)



Preparación de la barbotina

- Pese exactamente **38 g** de VITA In-Ceram ALUMINA Powder.



- Vierta **1 ampolla de VITA In-Ceram ALUMINA Powder Liquid** y **1 gota de aditivo VITA In-Ceram** en el vaso de vidrio y realice una breve mezcla previa en el VITASONIC II.



- Sobre el vibrador, añada al líquido los 38 g de VITA In-Ceram ALUMINA Powder poco a poco y removiendo, en varias pequeñas porciones.
- Interrumpa este proceso al menos tres veces para introducir el vaso de vidrio en el aparato ultrasónico VITASONIC II durante 2 minutos cada vez.

Observación:

*El agua del VITASONIC II **tiene que** estar fría.*



- Tras haber añadido todo el polvo, introduzca el vaso en el aparato ultrasónico VITASONIC II durante 7 minutos. Al final, la barbotina debe presentar una consistencia uniforme y homogénea.



- A continuación, someta la mezcla al vacío durante 1 minuto (p.e. con un aparato de imbibición de vacío).



Cambio de recipiente de la barbotina

- Cambie la barbotina preparada del vaso de vidrio al bote de plástico adjunto.



Aplicación de la barbotina

- Empiece con la aplicación de la barbotina en la zona del elemento intermedio.
- Constrúyalo hasta la mitad de su altura.
- A continuación, cubra los muñones de anclaje por completo y únalos al elemento intermedio.
- Procure seguir la aplicación sin demora. Es preciso realizarla sin pausas para evitar que las capas ya aplicadas se sequen (→ ¡efecto piel de cebolla!)



Importante:

Forme las estructuras de puentes así como de coronas según los habituales criterios de construcción de la cerámica sin metal, es decir, con la forma del diente reducida. Las uniones entre los



dientes de anclaje y el elemento intermedio deben construirse lo más sólidamente posible. Las paredes de las coronas deben presentar un grosor mínimo de 0,5 mm. Como tras la cocción de sinterización se realiza siempre un acabado, la capa de barbotina que se aplica antes debería ser más gruesa.

- Descubra el margen de la preparación cuidadosamente con un bisturí hasta que se vea la marca (en su caso, con la ayuda de un microscopio).



- El modelado definitivo de la estructura no se realizará hasta después de la sinterización.



Aplicación del estabilizador VITA In-Ceram®

- Aplique el estabilizador a la estructura de barbotina acabada tras un tiempo de espera de al menos **30 minutos**.

Importante:

Sólo debe aplicarse **1 capa fina** del estabilizador a la estructura de barbotina sin humectar el zócalo de yeso.



1ª cocción de sinterización

- Realice la primera cocción de sinterización en el INCERAMAT II según se indica a continuación:

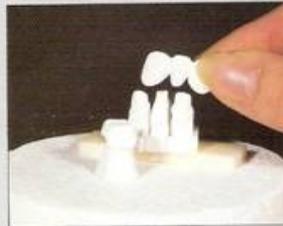
Tiempo 1 h:m	Tiempo 2 h:m	Tiempo 3 h:m	Tiempo 4 h:m	Temp. 1 aprox. °C	Temp. 2 aprox. °C
6:00	0:00	2:00	2:00	120	1.120

- Tras la cocción, deje enfriar las estructuras a 400 °C en el horno **cerrado** y luego a temperatura ambiente, con la cámara de cocción abierta.



Estructura sinterizada

- La estructura sinterizada puede retirarse fácilmente del modelo de yeso especial que se ha contraído durante la cocción.



Aplicación de vidrio

- Mezcle VITA In-Ceram ALUMINA GLASS POWDER con agua destilada hasta conseguir un líquido muy fluido.
- Aplique con un pincel una capa de 1 – 2 mm de grosor **sólo en el exterior** de la estructura sinterizada de modo que quede completamente cubierta.
- El borde de la corona debe permanecer libre.
- La superficie basal del elemento intermedio **no** debe cubrirse para no impedir que durante la infiltración del vidrio fundido el aire pueda salir de la estructura sinterizada.



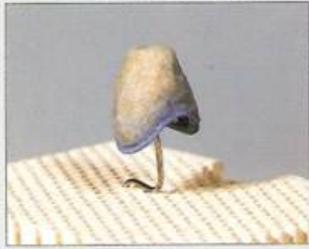
Cocción de infiltración de vidrio de puentes en el INCERAMAT II

- Para la cocción de infiltración de vidrio, coloque las estructuras de puentes cubiertas sobre una lámina de platino de 0,1 mm de grosor (PT/Au 95/5 Heraeus – disponible en dos tamaños: 60 x 100 x 0,1 ó 60 x 50 x 0,1) y realice un breve secado previo. (La lámina se puede solicitar a la empresa Heraeus bajo la denominación de Pt/Au 95/5 groß [grande] o klein [pequeño]).

- Realice la cocción de infiltración de vidrio **de puentes** de la siguiente forma:

Tiempo 1 h:m	Tiempo 2 h:m	Tiempo 3 h:m	Tiempo 4 h:m	Temp. 1 aprox. °C	Temp. 2 aprox. °C
0:00	0:00	0:30	6:00	200	1.100





Cocción de infiltración de vidrio de coronas en el INCERAMAT II

- Coloque las coronas sobre pernos de platino en el soporte de cocción W de VITA de tal forma que los márgenes de la corona no estén en contacto con el perno de platino, con el fin de evitar que el vidrio aplicado penetre en el interior de la corona.
- Realice la cocción de infiltración de vidrio **de coronas** en el INCERAMAT II de la siguiente forma:

Tiempo 1 h:m	Tiempo 2 h:m	Tiempo 3 h:m	Tiempo 4 h:m	Temp. 1 aprox. °C	Temp. 2 aprox. °C
0:00	0:00	0:30	2:00	200	1.100

Observaciones:

*Las temperaturas y los tiempos son valores aproximados y dependen del volumen de los objetos que se infiltran.
En el caso de infiltración incompleta, debe repetirse el proceso.*



Estructuras infiltradas

- Estructuras tras la infiltración



Eliminación del vidrio sobrante

- Reduzca el vidrio sobrante con una fresa de diamante gruesa o HEATLESS hasta poco antes de llegar a la superficie de la estructura.
- Arene el resto con óxido de aluminio de 50 μm a una presión máxima de aprox. 3,0 bar.



Observación:

¡Tenga cuidado con las zonas de los bordes! ¡Reduzca la presión!



- Finalmente, vuelva a realizar un control sobre el modelo maestro.

Importante:

El polvo que se produce al fresar presenta cantos vivos y resulta perjudicial para la salud. Por ello, deberá trabajar con gafas protectoras, mascarilla de protección bucal y aspiración, y tras un cristal de protección.



Cocción de control de vidrio

- Coloque el trabajo sobre pernos de platino del soporte de cocción W de VITA y realice la cocción de control de vidrio de la siguiente manera:

Cocción de control de vidrio en el horno de cerámica

Vt. °C	→	↘	Temp. aprox. °C	←	VAC
600	0.00	5.00	960	10.00	0.00

Acabado final

- Tras la cocción de control de vidrio, arene la corona con Al_2O_3 de 50 μm a una presión máxima de 2,5 – 3,0 bar.
- Repita la cocción de control de vidrio hasta que ya no se produzcan "charcos" en la superficie de la estructura.

- Estructuras acabadas sobre el modelo.
- A continuación, realice el revestimiento con VITADUR ALPHA (fascículo C "VITADUR ALPHA").



VITA In-Ceram® ALUMINA
Árbol de procedimiento:



ANEXO C – Bula Alglass

Bula Alglass: Técnica de Aplicação. (Cedido pela Empresa Celmat)

1 Mistura para obtenção da barbotina



- 38g de pó alumina Alglass;
- 5ml de líquido Alglass;
- 2 gotas de dispersante Alglass.

2 Instruções de uso do ultrassom



Nunca ligar o ultrassom sem a água.

3 Despejar a água até o nível indicado



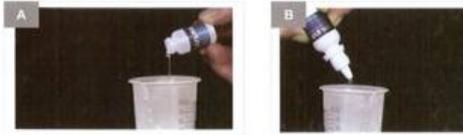
Atenção: Respeitar o nível indicado. A utilização sem água pode danificar o equipamento.

4 Colocar gelo



Atenção: Cuidado para não aumentar demasiadamente o volume de água. Evitar a entrada desta no BECKER.

5



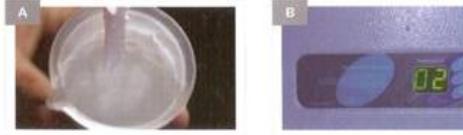
Em um BECKER de 50 ml bem seco, colocar todo o conteúdo do líquido Alglass, adicionar 2 gotas de dispersante Alglass, e levar ao ultrassom, por 30 segundos.

6



Não ultrassom ou sobre o vibrador, adicionar a alumina, lentamente, em pequenas porções BECKER, mexendo com uma espátula de vidro (usar a parte chanfrada).

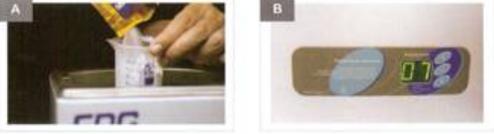
7



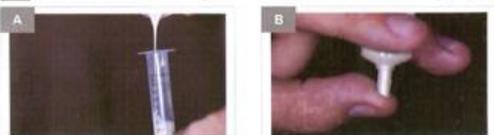
Quando a mistura ficar difícil de manipular, levá-la por 2 minutos ao ultrassom até obter uma mistura homogênea. Repetir o processo caso necessário.

02 KIT ALGLASS - MANUAL DE INSTRUÇÕES

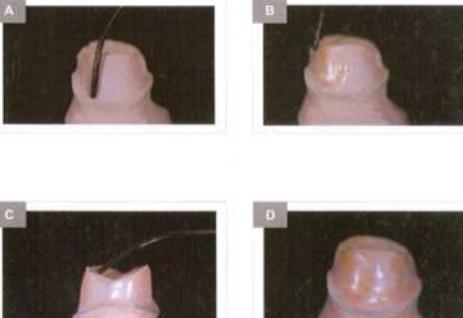
8 Depois de dissolvido todo o pó de alumina, colocar o BECKER no ultrassom, por 7 minutos, para terminar de homogeneizar a mistura.



9 Após a manipulação, obtemos a mistura que denominamos de barbotina. Colocar o conteúdo do BECKER na seringa de 20 ml, retirando todo o ar. Levar ao congelador, por 20 minutos, antes de sua utilização. Após os 20 minutos, distribuir em seringas menores de 5 a 10 ml, para melhor aproveitamento, mantendo-as sempre hermeticamente fechadas sem ar e no congelador. Executada esta etapa, a barbotina estará pronta para o uso.



10 Processo para isolar o Troquel: Técnica direta *Ver anexo 01*



Atenção: quando a barbotina estiver congelada, esperar de 5 a 10 minutos antes de usar, podendo uniformizar a massa bombeando o êmbolo da seringa. Pode ser utilizada duas técnicas para a preparação de aplicação da barbotina a direta e a indireta.

Com uma sonda aquecida, aplicar uma camada fina de gordura vegetal (manteiga de cacau) sobre o troquel, aliviando as retenções e regiões com ângulos vivos.

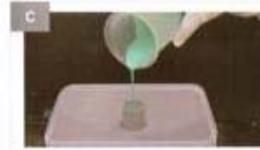
04 KIT ALGLASS - MANUAL DE INSTRUÇÕES



Na região cervical, na qual precisamos de adaptação, utilizar um pincel chato para retrair todo o excesso da gordura vegetal.



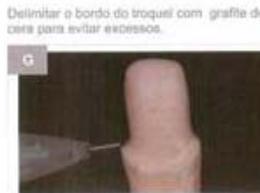
Atenção: É importante manter a barbotina sempre gelada. Para isso, faça um suporte de silicone adaptando um copim manido previamente no congelador. Segure bem o frasco e o suporte de silicone para retirar as gotículas de água que se formaram.



Preencher o recipiente com silicone (preparado de acordo com as instruções do fabricante).



Preparar o gesso Alglass a vácuo ou manualmente na proporção: 20g de gesso Alglass e 1ml de água destilada.



O excesso pode provocar resfinações, quebrando o coping quando for sacado.



Vazar o gesso Alglass no silicone, e desmoldar após uma hora.



Retirar os troqueis do silicone e colocar sobre um guardanapo de papel úmido, para umedece-los. Aplicar a barbotina como na técnica direta. O gesso Alglass irá contrair na sinterização afastando do coping.



Retirar os troqueis do silicone e colocar sobre um guardanapo de papel úmido, para umedece-los. Aplicar a barbotina como na técnica direta. O gesso Alglass irá contrair na sinterização afastando do coping.

11 Processo para duplicar o Troquel: Técnica indireta



Preparar os troqueis para que se possa fazer a duplicação.



Fazer um suporte de tubo plástico ou papelão, usando sempre um silicone de boa qualidade.

12 Aplicação da Barbotina na técnica direta



Em uma placa de vidro, pingar 2 gotas de álcool isopropílico, 1 gota de água destilada e misturar uma pequena porção da barbotina com um pincel.



Aplicar esta mistura sobre o troquel rapidamente e o mais fino possível.



Seguir as seguintes indicações: Faça guias de orientações com espessura de 0,5 mm.



Secar sempre o pincel antes de iniciar a aplicação da barbotina.



Complete os espaços com barbotina, uniformizando e seguindo os critérios de construção de um coping de metal/cerâmica (forma reduzida do dente). Observe sempre a espessura.



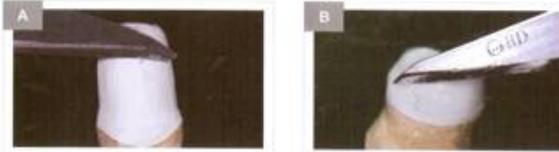
Aplicar a barbotina em pequenas porções sobre o troquel, para facilitar a sua escagem.



Quando as camadas forem grossas, aguarde alguns segundos antes da próxima camada.



13 Depois de aplicada a barbotina, aguardar de 15 a 30 minutos. Após esse tempo, a barbotina perde a água, tornando-se resistente.

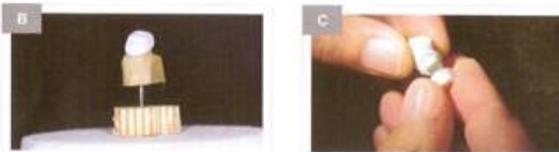


Com um auxílio de um bisturi, retificar a estrutura para obter a forma desejada, retirando os excessos do bordo.

14



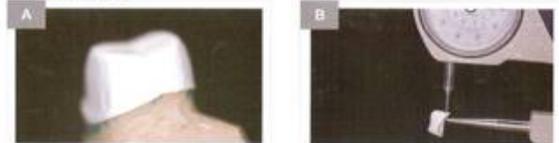
Para retirar o coping, deve-se levar o troquel ao forno a uma temperatura de 100°C por 5 minutos. **Atenção: somente na técnica direta.**



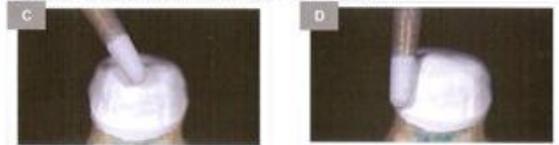
Após esse tempo, retirar cuidadosamente o coping do troquel, apoiando os dedos e mantendo uma posição paralela.

16 Ajustes do coping após a sinterização (Técnica direta ou indireta)

Ver anexo 03

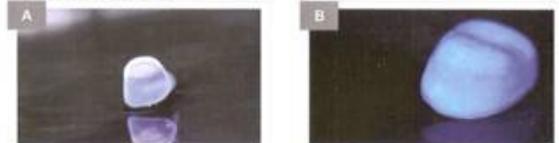


Após a sinterização com brocas diamantadas e borrachas adequadas, dar o acabamento necessário ao coping fazendo o ajuste de espessura, acerto de bordo e adaptação, lembrando novamente, que a espessura mínima não deve ser inferior a 0,5mm.



17 Verificação de trincas (Técnica direta e indireta)

Para todos os ajustes, utilizar o verificador de trincas Alglass, antes da infiltração de vidro, que pode ser feita de duas formas:



1ª Forma: Colocar 1 gota do verificador de trincas e 1 gota de água destilada em uma placa de vidro e o coping por cima.

2ª Forma: Aplicar o verificador com um pincel.

15 Sinterização



Sinterização:
Levar o coping para ser sinterizado, apoiando-o sobre uma manta macia, com o bordo voltado para cima (sem vácuo). Seguir a tabela a baixo de tempo e temperatura.

Sinterização (Técnica Direta)

T1 - 500 °C	T2 - 1120 °C
V1 - 20 °C/min	V2 - 70 °C/min
Pat1 - 12min	Pat2 - 30min

Ver anexos 02, 03 e 04.

Sinterização (Técnica Indireta)

T1 - 200 °C	T2 - 1120 °C
V1 - 5 °C/min	V2 - 30 °C/min
Pat1 - 20min	Pat2 - 30min

Ver anexos 02, 03 e 04.

18 Infiltração do vidro Alglass
Espanar a superfície do coping, com um pincel, até a total retirada do pó depositado pelos desgastes.



Em gotas de louça ou placa de vidro, colocar uma porção de vidro Alglass na cor desejada. Adicionar água destilada gota a gota, e manipular com uma espátula de vidro ou plástico até obter uma consistência arenosa.



Com um auxílio de um pincel, recobrir o coping com o vidro deixando as margens cervicais descobertas cerca de 2 mm (para evitar a infiltração interna deste vidro).



Influência do tempo de queima na profundidade de Infiltração:
Em 1h infiltra 0,6mm Em 2h infiltra 1mm
Em 1h 30min infiltra 0,8mm Em 2h 30min infiltra 1,2mm

19

Tabela de infiltração

T1 - 200 °C	T2 - 1100 °C
V1 - 20 °C/min	V2 - 70 °C/min
Pat1 - zero	Pat2 - 60min

20 Suportes para Infiltração



Pode ser usado como suporte de infiltração, uma placa ou pinos de platina.



Ou um suporte feito com gesso Aiglass.

As margens cervicais não devem tocar as faces internas laterais do coping.

21 Acabamento



A retirada do excesso de vidro e ajustes na adaptação serão feitos com borrachas especiais, brocas diamantadas de grão fino e jato de óxido de alumínio.

Quando utilizar brocas diamantadas, refrigerar com água, nas rotações de 10 mil a 15 mil rpm; Jatear com óxido de alumínio: malhas (125 a 325) com uma pressão de 30 a 45 PSI (2 a 3 kg/cm²).



Atenção: primeiramente, retirar o vidro interno e verificar adaptação, depois retirar o vidro externo. Ver anexo 05.

22 Aplicação da Cerâmica



Coping finalizado



Coping finalizado

Na preparação da superfície do coping, para receber a cerâmica, fazer uma queima de controle e equalização de vidro, segundo a tabela abaixo:

Controle e equalização do vidro

T1 - 500 °C	Pat2 - 5 min
T2 - 1000 °C	VA - 0
Vel, - 55 °C / min	

Um forno de cerâmica pode ser utilizado. Jatear novamente o coping para retirar o excesso de vidro antes da aplicação da cerâmica. Cerâmicas utilizadas: todas que sejam alumizadas. Coeficiente de expansão térmica: 7x10-6mV/Cº Dureza flexional: De 400 a 500mPa.



Esta é a facilidade que cabe em suas mãos... Aiglass

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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