

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**VIDROS DE FLUORETOS E PARÂMETROS DE
PUXAMENTO DE FIBRAS ÓPTICAS.**

JOSÉ MAURO BEZERRA

Dissertação para a obtenção do
título de Mestre em Física Aplicada.

Orientadora: Prof^a. Dra. Angela
Delben.

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz
Carlos Barbosa.

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

“Dedico este trabalho ao meu Deus, à minha esposa Jaqueline, minhas filhas Juliet e Nathália e aos meus pais Raimundo e Rita e meus irmãos Paulo Henrique e Anna Cristina que estiveram orando e torcendo por mim”.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva de vida.

A prof^a Dra. Ângela Delben pela orientação, compreensão, ensinamentos e paciência. Obrigado por ter me dado a oportunidade de poder trabalhar no grupo de vidro e especialmente com a senhora e o prof. Dr. José Renato Delben.

Ao Prof. Dr. José Renato J. Delben pelo apoio e instruções na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Petr Melnikov, que sempre me apoiou com seus ensinamentos, sua atenção e respeito sempre demonstrados durante nossa convivência.

Aos acadêmicos Aleandro e Vitor pelas orientações, trabalho, discussões, amizade, respeito, companheirismo.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Barbosa por ter cedido equipamentos e laboratório para a realização de medidas ópticas e a realização do puxamento da fibra óptica no laboratório da UNICAMP.

Ao Prof. Dr. Kassar, atual coordenador da pós-graduação no depto de física, ao, prof. Dr. Hamilton G. Pavão pelo apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao prof. João Vitor, por ter me acolhido nos primeiros meses em Campo Grande, também por sua amizade e compreensão.

Ao prof. Dr. Paulo Rosa, por ter me ensinado a importância e valor de ser um professor universitário.

A prof^a Dra. Izabela Porto e ao prof. Antônio dos Anjos pela amizade e o prazer de ensinar aqueles que o procuram.

A prof^a Dra. Marlene pela sua atenção e disponibilidade em ajudar.

A todos os professores do departamento de física da UFMS que contribuíram para minha formação e crescimento.

A minha esposa Jaqueline pela sua força de acreditar em um ideal, companheirismo e seu amor por mim.

Aos Ms. Gleison, Aldinéia, Leonardo, Sergio, Heveline, Aline, Carla, pela amizade e companheirismo durante a realização deste trabalho.

Ao técnico de laboratório Evaldo e Waldeir pela amizade e dedicação na realização de medidas.

A amigo do mestrado Elias, pela amizade, por sua força,, e por ser amigo nos momentos mais difíceis. Que Deus te abençoe.

A toda minha família que sempre me apoiou e esteve ao meu lado, mesmo nos momentos de ausência.

Ao pastor Sidney Bichofe, meu grande amigo e família.

A dona Lindinalva e família, por suas orações.

Ao amigo Sergio da Informática.

Aos meus sogros Sr. João Evangelista e dona Rosalina que tanto me apoiaram neste processo.

A todas as pessoas que eu não citei acima, porém deram alguma contribuição para a conclusão desta pesquisa.

Às agencias financiadoras CAPES e CNPq/PADCT.

Índices

Capítulo I – Vidros.....	12
I.1. Introdução.....	12
I.2. História dos Vidros.....	14
I.3. Os Vidros Óxidos.....	16
I.4. Vidros de Fluoretos.....	18
Referência Bibliográfica.....	21
Capítulo II – Preparação dos Vidros de Fluoretos para Análise e Puxamento.....	22
II.1. Preparação de Vidro de Fluoretos.....	22
II.2. Matéria Prima Utilizada.....	25
II.3- Composição da Amostra.....	26
II.4. Fusão dos Vidros de Fluoretos.....	27
II.5. Corte e Polimento da Amostra.....	28
Referência Bibliográfica	30
Capítulo III - Análises Térmicas e Resultados.....	31
III.1. Análises Térmicas.....	31
III.2. Análise Térmica Exploratória (Dsc).....	31
III.3. Resultados Obtidos pelas Análises do Dsc dos Vidros Zblali.....	34
III.4. Resultados Obtidos por Tma.....	37
III.4.1 – Introdução.....	37
III.4.2. Resultados Obtidos por Tma das Amostras Zblali.....	39
III.5. Viscosidade.....	41
III.6 Energia de Ativação (Ea).....	43
Referência Bibliográfica	46
Capítulo IV – Dispositivos Ópticos.....	47
IV. 1- Fibra Óptica.....	47
IV. 1.1 – História.....	47
IV.1.2. Estruturas das Fibras Ópticas.....	49
IV.1.3. Princípio de Propagação.....	50
IV.1.4. Tipos de Fibra Óptica.....	50
IV.1.5. Vantagens da Fibra Óptica.....	53
IV. 1.6. Desvantagens.....	56
IV.1.7. Pré-Forma Produzida Neste Trabalho.....	57
IV.2. Propriedades Ópticas dos Vidros de Fluoretos.....	57
IV.2.1. Transmitância dos Vidros Zblali.....	59
IV.2.1.1. Resultados Experimentais.....	59
IV.3. Pré-Formas.....	60
IV. 3.1. Introdução.....	60
IV.3.2. Fabricação da Pré-Formas.....	62
IV.3.2.5 Pré-Formas Obtidas por Fusão.....	61
Referência Bibliográfica.....	66
Capítulo V – Conclusão e Sugestões.....	67
Conclusão.....	67
Sugestões.....	68
Apêndice.....	69
A.1 Processo C.V.D. – Deposição Química de Vapor.....	69
A.2 Processo P.C.V.D. – Deposição Química de Vapor de Plasma Ativado.....	71
A.3 - Processo O.V.D. – Deposição Externa de Vapor.....	73
A.4 - Processo V.A.D. – Deposição Axial de Fase-Vapor.....	74
Referência Bibliográfica.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura.I.1 - Representação bi-dimensional da (a) sílica cristalina e (b) sílica não cristalina.....	13
Figura I.2 - Comportamento do volume específico ou entalpia em função da temperatura de um material, durante o resfriamento, a partir da fase líquida passando para fase sólida.....	13
Figura. I.3 - Fotografia de um conjunto de fibras ópticas.....	15
Figura I.4 – Peça em vidro trabalhada artesanalmente.....	16
Figura II.1 – Câmara seca, atmosfera N ₂ , 3~220V.....	23
Figura II.2 - Fornos utilizados na preparação de vidro de fluoretos controlador NOVUS para o forno.....	24
Figura II.3 - Foto da Máquina para o corte de amostras, ISOMET, disco de corte diamantado.....	28
figura II.4 - Foto: máquina politriz e suporte com amostra, Arotec modelo APL 4.....	29
Figura III.1 – Esquema representativo do processo DSC térmica do fluxo de calor.....	32
Figura III.2 - DSC – Shimadzu 50.....	32
Figura III.3 - Gráfico ilustrativo, simulando um resultado da análise feita no DSC, mostrando a convenção utilizada na determinação das temperaturas características.....	34
Figura III.4 - Curvas DSC, das cinco composições ZBLALi realizadas no laboratório da UFMS.....	35
Figura III.5 – Temperatura de Transição Vítreia em função do teor de LiF.....	36
Figura III.6 – Temperatura de início de cristalização, em função do teor de LiF.....	36
Figura III.7 – Parâmetro de estabilidade Tx –Tg para diversos teores de LiF.....	37
Figura. III. 8 - Gráfico ilustrativo, simulando um resultado da análise feita no TMA.....	38

Figura III.9 – Equipamento para análise TMA, Shumadzu 50.....	39
Figura III.10 – Resultados de TMA das amostras (5,10,15,20 e 30)% de LiF.....	40
Figura III.11 – Gráfico da estabilidade térmica pela concentração de LiF.....	41
Figura III.12 – Gráfico da viscosidade pela temperatura.....	43
Figura III.13 – Gráfico da Energia de ativação em relação à concentração LiF.....	45
Figura IV.1 - Núcleo com índice de refração N_1 e casca com N_2 . $(N_1/N_2) > 1$	49
Figura IV.2 - Fibra óptica multimodo n degrau.....	51
Figura IV.3 - Fibra óptica multimodo n gradual.....	52
Figura IV.4 - Fibra óptica monomodo n degrau.....	53
Figura IV.5 – Faixas de alguns comprimentos de ondas, em destaque, luz visível.....	58
Figura IV.6 – Equipamento para fazer a transmitância, Perkin-Elmer.....	59
Figura IV.7 – Gráfico da transmitância da amostra ZBLALi ₂₀	60
Figura IV.8 – Torre de Puxamento de Fibras Ópticas, HEATHWAY.....	62
Figura IV.9 – Pré-forma preparada para puxamento, UNICAMP.....	63
Figura IV.10 - mostra algumas grandezas físicas, como velocidades, pontos de diferentes temperaturas e diâmetros no momento em que uma fibra está sendo puxada.....	64
Figura IV.11 – Volante de puxada e a fibra óptica.....	65
Figura IV.12 – secção transversal de uma fibra ZBLALi ₁₅ , com diâmetro aproximado de 0,5 mm.....	65
Figura IV.13 – superfície lateral da fibra ZBLALi ₁₅ , contendo algumas cristalizações na superfície.....	65

APÊNDICE	69
Fig. A.1 - Processo M.C.V.D., Deposição Química Modificada de Vapor	69
Fig. A.2 - “colapso”,.....	71
Fig. A.3 – Processo P.C.V.D., Deposição Química de Vapor de Plasma Ativado.....	72
Fig. A.4 – Processo O.V.D., Deposição Externa de Vapor.....	73
Fig. A.5 – Processo V.A.D., Deposição Axial Fase -Vapor.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela II.1 – Matérias primas utilizadas e fornecedores.....	25
Tabela II.2 – Composições de vidro utilizadas, em mol%	26
Tabela II.3 - Lixas utilizadas para o polimento.....	29
Tabela III.1 - Temperatura Característica e Parâmetros de Estabilidade das Amostras de Vidros Fabricados a Partir de Fluoretos.....	35
Tabela III.2 - Valores da Temperatura de Amolecimento, com carga aplicada de 5g.....	40
Tabela III.3 – Energia de ativação e Derivada em relação a concentração de LiF.....	44
Tabela IV.1 – Processo de fabricação de fibras.....	61

RESUMO

O avanço nas telecomunicações, tanto convencional quanto específicas, como por exemplo, nas áreas militares e de inteligência artificial, fez com que impulsionasse o interesse de vários pesquisadores e instituições para obter fibras ópticas de excelente qualidade.

Vidros de halogenetos são candidatos a materiais para fibras ópticas . Foram estudadas composições do vidro de fluoretos ZBLALi, de acordo com a equação $(56 - x) \text{ZrF}_4$, $(30 - y) \text{BaF}_2$, $(5 + x + y) \text{LiF}$, 5LaF_3 e 4AlF_3 , em mol%, sendo $(9 \geq x \geq 0)$ e $(16 \geq y \geq 0)$, variando principalmente o LiF, em 5, 10, 15, 20 e 30%. O processo de preparação dos vidros foi o de fusão convencional, utilizando um cadinho de platina.

Foram realizadas análises de Análise Térmica Exploratória (DSC), Análise Térmomecânica (TMA) e Transmitância óptica, através das quais obtivemos resultados importantes como a estabilidade térmica dos vidros, a viscosidade e condutividade óptica do material.

Foram preparadas três pré-formas de uma única composição com 20% LiF, ZBLALi₂₀, devido a sua boa resistência à cristalização. O puxamento foi realizado na torre de puxamento da UNICAMP, preparada para fibras de sílica e teluritos.

ABSTRACT

Telecommunication improvements in divers areas, such as military applications and artificial intelligence, arouse the interest of many researches to improve optical fiber quality.

Halide Glasses are potential candidates to optical fibers materials. At present work, fluoride glasses of the system $(56 - x) \text{ZrF}_4$, $(30 - y) \text{BaF}_2$, $(5 + x + y) \text{LiF}$, 5LaF_3 , 4AlF_3 , in mol%, with $(9 \geq x \geq 0)$ and $(16 \geq y \geq 0)$, were studied. Samples were prepared by fusion in platinum crucible.

Glasses samples were characterized by thermal analysis DSC and TMA as well as optical transmittion, so that thermal stability, viscosity and optical conductivity were determined.

Three performs were prepared in single composition, ZBLALi_{20} , with 20% LiF. Fibers were drawn in a tower of UNICAMP, normally used for silica and telluriite glass fibers.

CAPÍTULO I - VIDROS

I.1. INTRODUÇÃO

Os materiais são classificados em vários grupos: metais, cerâmicos, polímeros, semicondutores e compósitos. O comportamento dos materiais em cada grupo é determinado por sua própria estrutura. A estrutura de um átomo determina a natureza da união dos átomos (rede cristalina), determinando as propriedades físicas e mecânicas de um material.

O arranjo e as falhas dos arranjos dos átomos dentro de uma estrutura cristalina ou amorfa também influenciam no comportamento do material.

O movimento do átomo através da rede, conhecido como difusão, é importante para tratamentos térmicos e processos de fabricação, e também para as propriedades físicas e mecânicas dos materiais.

Duas definições foram dadas ao vidro. A primeira é operacional, diz que “o vidro é um sólido obtido por um processo térmico e químico de um líquido que não se cristalizou”. A segunda é uma definição estrutural, conceituando “o vidro como um sólido não-cristalino” [1]. Sua estrutura atômica é amorfa, apresenta apenas ordem de curto alcance. A fig.I.1 apresenta dois tipos de redes, a fig. I.1a., sílica cristalina, e na fig. I.1b., sílica amorfa [2].

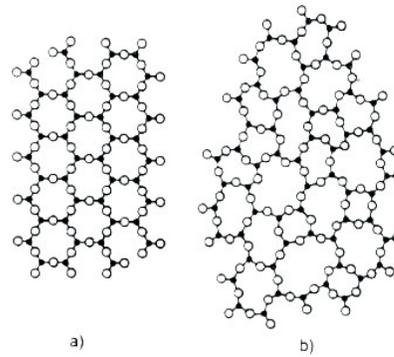


Fig.I.1 - Representação bi-dimensional da (a) sílica cristalina e (b) sílica não cristalina.

Uma substância no estado vítreo é formada através do resfriamento do material a partir de seu estado líquido. Na passagem para o estado vítreo, em qualquer temperatura, não ocorre uma variação descontínua tal como a que ocorre na cristalização, porém o estado vítreo é caracterizado por maior rigidez provocada pelo aumento acentuado da viscosidade [3], fig.I.2.

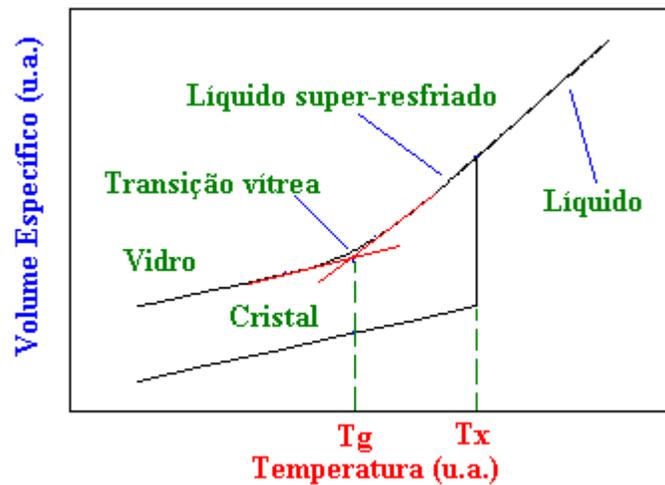


Fig I.2 - Comportamento do volume específico ou entalpia em função da temperatura de um material, durante o resfriamento, a partir da fase líquida passando para fase sólida.

Devido a propriedades como: facilidade de fabricação, propriedades elétricas e ópticas, durabilidade química e dureza o vidro apresenta aplicações em transmissão de dados e informações (fibra óptica), fig. I.3, processamento de sinais, contêiner de lixo hospitalar e nuclear, e outros.



Fig, I.3 - Fotografia de um conjunto fibras ópticas

I.2. HISTÓRIA DOS VIDROS

Os vidros nem sempre foram fabricados pelo homem. Os chamados vidros naturais podem ser formados quando algum tipo de rocha é fundido a elevadas temperaturas e, em seguida, solidificada rapidamente. Tal situação pode, por exemplo, ocorrer nas erupções vulcânicas. Os vidros naturais assim formados, denominados obsidiana e tektitas, permitiram aos humanos na Idade da Pedra confeccionar ferramentas de corte para uso doméstico e para

sua defesa. As características destes vidros naturais fizeram com que alcançasse alto valor ao longo da história, a ponto dos egípcios os considerarem como material precioso, sendo encontrados em adornos nas tumbas e engastados nas máscaras mortuárias de ouro dos antigos Faraós. Como ocorre com grande parte dos materiais ditos antigos, o início de sua fabricação é, geralmente, incerto. Plínio, o grande naturalista romano, nascido no ano 23 de nossa era, em sua enciclopédia *Naturalis Historia* atribui aos fenícios a obtenção dos vidros. Segundo o relato, ao desembarcarem na costa da Síria há cerca de 7000 anos a.C., os fenícios improvisaram fogões usando blocos de salitre sobre a areia. Observaram que, passado algum tempo de fogo vivo, escorria uma substância líquida e brilhante que se solidificava rapidamente. Admite-se que os fenícios dedicaram muito tempo à reprodução daquele fenômeno, chegando à obtenção de materiais utilitários [4]. Nos dias atuais os vidros são fabricados em geral para fins comerciais, alguns de uma forma artesanal, fig.I.4, e outros por linha de produção industrial: vidros para janelas e portas, lentes para óculos e câmeras fotográficas e em fibras ópticas, utilizadas em transmissões de dados, com as informações enviadas em forma de luz, proporcionando velocidade e segurança em suas transmissões.



FIG. I.4 - Peça em vidro trabalhada artesanalmente

O nosso trabalho é sobre vidros de fluoretos, mais precisamente com a composição ZBLALi, baseado em fluoreto de zircônio, bário, alumínio, lantânio e lítio onde variamos o lítio com percentagem de 5, 10, 15, 20 e 30 de sua massa.

Antes de detalharmos nossa composição falaremos um pouco sobre os vidros óxidos, e logo depois faremos uma rápida comparação entre os vidros óxidos e de fluoretos.

I.3. OS VIDROS ÓXIDOS

Considerando-se que os vidros de maior importância comercial são baseados em óxidos, as teorias estruturais mais difundidas são aquelas que conseguem explicar e prever, com maior sucesso, a formação destes vidros. A mais simples e mais antiga teoria de formação de vidros baseou-se na observação de Goldschmidt [5], de que vidros com fórmula geral R_nO_m

formam-se mais facilmente quando a razão dos *raios iônicos* do cátion R e do oxigênio se encontra na faixa entre 0,2 e 0,4. Uma vez que as razões nesta faixa tendem a produzir cátions circundados por quatro átomos de oxigênio, em uma configuração tetraédrica – característica comum a todos os vidros conhecidos àquela época – Goldschmidt acreditava que tais requisitos seriam essenciais à formação de um vidro. As idéias deste autor foram estendidas por Zachariasen (1932) [6], em uma tentativa de explicar por que certas coordenações (número de oxigênios ao redor do cátion R) favorecem a formação vítrea. Essencialmente, Zachariasen notou que aqueles óxidos que formavam mais prontamente um vidro, ao invés de se cristalizarem, exibiam a capacidade de formar cadeias, na forma de conjuntos de tetraedros, conectados entre si pelos vértices. Vale comentar que as formas cristalinas também podem apresentar tais cadeias; contudo, no vidro estas perdem a simetria e a periodicidade. Sendo assim, Zachariasen estabeleceu que a formação de cadeias seria uma condição fundamental para a existência de um vidro e extraiu, como consequência deste requisito, outras conclusões sobre o arranjo ao redor dos átomos da rede. Em primeiro lugar, nenhum átomo de oxigênio deveria estar ligado a mais do que dois cátions da rede, posto que as coordenações de mais alta ordem impediriam as variações nos ângulos das ligações cátion-oxigênio, necessárias à formação de uma rede não-cristalina. Notou-se, entre os vidros conhecidos até então, que sua estrutura era formada apenas por cátions de rede em coordenação triangular (B_2O_3) ou tetraédrica (SiO_2 , P_2O_5 , GeO_2), e que havia uma tendência nestas estruturas de que os cátions se localizassem tão afastados uns dos outros quanto possível. Tais observações sustentaram a racionalização de que o número de oxigênios ao redor do cátion deveria ser pequeno, e que os poliedros deveriam estar ligados entre si pelos vértices, nunca por faces ou arestas, a fim de distanciar o

máximo possível os cátions . Os vidros contendo Nb_2O_5 possuem considerável interesse prático devido à influência favorável desse óxido em um grande número de propriedades químicas e físicas. Nos sistemas silicatos a participação do Nb_2O_5 contribui para o desenvolvimento de novos materiais com alto coeficiente ótico não linear e lasers de alto parâmetro de emissão estimulada. Em vidros teluretos, que contêm TeO_2 na sua composição, há possibilidade de preparar materiais geradores de segundo harmônico ou mesmo construir uma matriz vítrea com nanocristais de niobato de lítio (LiNbO_3), um cristal ferroelétrico com temperatura de Curie de 1210°C , um eficiente material óptico não linear para geração de segundo harmônico e amplamente utilizado em guias de onda. Alguns vidros apresentam ainda propriedades de chaveamento elétrico, ora conduz e ora não conduz corrente elétrica, (*switching*) [4].

I.4. VIDROS DE FLUORETOS

Muitas propriedades precisam ser otimizadas em um vidro visando sua aplicação comercial. Para fazermos um vidro de “fluoretos de metal pesado” (HMF), a resistência do vidro para cristalizar durante a fabricação é de primordial importância. Ao mesmo tempo outras propriedades, tais como os índices de refração e dispersão, coeficiente de dilatação térmica, durabilidade química e a resistência mecânica, também devem ser otimizadas para permitir a produção das fibras de vidro com características de guias de ondas apropriadas e capazes de suportar uma gama de condições operacionais. Esforço considerável tem sido despendido para desenvolver composições de vidros de fluoretos mais resistentes ao ataque da água. A maioria das composições estáveis é multicomponente. A estrutura dos vidros

fluorozirconados e fluorohafanados tem sido amplamente estudada e esbarra numa diversidade de possibilidades quanto à formação de mais de uma espécie de poliedro, sendo que até coordenação octaédrica tem sido relatada. O Zr pode assumir número de coordenação de 6 a 8, segundo determinação por espectro Raman e 7 a 8 segundo análise por difração de raios-X.

Muitos vidros de fluoretos para produção de fibra óptica tem sido longamente testados, principalmente nas composições baseadas em cátions tetravalentes tais como Zr, Hf e Th. Os vidros de Zr e Hf são comercialmente interessantes, já os vidros com Th não, pois são emissores de partículas alfa, cancerígenas. Composições baseadas em ZrF_4 , BaF_2 , LaF_3 , AlF_3 , NaF ou LiF tem sido estudadas por serem bastante resistentes à cristalização, sendo assim utilizadas na obtenção de pré-formas, tanto no núcleo quanto na casca, para o puxamento de fibra óptica. Os vidros fluorozirconatos são fortes candidatos a aplicação em fibras ópticas, laser, amplificadores ópticos e guias de ondas planas [5].

Pesquisas em eletrólitos sólidos de flúor têm sido desenvolvidas, pela valorização industrial potencial. Óxidos análogos derivados de zircônia já são conhecidos e mesmo utilizados como sensores de oxigênio na indústria (chamados de sensores de presença de gás). O sensor é capaz de informar a concentração de oxigênio, por exemplo, no escape de automóveis, a temperatura de funcionamento desses sensores seria de aproximadamente 300°C ou pouco superior, e sua composição geralmente é de ZrO_2 (dióxido de zircônio) e TiO_2 (Titânia). A condutividade destes materiais é baixa, $2,36 \times 10^{-6} / \Omega \cdot \text{m}$ para a zircônia e $2,34 \times 10^{-4} / \Omega \cdot \text{m}$ para a titânia, devido às ligações mais fortes nos óxidos, de tal modo que sejam apenas utilizadas em temperaturas relativamente moderadas acima de 300°C , o que aumenta a energia cinética

dos íons no material, e conseqüentemente sua condutividade. Descobriu-se que a mobilidade de F^- deve-se à alta polarizabilidade dos cátions, especialmente quando tiverem um par isolado, e pela distribuição desordenada do flúor em fluoretos ternários. Grande diferença de tamanho entre cátions é também um fator favorável. Investigações progridem para integrar eletrólitos sólidos F^- em cadeias eletroquímicas usando compostos de intercalação de grafite, mas a dificuldade a ser superada é evitar a formação de uma camada isolante estável no eletrodo negativo (LiF, por ex., quando o Li faz parte da composição). Condutores de íons rápidos flúor também têm sido usados em escala experimental para dispositivos microeletrônicos que requeiram alta confiabilidade. Alguns fluoretos tiveram suas aplicações em dispositivos de display eletrônico, mas estes são na verdade baseados na condutividade iônica do Li^+ , ao invés da do F^- , como nos vidros de ZBLALi com alta concentração de Li [6].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Askeland, *The Science and Engineering of Materials*, 1997.
- [2] J. Zarzycki, *Les Verres et L'État Vitreux*, 1982.
- [3] Kittel, C., Introdução à física do estado sólido.
- [4] O. Alves, I. Gimenez, I. Mazali, *Vidros*, ed. Maio 2001.
- [5] Y.Y.Noguchi, dissertação de mestrado, Métodos de Preparação e Propriedades de Vidros de Fluoretos, 2004, UFMS.
- [6] P. Hanglumuller, *Inorganic Solid Fluorides*, Acad. Press Inc., 1985.

CAPÍTULO II – PREPARAÇÃO DOS VIDROS DE FLUORETOS PARA ANÁLISE E PUXAMENTO.

II.1. PREPARAÇÃO DE VIDRO DE FLUORETOS

Na preparação de vidros de fluoretos são utilizadas usualmente duas técnicas: a de fusão, mais comum, e o processo sol-gel.

O processo sol-gel permite a obtenção de materiais a uma temperatura relativamente baixa. É baseado na hidrólise dos precursores moleculares constituintes e policondensação subsequente para vidros na geometria desejada. A tecnologia permite a incorporação de aditivos orgânicos e inorgânicos durante o processo de formação da rede vítrea à temperatura ambiente. Uma grande dificuldade no uso do processo sol-gel para vidros de fluoretos está na seleção de precursores adequados e compatíveis, por exemplo uma vez que as composições estáveis contêm muitos componentes, nem sempre estão disponíveis compostos de partida da mesma espécie (alcóxidos, hidróxidos,...), as condições de pH são distintas, etc.

O método de preparação de vidro de fluoreto por fusão requer bastante cuidado, e necessita de uma infra-estrutura específica para executá-lo, devido principalmente à necessidade de não contaminar a amostra, deveremos protegê-la tanto da água quanto de algum tipo de poeira ou similar [1].

Para não haver contaminação por água, a amostra é pesada numa câmara seca com a atmosfera de aproximadamente 1,3-1,7 atm, o gás contido em seu interior é o nitrogênio (N_2). A presença de água e de outras impurezas aniônicas tais como oxigênio, sulfatos e carbonatos, pode influenciar dramaticamente a formação vítrea, ou provocar absorções indesejáveis no infravermelho. A câmara seca é mostrada na fig. II.1, conta com alguns

acessórios importantes, como filtros, bomba de vácuo, controle de vácuo e entrada de gás, com uma ante-câmara onde fazemos uma interface do meio interno com o externo. A câmara é alimentada por uma rede elétrica trifásica de 220V.



Fig. II.1 – Câmara seca, atmosfera N₂.

A pesagem foi realizada em balança eletrônica, com precisão de 0,0001g.

Na pesagem todo o cuidado é essencial, para não contaminar os recipientes com elementos diferentes. Os elementos pesados são colocados em um recipiente de plástico, que é fechado e levado ao segundo estágio a fusão.

Na fusão deveremos ter cuidado para não haver contaminação por partículas ou resíduos de fusões anteriores armazenadas em porosidades do cadinho, portanto usamos um cadinho de platina com 5% de ouro, que é razoavelmente resistente ao ataque químico dos fluoretos e quase não apresenta porosidade. O forno vertical onde ocorre a fusão é de construção do próprio laboratório, o controle de sua temperatura é feito por um equipamento da NOVUS, fig.II.2..



Fig.II.2 Fornos utilizados na preparação de vidro de fluoretos, controlador NOVUS para o forno.

Na fusão a temperatura é de aproximadamente 820°C na qual o fundido é mantido por 30 min, para completa fusão e mistura dos elementos. O derrame é feito da seguinte maneira: com um pequeno espelho olhamos atentamente a transparência da amostra e fazemos um rápido movimento circular no cadinho homogeneizando a amostra líquida em seguida vertemos o líquido que está aproximadamente em 650°C no molde de grafite ou latão, previamente aquecido em um forno a 240°C , levando logo em seguida para o recozimento no mesmo forno a 240°C . O recozimento é feito após a amostra estar a 30 min com o forno 240°C , logo em seguida o forno é desligado e começa o processo de resfriamento lento dentro do próprio forno até alcançar a temperatura ambiente, para evitar trincas por mudanças bruscas de temperatura.

Para que aconteça a vitrificação e qualidade na produção do material é necessário um alto grau de pureza dos elementos utilizados, ZrF_4 , BaF_2 , LiF , 5LaF_3 , AlF_3 .

II.2. MATÉRIA PRIMA UTILIZADA

Existem diversas técnicas de purificação de matérias primas, porém o grau de pureza dos materiais de partida já era satisfatório para a execução do trabalho. Na verdade, os fluoretos de partida mesmo que de alto grau de pureza, ainda contém impurezas pelo menos na faixa de ppm e OH adsorvida, que absorvem no IV (infra-vermelho) e impõem restrições ao uso dos vidros de fluoretos para fibras ópticas em redes de telecomunicações de longas distâncias. Para enlaces ópticos de grandes distâncias a contaminação máxima deve estar na ordem de ppb, portanto impossível de ser atingida a partir de precursores usados no processo de fusão com pureza em ppm ou inferior. Atualmente as fibras preparadas com vidros de fluoretos são opticamente ativas, e são usadas na amplificação dos sinais da rede de telecomunicações constituídas de fibras longas de sílica.

Na tabela II.1, apresentaremos a matéria prima em nossa pesquisa.

Tabela II.1 – Matérias primas utilizadas e fornecedores

Material	Grau de Pureza	Fornecedores
ZrF ₄	Fibra óptica	BDH Fluortran [®] (1) Merck
BaF ₂	99%	Suprapur [®] Merck (2)
LiF	Fibra óptica	BDH Fluortran [®] Merck
LaF ₃	Fibra óptica	BDH Fluortran [®] Merck
AlF ₃	Fibra óptica	BDH Fluortran [®] Merck

(1) - BDH Limited – Broom Road, Poole, BH12 4NN, England (desativada). (2) – Merck, Fiber Optical.

II.3- COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA

A composição ZBLALi é baseada em ZrF_4 , BaF_2 , LiF, LaF_3 , AlF_3 , na proporção em mol%: $(56 - x)$ ZrF_4 , $(30 - y)$ BaF_2 , $(5 + x + y)$ LiF, 5 LaF_3 e 4 AlF_3 , sendo $(9 \geq x \geq 0)$ e $(16 \geq y \geq 0)$. A composição é apresentada na tabela II.2

Tabela II.2 – Composições de vidro utilizadas, em mol%

AMOSTRA	ZrF_4	BaF_2	LiF	LaF_3	AlF_3
ZBLALi ₅	56	30	5	5	4
ZBLALi ₁₀	56	25	10	5	4
ZBLALi ₁₅	51	25	15	5	4
ZBLALi ₂₀	51	20	20	5	4
ZBLALi ₃₀	47	14	30	5	4

II.4. FUSÃO DOS VIDROS DE FLUORETOS

A fusão dos vidros de fluoretos se processa em quatro estágios: fusão-refinamento, derrame no molde, resfriamento e recozimento. Ao fundirmos uma amostra devemos ficar atentos a temperatura de fusão, que deve ser tão adequada quanto a atmosfera de trabalho. Quando relacionamos a temperatura com a atmosfera chamamos de refinação do processo. Se a temperatura do processo estiver baixa demais permitirá a presença de partículas não fundidas, se for muito elevada haverá a evaporação de alguns elementos, comprometendo a amostra, como, por exemplo, o ZrF_4 , que sofre sublimação com grande facilidade, impedindo assim a vitrificação do material. Em vidros fluorozirconados ocorrem alguns átomos de zircônio em estado tri ou divalente e formam fases insolúveis que aparecem como inclusões pretas. Também o carbono proveniente de cadinhos de carbono vítreo, por vezes utilizado na fusão de vidros de fluoretos, pode migrar para a superfície do fundido formando uma camada preta [1]. No nosso caso só utilizamos cadinho de platina, assim este problema não ocorre.

Em relação ao derrame do material fundido, devemos manter o molde com temperatura um pouco abaixo de T_g (transição vítrea), suficientemente alta para evitar choque térmico e suficientemente baixa para evitar a cristalização na amostra. Se a temperatura for alta demais também ocasiona aderência do vidro ao molde, principalmente se o mesmo for de latão.

Tão importantes quanto os itens acima citados, é o recozimento, se realizado adequadamente teremos uma grande probabilidade de que a amostra se converta em vidro, tendo assim um resultado satisfatório no processo. O tempo no recozimento é necessário para eliminar tensões internas. A temperatura é um pouco abaixo de T_g , aproximadamente 650°C . Mas devemos

observar que se vertermos material fundido no molde em alta temperatura, ocorrerá a formação de bolhas internas. No nosso caso em especial, o vidro era mantido a 240 °C por 30 min e o forno era desligado para resfriar na velocidade permitida pela inércia térmica do mesmo.

II.5. CORTE E POLIMENTO DA AMOSTRA

Depois do processo de fusão as amostras passaram por um processo de preparação final, tornando-as aptas para fazer sem interferência de qualquer natureza as análises térmicas, transmitância e puxamento.

O corte foi realizado num equipamento da marca Buehler modelo isomettm low speed saw, usando um disco de corte diamantado, fig. II.3.



Fig. II.3 - Foto da Máquina para o corte de amostras

Para fazer o polimento, foi usado um equipamento da Arotec modelo APL 4, tendo como cuidado a movimentação correta da amostra fazendo um movimento de trajetória semelhante a um oito, garantindo assim uma uniformidade na superfície. Foi usado o lubrificante DP azul da marca Struers Pantec. A amostra é montada num suporte metálico, fixando-a com cera de

abelha contendo breu, com um secador industrial de 1400W de potência, para amolecimento da cera+breu. A figura II.4 apresenta a máquina politriz e o suporte de fixação da amostra. As lixas utilizadas no polimento estão na tabela II.3.



fig. II.4 - Foto: máquina politriz e suporte com amostra

Tabela II.3 - Lixas utilizadas para o polimento

ORDEM POLIMENTO	MATERIAL	GRANA
1 ^a	Lixa d'água	400
2 ^a	Lixa d'água	600
3 ^a	Lixa d'água	1000
4 ^a	Lixa d'água	2400
5 ^a	Lixa d'água	4000

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.A.S.T.Delben, Tese de doutorado, Preparação e Caracterização de Vidros Fluorozirconados, Universidade de São Carlos/USP, 1992.

CAPITULO III - ANÁLISES TÉRMICAS E RESULTADOS

III.1. ANÁLISES TÉRMICAS

Análises térmicas são definidas como uma série de técnicas para medir a dependência com a temperatura das propriedades físicas de certa substância sujeita a um programa específico de aquecimento ou resfriamento. As substâncias aqui referidas incluem produtos de reações.

As análises térmicas foram inicialmente empregadas em medidas para pesquisa e desenvolvimento, mas recentemente vem sendo usadas também para aplicações práticas, como em controle de qualidade na área de produção e no controle de processos.

A aplicação se faz em vários materiais como polímeros, vidros, cerâmicas, metal, explosivos, semicondutores, materiais da medicina e nas áreas de alimentação [1].

III.2. ANALISE TÉRMICA EXPLORATÓRIA (DSC)

O DSC pode ser realizado por dois métodos: calor tipo fluxo e calor tipo compensação. No DSC calor tipo fluxo, que é o princípio usado no equipamento do laboratório de materiais do dept^o de física UFMS (DFI), uma amostra e uma substância de referência são postas numa placa de metal, geralmente é usado constantan como material para acoplamento térmico, em um forno e a diferença de temperatura da amostra e da substância de referência é medida. A diferença do calor fluindo do recipiente de calor com a amostra e a substância de referência é proporcional à diferença de temperatura

da amostra e da substância de referência, o fluxo de calor (mJ/s) é obtido diretamente pela medida da diferença de temperatura, Fig III.1, [1].

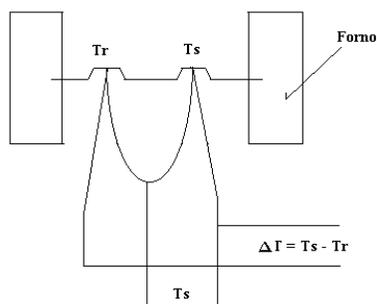


Fig III.1 - DSC térmica do fluxo de calor

O aparelho em que executamos medidas de DSC foi o DSC-50 Shimadzu, Fig. III.2, com fluxo de N_2 de 20ml/min, razão de aquecimento de $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$, e utilizando um cadinho de platina.



Fig. III.2 - DSC – Shimadzu 50

As amostras foram trituradas em um almofariz de ágata. A quantidade de amostra usada foi entre 14 e 21 mg.

A partir das curvas de DSC foram determinadas as seguintes temperaturas características: transição vítrea T_g , temperatura de início de cristalização T_x , e, temperatura de pico da cristalização T_p . Com estas temperaturas foi possível calcular os parâmetros de estabilidade térmica,

$$\Delta T = T_x - T_g. \quad \text{Eq. III.1}$$

A temperatura de transição vítrea é obtida na intersecção de duas retas tangentes. A primeira tangente a um ponto da curva DSC no patamar imediatamente anterior à transição vítrea e a segunda tangente à um ponto na vertente descendente na transição vítrea e imediatamente acima do ponto de inflexão, figura III.3. A temperatura de início de cristalização (T_x) é definida também pela intersecção entre duas retas tangentes: a primeira ao patamar que ocorre entre a transição vítrea e o início da cristalização e a segunda tangente à vertente ascendente, imediatamente anterior ao ponto de inflexão, do pico de cristalização [2].

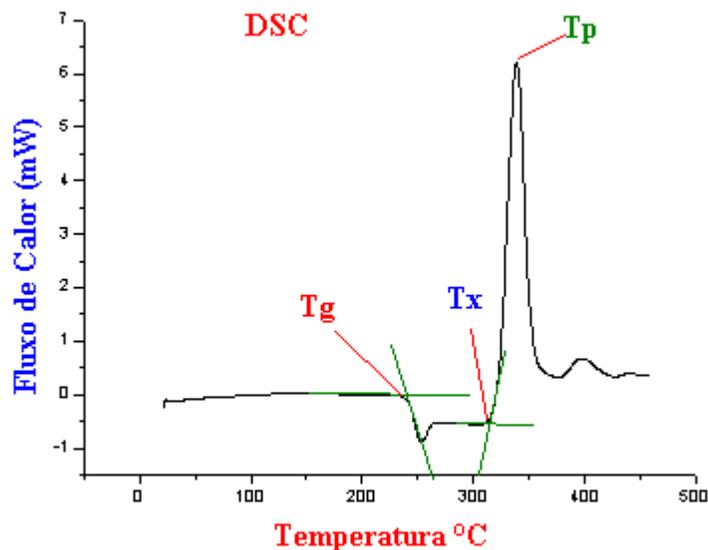


Fig.III.3 - Gráfico ilustrativo, simulando um resultado da análise feita no DSC, mostrando a convenção utilizada na determinação das temperaturas características

III.3. RESULTADOS OBTIDOS PELAS ANÁLISES DO DSC DOS VIDROS ZBLALi.

Todas as amostras foram transformadas em vidros, segundo o critério visual. Quando a amostra se apresentava transparente era considerada vidro, já se fosse uma cor branca ou “leitosa”, consideramos cristal.

Abaixo, fig. III.4, temos os resultados das análises DSC realizadas com amostras ZBLALi_{5,10,15,20} e 30.

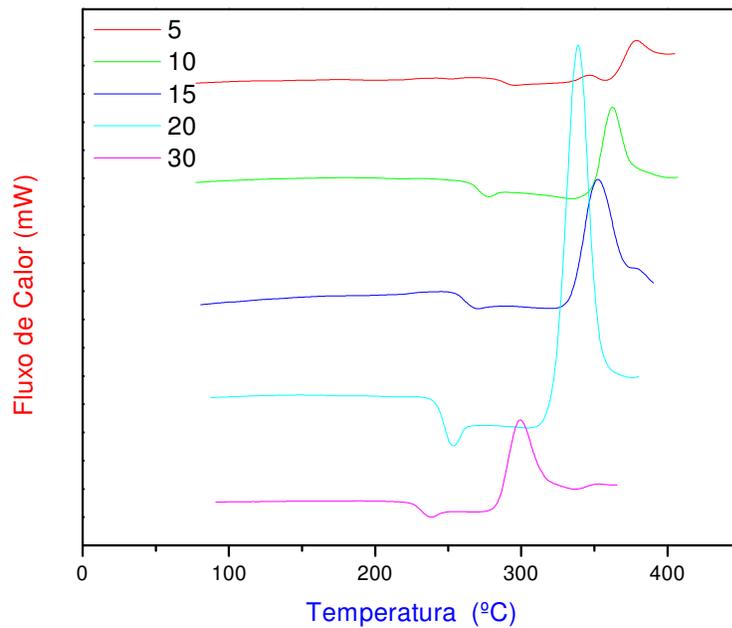


Figura
III.4 -
Curvas
DSC, das
cinco
composiç
ões
ZBLALi

Tinha
maior
quantid
ade da

amostra ZBLALi₂₀, resultando em curva com maior pico.

Tabela III.1 - Temperatura Característica e Parâmetros de Estabilidade das Amostras de Vidros Fabricados a Partir de Fluoretos.

Amostras	T _g °C	T _x °C	T _p °C	(T _x - T _g) °C
ZBLALi ₅	281	336	376	55
ZBLALi ₁₀	265	338	363	73
ZBLALi ₁₅	254	329	353	75
ZBLALi ₂₀	239	317	340	78
ZBLALi ₃₀	225	275	299	50

Verifica-se uma redução nas temperaturas de transição vítrea fig.III.5 e de início de cristalização fig.III.6 em função do aumento do teor de LiF.

A estabilidade térmica aumenta em função do aumento do teor de LiF até 20%LiF, devido ao acréscimo mais acentuado de Tg comparativamente a Tx, nesta região. Para 30%LiF a estabilidade decai em virtude do decréscimo de Tx ser maior que o de Tg nesta concentração, fig.III.7.

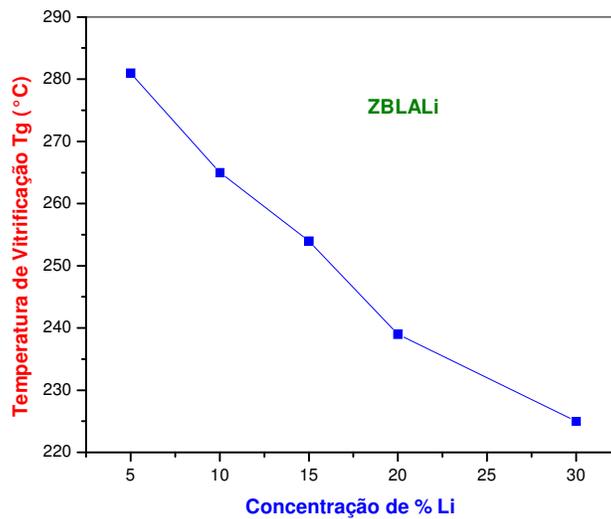


Fig. III.5 – Temperatura de transição vítrea em função do teor de LiF

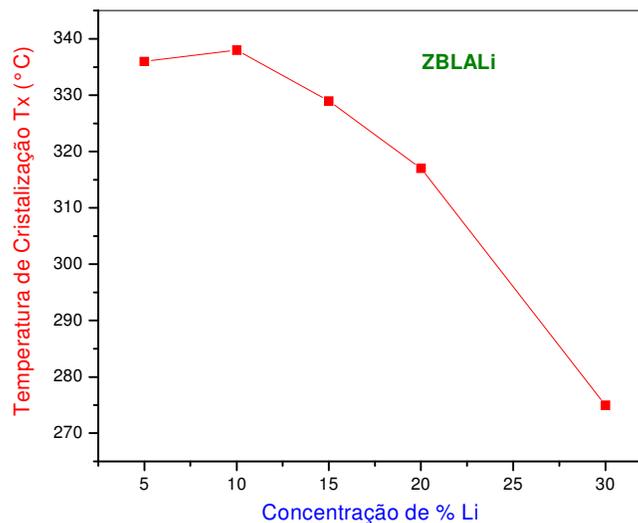


Fig. III.6 – Temperatura de início de cristalização em função do teor de LiF

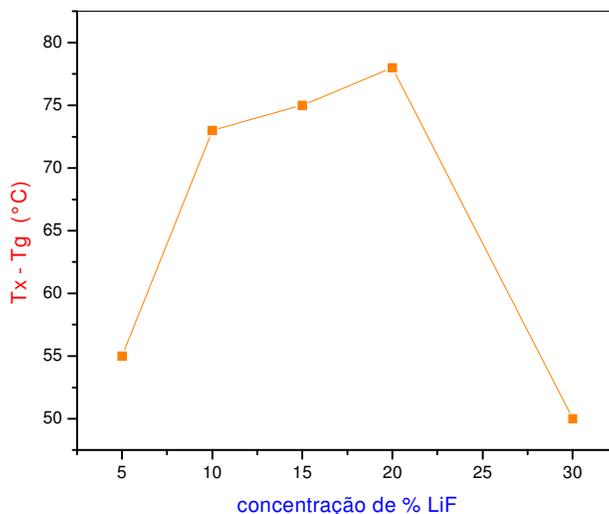


Fig. III.7 – Parâmetro de estabilidade Tx – Tg para diversos teores de LiF.

III.4. RESULTADOS OBTIDOS POR TMA

III.4.1 – INTRODUÇÃO

A análise termomecânica (TMA) é um método empregado para determinarmos propriedades mecânicas de uma amostra sólida sendo a mesma comprimida ou tensionada por uma carga em um ambiente controlado termicamente. A carga aplicada pode ser estática ou dinâmica e a análise revela uma deformação da amostra ao longo do eixo da força. Adicionalmente, expansão térmica ou contração pode ser observada versus tempo e ou temperatura, podendo acrescentar ao gráfico uma curva da constante de carga aplicada à amostra. Em ambos, a medida de tensão-força e expansão-contração, os resultados são colocados graficamente e mostrados como dimensão/carga (usualmente em μm ou %), e ou, tempo/temperatura, fig. III.8.

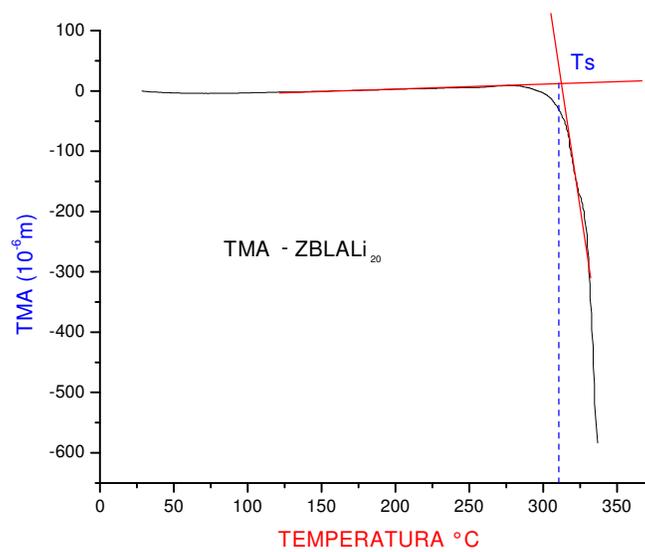


Fig. III. 8 - Gráfico ilustrativo, simulando um resultado da análise feita no TMA.

A TMA pode fornecer dados práticos para uma gama de materiais e diversas áreas tais como: desenvolvimento, fabricação e controle de qualidade de materiais, incluindo polímeros, vidros, cerâmicas, metais e compostos ou materiais híbridos [1].

III.4.2. RESULTADOS OBTIDOS POR TMA DAS AMOSTRAS ZBLALi.

O experimento foi realizado num equipamento Shimadzu, fig. III.9,



Fig. III.9 – Equipamento Shumadzu 50 para análise TMA

Todas as análises de TMA das amostras ZBLALi foram realizadas aplicando uma carga constante de 5 gramas, atmosfera de N_2 com taxa de fluxo 100 ml/min e taxa de temperatura de 10 °C/min. Os resultados estão plotados na fig. III.10. Entre as composições a ZBLALi₂₀ mostrou ser a mais estável e portanto a escolhida para realização do puxamento, que veremos no cap. IV.

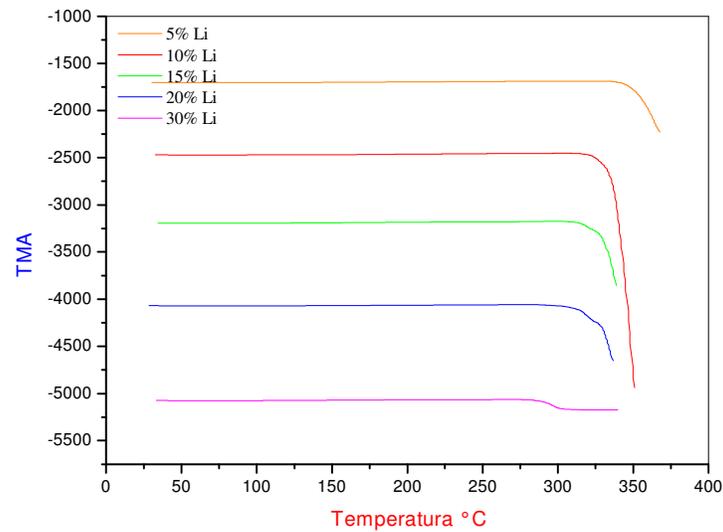


Fig. III.10 – Resultados de TMA das amostras (5,10,15,20 e 30)% de LiF.

Tabela III.2 - Valores da Temperatura de Amolecimento, com carga aplicada de 5g.

Composição	T _s (°C)
ZBLALi ₅	343
ZBLALi ₁₀	324
ZBLALi ₁₅	316
ZBLALi ₂₀	310,5
ZBLALi ₃₀	279

A temperatura de amolecimento mostrada na fig. III.11, decresce conforme o aumento do teor de LiF.

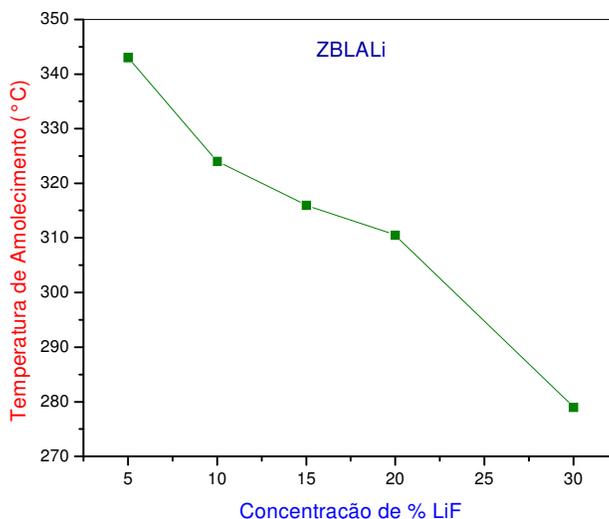


Fig. III.11 – Gráfico da estabilidade térmica pela concentração de LiF.

III.5. VISCOSIDADE

A tendência de cristalização dos vidros de fluoretos limita bastante suas aplicações. O puxamento de fibra óptica depende da viscosidade do vidro e também de outros parâmetros cinéticos, condutividade térmica e velocidade de puxamento. A viscosidade diminui quando a temperatura aumenta, aumentando a tendência à nucleação e crescimento de cristal. A faixa de trabalho dos vidros de fluoreto é curta, e este aspecto enfatiza a importância da viscosidade [5].

A equação abaixo é usada na determinação experimental da viscosidade pelo método das placas paralelas [8]

$$\eta = \frac{2\pi F h^5(t)}{3V[dh(t)/dt][2\pi h^3(t) + V]} \quad (\text{III.4})$$

onde η é a viscosidade, F a força aplicada, $h(t)$ altura da amostra, dh/dt taxa de compressão e V o volume da amostra [5], num sistema de placas paralelas.

A viscosidade dos vidros de sílica tem uma dependência do tipo Arrhenius, mas divergências destas relações são observadas, especialmente para os vidros com menor dureza. Quando a faixa de temperatura é limitada a equação de Arrhenius pode ser usada em primeira aproximação.

A dependência da viscosidade e da temperatura pode ser representada pela equação de Arrhenius:

$$\eta = \eta_0 \exp[E_a / KT] \quad (\text{III.5})$$

Esta aproximação poderia ser aplicada para os vidros de fluoreto entre a temperatura de transição vítrea T_g e o início da temperatura de cristalização T_x . Porém, a viscosidade pode ser ainda muito complexa em algumas composições, e a curva $\eta \times T$ deve ser tratada por duas regiões de Arrhenius. Determina-se a viscosidade utilizando a análise de TMA. A amostra com altura de aproximadamente 2,3mm e diâmetro de 3mm foi aquecida por 30 min até atingir a temperatura de amolecimento T_s , com a carga aplicada na amostra sua altura foi sendo reduzida, até que o equipamento pudesse ter condições para processar a leitura e oferecer os resultados.

Ao contrário das fibras de sílica que são fabricadas pela técnica de deposição química de vapor (CVD) ou modificada (MCVD), as fibras de fluoretos são obtidas pelo método de puxamento de pré-formas fabricadas por fusão a uma temperatura acima da temperatura de transição vítrea T_g em que a viscosidade η deva ficar entre $10^6 - 10^{11}$ Poise. A taxa de cristalização a esta temperatura é a chave para se obter uma fibra de boa qualidade. Assim, existe um compromisso entre a viscosidade e a estabilidade térmica, como fatores

determinantes para o puxamento da fibra óptica [6]. A fig. III.12, apresenta os resultados das amostras de ZBLALi de viscosidade versus temperatura, em que podemos observar que a mostra 30% de LiF teve um comportamento diferente em relação as outras amostras, causada por uma cristalização, o vidro apresentou uma coloração “leitosa”.

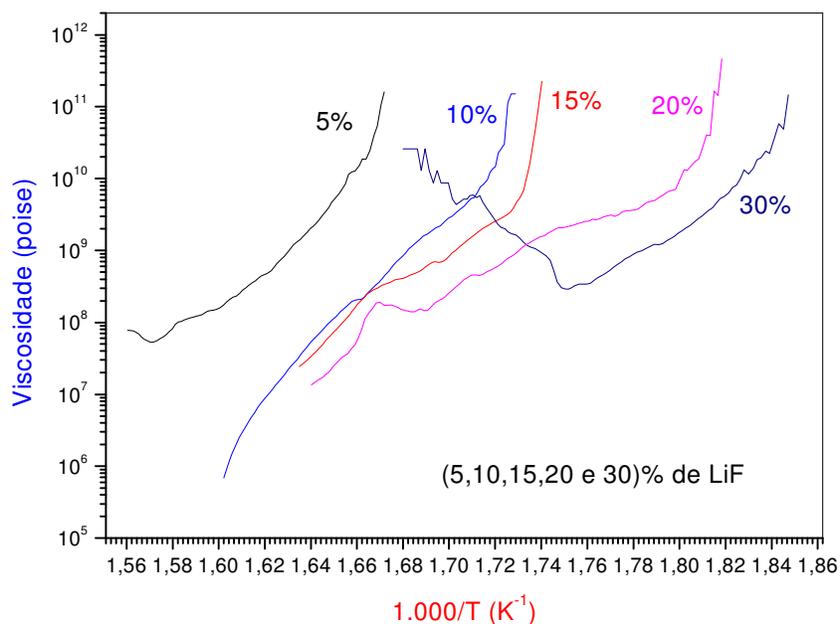


Fig.III.12 – Gráfico da viscosidade versus o inverso da temperatura.

III.6 ENERGIA DE ATIVAÇÃO (E_a)

Em nosso estudo com o ZBLALi os valores da energia de ativação foram obtidos determinando a tangente das curvas na fig.III.12, os resultados estão apresentados na tabela III.3, e os gráficos mostrando o comportamento da E_a em relação à concentração de LiF, fig. III.13, são

apresentados a partir da equação de Arrhenius, em que α é o coeficiente angular da reta tangente

$$\frac{E_a}{K} = \alpha \quad (\text{III.6})$$

Para se determinar o coef. angular α , escolhe-se dois pontos que estiverem bem alinhados, aplicamos a seguinte equação:

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \quad (\text{III.7})$$

Tabela III.3 – Energia de ativação em relação a concentração de LiF.

LiF(%)	Ea (erg)
5	5,4555E-18
10	3,7247E-18
15	3,7281E-18
20	4,8429E-18
30	4,3367E-18

Em relação aos resultados obtidos podemos observar nos dois gráficos que houve uma forte variação da energia de ativação em relação a concentração de LiF. Houve um aumento considerável de energia nas concentrações de 5 e 20%. Mas em geral podemos dizer que a energia de ativação decresce em função do aumento do teor de LiF. Este fato também está de acordo com as características de menor massa, raio atômico e energia de ligação do LiF.

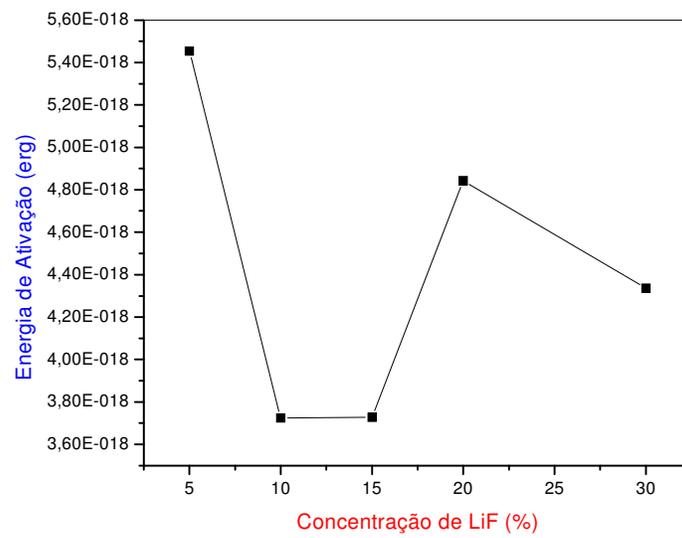


Fig. III.13 – Gráfico da Energia de ativação em relação à concentração LiF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SHIMADZU, introdução a análises térmicas.
- [2] Y.Y.Noguchi, dissertação, Métodos de Preparação e Propriedades de Vidros de Fluoretos, UFMS, 2004.
- [3] Halliday, Resnick e Krane, Física, vol. 4, ed. LTC, 2004.
- [4] P.W. France, Fluoride Glass Optical Fibres, 1990.
- [5] J.R.J. Delben , A.A.S.T. Delben , S.L. Oliveira , Younes Messaddeq, A viscosity model for fuorochloroindate glasses, 1999.
- [6] G. Zhang, J. Jinang, M. Poulain, A.A.S.T. Delben, J.R.J. Delben, Viscosity of fluoride glasses near the fiber drawing temperature region, 1999.
- [7] A.A.S.T.Delben, Tese de doutorado, Preparação e Caracterização de Vidros Fluorozirconados, Universidade de São Carlos, 1990.
- [8] E.H. Fontane Am. Ceram. Soc. Bull. 49 (1970) 594.

CAPÍTULO IV – DISPOSITIVOS ÓPTICOS

IV. 1- FIBRA ÓPTICA

IV. 1.1 - HISTÓRIA

Idealizado há mais de dois séculos, o sistema de comunicação óptico, “telégrafo óptico”, fora criado pelo engenheiro francês Claude Chappe, em 1790. Quase um século depois Alexandre Graham Bell patenteou um sistema de telefone óptico chamado de “Fotofone”, em 1880. Devido à carência de tecnologia, a idéia fora deixada de lado. Durante os anos vinte, John Logie Baird na Inglaterra e Clarence W. Hansell nos Estados Unidos patenteou a idéia de usar tubos ou varas transparentes para transmitir imagens para televisão ou sistemas de fax. Porém, a primeira pessoa conhecida por ter demonstrado transmissão de imagem por um pacote de fibras ópticas foi Heinrich Lamm, um estudante de medicina em Munique, Alemanha. A meta dele era olhar dentro do corpo humano, em partes inacessíveis. No ano de 1930, ele transmitiu a primeira imagem usando uma lâmpada de filamento incandescente [1]. No final dos anos cinquenta e início dos anos sessenta do século passado houve um enorme interesse no assunto, várias pesquisas foram realizadas, um dos objetivos era criar uma fibra que teria um núcleo revestido por uma casca, provocando assim uma diferença de índice de refração, obrigando o sinal de luz a se manter confinado dentro do próprio núcleo, mas outro desafio era diminuir as perdas ópticas, chamadas de atenuações ópticas, para uma faixa de 10 a 20 dB/km.

O aparecimento da Fibra Óptica veio revolucionar todo o sistema de comunicação. Sua aplicação é abrangente em diversas áreas, principalmente

em todas as novas tecnologias de comunicação, que têm adotado as fibras ópticas como suporte básico de comunicação, melhorando a transmissão de dados, de uma maneira mais rápida e mais segura. A capacidade de transmissão depende essencialmente de sua estrutura, tecnologia em equipamentos utilizados para a transmissão e fibra óptica de alta qualidade. O material que a compõe determina as frequências ou comprimentos de onda transmitidos e os níveis de atenuação impostas à fibra. As vantagens de se utilizar a fibra ótica são as seguintes: imunidade a interferências, grande capacidade de transmissão, ausência de ruídos, isolamento elétrica, pequeno tamanho e peso, sigilo de comunicação.

No Brasil, de meados da década de 1970 à privatização das telecomunicações, em 1998, foram criados sistemas telefônicos que nada ficavam a dever aos então utilizados nos países desenvolvidos. O mérito coube, principalmente, ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), braço tecnológico da “holding Telebrás”, a estatal que gerenciava a telefonia no país. Depois da privatização, o investimento em pesquisa e desenvolvimento caiu e foi iniciada uma onda de importações. A situação pode melhorar com os recentes desenvolvimentos realizados por vários centros de pesquisa ligados a universidades ou a empresas. Amplificadores avançados para operar com transmissões telefônicas e de dados, fibras ópticas especiais e redes para Internet super-rápidas, além de “softwares” especiais para gerenciar equipamentos e redes de telefonia celular e fixa, são alguns dos novos produtos que podem servir ao país num futuro próximo evitando importações, além de proporcionar participação mais ativa no mercado internacional de comunicação de voz e dados. A função dos amplificadores é garantir que os sinais de luz que levam informações e se propagam pelos cabos de fibra óptica na forma de laser não percam sua

potência inicial. Na década de 1980, isso era feito por equipamentos eletrônicos, que tinham de converter os sinais luminosos em elétricos para, depois, reconvertê-los, em um processo que aumentava o risco de falhas. Em 1989, amplificadores ópticos com fibras dopadas de érbio em seu interior produziram uma verdadeira revolução: aumentaram a banda de transmissão de 1 gigabit (1 bilhão de bits) para 4 terabits (4 trilhões de bits), passaram a operar com múltiplos protocolos de comunicação e, de quebra, reduziram tremendamente o custo das redes [2].

Baseado na idéia de melhorar o sinal de luz constrói uma fibra de vidro de fluoreto, em que obtivemos resultados satisfatórios, principalmente quanto à transmitância, cujo resultado serão mostrados mais adiante.

IV.1.2. ESTRUTURAS DAS FIBRAS ÓPTICAS

As fibras ópticas podem ser compostas de material dielétrico, vidros ou plásticos. Sua forma é cilíndrica ou elíptica, alongada e transparente contendo um núcleo com densidade diferente da casca com o objetivo de ter índices de refração diferentes. O índice de refração do núcleo com um valor ligeiramente maior que o da casca, $(N_1/N_2) > 1$, garantirá o confinamento e propagação da luz em seu interior fig. IV.1.

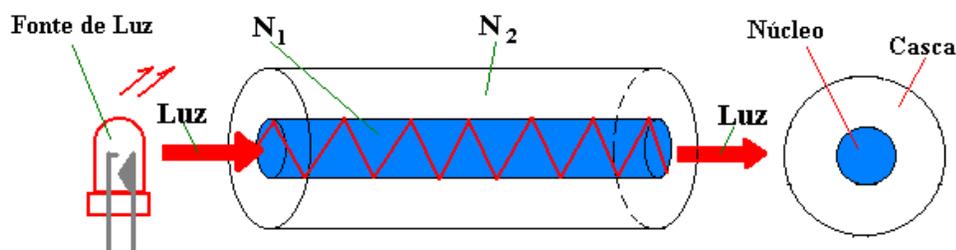


Fig.: IV.1 - Núcleo com índice de refração N_1 e casca com N_2 . $(N_1/N_2) > 1$.

IV.1.3. PRINCIPIO DE PROPAGAÇÃO

Dependendo do meio a luz pode refletir totalmente, parcialmente ou não refletir. Para se obter uma reflexão quase total da luz dentro do núcleo dois fatores é muito importante: a densidade do núcleo, maior que a densidade da casca e o ângulo de incidência do feixe de luz na fibra ser maior que o ângulo limite.

IV.1.4. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

As fibras ópticas são classificadas a partir de suas características básicas de transmissão que dependem do índice de refração. Essas características implicam principalmente na capacidade de transmissão (largura de banda) e nas facilidades operacionais relativas a conexões e acoplamentos com fontes e detectores de luz, que levará à seguinte classificação:

- Fibra Multimodo Índice Degrau (ID)

Este tipo de fibra, fig. IV.2, foi o primeiro a surgir e é o mais simples. Constitui-se basicamente de uma única composição para formar o núcleo, com índice de refração constante. O núcleo pode ser feito de vários materiais como plástico, vidro, etc. e com dimensões que variam de 50 a 400 μm , conforme o tipo de aplicação.

A casca, cuja função básica é garantir a condição de guia da luz (confinamento da luz dentro do núcleo) pode ser feita de vidro, plástico e até

mesmo o próprio ar pode atuar como casca (essas fibras são chamadas de bundle).

Essas fibras são limitadas quanto à capacidade de transmissão. Possuem atenuação elevada (maior que 5 dB/km) e pequena largura de banda (menor que 30 MHz/km) e são utilizadas em transmissão de dados em curtas distâncias e iluminação [3].

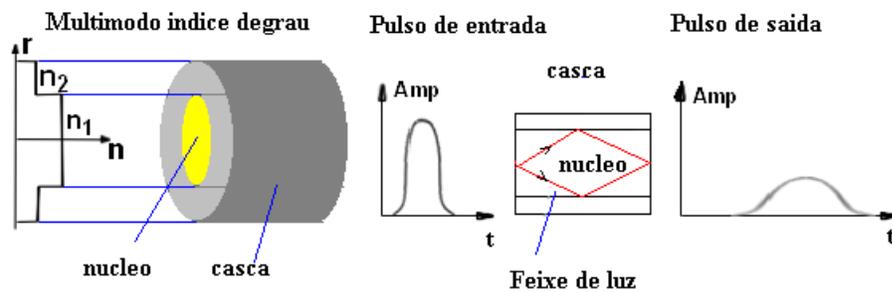


Fig. IV.2 - Fibra óptica multimodo n degrau

- Fibra Multimodo Índice Gradual (IG)

Este tipo de fibra, fig. IV.3, tem seu núcleo composto por vidros especiais com diferentes valores de índice de refração, os quais tem o objetivo de diminuir as diferenças de tempos de propagação da luz no núcleo, devido aos vários caminhos possíveis que a luz pode tomar no interior da fibra, diminuindo a dispersão do impulso e aumentando a largura de banda passante da fibra óptica.

A variação do índice de refração em função do raio do núcleo obedece à seguinte equação $n(r) = n_1 \cdot (1 - (r/a) \cdot a.D)$, onde

- $n(r)$ é o índice de refração do ponto r
- n_1 é o índice de refração do núcleo
- r é a posição ao longo do raio do núcleo

- a é o coeficiente de otimização
- D é a diferença entre o índice de refração da casca e do núcleo

Os materiais tipicamente empregados na fabricação dessas fibras são sílica pura para a casca e sílica dopada (com diferentes teores de dopante ao longo do raio) para o núcleo com dimensões típicas de 125 e 50 μm respectivamente. Essas fibras apresentam baixas atenuações (3 db/km em 850 nm) e capacidade de transmissão elevadas. São, por esse motivo, empregadas em telecomunicações [3].

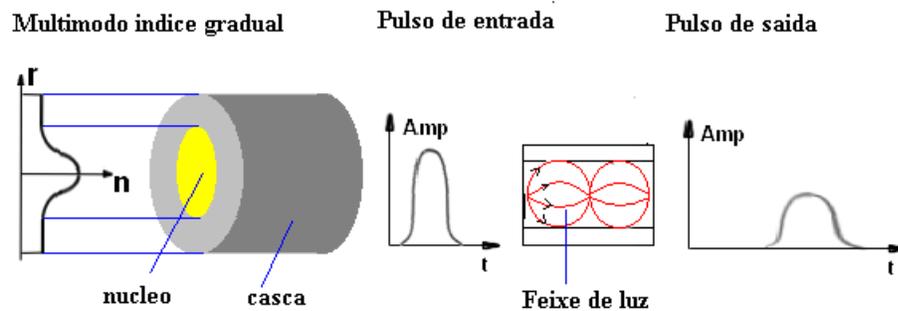


Fig.IV.3 - Fibra óptica multimodo n gradual

- Fibra Monomodo

Esta fibra, fig. IV.4, ao contrário das anteriores, é construída de tal forma que apenas o modo fundamental de distribuição eletromagnética (raio axial) é guiado, evitando assim os vários caminhos de propagação da luz dentro do núcleo, conseqüentemente diminuindo a dispersão do impulso luminoso.

Para que isso ocorra, é necessário que o diâmetro do núcleo seja poucas vezes maior que o comprimento de onda da luz utilizado para a transmissão. As dimensões típicas são 2 a 10 μm para o núcleo e 80 a 125 μm para a casca. Os materiais utilizados para a sua fabricação são sílica pura e sílica dopada.

São empregadas basicamente em telecomunicações, pois possuem baixa atenuação (0,7 dB/km em 1300 nm e 0,2 dB/km em 1550 nm) e grande largura de banda (10 a 100 GHz.km) [3].

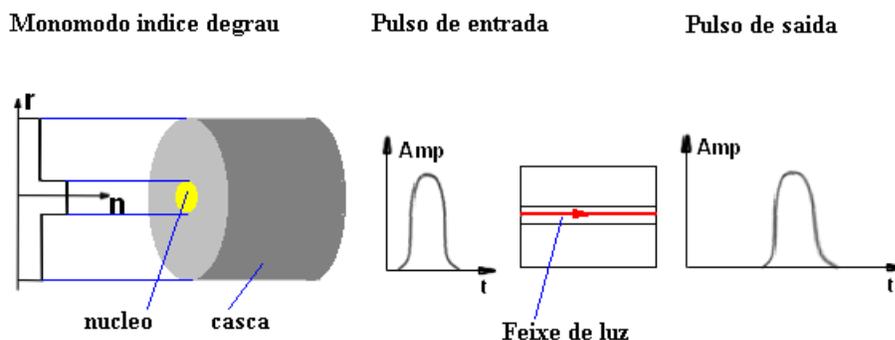


Fig. IV.4 - Fibra óptica monomodo n degrau

IV.1.5. VANTAGENS DA FIBRA ÓPTICA

- **Ausência de diafonia:** (linha cruzada – “crosstalk”) - As fibras ópticas não causam interferência entre si, eliminando assim um problema comum enfrentado nos sistemas com cabos metálicos, principalmente nas transmissões em alta frequência, eliminando a necessidade de blindagens que representam parte importante do custo dos cabos [4].

- **Banda passante potencialmente enorme** - A transmissão em fibras ópticas tem uma capacidade de transmissão potencial, no mínimo 10.000 vezes superior à capacidade dos atuais sistemas de microondas. Além de suportar um aumento significativo do número de canais de voz e/ou de vídeo

num mesmo circuito telefônico, essa enorme banda permite novas aplicações impossíveis de serem concebidos anteriormente.

- **Perdas de transmissão muito baixas** - As fibras ópticas apresentam atualmente perdas de transmissão extremamente baixas. Desse modo, com fibras ópticas e com a tecnologia de amplificadores ópticos, é possível uma transmissão interurbana com até centenas de quilômetros, aumentando a confiabilidade do sistema, diminuindo o número de repetidores, o que reduz a complexidade e custos do sistema.

- **Imunidade a interferência e ao ruído** - por serem feitas de material dielétrico, as fibras ópticas são totalmente imunes a ruídos em geral e interferências eletromagnéticas, como as causadas por descargas elétricas, instalações de alta tensão, ignição de motores, chaveamento de relês entre outras fontes de ruído elétrico. Por outro lado existe um excelente confinamento do sinal luminoso propagado pelas fibras ópticas. A imunidade a pulsos eletromagnéticos (PEM) é outra característica importante das fibras ópticas.

- **Isolação elétrica** - O material dielétrico (vidro ou plástico) que compõe a fibra óptica oferece uma excelente isolação elétrica entre os transceptores ou estações interligadas, não tem problemas com o aterramento e interfaces dos transceptores. Além disso, quando um cabo de fibra óptica é danificado não existem faíscas de curto-circuito, não há possibilidade de choques elétricos em cabos com fibras ópticas o que permite a sua reparação no campo, mesmo com os equipamentos de extremidades ligados.

- **Pequenas dimensões e baixo peso** - O volume e o peso dos cabos ópticos é muito inferior ao dos cabos convencionais em cobre, para transportar a mesma quantidade de informações, facilitando o manuseio e a instalação dos cabos. Um cabo óptico de 6,3 μm de diâmetro, com uma única fibra de diâmetro 125 μm e encapsulamentos plástico, substitui, em termos de capacidade, um cabo de 7,6 cm de diâmetro com 900 pares metálicos. Quanto ao peso, um cabo metálico de cobre de 94 quilos pode ser substituído por apenas 3,6 quilos de fibra óptica.

- **Segurança da informação e do sistema** - Qualquer tentativa de captação de mensagens ao longo de uma fibra óptica é facilmente detectada, pois exige o desvio de uma porção considerável de potência luminosa transmitida, as fibras não são localizáveis através de equipamentos medidores de fluxo eletromagnéticos ou detectores de metal.

- **Flexibilidade na expansão da capacidade dos sistemas** - Os sistemas de transmissão por fibras ópticas podem ter sua capacidade de transmissão aumentada gradualmente, em função, por exemplo, do tráfego, sem que seja necessária a instalação de um novo cabo óptico. Basta para isso melhorar o desempenho dos transceptores, seja, por exemplo, substituindo-se led's por diodos laser ou utilizando-se técnicas de modulação superiores.

- **Custos potencialmente baixos** - As fibras ópticas já são atualmente competitivas, especialmente em sistemas de transmissão a longa distância, onde a maior capacidade de transmissão e o maior espaçamento entre repetidores permitidos repercutem significativamente nos custos do sistema.

Em distâncias curtas e/ou sistemas multipontos pode elevar o custo dos sistemas.

- Alta resistência a agentes químicos e variações de temperaturas -

As fibras ópticas tem uma boa tolerância a temperaturas, favorecendo sua utilização em diversas aplicações, são menos vulneráveis à ação de líquidos e gases corrosivos, aumentando a confiabilidade e vida útil dos sistemas.

IV. 1.6. DESVANTAGENS

- Fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamentos -

O manuseio de uma fibra óptica "nua" é bem mais delicado que no caso dos suportes metálicos.

- Dificuldade de conexão das fibras ópticas -

As pequenas dimensões das fibras ópticas exigem procedimentos e dispositivos de alta precisão na realização das conexões e junções.

- Acopladores tipo T com perdas muito altas -

É muito difícil se obter acopladores de derivação tipo T para fibras ópticas com baixo nível de perdas. Isso repercute desfavoravelmente, por exemplo, na utilização de fibras ópticas em sistemas multiponto.

- Impossibilidade de alimentação remota de repetidores -

Os sistemas com fibras ópticas requerem alimentação elétrica independente para cada repetidor, não sendo possível a alimentação remota através do próprio meio de transmissão.

- **Falta de padronização dos componentes ópticos** - A relativa imaturidade e o contínuo avanço tecnológico não tem facilitado o estabelecimento de padrões para os componentes de sistemas de transmissão por fibras ópticas.

IV.1.7. PRÉ-FORMA PRODUZIDA NESTE TRABALHO

A UFMS havia firmado convênio com a BC-XTAL, empresa fabricante de fibras ópticas, para montar uma torre de puxamento de vidros de fluoretos no DFI. Com a aquisição da X-Tal por uma empresa multinacional, seguida do seu fechamento da empresa, não foi possível a montagem proposta. A UNICAMP dispõe de torre de puxamento para vidros óxidos. O objetivo na presente trabalho foi de verificar a possibilidade de utilização da torre da UNICAMP para o puxamento de fibras de vidros de fluoretos. Assim, foram preparadas amostras de uma única composição para teste dos parâmetros de puxamento determinados nesse projeto.

IV.2. PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS VIDROS DE FLUORETOS

A palavra espectro vem de uma palavra em latim que significa “forma” ou “aparência”. Outras palavras familiares da mesma raiz incluem “espetáculo” e “espécie”. Newton introduziu a palavra para descrever a imagem similar ao arco-íris que resulta quando um feixe de luz do Sol passa através de um prisma de vidro. Hoje se fala do espectro eletromagnético para indicar os muitos tipos diferentes de radiação eletromagnética, classificados de

acordo com a sua frequência ou comprimento de onda, como no intervalo do espectro mostrado na fig. IV.5 [3].

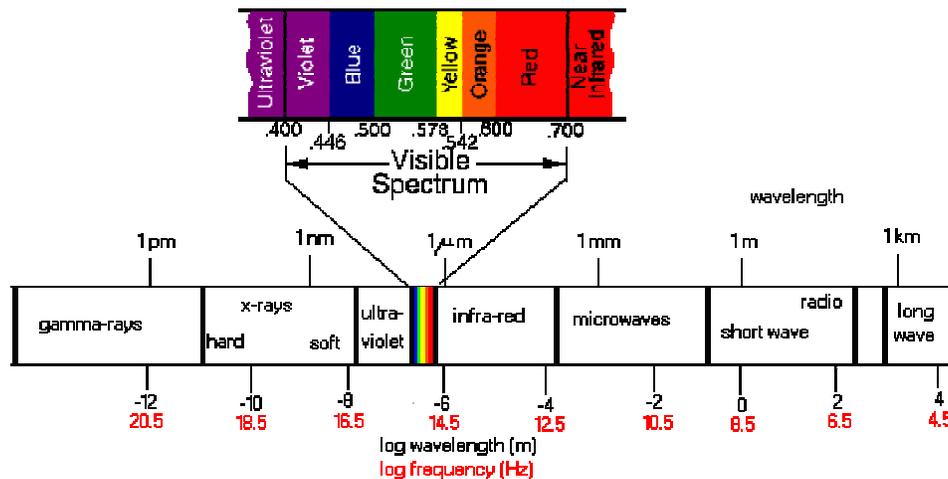


Fig. IV.5 – Faixas de alguns comprimentos de ondas, em destaque, luz visível.

Em se tratando de propriedades ópticas dos vidros de fluoretos, a grande vantagem de se utilizar este tipo de vidro é a sua transparência, fluorescência, quando dopados com terra raras, confirmando assim a sua aplicação em fibras ópticas e amplificadores ópticos.

Para aplicações práticas, as propriedades ópticas de interesse são os índices de refração linear e não-linear, dispersão óptica, dispersão no material e dispersão zero no comprimento de onda, como também a absorção no ultravioleta (UV) e no infravermelho (IR). Entre estes, a dispersão do índice de refração e absorção na faixa do IR e absorção multifônon são as mais importantes, grandezas que implicam diretamente na qualidade do sinal transmitido [7].

Uma das desvantagens do vidro de fluoretos, quanto às propriedades ópticas é a homogeneidade óptica muito baixa de suas amostras dificultando a obtenção de medidas precisas.

IV.2.1. TRANSMITÂNCIA DOS VIDROS ZBLALi

A transmitância foi realizada na UNICAMP, usando um equipamento Perkin-Elmer Lambda Series / PECSS, fig. IV.6.



Fig. IV.6 – Equipamento para fazer a transmitância, Perkin-Elmer Lambda Series / PECSS

IV.2.1.1. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para a amostra ZBLALi₂₀ apresentamos espectro de transmissão semelhante aos das demais composições realizadas, fig. IV.7. A amostra começou a transmitir a partir de 250 nm, no UV.

A incorporação de OH na matriz vítrea fluorozirconada, ou seja, a presença de água, conduz à presença de uma banda de absorção mais intensa centrada em 2900 nm, e atribuída ao modo fundamental de extensão de OH [9].

Próximo dos 1000 nm apareceu uma diferença no traço da transmitância devido uma mudança de sensor do equipamento.

As curvas de transmitância são idênticas para as outras amostras.

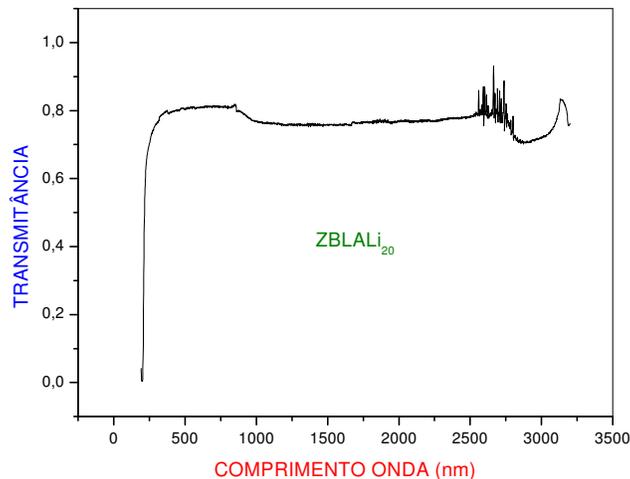


Fig. IV.7 – Gráfico da transmitância da amostra ZBLALi₂₀.

IV.3. PRÉ-FORMAS

IV. 3.1. INTRODUÇÃO

Para a análise dos processos de fabricação de fibras ópticas, uma primeira consideração deve ser feita a respeito dos tipos e características dos materiais utilizados. Basicamente os materiais devem apresentar as seguintes propriedades: - excelente transparência óptica na faixa espectral de utilização da fibra; - boa estabilidade química; - facilidade de processamento nas diversas fases de fabricação [5].

Para fibras de telecomunicações, isto é, interligações de longas distâncias, são utilizados sílica ultra pura (SiO_2) ou dopada ($\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2$ ou PO_2 , etc) e vidros compostos.

Para fibras de curtas distâncias e demais aplicações, são utilizadas também, além das anteriores, fibras de materiais plásticos.

Na tabela IV.1. estão esquematizados os diversos processos de fabricação de fibras ópticas respectivamente a cada tipo de fibra aplicada.

Tabela IV.1 – Processo de fabricação de fibras.

Material Fibra	Tipo Fibra	Processo Fabricação
Núcleo e Sílica Casca	Índice Degrau	C.V.D. - Chemical Vapour Deposition
	Índice Gradual	(Deposição por oxidação de vapor)
	Índice Degrau	Rod-in-the-tube (bastão em tubo)
Núcleo e Vidros Compostos Casca	Índice Degrau	Double - Crucible
	Índice Gradual	(Duplo-Cadinho)
Núcleo - Sílica Casca-Plástico	Índice Degrau	Estiramento de bastão e Revestimento
Núcleo e Plástico Casca	Índice Degrau	Extrusão

IV.3.2. FABRICAÇÃO DA PRÉ-FORMAS

IV.3.2.5 PRÉ-FORMAS OBTIDAS POR FUSÃO

Na UFMS preparamos as amostras da composição ZBLALi_{20} começando pela pesagem realizadas dentro da câmara seca, fundimos as amostras num forno aquecido em 820°C permanecendo no patamar por 30 min, fizemos o derrame em um molde de grafite formando um bastão

cilíndrico de \varnothing 3mm e $h = 50$ mm, levando em seguida ao recozimento a 240°C , permanecendo por 30 min, iniciando o resfriamento logo após.

Puxamento de Fibra

Este processo foi realizado no grupo do prof. Dr. Luiz Carlos Barbosa na UNICAMP, em uma torre de puxamento HEATHWAY, Soft Glass Tower, n° serie: 165300, fig. IV.8.

TORRE DE PUXAMENTO de FIBRA ÓPTICA

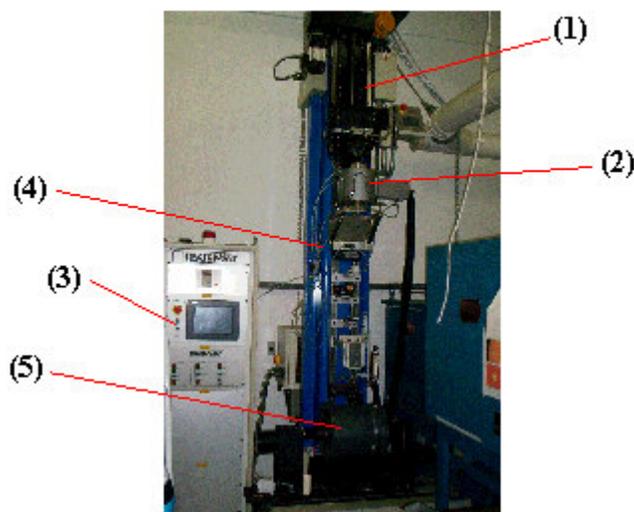


Fig. IV.8 – Torre de Puxamento de Fibras Ópticas, HEATHWAY, UNICAMP.

A pré-forma é colocada em um alimentador (1), fig. IV.9, que se desloca verticalmente, introduzindo a pré-forma num forno de grafite (2), tendo comportas pra isolar o máximo possível a pré-forma do ambiente externo. O forno conta com o fluxo N_2 , evitando assim o ataque de água. A temperatura do forno era de 500°C , limite inferior para estabilização de temperatura, sendo que na análise de TMA, a temperatura de amolecimento

das amostras T_s varia entre 270 e 340°C, conforme a composição. A fibra foi então puxada primeiramente com um alicate e levada um tambor (volante de puxada) (5), fig. IV.11, que já estava na rotação determinada, por um computador (3) interligado à máquina de puxamento. Para fazer um monitoramento do diâmetro a fibra passa por um medidor óptico de diâmetro (4), usando luz emitida por Led.

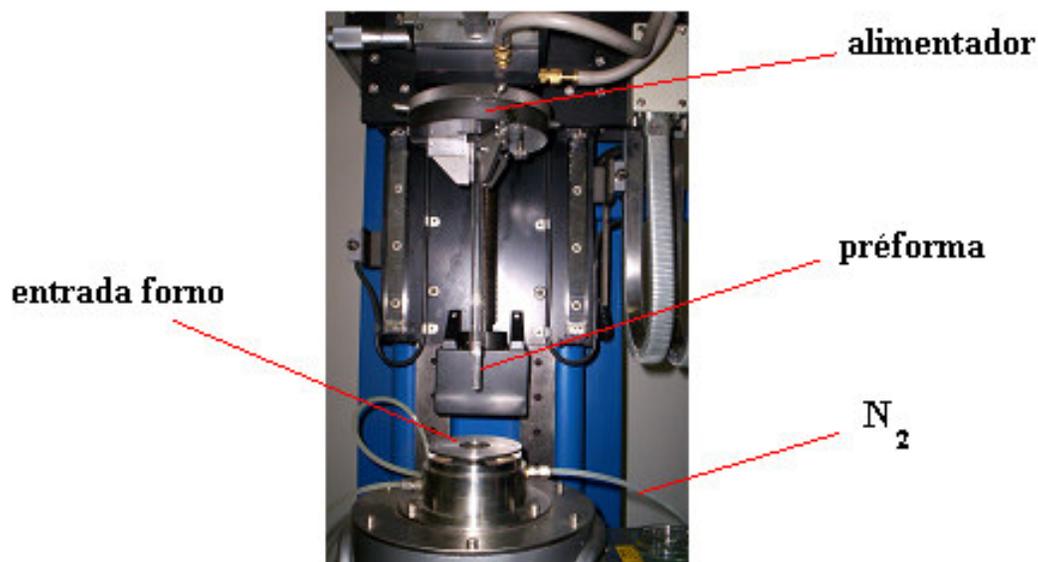


Fig. IV.9 – Pré-forma preparada para puxamento

Velocidade de Puxamento

Um perfeito controle e estabilidade dos parâmetros envolvidos no processo, tais como temperatura na zona de calor, velocidades e variações mecânicas da estrutura são fundamentais para obtenção de uma fibra óptica com boa simetria e, conseqüentemente, com boas características ópticas [5].

A estabilidade da seção transversal de uma fibra óptica depende de alguns fatores: a qualidade da pré-forma, a velocidade do alimentador para a zona de aquecimento e a velocidade de puxamento com o vidro já em T_s [6].

A uniformidade da velocidade de puxamento é a primeira dos principais fatores que influenciam a qualidade da fibra puxada [6].

Várias técnicas são empregadas para determinação da velocidade de puxamento da fibra, mas a empregada em nosso procedimento, de uma forma simples e eficaz é a equação da continuidade: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$, em que A é a área da seção transversal e v é o volume, fig.IV.10.

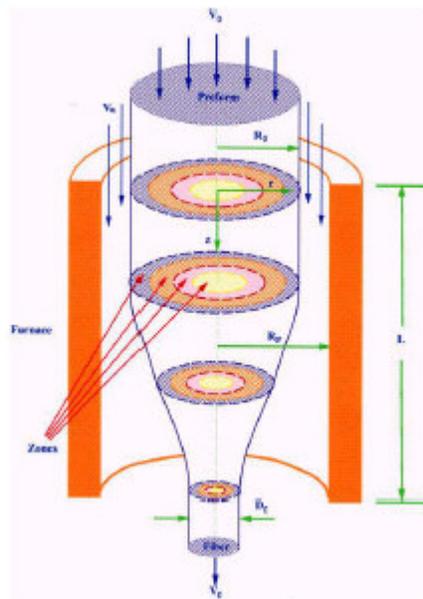


Fig. IV.10 - mostra algumas grandezas físicas, como velocidades, pontos de diferentes temperaturas e diâmetros no momento em que uma fibra está sendo puxada.

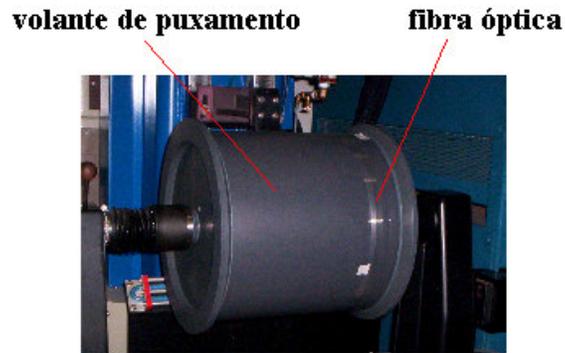


Fig. IV.11 – Volante de puxada com uma fibra óptica já puxada.

Fibra Obtida no Puxamento

Como já foi mencionado, tivemos dificuldades para realizar o puxamento, pois o controle do forno só conseguia iniciar com a temperatura mínima de 500 °C, sendo que a nossa composição tem uma temperatura de amolecimento bem menor, numa faixa de 270 à 340 °C. Obtivemos então alguns pedaços de fibra. O interior da fibra era transparente, fig.IV.12, mas em sua superfície, pelas condições de temperatura, ocorreram algumas cristalizações, fig.IV.13.

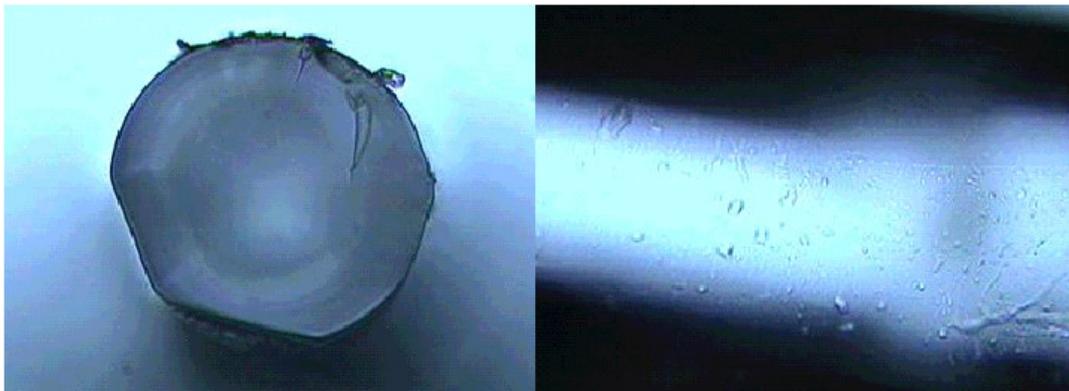


Fig. IV.12

Fig. IV.13

Fig. IV.12 – secção transversal de uma fibra ZBLALi₂₀, com diâmetro aproximado de 0,5 mm.

Fig. IV.13 – superfície lateral da fibra ZBLALi₂₀, contendo algumas cristalizações na superfície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Jeff Hecht, A short history of fiber optics, Fiber Optic History.htm
- [2] <http://revistapesquisa.fapesp.br>, 2003.
- [3] infortelebrasil - BREVE INTRODUÇÃO SOBRE ONDAS.htm
- [4] geocites.yahoo.com.br/adrianoamz.
- [5] Guia da PIRELLI (Transmissão Por Fibras Ópticas)
- [6] V. P. Uvarov,¹ I. K. Bakharev,¹ and V. A. Il'ichev¹, COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DRAWING GLASS FILAMENTS, Vol. 60, Nos. 7 – 8, 2003.
- [7] Fuxi Gan, Optical properties of fluoride glasses: a review, Journal of Non-Crystalline Solids 184 (1995) 9-20.
- [8] P.W. France, British Telecom Research Laboratories, Ipswich, UK, Fluoride Glass Optical Fibres,
- [9] M. C. H. B. Gonçalves, Incorporação de Espécies Hidróxidos em Vidros de Fluoreto, outubro 1993, Universidade Técnica de Lisboa – Portugal

CAPITULO V

CONCLUSÕES

Foram preparadas pré-formas com proporções variadas de LiF no sistema : $(56 - x)$ ZrF₄, $(30 - y)$ BaF₂, $(5 + x + y)$ LiF, 5 LaF₃ e 4 AlF₃, em mol%, sendo $(9 \geq x \geq 0)$ e $(16 \geq y \geq 0)$.

A estabilidade térmica ΔT aumenta em função do aumento do teor de LiF até 20%LiF. Para 30%LiF a estabilidade decai em virtude do decréscimo de Tx ser maior que o Tg nesta concentração. A viscosidade é mais baixa para maiores teores de LiF. Este efeito se deve ao fato do Li ter massa e raio atômico menores que os outros cátions, incluindo Zr e Ba aos quais substitui nas composições. Além disto, a energia de ligação Li-F tem caráter iônico acentuado, sendo portanto mais fraca que as dos demais pares atômicos . Tais características aumentam a capacidade de difusão de átomos na amostra, que estaria associada a uma redução da viscosidade.

As pré-formas foram preparadas em uma única composição, sendo o objetivo principal verificar a viabilidade da realização de puxamento em torre existente na UNICAMP, destinada a fibras de óxidos e teluritos. Verificou-se ser possível fazer o puxamento das fibras de vidros fluoretos, necessitando de ajuste apenas da temperatura de puxamento, que no caso dessas fibras está em 270 a 340°C. O forno do sistema oferecia uma temperatura estável apenas a partir de 500°C. Devido à temperatura mais elevada no puxamento, a fibra sofreu uma cristalização em sua superfície.

SUGESTÕES

Como sugestão para futuros trabalhos esse problema poderia ser resolvido, inserindo-se um tubo de alumina entre a pré-forma e o forno, diminuindo assim a temperatura perto da amostra, ou ligando o forno a um outro controlador de temperatura, para calibração do forno à temperatura T_s da amostra.

APÊNDICE

A.1 PROCESSO C.V.D. – Deposição Química de Vapor

A fabricação de fibras por este processo está dividida em duas etapas. A primeira consiste da fabricação de uma "pré-forma" e a segunda no estiramento desta "pré-forma" em fibra.

A segunda etapa, ou estiramento é basicamente igual para todos os processos.

- Técnica M.C.V.D. – Deposição Química de Vapor Modificado

Esta tecnologia foi desenvolvida nos Laboratórios da Bell Telephone e atualmente é uma das mais utilizadas em vários países como os E.U.A. (Estados Unidos da América), Japão e Europa.

O processo M.C.V.D. está esquematizado na fig. A.1. O seu princípio básico de funcionamento é a deposição de camadas de materiais por oxidação de vapor, no interior de um tubo de sílica ultrapura. O tubo de sílica constitui a casca da fibra enquanto o material depositado será o futuro núcleo.

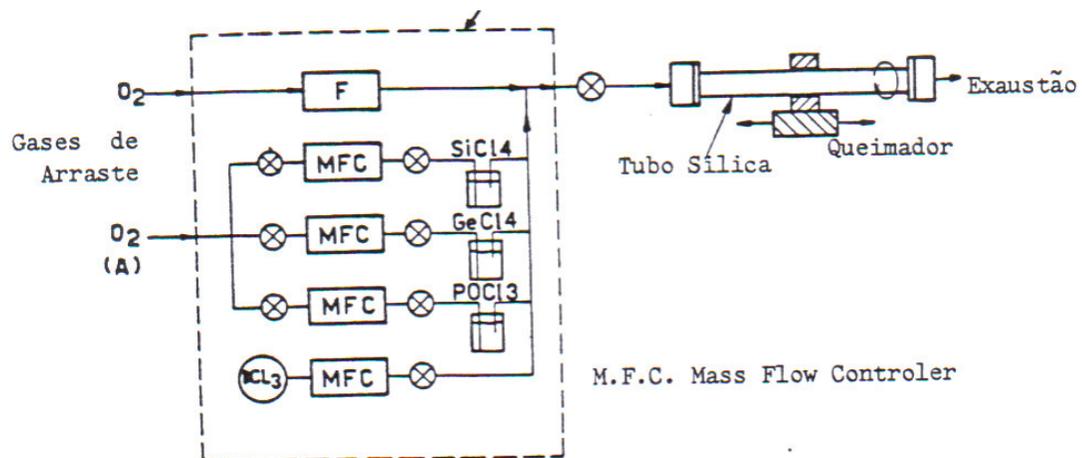


Fig. A.1 - Processo M.C.V.D.

Um tubo de sílica é colocado em um dispositivo (torno de deposição), que lhe aplica uma rotação. Pelo seu interior, passa-se um fluxo de uma mistura de vapores de cloretos do tipo SiCl_4 , GeCl_4 , etc, de concentrações controladas. Uma chama de um queimador de oxigênio - hidrogênio percorre o tubo no sentido longitudinal, elevando a temperatura interna na região, em torno de $1500\text{ }^\circ\text{C}$. Os vapores dos cloretos, que são obtidos pelo arraste em garrafas borbulhadoras, quando atingem a região de alta temperatura, reagem com o oxigênio, formando óxidos como SiO_2 , GeO_2 , etc. liberando Cl_2 . Ocorre então uma deposição destas partículas de óxidos na parede interna do tubo, as quais são vitrificadas pela ação do calor. Para cada passagem da chama, na extensão do tubo, uma camada de 5 a $10\mu\text{m}$ de espessura é depositada.

A função dos óxidos GeO_2 , PO_2 é a de aumentar o índice de refração da sílica pura (SiO_2), proporcionalmente à suas concentrações. Para uma fibra com o índice de refração gradual, é necessário que a cada camada depositada, altere-se a concentração destes óxidos, de forma a se obter um perfil de índice de refração de acordo com o desejado. Concluído o número de camadas necessárias, passa-se a fase de "colapso". Devido a tensões superficiais do tubo, ocorre um colapso radial, formando um bastão sólido.

O colapso, conforme fig. A.2, consiste no fechamento do tubo, de forma a torná-lo um bastão sólido ou pré-forma. Isto é feito elevando-se a temperatura do tubo em torno de $1800 - 2000\text{ }^\circ\text{C}$.

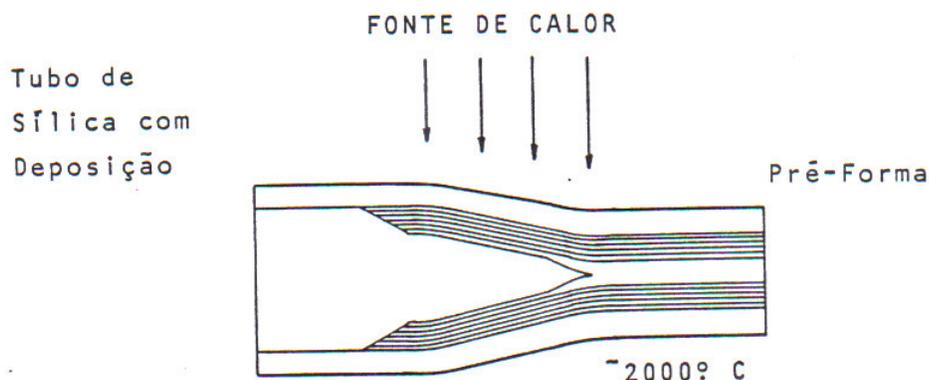


Fig. A.2 – “colapso”.

- Propriedades e características das fibras obtidas por este processo

Com este processo é possível a obtenção de fibras multimodo (índice degrau e gradual), monomodo e de alta abertura numérica. Para as fibras multimodos de Índice gradual, a atenuação típica está em torno de 3,0 dB/km a 850nm e 1,5 dB/km a 1300nm. A largura de banda está em torno de 1000 MHz.km e 800 MHz.km, respectivamente para cada comprimento de onda. Sabe-se de valores recordes para o processo M.C.V.D. de 4,7 GHz.km de largura de banda e 0,45 dB/km, ambos a 1300nm e fibra multimodo. Para fibras monomodo, os valores típicos de atenuação são de 0,40 dB/km a 1300nm e 0,25 dB/km a 1550nm.

A.2 Processo P.C.V.D. – Deposição Química de Vapor de Plasma Ativado

Tecnologia bastante similar ao M.C.V.D., desenvolvida pela "Philips - Research Laboratory" e é utilizada normalmente em sua linha de produção. O processo P.C.V.D. difere basicamente do M.C.V.D. pelo uso de um plasma

não isotérmico, para a estimulação da reação de oxidação dos vapores, ao invés de uma região de alta temperatura. Na fig. A.3 está esquematizado o princípio de operação deste método.

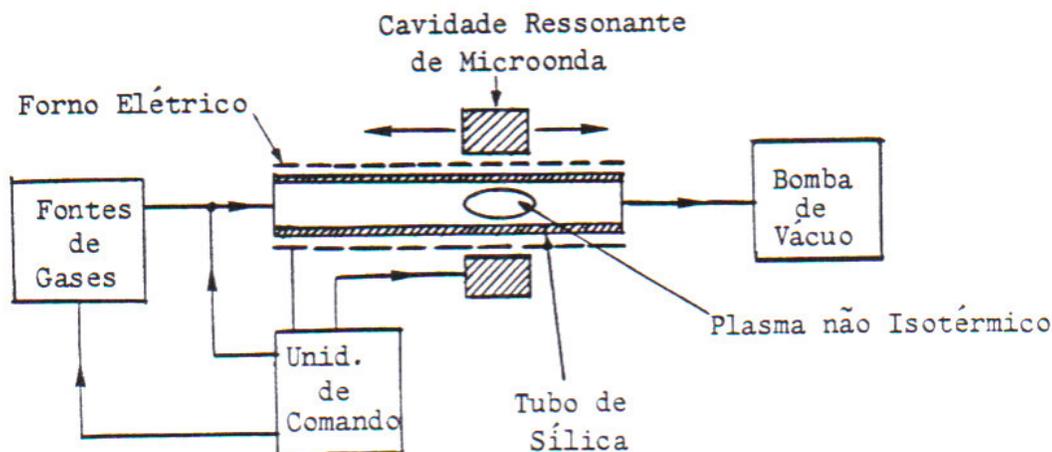


Fig. A.3 – Processo P.C.V.D.

Um tubo de quartzo é instalado no interior de um forno elétrico. A mistura dos reagentes (SiCl_4 , GeCl_4 , POCl_3 , etc) é alimentada para o interior do tubo, o qual é mantido a baixas pressões por uma bomba de vácuo. Uma cavidade ressonante de microonda, conectada a um gerador de 2 a 3 GHz, percorre o tubo longitudinalmente, criando no interior deste, uma região de plasma. Um depósito de espessura uniforme é obtido a cada passagem da cavidade, sem a necessidade de rotação do tubo. Isto é possível devido à simetria circular da cavidade ressonante e portanto da zona de plasma. O forno de resistência eleva a temperatura do tubo em torno de 1000 a 1100 °C, a fim de homogeneizar o vidro depositado.

- Propriedades e características das fibras obtidas por este processo.

Com o processo P.C.V.D., podem ser fabricadas fibras multimodo, monomodo e com alta abertura numérica. Os valores médios das características ópticas obtidas por este processo são aproximadamente iguais ao processo M.C.V.D.

A.3 - PROCESSO O.V.D. – Deposição Externa de Vapor

Este processo foi desenvolvido pela "Corning Glass Works" e baseia-se na deposição lateral externa de sílica em um mandril. Na fig.A.4 está esquematizado basicamente este processo.

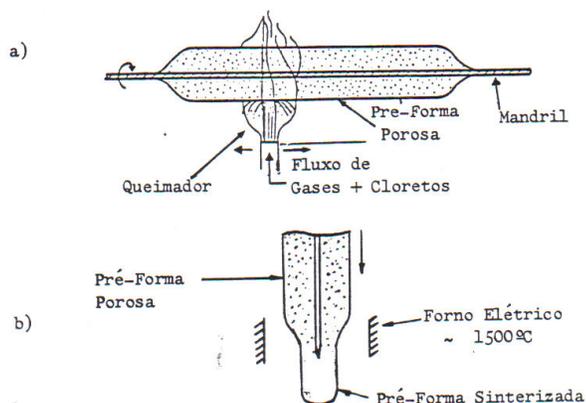


Fig. A.4 – Processo O.V.D.

Um mandril que pode ser constituído de cerâmica ou grafite gira a uma velocidade constante. Um fluxo de reagentes é injetado pelo próprio queimador, que percorre longitudinalmente o mandril. Neste processo, o calor

da chama e o oxigênio causam reação de oxidação dos cloretos, os quais se tornam partículas que são depositadas sobre o mandril.

A cada passagem deposita-se uma camada de material. Não somente o futuro núcleo, mas também a casca são depositados, ao contrário do processo de deposição em tubos. Pelo controle das concentrações dos cloretos, determina-se a quantidade de material depositado e o Índice de refração. Após completar-se a deposição, tem-se uma pré-forma "porosa" e ôca. O mandril é então removido e a pré-forma é sinterizada, passando-a em um forno elétrico, que eleva a temperatura em torno de 1500 °C. Desta forma elimina-se o furo central e obtém-se uma pré-forma transparente.

Com o processo O.V.D. podem ser fabricadas fibras multimodo, monomodo e de alta abertura numérica. Valores típicos de atenuação para as fibras multimodo de índice gradual são de 2,4 dB/km a 850nm e 0,9 dB/km a 1300nm. A largura de banda está em torno de 600 a 1000 MHz.km a 850 e 1300nm. Valores recordes são de 2,2 dB/km e largura de banda de 3000 MHz.km a 550nm. Para fibras monomodo são obtidos valores típicos de 0,40 dB/km a 1300nm e 0,25 dB/km a 1550nm.

A.4 - PROCESSO V.A.D. – Deposição Axial de Fase-Vapor

Este processo foi desenvolvido pela "Electrical Communication Laboratory" do N.T.T. (Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation), sendo a mais importante tecnologia do Japão. A filosofia do processo V.A.D. é bastante similar ao O.V.D., no que se refere à deposição externa, porem é bastante diferente deste e dos demais, pois o crescimento da pré-forma é feito de forma axial ao invés de lateral. Com isto é possível a

obtenção de um processo contínuo de fabricação. Na fig. A.5 está esquematizado basicamente este processo.

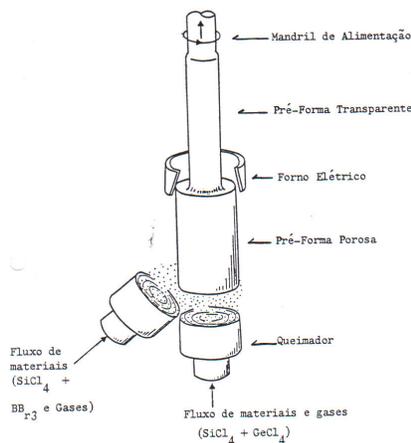


Fig. A.5 – Processo V.A.D.

Neste processo, um fluxo de reagentes é lançado através de um queimador especial. Após a oxidação, estes se depositam sobre um suporte que gira e ao mesmo tempo translada verticalmente. As partículas da reação são depositadas na extremidade do bastão rotante, formando uma pré-forma "porosa". Esta pré-forma é consolidada em uma pré-forma transparente por meio de um forno elétrico a uma temperatura de aproximadamente 1500°C .

Para a obtenção de pré-formas de índice de refração gradual, são utilizadas as propriedades de deposição do GeO_2 em função da temperatura. A concentração do GeO_2 na deposição depende fortemente da temperatura. Fazendo-se um controle da distribuição de temperatura, por exemplo, pelo controle do fluxo da chama do queimador, pode-se obter um controle do Índice de refração.

- Propriedades e características das fibras obtidas pelo processo V.A.D.

Com este processo, são fabricadas fibras multimodo, monomodo e de alta abertura numérica. Para fibras multimodos, valores típicos de atenuação e largura de banda a 1300nm são de 0,7 dB/km e 1,3 GHz.km, respectivamente. Valores recordes são de 0,42 dB/km e 9,7 GHz.km respectivamente. Para as fibras monomodo, são obtidos valores típicos de 0,50 dB/km e 0,35 dB/km a 1300nm e 1550nm, respectivamente [1].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Guia da PIRELLI (Transmissão Por Fibras Ópticas).

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](#)