



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E
ENGENHARIA DE MATERIAIS**



DARBENS SILVIO CORREIA JUNIOR

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCOMPÓSITO POLIMÉRICO DE
MELAMINA-FORMALDEÍDO E CAULIM APLICADO À PRODUÇÃO DE MATERIAIS
ELÉTRICOS.**

MANAUS – AM

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E
ENGENHARIA DE MATERIAIS**



DARBENS SILVIO CORREIA JUNIOR

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCOMPÓSITO POLIMÉRICO DE
MELAMINA-FORMALDEÍDO E CAULIM APLICADO À PRODUÇÃO DE MATERIAIS
ELÉTRICOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais, área de concentração em Materiais.

Orientador: Prof^o. Dr. José Costa de Macedo Neto

MANAUS – AM

2019

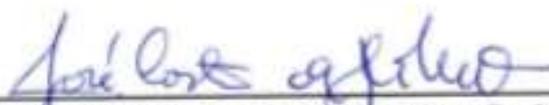
Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C824m	<p>Correia Junior, Darbens Silvio</p> <p>Produção e caracterização de microcompósito polimérico de melamina-formaldeído e caulim aplicado à produção de materiais elétricos / Darbens Silvio Correia Junior . 2019 103 f.: il. color; 31 cm.</p> <p>Orientador: José Costa de Macedo Neto Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>1. Melamina. 2. Caulim. 3. Mulita. 4. Caracterização de Materiais. I. Macedo Neto, José Costa de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
-------	---

Ata de Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do aluno **DARBENS SILVIO CORREIA JUNIOR**, do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, realizada no dia 13 de novembro de 2019.

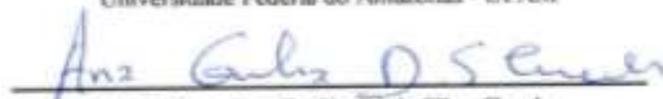
Às 10:00h do dia 13 de novembro de 2019 no Auditório da ADUA, no Setor Norte do Campus Universitário da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, foi realizada a Defesa Pública de Dissertação de Mestrado do discente **DARBENS SILVIO CORREIA JUNIOR**, intitulada "*Produção e caracterização de microcompósito polimérico de melanina-formaldeído e caulim aplicada a produção de materiais elétricos*", como parte final de seu trabalho para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais. A Banca Examinadora constitui-se dos seguintes professores: Prof. Dr. José Costa de Macedo Neto (Orientador e Presidente – PPGCEM), Profa. Dra. Virginia Mansanares Guacon (UFAM) e Profa. Dra. Ana Amélia Diniz Silva Guedes (UNINORTE). Após a apresentação do trabalho, os examinadores fizeram as observações concernentes. Todas as sugestões da Banca Examinadora serão consideradas pelo aluno ao preparar a versão final de seu trabalho escrito. Em seguida, a Banca Examinadora reuniu-se e concedeu o conceito Aprovado (aprovado/não-aprovado). Coordenação da Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, em Manaus, 13 de novembro de 2019.



Prof. Dr. José Costa de Macedo Neto (Orientador e Presidente)
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM)



Profa. Dra. Virginia Mansanares Guacon
Universidade Federal do Amazonas - UFAM



Profa. Dra. Ana Amélia Diniz Silva Guedes
Centro Universitário do Norte – UNINORTE (Membro – Externo)

Dedicatória

Aos meus pais Darbens Silvio Correia e Aldenice Barreto Correia,
Que sempre me apoiaram nas minhas decisões.
Aos Meus Irmãos Danilo e Daniele Barreto,
Aos meus sobrinhos, Silvio Eduardo, José Rodrigues,
Diana Duarte e Murilo Correia.
E ao Amigo José Eurico Ramos de Souza.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me dado a graça de chegar até esta etapa de minha formação.

Aos meus pais, Darbens Silvio Correia e Aldenice Barreto Correia, que sempre me apoiaram e estimularam na minha trajetória acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, professor Dr. José Costa de Macedo Neto, por ter aceitado o desafio de me orientar neste curso de mestrado e apoiar na realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Marcus Marques da Silva Paula, por me auxiliar com este trabalho e supervisionar minhas atividades durante o estágio à docência, atividade que me trouxe muitos ensinamentos.

A professora Dra. Virginia Giacon, por todo o apoio demandado e por me passar motivação mesmo antes das minhas provas de preparação para o mestrado, seu apoio foi fundamental para que eu adentrasse na área da pesquisa e me livrasse de um processo depressivo em que me encontrava. - Quem não é visto não é lembrado! Dizia ela. E foi assim que eu saí de um quarto escuro e me tornei alguém participativo em um laboratório, gratidão eterna. E a todos os alunos do LaMAC, em especial Viviane Siqueira, por sua amizade e disposição em ajudar, reforçando em mim a importância do trabalho em grupo, a Rosinaldo Rabelo por me passar motivação durante início de minha Pós-Graduação, e a Gabrielle Machado.

Aos professores, Solenise Kimura, Bruno Mello, João Carlos e a todos os alunos que conviveram comigo no LabP&D da UEA. Em especial, Guilherme Moreira, Bruno Oliveira, Andressa.

A coordenação do programa PGCEM, Professores Edgard Sanches e Pedro Campelo, por todo o suporte demandado e por contribuírem ativamente para o bom andamento do programa de ciências e engenharia de materiais.

Ao Professor Sérgio Michielon, pela referência como profissional e atuação acadêmico-científica, bem como, no desenvolvimento das minhas habilidades através dos os desafios a mim solicitados. E todos Integrantes do LabMAT, colegas e professores.

Aos técnicos de laboratório que contribuíram na preparação de amostras aqui apresentadas. (Mício Melquiades, Diogo Milome, Juliana Pereira, Alfredo, Matheus Biondo, Lucas Castanhola).

Aos meus familiares e amigos em especial: Daniele Barreto Correia, Danilo Barreto Correia, Silvio Eduardo, José Rodrigues, José Eurico Ramos de Souza, Maria Valdenice e Glória Maria Correia. Sully Abecassis, Alfredo Marzi, Zilma Soares, Graça Franco, Fábio Alexandre Costa Mota, Leonardo Maciel e Fábio Rodrigo.

Ao apoio oferecido pelas empresas Siemens (Rodrigo Macedo), Basf (Manuel Voigt) e Lorama Group (Vanderlei Steffens/ Gilson Lippert), por fornecerem as materiais-primas e alguns materiais de referência utilizados nesse trabalho.

A todos os demais colegas do PPGCEM.

“Você não pode mudar o vento,
mas pode ajustar as velas do barco
para chegar onde quer.”
Confúcio

Resumo

A busca pelo desenvolvimento de novos materiais com aplicações elétricas é uma constante na atualidade, contudo, deve ser pensado com base em dados relacionados a sua caracterização, aos processos em que estão inseridos, a fornecer segurança para seus consumidores, bem como, ao meio ambiente. Pensando nisso, através desta pesquisa, foi produzido e caracterizado um compósito a base de melamina formaldeído e caulim, adquirindo com isso um material compósito com novas propriedades e menos agressivo ao meio-ambiente. Para isso, amostras de Caulim e Resina MF foram caracterizadas individualmente por meio das técnicas de: Fluorescência de Raios X (FRX), Difração de raios X(DRX), Espectroscopia Ultravioleta (UV- vis), Análise Termogravimétrica(TG), Derivada Termogravimétrica(DTG), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV. Depois disso, as matérias-primas foram termoprensadas para obtenção de corpos de prova (CP's) na forma de disco com diâmetro de aproximadamente 30 mm e espessura de 2,75 mm. Os corpos de prova na forma de disco foram gerados em triplicata, sendo eles com MF 100% e os compósitos de MF +Caulim (MFC), nas proporções 2:1 e 3:1, onde foram submetidos a ensaios elétricos, térmicos e morfológicos. Como resultado desses experimentos foi possível conhecer características físicas e químicas importantes acerca dos materiais estudados, como por exemplo: seus elementos constituintes, seus tipos de estruturas cristalográficas, suas características térmicas e elétricas. Além disso, parâmetros importantes para o processamento do material também foram levantados. Os compósitos MFC surgem como uma alternativa promissora para o mercado de produtos elétricos, uma vez que apresenta maior resistência térmica que a melamina utilizada separadamente, e boa processabilidade que contribui para a diminuição do uso de materiais poliméricos.

Palavras Chaves: Melamina, Caulim, Mulita, Caracterização de Materiais.

Abstract

The development of new materials with electrical applications is a constant process today. However, this search should be thought based on their characterization, the processes in which they are inserted, to provide safety for their consumers as well as the environment. In this research, it was produced and characterized a composite based on formaldehyde melamine and kaolin, acquired as a composite material with new properties and less aggressive to the environment. For this purpose, Kaolin and MF Resin samples were individually characterized by: X-ray fluorescence (XRF), X-ray Diffraction (XRD), Ultraviolet Spectroscopy (UV-vis), Thermogravimetric Analysis (TG), Derivative Thermogravimetric (DTG), Differential Exploratory Calorimetry (DSC) and Scanning Electron Microscopy - SEM. The raw materials were then thermopressed to obtain disc samples with a diameter of approximately 30 mm and thickness of 2.75 mm. Triplicates were produced, composed of MF 100% and the mf +kaolin (MFC) composites in proportions 2:1 and 3:1, which were then submitted to electrical, thermal and morphological tests. As a result of these experiments it was possible to know important physical and chemical characteristics about those materials, such as: their constituent elements, types of crystallographic structures, thermal and electrical characteristics. Additionally, important parameters for material processing have also been established. MFC composites emerge as a promising alternative to the electric industry, since it has greater thermal resistance than the melamine used separately, good processability that contributes to the reduction of the use of materials Polymeric.

Keywords: Melamine, Kaolin, Mulite, materials characterization.

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxograma de processamento e utilização de materiais	20
Figura 2 - Reação de síntese da melamina a partir da cianamida.	22
Figura 3 - Reação de decomposição da ureia.....	23
Figura 4 - Reação de síntese da melamina obtida a partir do ácido ciânico obtido através da ureia.	23
Figura 5 - Reação de condensação da resina MF.....	23
Figura 6 - (a) MF aplicada em laminados (b) Louça (c)Carcaça de Disjuntor elétrico feita de MF.....	24
Figura 7 - Curva de DSC da TC da MF.....	25
Figura 8 - Termogramas TGA e DSC da resina MF.....	25
Figura 9 - DTG da MF.....	26
Figura 10 - Espectro de absorção da melamina.	26
Figura 11 - Microencapsulação de Materiais explosivos.....	27
Figura 12 -Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura do Litopônio.....	29
Figura 13 - DSC das reações do BaSO ₄ com carbono.	29
Figura 14 -a) TG (curva a) e DSC (curva b) do ZnS. b) Análise de UV-Vis do ZnS.....	30
Figura 15 - Modelo estrutural da Caulinita.....	32
Fonte: Autor.....	32
Figura 16 - Reação de transformação térmica da caulinita.	32
Figura 17 - DSC de transformação de fases da Caulinita.	33
Figura 18 - Fluxograma de processamento do KaulinTranslink37 Basf.....	35
Figura 19 - Classificação das fases dispersas.....	36
Figura 20 - a) estrutura de fase separada (compósito convencional) (b)estrutura intercalada(nanocompósito)(c) estrutura esfoliada (nanocompósito).	37
Figura 21 - a) Molde de termoformagem, b) Carcaças de MF produzidas por transferência. .	37
Figura 22 - Diagrama mostrando as condutividades elétricas de diferentes materiais.	38
Figura 23 - A impedância $ Z $ plotados como um vetor planar usando coordenadas retangulares e polares.....	40
Figura 24 -Preparação de Corpos de prova – a) pesagem, b) mistura de pós, c) agitação manual , d) alimentação da cavidade , e) prensa de embutimento, f) corpo de prova na forma de pastilha.	41
Figura 25 - Conjunto porta- amostra - (a) suporte de fixação do porta- amostras, (b)Porta-amostras, (c) espátula de manipulação de amostras.....	42
Figura 26 - a) DRX de Material amorfo (curva Preta) e semicristalino (Curva vermelha)	44

b) DRX de material Cristalino	44
Figura 27 -Modelo de Gráfico para análise de termogravimetria.	45
Figura 28 - Modelo representativo de Curva TGA/DTG(POLIMEROS, 2019).	45
Figura 29 - Representação de um termograma de DSC.....	46
Figura 30 - a) Analisador de Impedância b) Base porta-amostra.	48
.....	58
Figura 31 - Micrografia do corpo de prova MF 100%.....	58
Figura 32 - Micrografia da fratura do CP de MF 100%.....	59
Figura 33 - MEV da fase mulita	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de processamento dos CP's	42
Tabela 2 – Componentes do padrão de difração.....	43
Tabela 3 - FRX da MF.	49
Tabela 4 - FRX do Caulim.	59
Tabela 5 - Dimensão dos corpos de prova.....	70
Tabela 6 – Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's de MF.....	72
Tabela 7 - Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's MFC 2:1.	73
Tabela 8 - Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's MFC 3:1.	74

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Difratoograma da MF - Identificação de fases.....	50
Gráfico 2 - Difratoograma da fase ZnS	50
Gráfico 3 – Difratoograma do Sulfato de Bário (BaSO ₄)	51
Gráfico 4 - Difratoograma da MF	53
Quadro 3 - Dados estruturais da MF.....	53
Gráfico 5 - a, b, c, d - Espectros UV-Vis da Melamina.....	55
Gráfico 6 - DSC/TGA da MF (100°C - 370°C	56
Gráfico 7- DSC da MF (Transformação de ZnS para ZnO).....	57
Gráfico 8 - DSC da MF (termo redução do BaSo4).....	58
Gráfico 9 - Difratoograma de Identificação das fases do Caulim Translink37 ...	60
Gráfico 10 - Difratoograma da fase mulita (Al _{4.95} Si _{1.05} O _{9.52})	61
Gráfico 11 – Difratoograma da fase alumina (Al _{21.352} O ₃₂).....	61
Gráfico 12 - Difratoograma da fase óxido de Titânio (TiO ₂).....	63
Gráfico 13- TG/DSC da Mulita.....	64
Gráfico 14 - DSC de comparação Mulita/ Caulinita	65
Gráfico 15 - Estabilidade Térmica do CP'S (TG)	67
Gráfico 16 - Estabilidade Térmica do CP'S (TG).....	68
Gráfico 17 - DCS dos CP's (200° C - 400° C)	69
Gráfico 18 - Pico de transformação térmica do Sulfato de Bário.....	69
Gráfico 19 - Impedância dos CP'S	71
Gráfico 19 - Gráfico de Nyquist das amostras dos CP, s de MF.	72
Gráfico 20 - Gráfico de Nyquist dos CP'S MFC 2:1	73
Gráfico 21 - Gráfico de Nyquist dos CP'S MFC 3:1	74

Lista de Quadros

Quadro 1 - Dados estruturais do ZnS.....	51
Quadro 2 - Dados estruturais do BaSO ₄	52
Quadro 4 - Dados estruturais mulita (Al _{4.95} Si _{1.05} O _{9.52}).....	61
Quadro 5 -Dados Estruturais da fase alumina (Al _{21.352} O ₃₂).....	62
Quadro 6 - Dados estruturais da fase óxido de Titânio (TiO ₂).....	63

Sumário

Agradecimentos	6
Resumo	8
Abstract.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo Geral.....	19
2.2. Objetivo específico.....	19
3. JUSTIFICATIVA.....	20
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
4.1. Materiais poliméricos.....	22
4.1.1. Melamina.....	22
4.1.2. Minaicar	27
4.1.3. Aditivos poliméricos	28
4.2. Materiais cerâmicos.....	31
4.2.1. Argilas	31
4.2.2. Caulim	31
4.2.3. Mulita	33
4.2.4. Kaulin translink 37.....	34
4.3. Compósitos de matriz polimérica.....	35
4.4. Moldagem por Transferência de Resina (RTM)	37
4.5. Propriedade elétricas dos materiais	38
4.6. Espectroscopia da Impedância (EI).....	39
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
5.1. Materiais precursores – obtenção	40
5.2. Materiais precursores – tratamento	41
5.3. Preparação de corpos de prova (CP's) – (pastilhas).....	41
5.4. FRX.....	42
5.5. DRX	42
5.6. Análise térmica (TGA/DTG/ DSC).....	45
5.7. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV.....	47
5.8. Espectroscopia UV-VIS	47
5.9. Análise de Impedância	48
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49

6.1.	Caracterização da Melamina Formaldeído.....	49
6.1.1.	FRX- MF	49
6.1.2.	DRX-MF	49
6.1.3.	UV- Vis - Melamina.....	54
6.1.4.	Análise térmica simultânea (TG/DTG/DSC) – MF.....	55
6.1.5.	MEV	58
6.2.	Caracterização do Caulim	59
6.2.1.	FRX- Caulim	59
6.2.2.	DRX- Caulim	60
6.2.3.	Análise térmica (TG/DSC) – Caulim	64
6.2.4.	MEV – Caulim	65
6.3.	Caracterização dos compósitos MFC	66
6.3.1.	Análise térmica (TG) – Estabilidade Térmica.....	66
6.3.2.	Análise térmica (DSC)	67
6.3.3.	Caracterização elétrica dos CP's	70
7.	CONCLUSÃO	75
8.	REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Muitos trabalhos têm destacado o uso de argilas para a criação de diferentes tipos de materiais compósitos. Dentre as mais utilizadas, destacamos o caulim, visto que este pode apresentar diversas propriedades e aplicações de acordo com sua composição química e sua forma estrutural (MURRAY, 1981). Na região amazônica e em diversas regiões do Brasil, diversos autores abordam acerca deste material, seja para aplicá-los na área da construção civil, seja como material de carga em polímeros (ITAGAKI *et al.*, 2001) ou mesmo apenas para caracterizá-las para futuras aplicações (FLORES SEGURA *et al.*, 2017; LORENTZ *et al.*, 2018). Para tal, desenvolver pesquisas utilizando o caulim se faz necessário.

Em virtude disto, identificar quem são os benchmarkings na produção do caulim mundial, entender suas formas de beneficiamento, bem como, suas aplicações como potencial matéria-prima na manufatura local, nos auxiliará a viabilizar e expandir o campo de aplicações de bens para o caulim amazônico. Assim, esta pesquisa buscou trabalhar a utilização de um caulim já presente no mercado nacional e internacional, através de referências junto ao centro de pesquisa e desenvolvimento da empresa BASF (BASF, 2008), concomitantemente com seu fornecedor nacional Lorama Group, optou-se pela escolha do Kaolin Translink® 37, muito utilizado na produção de compósitos Polimérico-cerâmicos, em especial na fabricação de materiais com aplicações elétricas (“Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable”, [s.d.]).

Além da escolha do caulim, é de suma importância o desenvolvimento de um parceiro para o fornecimento de um polímero com aplicações termoelétricas, a fim de que seja produzido um compósito com esses dois materiais. A empresa Siemens eletroeletrônica, presente no polo industrial de Manaus, realizou todo o fornecimento do polímero utilizado nesta pesquisa. Dentre os diversos polímeros utilizados pela Siemens, foi adotado a melamina formaldeído, material que apresenta boas propriedades isolantes elétricas e térmicas, mas que ao entrar em combustão produz gases tóxicos como o monóxido de carbono (CO) (ULLAH *et al.*, 2014a).

Materiais de natureza cerâmica são tradicionalmente conhecidos por suas qualidades superiores, tais como: excelentes propriedades térmicas (NETO, 2011a), dielétricas e magnéticas. No entanto, são frágeis e consomem alta energia durante processamento. Por outro lado, os polímeros são mais flexíveis, possuem uma alta processabilidade, além de baixo custo (CANEVAROLO JR., 2006), mas possuem como desvantagens propriedades térmicas e dielétricas mais baixas. Combinar os dois materiais e propor uma forma de encontrar sinergia entre suas propriedades individuais, pode proporcionar ganhos na melhoria das propriedades térmicas e dielétricas, igualmente alta flexibilidade e facilidade de processamento (GUO *et al.*, 2019; MIJOVIC, 2003; PLEŠA *et al.*, 2016; SILAGHI, 2012).

Neste sentido, esta pesquisa consiste na produção e caracterização de um microcompósito polimérico formado por melamina – formaldeído (MF) e caulim, gerando com isso um novo material que satisfaça as necessidades da indústria elétrica, tendo como características principais a resistência elétrica e térmica, e que contribua com a redução de emissão de CO durante sua degradação térmica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Produzir e caracterizar um compósito polimérico a base de melamina-formaldeído (MF) e caulim, a fim de minimizar o uso do polímero MF, bem como, identificar suas fases cristalográficas e observar as propriedades térmica e elétricas adquiridas através do uso do Caulim.

2.2. Objetivo específico

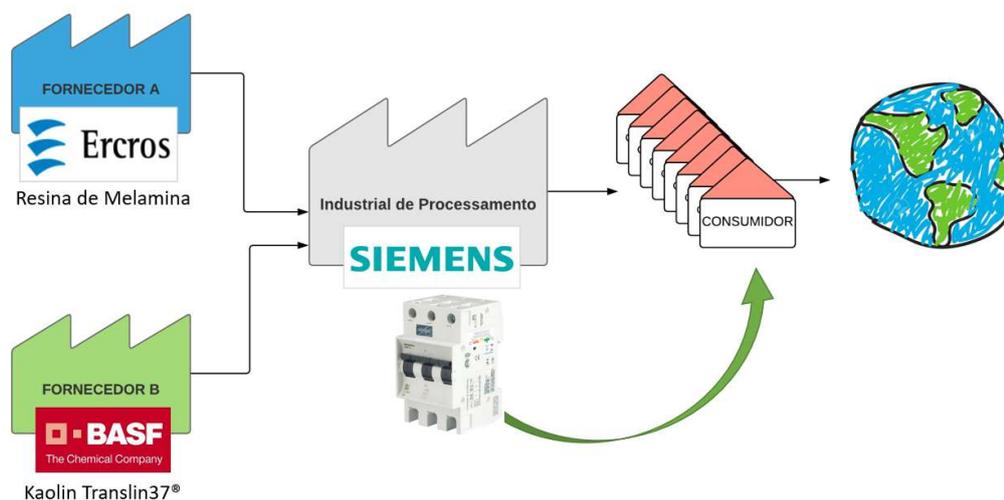
- Caracterizar física e quimicamente as amostras de Caulim e MF, empregando das técnicas de Espectroscopia por fluorescência de Raios-x (FRX) e Difração de raios-x (DRX), a fim de compreender suas fases microestruturais;
- Produzir compósito polimérico de Melamina-Formaldeído (MF) e Caulim pelo processo de Termoformagem;
- Investigar a estabilidade térmica das amostras via Termogravimetria (TG) e Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC);
- Realizar ensaios elétricos de Resistividade e condutividade nos corpos de prova gerados a partir do compósito.

3. JUSTIFICATIVA

Ao decidirmos produzir um novo material compósito formado por MF e Caulim, foi essencial pensarmos em algumas problemáticas relacionadas a este material, por isso, associamos técnicas de caracterização e um fluxo de produção e utilização do material desenvolvido, visto que procurávamos apresentar algumas respostas relacionadas a engenharia e ciência deste material.

No fluxograma da (figura 1) apresentamos o processamento e utilização dos materiais envolvidos nesta pesquisa. Dois fornecedores reais das matéria-prima utilizadas, são a empresa Ercros que é fornecedora de Resina de Melamina, e a Empresa Basf que é a fornecedora de caulim. Seguindo o fluxo do material, apresentamos a empresa Siemens como indústria de fabricação de materiais e dispositivos elétricos, posteriormente, pensamos nos consumidores destes produtos e por último, no meio ambiente a ser impactado com eventuais descartes.

Figura 1 - Fluxograma de processamento e utilização de materiais



Fonte: Autor.

Sobre os fornecedores aqui apresentados, muito importante foi pensarmos em um controle da qualidade para o material fornecido; caracterizar estes materiais por meio das técnicas de FRX e DRX teve por intuito proporcionar informações preciosas também para a indústria de processamento.

Sobre a indústria de processamento, é importante também criar estratégias de identificação das temperaturas de trabalho utilizadas durante o processamento dos materiais, pois um leve erro na formulação por parte dos fornecedores acarretaria na mudança de parâmetros utilizados na fabricação, por esse motivo, o uso de técnicas de análises térmicas de TG, DTG e DSC, além da criação do produto de forma experimental.

Pensar no consumidor final também foi um problema a ser levantado, para isso, pensamos no melhoramento das propriedades térmicas e dielétricas do material, através do uso do caulim em um

material que anteriormente era fabricado unicamente com a resina polimérica de melamina formaldeído. Para a verificação do melhoramento das propriedades térmicas utilizamos TG, DTG e DSC e para as propriedades dielétricas utilizamos a técnica de Impedância, para medirmos a resistividade e condutividade do material.

Por último, pensamos em uma forma de minimizar os impactos ambientais causados pelo uso de materiais produzidos exclusivamente por polímeros termofixos, visto que estes não permitem reprocessamento, sendo descartados após sua utilização. Por esse motivo, empregou-se percentuais de caulim, criando com isso os compostos MFC, gerados da combinação de MF e Caulim em diferentes percentuais.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

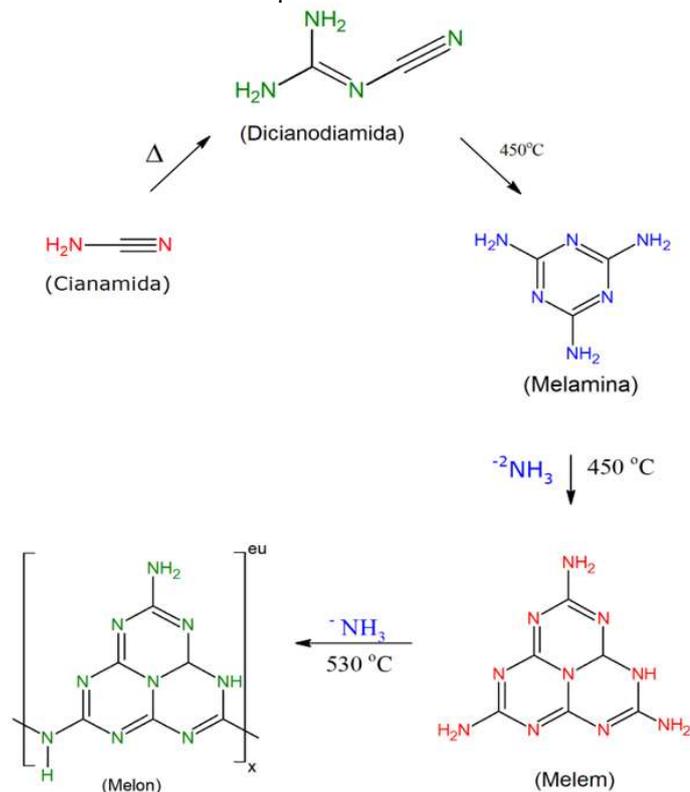
4.1. Materiais poliméricos

4.1.1. Melamina

A melamina (2,4,6-triamino-1,3,5-triazina) é um composto químico que possui alto teor de nitrogênio e é usado na fabricação de resinas termofixas através de sua associação com formaldeído. Vários métodos de produção de melamina são descritos na literatura, contudo, os dois métodos mais conhecidos são: através do processo de aquecimento da cianamida e pelo processo de decomposição da ureia (RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, 2014).

Para a formação de melamina, primeiramente a cianamida é transformada em dicianodiamida, que através do aquecimento até 450° C é convertida em melamina. Na reação abaixo (figura 2), é possível observar também a obtenção dos compostos “Melon” e “Melem”, obtidos através da adição de amônia à melamina (BELSKY; LI; BRILL, 1997).

Figura 2 - Reação de síntese da melamina a partir da cianamida.

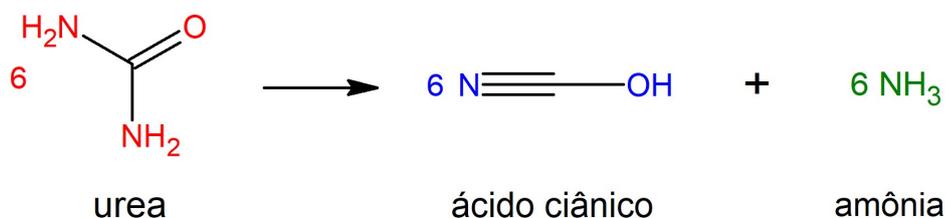


Fonte: Autor.

A síntese de melamina através da decomposição da ureia é o método mais utilizado atualmente. Pode ser realizado de duas maneiras: (i) reação em fase líquida sob condições não catalíticas de alta pressão e (ii) reação em fase gasosa sob condições catalíticas de baixa pressão. Na reação de fase líquida, a melamina é usada como solvente e a amônia é adicionada para melhorar a transferência de

calor . As reações são realizadas a altas temperaturas e pressões (400° C, 15 MPa), sendo que para as reações em fase gasosa, são adotadas altas temperaturas e baixas pressões (400° C, 0,7 MPa) (RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, 2014). Nas duas das reações químicas, a ureia se decompõe em ácido cianico e amônia (figura 3).

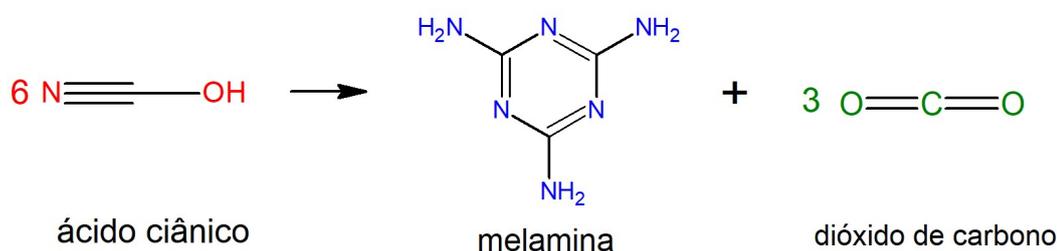
Figura 3 - Reação de decomposição da ureia



Fonte: Autor.

Em seguida, o ácido cianico passa por uma reação de condensação para formar melamina e dióxido de carbono (figura 4), conforme reações abaixo:

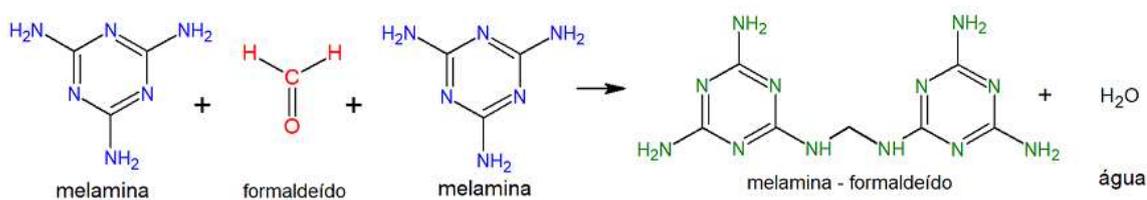
Figura 4 - Reação de síntese da melamina obtida a partir do ácido cianico obtido através da ureia.



Fonte: Autor.

Para a fabricação de resinas termofixas, a melamina é combinada com formaldeído (CH₂O) e através de uma reação de polimerização por condensação obtém-se a resina de melamina-formaldeído (MF) e água como produto desta reação (figura 5) (SMITH; HASHEMI, 2012).

Figura 5 - Reação de condensação da resina MF.



Fonte: Autor.

A melamina é um polímero termofixo, cristalino branco não-higroscópico, funde com decomposição acima de 347 °C, e sublima a temperaturas abaixo de seu ponto de fusão. É ligeiramente solúvel em água (0,38 g em 100 ml de água a 20 °C, ou 3,7 g a 90 °C) e fracamente básico.

A MF é um material duro e quimicamente resistente, geralmente empregado em adesivos de compensado e aglomerados, dispositivos elétricos, bancadas laminadas e tampos de mesa, louças e revestimentos de superfícies automotivas. Um exemplo de aplicações para a MF está representado na (figura 6 – a, b, c) (REACTIONS, 2003; THUECHART; KEAWWATTANA, 2014).

Figura 6 - (a) MF aplicada em laminados (b) Louça (c) Carcaça de Disjuntor elétrico feita de MF.



Fonte: a) Esteba.com; b) Dhresource.com; c) Siemens.com.br.

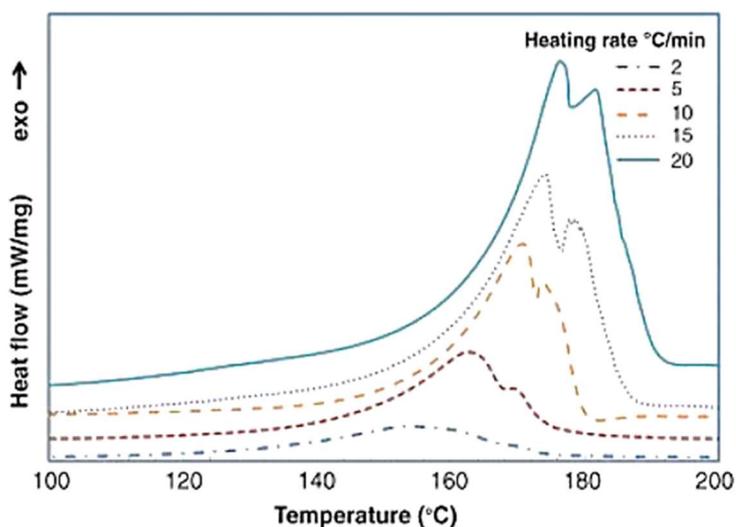
a) https://www.esteba.com/76166-medium_default/melamina-blanca-100-gr-superpan.jpg
b) <https://www.dhresource.com> c) https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/documents/minidisjuntores/cat%C3%A1logo/catalogo-minidisjuntores_2016_pt-v1.pdf.

A MF é conhecida por possuir estabilidade térmica relativamente alta e excelentes propriedades dielétricas (GONZÁLEZ et al., 2017; HAGSTRAND et al., 1999; KUCHARSKI; GOWACZ-CZERWONKA, 2002; RICCIOTTI et al., 2013). Para fins de processamento, ela pode ser moldada por compressão e adquire sua forma final ao ser aquecida a temperatura entre 127° C a 171° C, e pressão entre 142 a 560 kgf/cm² (SMITH; HASHEMI, 2012).

Muitas são as técnicas de caracterização de polímeros para identificar as diferentes propriedades dos materiais poliméricos, dentre elas, alguns autores destacam como importantes: análises químicas (FRX, FTIR), análises térmicas (TG, DTG, DSC, DMA), análises físicas (DRX, UV-VIS, MEV), dentre outros (EBEWELE, 2000; SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, 2002).

Estudos apontam que entre 130°C e 150° C é possível identificar a temperatura de transição vítrea (T_g) da MF (HAGSTRAND et al., 1999), outras literaturas relacionadas ao processo de cura da MF obtidos por DSC afirmam que, este material, passa a apresentar dois picos exotérmicos característicos entre 100 °C e 200 °C, após passarem por taxas de aquecimento a 10 °C/min e serem resfriados em seguida. Um modelo do termograma contendo esses picos são apresentados através da (figura 7) (MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013b).

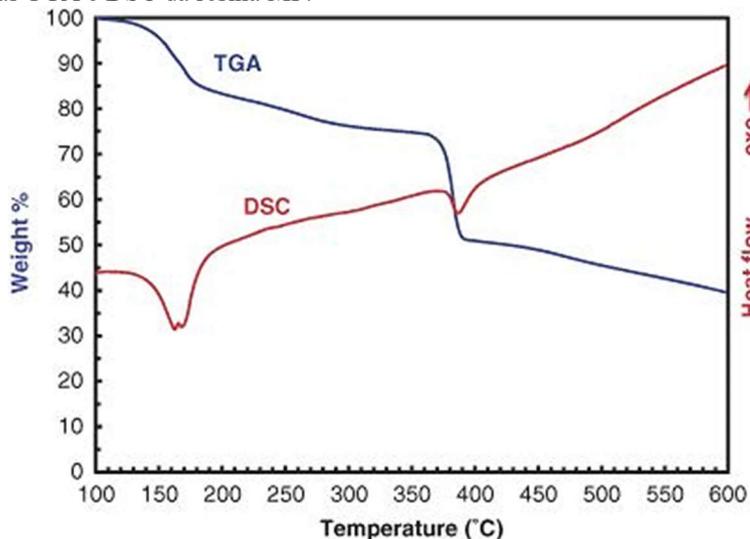
Figura 7 - Curva de DSC da TC da MF.



Fonte: MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013.

Nos termogramas TGA e DSC da resina MF na faixa de temperatura de 50° C a 600 °C, podemos definir quatro faixas de temperatura onde as perdas de peso apareceram: de 100 a 180, 180 a 350, 350 a 390 e 390 a 600 °C, respectivamente, conforme (figura 8). O primeiro pico exotérmico na região de temperatura 100–180 °C corresponde à reação de cura da resina, na faixa de temperatura de 180–350 °C, ocorre à eliminação do formaldeído da ponte de éter formando a ponte de metileno (MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013b).

Figura 8 - Termogramas TGA e DSC da resina MF.

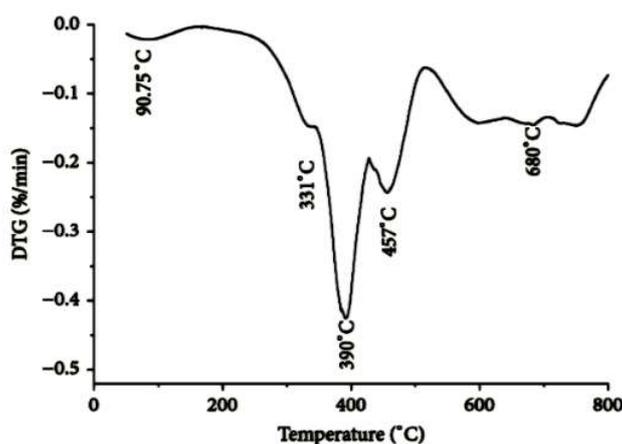


Fonte: MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013.

Em estudos utilizando a técnica de DTGA (figura 9), algumas temperaturas importantes são identificadas. Na temperatura de 90,75° C ocorre perda de água, em seguida, em 331° C ocorre a parte

da perda de formaldeído, metanol e amina. Na temperatura de pico que ocorre em 390° C, o formaldeído, o metanol, a amina, e o NH₃ são liberados. O termino da degradação de MF ocorre em 457° C, e acima de 660° C temos liberação de monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂) e grupos CHN (ULLAH *et al.*, 2014b).

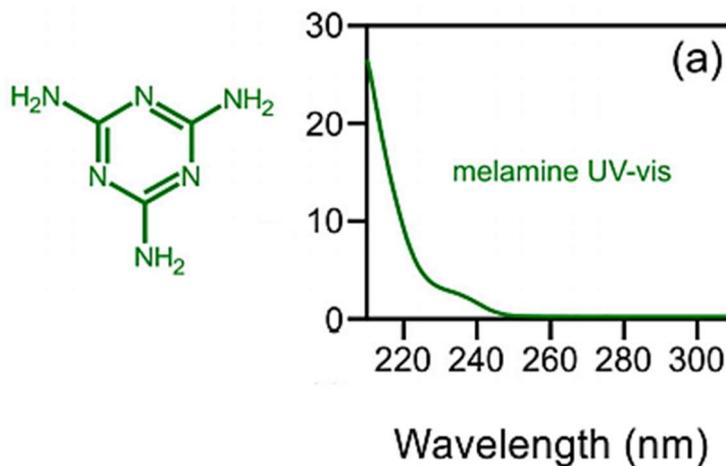
Figura 9 - DTG da MF



Fonte: (ULLAH *et al.*, 2014b).

Em pesquisas que caracterizaram a molécula de melamina através das técnicas de UV-Vis é possível observar o espectro de absorção aumenta de 260 nm para 210 nm, e um ombro fraco é visto a 240 nm, conforme apresentado na (figura 10) (ZHANG *et al.*, 2016).

Figura 10 - Espectro de absorção da melamina.



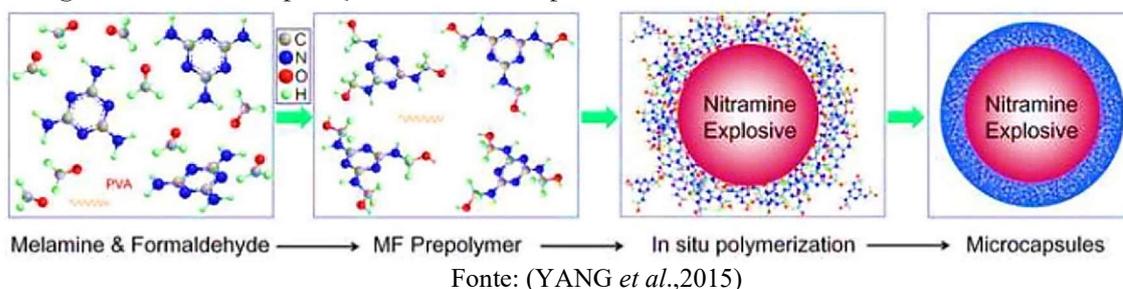
Fonte: (ZHANG *et al.*, 2016).

Para processos de caracterização onde é necessária a sua dissolução, a melamina é solubilizada na condições (0,38 g em 100 ml de água a 20 ° C ou 3,7 g a 90 ° C) (HEATH, 2016).

Na agricultura, a resina de MF é utilizada na microencapsulação de pesticidas, para que estes sejam liberados gradualmente das microcápsulas, protegendo as plantações dos danos causados por

pragas e doenças de insetos (YUAN *et al.*, 2015). A mesma técnica também é aplicada para a microencapsulação de materiais energéticos (por exemplo, explosivos) (figura 11), uma vez que estes materiais geralmente encontram má sensibilidade para o impacto, atrito, onda de choque e calor, sendo o revestimento de MF capaz de atenuar esses efeitos, garantindo com isso um material com maior segurança (YANG *et al.*, 2015).

Figura 11 - Microencapsulação de Materiais explosivos



Por ser constituída por grupos $-NH_2$ a melamina é utilizada como forma de mascarar o teor protéico de alguns alimentos, principalmente aqueles derivados do leite, contudo, esta prática proporciona riscos à saúde por intoxicação (DEMIRHAN; DEMIRHAN; KARA, 2015; JAWAID *et al.*, 2013). Em 2008, cerca de 300.000 bebês chineses morreram por conta de intoxicação alimentar provocada pelo alto teor de melamina presente no leite, este fato permitiu que as pesquisas relacionadas a criação de novos métodos de caracterização para a identificação e quantificação da melamina no leite e seus derivados fossem intensificadas (FORBS, 2016).

4.1.2. Minaicar

A resina Minaicar é um compósito de moldagem à base de formaldeído. É utilizado principalmente para a produção de dispositivos elétricos (medidores magneto-térmicos, interruptores industriais, disjuntores, quadros de distribuição e etc.) (ERCROS, 2000).

Durante sua combustão oferece riscos de intoxicação, visto que, produz monóxido de carbono e vapores de formaldeído.

Sobre suas propriedades físico-químicas possui as seguintes características:

1. **Aparência:** granular sólido;
2. **Odor:** não detectável;
3. **pH:** aprox.7;
4. **Ponto de fusão:** a preparação suaviza-se sem derreter a partir de $60^\circ C$, iniciando assim uma reação de polimerização. O produto se decompõe a mais de $150^\circ C$;
5. **Densidade:** 0,6 g/cm;
6. **Solubilidade em água:** o produto é praticamente insolúvel em água e em solventes orgânicos habituais. I parcialmente solúvel em N, N '- dimetilformamida.

Sobre sua estabilidade e reatividade, por decomposição térmica, o produto pode produzir amônia, óxido nítrico ou vapores de formaldeído. Por combustão pode produzir monóxido de carbono e formaldeído. Em condições normais de trabalho, o produto não reage violentamente (ERCROS, 2000).

4.1.3. Aditivos poliméricos

Os aditivos são substâncias químicas adicionadas aos plásticos, suas principais categorias compreendem os antioxidantes, agentes antiestética, corante, agentes de acoplamento, agentes de cura, retardantes de chama, agentes espumante/expansão, estabilizadores térmicos, modificadores de impacto, lubrificantes, agentes nucleadores, plastificantes, dentre outros. Geralmente são adicionados ao material base antes de sua manufatura, contudo, corantes e agentes de expansão podem ser adicionados durante a moldagem ou extrusão (LOKENSARD, 2014; PLEŞA *et al.*, 2016; WYPYCH, 2014).

Em geral, a maioria dos aditivos é misturada a um material base antes de ser manufaturado, contudo, existem aqueles que são adicionados durante a moldagem ou extrusão (LOKENSARD, 2014).

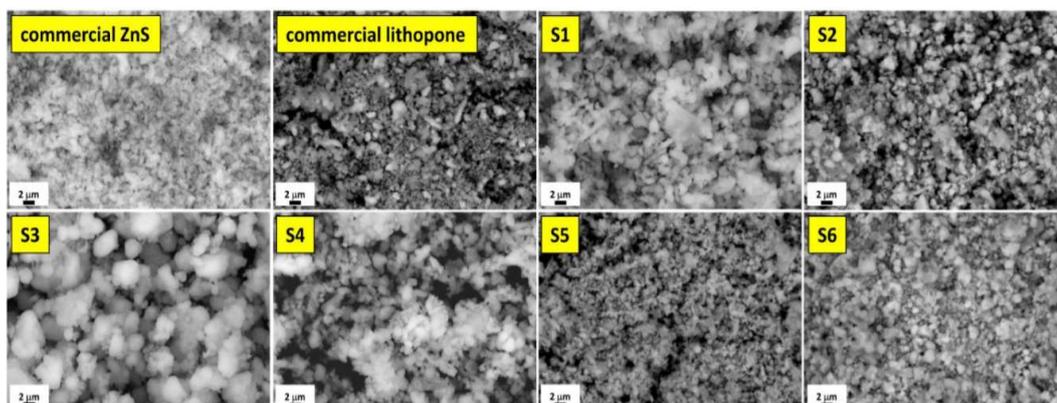
Diversas literaturas abordam acerca de aditivos poliméricos (ARAÚJO, 2009; WOŁOSIAK-HNAT *et al.*, 2019), neste trabalho destacaremos os "pigmentos brancos", visto que são muito utilizados pela indústria de materiais poliméricos e muitas vezes agregam outras propriedades além das relacionadas a pigmentação. Destes pigmentos, os mais importantes estão relacionados, a começar com o que apresenta maior utilização, são eles: o dióxido de titânio, o óxido de zinco, o litopônio e o alvaiade de chumbo. Para esta pesquisa descreveremos o litopônio (BELLEI *et al.*, 2015; "Mercado brasileiro de litopônio", 1968; REVISTA DO BNDE, 2013; SCHAEFER; FABRIS; KER, 2008; WOŁOSIAK-HNAT *et al.*, 2019).

Litopônio: É um pigmento que possuindo alto poder de cobertura, baixo preço e total atoxidade. Quanto a durabilidade e estabilidade química, é bastante afetado pela luz intensa com o decorrer do tempo, o que o torna mais indicado para aplicação em tintas para interiores. Foi por algum tempo o principal pigmento branco utilizado pela indústria (nas décadas de 30 e 40), porém, perdeu sua posição para o dióxido de titânio, muito embora em alguns países ainda seja o pigmento de uso mais intenso ("Mercado brasileiro de litopônio", 1968); (REVISTA DO BNDE, 2013).

Sobre sua composição química, o litopônio é uma mistura de sulfato de bário (70%) e sulfeto de zinco (30%). É usado na produção de tintas de interior e esmaltes de vitrais. Com outros componentes entra na confecção de massas para regularizar madeiras, antes da sua esmaltagem, e após aplicação de primário nas madeiras (BELLEI *et al.*, 2015; WYPYCH, 2014).

Sobre sua morfologia, o litopônio possui partículas em formato esférico com tamanho médio de 2µm (BELLEI *et al.*, 2015), conforme apresentado através das imagens da (figura 12).

Figura 12 -Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura do Litopônio.



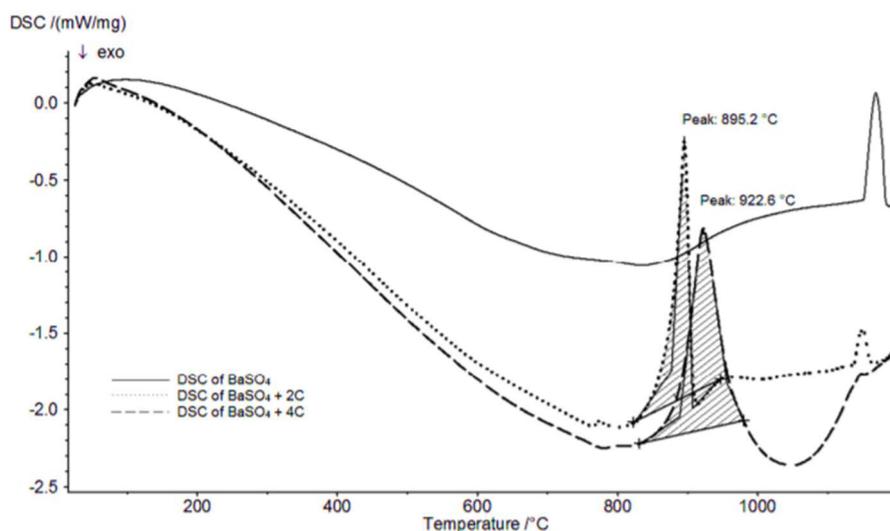
Fonte: (BELLEI *et al.*, 2015).

O litopônio é um material constituído da junção de sulfato de bário (BaSO_4) e sulfeto de zinco (ZnS) (BELLEI *et al.*, 2015; WYPYCH, 2014) (MIKHAILOV; YURYEV; LOVITSKIY, 2018), por conta disso, tentaremos falar um pouco das características apresentadas por esses materiais.

Sulfato de Bário (BaSO_4) é importante saber que as Baritas são os minerais de bário mais comuns, encontrados em forma pura, mas também junto com muitos outros minerais. Sulfato de bário, amplamente utilizado na indústria e em aplicações médicas, origina-se de baritas naturais e materiais sintéticos. A qualidade do enchimento depende da pureza do material utilizado para a produção e do método de processamento. O método mais simples de processamento inclui moagem e classificação seca. Os produtos mais finos são obtidos por concentração, moagem úmida, branqueamento e classificação. É usado para eliminar cargas estáticas de plásticos e superfícies pintadas, como o agente de nucleação para alguns polímeros, auxilia na diminuição do tempo de ciclo e reduz a temperatura de processamento, aumenta a taxa de cristalização e evita a floculação de pigmentos (BALINTOVA *et al.*, 2017; GONDIM *et al.*, 2008; WYPYCH, 2014).

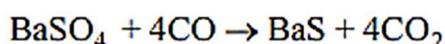
Uma importante avaliação sobre o comportamento térmico do BaSO_4 está relacionada a sua capacidade de se ligar ao monóxido de carbono (CO) (figura 13) a partir de temperaturas elevadas entre 700 °C até próximo de 1000 °C, fazendo com que o monóxido produzido pela queima de outros materiais reaja com ele, transformando o CO em dióxido de carbono (CO_2), reduzindo assim a toxicidade de emissões provocadas pela queima (BALINTOVA *et al.*, 2017).

Figura 13 - DSC das reações do BaSO_4 com carbono.



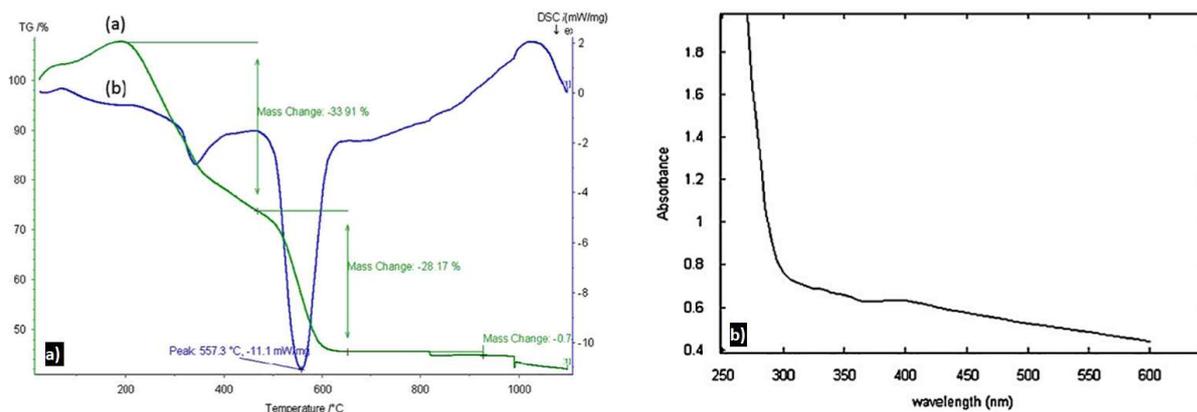
Fonte: (MAGDALENA *et al.*, 2017).

A reação do BaSO₄ com o CO a partir das temperaturas de formação é apresentada conforme expressado abaixo:



Sulfeto de zinco (ZnS): provoca baixa abrasão ao equipamento por causa de sua forma esférica e por sua baixa dureza. Este composto possui duas vantagens além de sua função como um pigmento: a propriedades anticorrosivas e como agente de preparação eficiente. Além disso, os revestimentos podem ser formulados com um nível reduzido de aditivos reológicos que melhoram ainda mais as propriedades anticorrosivas dos primers. Em aplicações de plásticos, o sulfeto de zinco é utilizado por conta de sua propriedade de retardamento de chama (WYPYCH, 2014). Estudos relacionados a caracterização do ZnS sintetizadas por fungos, mostra as análises TG / DSC. Um pequeno pico endotérmico (80 ° C) e dois picos exotérmicos (320 ° C e 557 ° C) são devidos à vaporização da água absorvida fisicamente, decomposição das proteínas (320 ° C) e conversão do sulfeto de zinco (ZnS) a óxido de zinco (ZnO; 557 ° C), respectivamente (figura 14a), em trabalhos onde o ZnS foi aplicado como material dopante (T.THEIVASANTHI; N. KARTHEESWARI; M. ALAGAR, 2013) ou depositado superficialmente na forma filme (NITHYAPRAKASH *et al.*, 2010), estas temperaturas do dois picos característicos deste material foram alteradas, no mesmo estudo, através da análise de UV-VIS é possível observar forte ressonância plasmônica superficial centrada em 280-320 nm é a característica do sulfeto de zinco (figura 14b) (MIRZADEH *et al.*, 2013).

Figura 14 -a) TG (curva a) e DSC (curva b) do ZnS. b) Análise de UV-Vis do ZnS.



Fonte: MIRZADEH et al., 2013.

4.2. Materiais cerâmicos

Materiais cerâmicos são materiais inorgânicos, não metálicos, formados pela combinação de elementos químicos metálicos e não metálicos, como, por exemplo, óxidos, carbetos e nitretos (CALLISTER, 2016; SMITH; HASHEMI, 2012). A grande variedade de materiais que se enquadra nesta classificação inclui minerais argilosos, cimento e vidro. Esses materiais são tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e calor, apresentam boa resistência a altas temperaturas e a ambientes adversos (alta estabilidade química) e abrasivos. Com relação ao comportamento mecânico, os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços (SANTOS, 2014).

4.2.1. Argilas

A argila é um material de natureza terrosa, constituído por partículas cristalinas extremamente pequenas e uma quantidade restrita de minerais conhecidos como argilominerais. Quimicamente, os argilominerais são compostos por silicatos hidratados de alumínio e ferro, contendo ainda, certo teor de materiais alcalinos e alcalinos-terrosos (SANTOS, 1975).

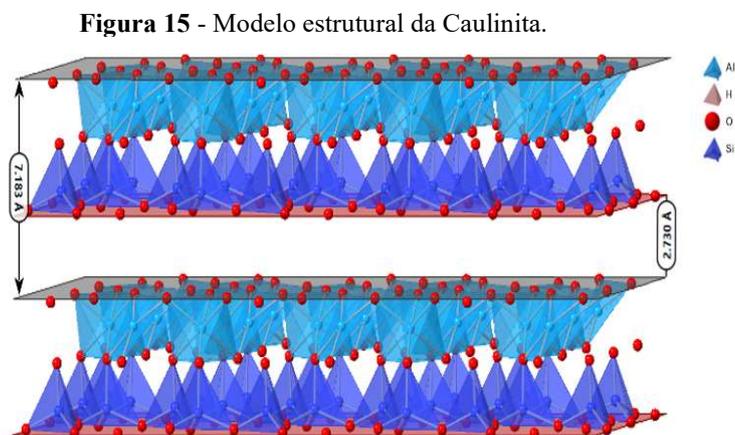
Estes argilominerais podem aparecer de forma única ou misturado a vários outros, além disso, outros materiais são comumente encontrados junto a eles, dos quais destacam-se: o quartzo, a pirita, a mica, a calcita, a dolomita, além de outros minerais residuais (SANTOS, 1975).

4.2.2. Caulim

O termo “caulim” é o nome de um grupo mineral argiloso, mas também é usado para descrever rochas argilosas muito ricas em caulinita ou haloisita (> 75%), consideradas como matéria-prima de maior importância industrial (AWAD *et al.*, 2017; MURRAY, 1981).

O argilomineral mais comum, no grupo do caulim é a caulinita (MURRAY, 2000). O tamanho de partícula das plaquetas pseudo-hexagonais de caulinita é normalmente <1 µm (CALLISTER, 2016). Trata-se de uma argila configuração 1:1 composta por uma camada tetraédrica e outra octaédrica, cada tetraedro consiste em um átomo Si coordenado a quatro átomos de oxigênio e cada

octaedro consiste em um átomo Al coordenado por seis átomos de oxigênio, formando uma estrutura do tipo lamelar, onde cada camada tem aproximadamente 0,7 nm de espessura (figura 15) (KLOPROGGE, 2019; (MURRAY, 1981) .



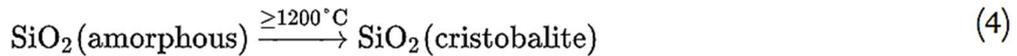
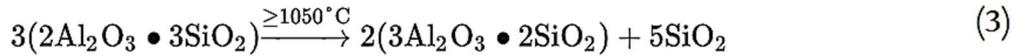
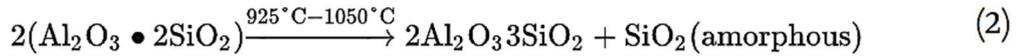
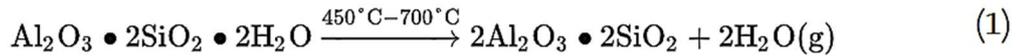
Fonte: Autor.

É bem sabido que durante a calcinação (450 - 600 °C), a caulinita perde a água da rede OH e é transformada em metacaulinita, um material com algum grau de ordem (BELMOKHTAR *et al.*, 2018; GRIM, 1968; HOLLANDERS *et al.*, 2016). Na metacaulinita, a rede Si-O permanece praticamente intacta e a rede Al-O se reorganiza. Enquanto a caulinita é cristalina, a metacaulinita possui uma estrutura com alto grau de desordenamento, além de oferecer boas propriedades como aditivo mineral (SHVARZMAN *et al.*, 2003). Metacaulinita reage particularmente bem com cal e forma na presença de água compostos de hidratados de silicatos de Ca e Al, além disso, é conhecida por possuir boas propriedades pozolônicas, por esse motivo, é muito utilizada como substituintes em misturas na formulação de argamassas e concretos (MATJKA *et al.*, 2012; TIRONI *et al.*, 2012).

Quando a caulinita é aquecida além da temperatura endotérmica de desidroxilação, metacaulinita é formada. Entre 500 °C e 900 °C, este é o principal produto obtido. Em temperaturas mais altas, acima de 1050 °C, encontramos a fase mulita que é um polimorfo da caulinita, junto com ela temos a presença de sílica na fase amorfa, e após mulita, temos a cristobalita (KOMARNENI, 2005; SANTOS *et al.*, 2017; SCHNEIDER; SCHREUER; HILDMANN, 2008).

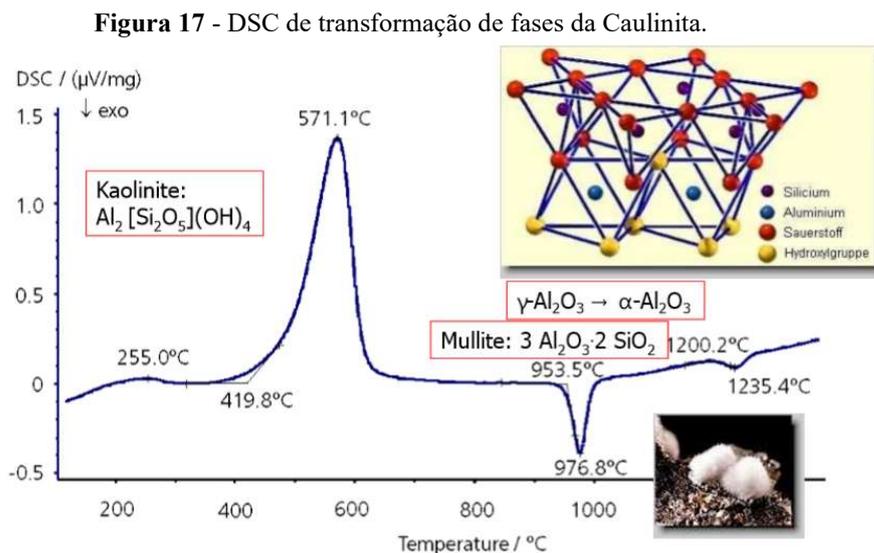
A reação de transformação de fase caulinita tem sido objeto de discussões há mais de 100 anos desde o trabalho de Le Chatelier (1887) (KLOPROGGE, 2019). O comportamento térmico da caulinita é descrito na maioria dos casos por meio de uma sequência das seguintes reações apresentadas na (figura 16), onde podemos observar as transformações da caulinita para metacaulinita (Reação 1), metacaulinita para Mulita (ONDRO *et al.*, 2019).

Figura 16 - Reação de transformação térmica da caulinita.



Fonte: (ONDRO *et al.*, 2019).

A imagem abaixo (figura 17) é possível observar um termograma de DSC da caulinita, nele é observado o pico endotérmico de desidroxilação da caulinita em 571.1°C, ocasionando a transformação para metacaulinita no final da reação, em 976.5°C a transformação para mulita e alumina é observada (FUGLEIN, 2017).



Autor: (FUGLEIN,2017).

4.2.3. Mulita

A mulita é um dos materiais cerâmicos mais importantes. Devido às condições de formação (alta temperatura, baixa pressão), raramente é formada em condições naturais (PAWLYTA *et al.*, 2016). No entanto, sua importância em cerâmicas tradicionais e avançadas (incluindo aplicações estruturais eletrônicas, ópticas e de alta temperatura) é enorme e continua aumentando (SCHNEIDER; SCHREUER; HILDMANN, 2008).

Mulita é uma fase cristalina comumente utilizada em cerâmicas refratárias por apresentar excelentes propriedades tais como: elevada refratariedade, alto módulo de ruptura, boa resistência ao choque térmico, a erosão e ao ataque químico (MAGLIANO; PANDOLFELLI, 2010).

É um mineral extremamente importante para aplicações no campo da cerâmica devido as suas excelentes propriedades físicas, químicas, térmicas e mecânicas. Ela corresponde a única fase cristalina estável no sistema $Al_2O_3SiO_2$ e sob pressão atmosférica sua composição química é variável, no entanto, em condições estáveis, encontram-se reportado na literatura duas composições estequiométricas típicas: 2:1 ($2Al_2O_3.SiO_2$) e 3:2 ($3Al_2O_3.2SiO_2$) (KOMARNENI, 2005).

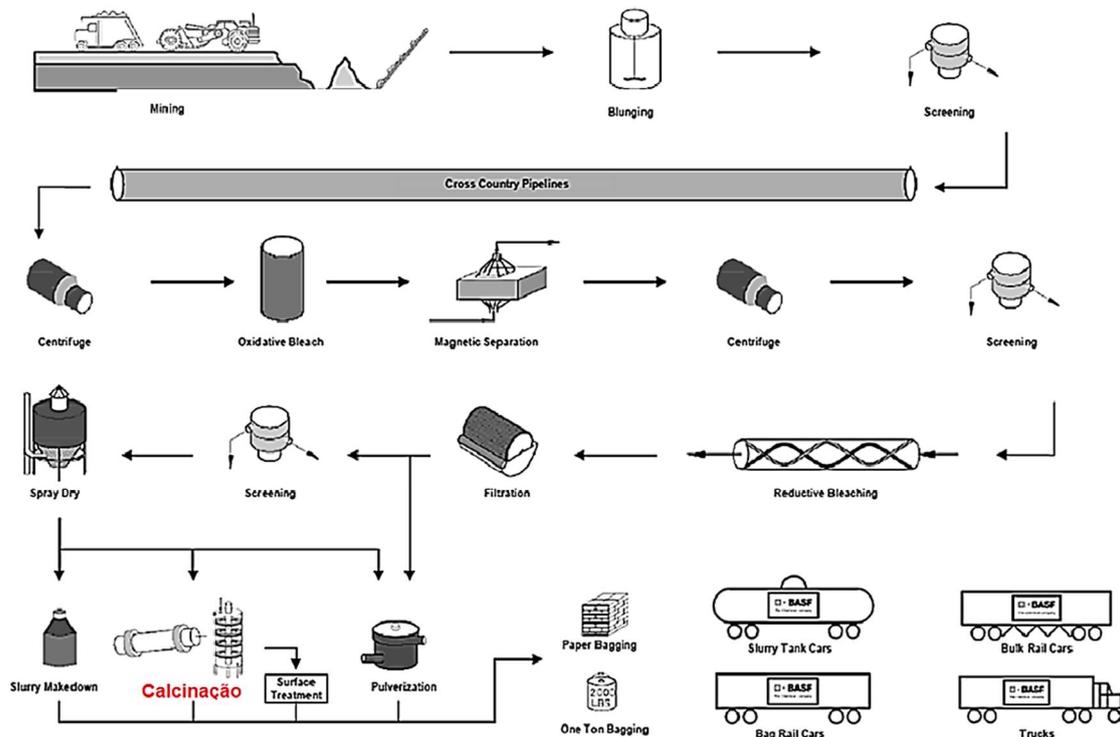
A mulita ($Al_2O_3.2SiO_2$) convertida do caulim forma uma estrutura que contribui para o aumento da resistência mecânica e redução da deformação pirolástica durante o processo de queima (TANNO, L. C. E MOTTA, 2000). A baixa condutividade térmica da mulita também a torna excelente candidata para aplicações em isolamento térmico (MORRELL, 2000).

4.2.4. Kaulin translink 37

Em 1908 a BASF iniciou suas operações de caulim em McIntyre, na Geórgia e cresceram ao longo dos anos, construindo 4 plantas de processamento e numerosas minas de Caulim. Essas plantas ficam localizadas no meio do estado e em uma região conhecida por Geórgia Central. Suas unidades de operações são: Daveyville, Edgar Gordon e Toddville, juntamente com as minas de Dixie e Washington County.

O Kaolin Translink® 37 é uma argila com partícula fina e alto brilho. Foi desidroxilado por tratamento térmico controlado para remoção de grupos hidroxila ligados ao cristalino e para melhorar o brilho. O caulim Translink 37 é altamente pulverizado para uma melhor dispersão, e é tratado superficialmente com um aditivo funcional de vinil, sendo processado para remover significativamente mais resíduos (figura 18) (BASF, 2008).

Figura 18 - Fluxograma de processamento do KaulinTranslink37 Basf.



Fonte: Fornecido por Lorama group.

Este material é um extensor de reforço de alto desempenho projetado para reduzir a transmissão de água em sistemas de polietileno reticulado e polímero etileno-propileno (EPR) quando usado em aplicações elétricas. A redução deste enchimento minimiza o efeito adverso que o mesmo tem nas propriedades isolantes elétricas, bem como na processabilidade por extrusão. O Kaolin Translink® 37 fornece excelentes propriedades elétricas molhadas iniciais e envelhecidas. É recomendado para uso com sistemas de cura com peróxido, e dentre as aplicações típicas desse material: resinas Fenólicas, cabos de energia EPR, borrachas farmacêuticas, revestimentos em gel de poliéster, conectores elétricos, capacitores elétricos, TPE / TPO, revestimento de fios, e borracha de silicone (BASF, 2008).

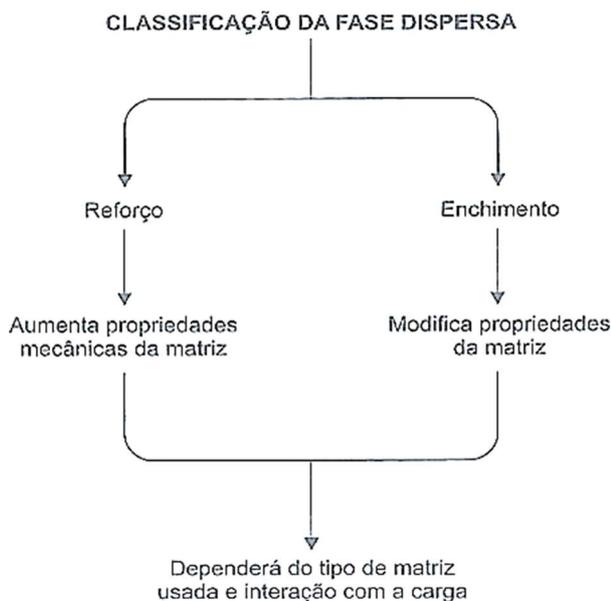
4.3. Compósitos de matriz polimérica

Os compósitos de matriz polimérica são outra classe de materiais onde temos uma mistura completamente imiscível de dois ou mais componentes. Exemplos de compósitos são os termofixos ou termoplásticos reforçados com fibra de vidro, os termoplásticos carregados com microesferas de vidro ou peças de termoplásticos com armações metálicas (PAOLI, 2008).

Os materiais cerâmicos tradicionalmente são usados como dielétrico e possui várias qualidades superiores, tais como excelentes propriedades térmicas, dielétricas e magnéticas. No entanto, eles são frágeis e consomem alta energia durante processamento. Por outro lado, os polímeros são mais flexíveis, possuem uma alta processabilidade. As desvantagens dos materiais poliméricos são que eles possuem propriedades térmicas e dielétricas mais baixas. Combinar os dois materiais é uma forma de encontrar sinergia entre suas propriedades individuais, causando com isso uma grande melhoria nas propriedades dielétricas, com alta flexibilidade e facilidade de processamento (SILAGHI, 2012).

Os compósitos poliméricos são materiais híbridos com uma fase contínua (matriz) e uma fase dispersa (reforço ou enchimento) conforme (figura 19). Materiais que constituem a fase dispersa são sólidos e possuem estrutura diferente do material que constituirá a matriz. A aplicação da fase dispersa é utilizada para melhorar as propriedades finais dos produto, cujas características são obtidas a partir da combinação das propriedades dos constituintes individuais (WANG *et al.*, 2001).

Figura 19 - Classificação das fases dispersas.



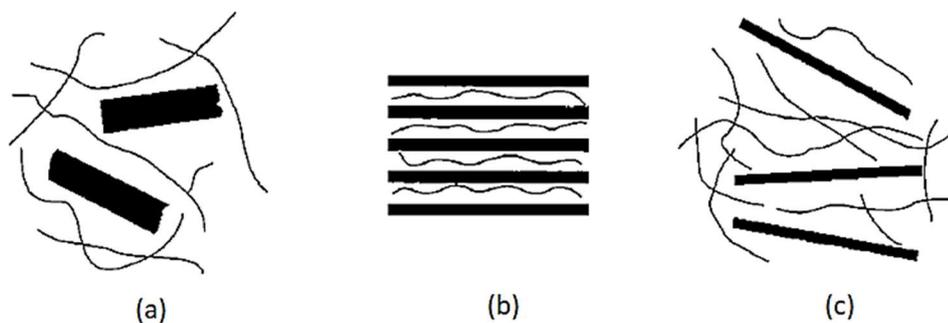
Fonte: (CALLISTER, 2008)

Entre todos os potenciais precursores compósitos, aqueles baseados em argila e silicatos em camadas têm sido mais amplamente investigados, provavelmente porque os materiais de partida da argila são facilmente disponíveis e porque sua química de intercalação foi estudada por muito tempo (GORRASI *et al.*, 2002).

Vários tipos de compósitos podem ser obtidos com diferentes tamanhos de partículas em escalas mile, micro ou nanométricas, vale ressaltar que a formação destes compósitos não está restrita somente ao tamanho das partículas, mas também na forma de como estas estão distribuídas (SANTOS, 2014).

Três são os tipos de morfologias possíveis a serem obtidas através do processamento polímero/argila: quando não ocorre intercalação das camadas do silicato (obtem-se um compósito convencional, não apresentando melhoria significativa nas suas propriedades); quando uma ou mais cadeias intercalam-se entre as lamelas da argila, mas que ainda mantem certa organização lamelar (obtem-se uma estrutura chamada nanocompósito intercalado), por último, é possível encontrar estruturas em que as lamelas da argila encontram - se totalmente separadas, o que é definido como nanocompósito esfoliado. Esses três tipos de morfologias estão representados pela figura 20- a, b e c. (KOTAL; BHOWMICK, 2015; SANTOS, 2014).

Figura 20 - a) estrutura de fase separada (compósito convencional) (b) estrutura intercalada (nanocompósito) (c) estrutura esfoliada (nanocompósito).



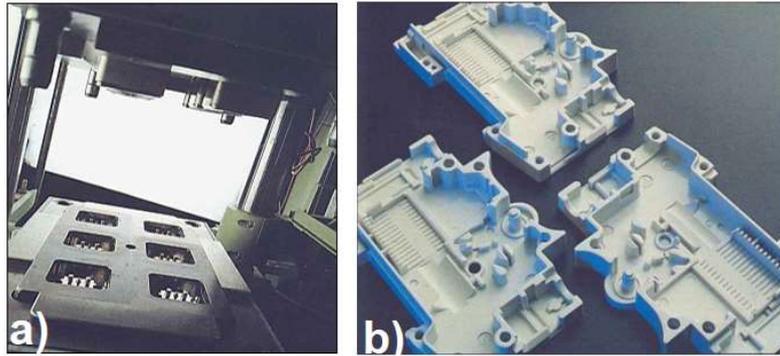
Fonte: (SINHA RAY; OKAMOTO, 2003).

Na década de 1980, um nanocompósito de nylon-6/argila foi o primeiro a ser sintetizado através de pesquisas realizadas no laboratório de pesquisa e desenvolvimento da Toyota, nesta pesquisa, descobriu-se que uma pequena quantidade de argila poderia melhorar muito a estabilidade térmica e as propriedades mecânicas do material (MA; SONG; FANG, 2011).

4.4. Moldagem por Transferência de Resina (RTM)

Muitas são as formas de produção e processamento dos compósitos (NETO, 2011b). O RTM é um processo que utiliza um conjunto de molde rígido de dois lados que formam ambas as superfícies do material. O molde é normalmente construído a partir de alumínio ou aço, mas moldes de materiais compósitos são por vezes utilizados. O molde utilizado nesse processo possui um postigo e uma cavidade que se encaixam para produzir uma peça (figura 21a). A moldagem por transferência de resina inclui numerosas variedades que diferem na mecânica de como a resina é introduzida no reforço na cavidade do molde. Este processo de produção de peças pode ser realizado tanto à temperatura ambiente como a temperaturas elevadas (figura 21b).

Figura 21 - a) Molde de termoformagem, b) Carcaças de MF produzidas por transferência.

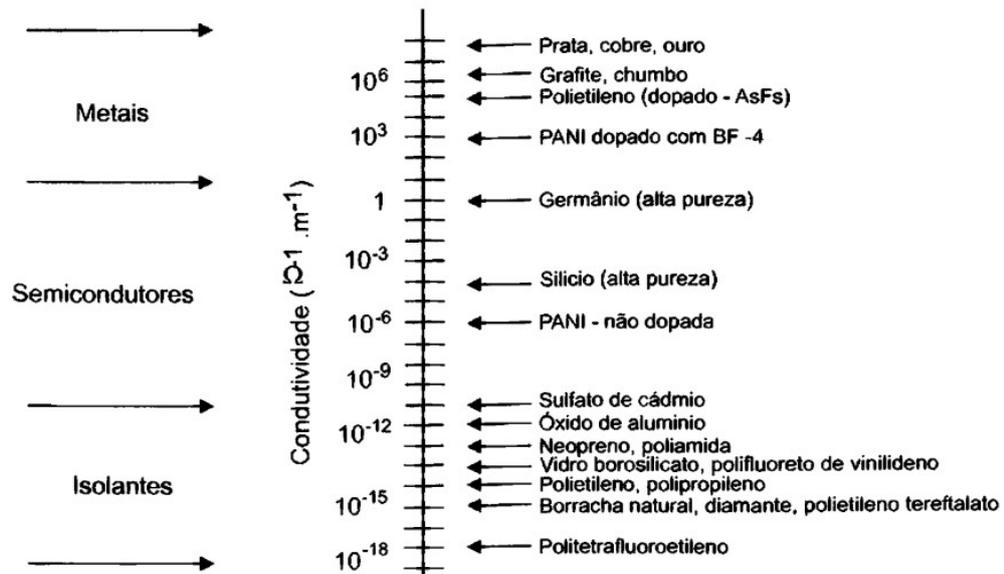


Fonte: (NETO, 2011).

4.5. Propriedade elétricas dos materiais

A cerca de sua natureza elétrica, os materiais podem ser classificados como: condutores, semicondutores e dielétricos (CALLISTER, 2016; SMITH; HASHEMI, 2012). Um exemplo de alguns materiais de acordo com sua condutividade elétrica é apresentado conforme a (figura 22).

Figura 22 - Diagrama mostrando as condutividades elétricas de diferentes materiais.



Fonte: (CANEVAROLO, 2004).

A facilidade ou dificuldade de condução elétrica em um material sólidos está relacionada ao conceito de bandas de energia. O espaçamento relativo dessas bandas que determina a magnitude de sua condutividade. Materiais metálicos possuem grandes valores de condutividade e são chamados de condutores. Materiais cerâmicos e poliméricos que apresentam baixa condutividade são classificados como isolantes (Dielétricos). Materiais semicondutores apresentam valores intermediários de condutividade e são mais bem definidos pela natureza ímpar de sua condução elétrica (CALLISTER JR., 2016; SMITH; HASHEMI, 2012).

No estudo das propriedades elétricas é necessário entender o conceito de corrente elétrica (i), que é o resultado do movimento de cargas (elétrons) dentro do material (SMITH & HASHEMI, 2012). Oposto ao movimento de cargas existe uma outra propriedade conhecida como resistência (R). Para determinação da resistência utilizamos a lei de Ohm, que é definida através da equação:

$$R = \frac{V}{i} \quad (1)$$

Onde V é a diferença de potencial aplicada (Tensão), sua unidade é o volt(V). A unidade utilizada para resistência é o Ohm(Ω). Para medir a corrente elétrica, temos como unidade o Ampere(A).

A propriedade de material que determina a resistência é a resistividade elétrica (ρ), sua unidade de medida no sistema métrico é dada em ($\Omega.m$), e é determinada através da equação:

$$\rho = \frac{A}{L} R \quad (2)$$

Onde A é a seção e L o comprimento de uma haste de um material de testes.

Inversamente a resistividade temos a condutividade que é conhecida através da equação:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

4.6. Espectroscopia da Impedância (EI)

A EI é um método relativamente novo e poderoso de caracterizar muitas das propriedades elétricas dos materiais e suas relações com os elétrodos. Pode ser usado para investigar a dinâmica da carga nas regiões de interface de qualquer tipo de material sólido ou líquido: iônica, semicondutores, mistos eletrônicos – iônicos, e até mesmo isolantes (dielétricos) (BARSOUKOV; MACDONALD, 2005) .

Medições elétricas são realizadas aplicando-se um estímulo elétrico. Em EI, o mais comum e padrão é medir a impedância aplicando uma tensão de frequência única ou corrente à interface, e medindo a mudança de fase e a amplitude (ou partes reais e imaginárias) da corrente resultante nessa frequência usando ou o circuito analógico ou a análise rápida da transformada de Fourier (FFT) da resposta (SMITH, 1966) .

Qualquer propriedade intrínseca que influencia a condutividade de um eletrodo – sistema de materiais, ou um estímulo externo, pode ser estudada pelo EI. Os parâmetros derivados de um espectro de EI classificam-se em duas categorias (BARSOUKOV; MACDONALD, 2005):

- (a) Os pertinentes apenas para o próprio material, tais como condutividade, constante dielétrica, mobilidades de encargos, concentrações de equilíbrio das espécies carregadas;

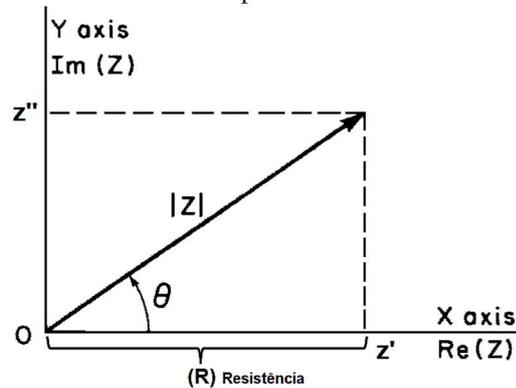
- (b) Aqueles pertinentes a uma interface eletrodo-material, como adsorção constantes de taxa de reação, capacitância da região da interface e coeficiente de difusão de espécies neutras no próprio eletrodo.

A impedância(Z) é uma quantidade vetorial definida pela equação 4:

$$Z(\omega) = Z' + jZ'' \quad (4)$$

Onde, Z' corresponde a componente real $\text{Re}(Z) \equiv Z' = |Z| \cos(\theta)$ e Z'' corresponde a componente imaginária $\text{Im}(Z) \equiv Z'' = |Z| \sin(\theta)$. Independente da frequência, $Z' = R$, uma resistência linear ordinária, pode ser plotada no plano com coordenadas retangulares ou polares, como mostrado na (figura23).

Figura 23 - A impedância $|Z|$ plotados como um vetor planar usando coordenadas retangulares e polares.



Fonte: MACDONALD, 2005

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Materiais precursores – obtenção

Dois foram os tipos de matérias-primas utilizadas na produção do compósito deste trabalho, Caulim e resina MF.

No que se refere ao Caulim, o mesmo foi solicitado através de contato realizado através do site do fabricante (BASF) (“Kaolin”, [s.d.]), após receber a solicitação de amostras para pesquisa, a BASF acionou o seu fornecedor Lorama Group aqui no Brasil, este por sua vez ajudou com: escolha do Kaolin Translink® 37, utilizado para produção de materiais com aplicações elétricas em resinas termofixas; encaminhamento a brochura e o data - sheet relacionados ao produto selecionado; além do envio gratuito de um quilograma de amostra do Kaolin Translink® 37.

A amostra de resina MF foi solicitada da empresa Siemens Eletroeletrônica localizada no polo industrial de Manaus. Este material é utilizado na produção de disjuntores elétricos pela Siemens, contudo, a empresa adquire o material através da empresa Espanhola Ercross, que comercializa a MF pelo nome de Minaicar

5.2. Materiais precursores – tratamento

A resina MF encontrava-se na forma de pó não homogêneo, foi feito então o processo de cominuição das partículas através de moagem mecânica por 8h para 500g de MF, para isso, foi utilizado um moinho de bolas de corpo cerâmico contendo esferas cerâmicas em tamanhos variados, após a moagem, a homogeneização do pó de resina MF foi feita através do uso de peneira granulométrica com Mesh-50 (ABNT- NBR NM248) que equivale a 300 μ m.

O Kaolin Translink® 37 passou pelo processo de homogeneização do seu tamanho de partícula durante seu beneficiamento na empresa BASF, que fornece esse material com tamanho de partícula em 1,4 μ m (“Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable”, [s.d.]) , por conta disso, não houve necessidade de ser transformada na forma de pó, contudo, passou pelo processo de desumidificação em estufa por 24h a uma temperatura de 110 °C.

5.3. Preparação de corpos de prova (CP's) – (pastilhas)

A preparação dos CP's no formato de partícula se deu pelo processo de Termoprensagem em prensa de embutimento modelo: PRE - 30Mi marca: Arotec (figura 24 a). A pesagem dos pós foi realizada em balança analítica SHI-AUW-220D, marca Shimadzu (figura 24 b). A mistura dos pós (figura 24 c) de MF e Caulim foi feita por agitação manual utilizando um recipiente de vidro (figura 24 d) por 2min. Nova pesagem e transferência manual para a embutidora foi feita para os CP's contendo Caulim (figura 24 e). Os CP's foram feitos em triplicata, seguindo os parâmetros indicados na (tabela 1), tivemos um total de nove amostras de CP's, todos com o formato de disco conforme apresentado na (figura 24 f).

Figura 24 -Preparação de Corpos de prova – a) pesagem, b) mistura de pós, c) agitação manual , d) alimentação da cavidade , e) prensa de embutimento, f) corpo de prova na forma de pastilha.

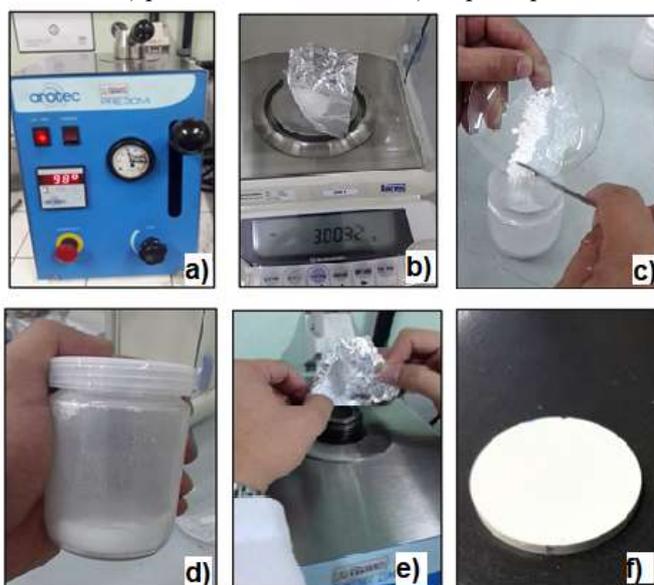


Tabela 1 - Parâmetros de processamento dos CP's

Descrição dos CP's	Massa das pastilhas		Parâmetros de processamento		
	MF	Caulim	Tempo de prensagem	Temperatura	Pressão
MF	4 g	Não aplica	5 min.	170°C	150 Kgf
MFC 2:1	3g	1,5g	5 min.	170°C	150 Kgf
MFC 3:1	3,375g	1,125g	5 min.	170°C	150 Kgf

A análise metrológica foi feita para todos os CP's produzidos, visto que os parâmetros dimensionais foram necessários durante a análise de Impedância elétrica.

5.4. FRX

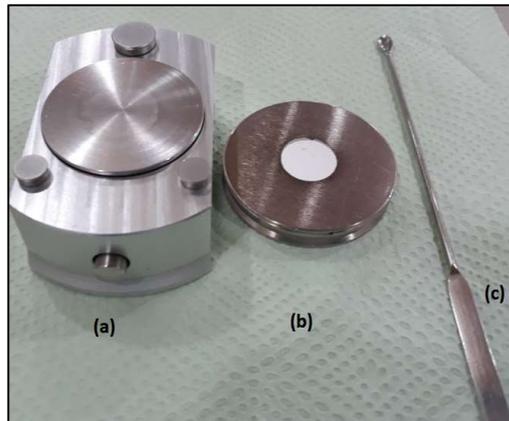
As análises de espectrometria por fluorescência de Raios X (FRX) foram realizadas em equipamento da marca Panalytical modelo Epsilon 3-X figura 26, com tensão máxima de 50 kV, corrente máxima de 3 mA, Gás Hélio (pressão 10 atm./10 kgf/cm²), qualificando e quantificando elementos do Flúor (F) ao urânio (U) da tabela periódica, em intervalos de concentração de 100% do peso do material. As medidas foram realizadas no laboratório de Ensaios Físico-Químicos - LEM/FT/UFAM. As amostras foram condicionadas em porta-amostra polimérico tipo cubeta, com dimensões Ø 27mm x 27mm. Neste processo, não foi necessário o preenchimento completo da cubeta, apenas o fundo do recipiente com material na forma de pó.

A técnica de FRX é amplamente divulgada em trabalhos científicos, e pode ser encontrada facilmente em literaturas técnicas específicas (SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, 2002).

5.5. DRX

As amostras na forma de pó de MF e Caulim foram introduzidas em porta amostra de aço com o auxílio de uma espátula metálica que faz parte de um conjunto porta- amostra (figura 25). Para este processo de preparação, a literatura recomenda que o pó não seja compactado dentro do orifício usando uma superfície plana lisa, pois este processo reorganizará as orientações de partículas na amostra, causando orientação preferencial nos picos difratados alterando suas intensidades, o que causaria um erro na geração dos dados de DRX (PECHARSKY; ZAVALIJ, 2005; SONG *et al.*, 2009).

Figura 25 - Conjunto porta- amostra - (a) suporte de fixação do porta-amostras, (b) Porta-amostras, (c) espátula de manipulação de amostras.



As análises de difração de raios-X foram geradas em um difratômetro da marca Panalytical modelo Empyrean com radiação Cu-K α ($\lambda=1,542 \text{ \AA}$), com intervalo de 10-100° Ade (2θ). as medidas foram realizadas no Laboratório de Materiais - LabMAT – UFAM.

Os tratamento de dados DRX se deu através da utilização dos programa: ICSD (Inorganic Crystal Structure Database) de onde foram coletados os padrões cristalográficos CIF(Crystallographic Information File), do programa Mercury 4.2(para a abertura dos CIF),do software OriginPro Student2019 (para a plotagem dos gráficos), do softwares GSAS II (para o refinamento estrutural) e do programa CrystalMaker2019 Student (Para a criação do modelo de estrutural).

A análise de difração foi aplicada nesta pesquisa visto que é a melhor técnica para identificação de fases estruturas cristalinas, distinção entre estados cristalinos e amorfos, identificação de soluções sólidas, análise de microestrutura (SOUZA, 2010) .

A estrutura de um padrão de pó de difração pode ser descrita pelos seguintes componentes: posições, intensidades e formas das múltiplas reflexões de Bragg. Cada um dos três componentes contém informações sobre a estrutura cristalina do material, as propriedades da amostra (amostra) e os parâmetros instrumentais, conforme mostrado na (Tabela 2) (SONG *et al.*, 2009) .

Tabela 2 – Componentes do padrão de difração.

Componente de um padrão	Estrutura de cristalina	Propriedade da Amostra	Parâmetro Instrumental
Posição do Pico	Parâmetros de Rede (a,b, c,α,β, γ)	<i>Absorção</i> Porosidade	Radiação (comprimento de onda) <i>Alinhamento de instrumento / amostra</i> Divergência axial do feixe
Intensidade do Pico	Parâmetros atômicos (x, y, z,B, etc.)	<i>Absorção</i> Porosidade <i>Orientação Preferencial</i>	Geometria e Configuração Radiação (Lorentz, polarização)
Forma do Pico	<i>Cristalinidade</i> Desordem Defeitos	<i>Tamanho de grão</i> <i>Tensão</i> <i>Estresse</i>	Radiação (pureza espectral) Geometria de Deformação Condicionamento de feixe

Os parâmetros chave são mostrados em **negrito**. Parâmetros que podem ter uma influência significativa são mostrados em *itálico* .

Fonte:(SONG *et al.*, 2009)

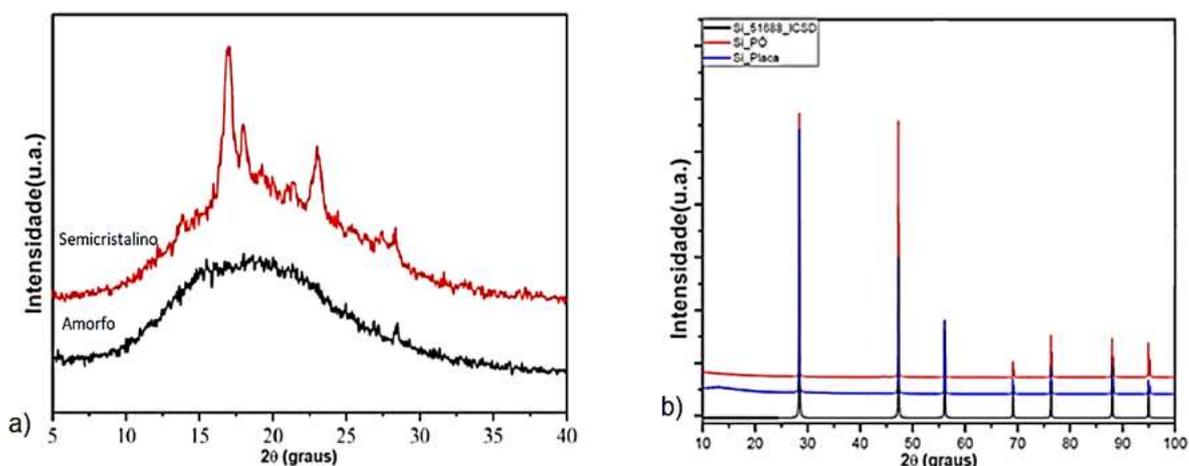
Além da influência causada pelos parâmetros instrumentais, existem dois tipos de parâmetros cristalográficos (estruturais), que definem essencialmente a composição de cada padrão de difração de pó. Estas são as dimensões de célula unitária e a estrutura atômica. Assim, um padrão de difração de pó pode ser construído (ou simulado) como se segue (PECHARSKY; ZAVALIJ, 2005; SONG *et al.*, 2009).

Posições dos picos de Bragg: Os picos de difração aparecem em ângulos específicos devido à dispersão por redes periódicas, esses ângulos são uma função descontínua dos índices de Miller, das distâncias interplanares do comprimento de onda. Tanto as dimensões das células unitárias como o comprimento de onda são os dois principais fatores que determinam os ângulos de Bragg para a mesma combinação de h , k e l (JOHN, 1957; SONG *et al.*, 2009). As posições dos planos de Bragg são determinadas através da equação $2d \sin\theta = n\lambda$, conhecida como lei de Bragg e amplamente discutida na literatura.

Forma de picos de difração: As formas picos de Bragg, que são os resultados de múltiplas funções instrumentais e de espécimes, raramente são bem descritas por distribuições simples gaussianas ou Lorentzianas, especialmente no DRX. Normalmente, as formas de pico reais estão localizadas em algum lugar entre as distribuições de Gauss e Lorentz e elas podem ser melhor representadas como deconvolução das duas funções, uma das mais utilizadas é a função Pseudo - Voight .

Através da forma do pico é possível identificar se o material é: Amorfo figura 26a (linha preta), Simi- cristalino figura 26a (linha vermelha) ou cristalino Figura 26b.

Figura 26 - a) DRX de Material amorfo (curva Preta) e semicristalino (Curva vermelha)
b) DRX de material Cristalino



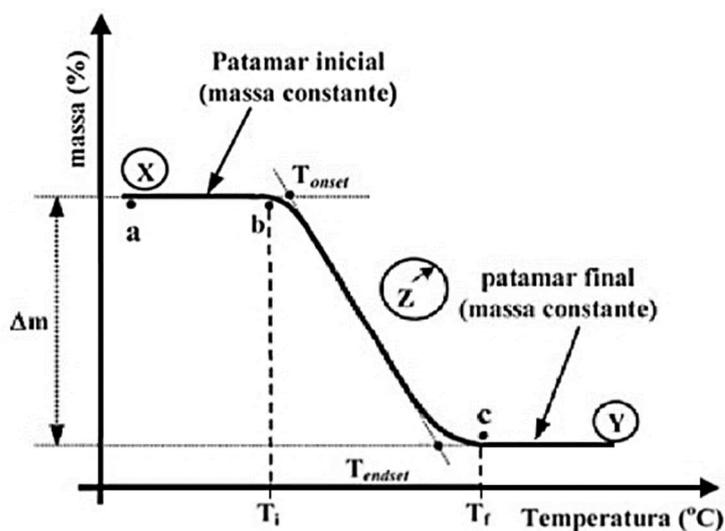
5.6. Análise térmica (TGA/DTG/ DSC)

As amostras de Caulim e MF na forma de pó, bem como as amostras de termo formadas na forma de disco foram analisadas em equipamento modelo SDT Q600 da empresa TA Instruments Syatems. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 10 °C/min até a temperatura máxima de 1100 °C em atmosfera de nitrogênio. As medidas foram realizadas no Laboratório de Materiais da Amazônia e Compósitos - LaMAC – UFAM.

Os dados foram tratados em programa TA Universal Analysis 2000, obtido através de site da fabricante do equipamento de análise térmica.

A Análise de termogravimetria (TGA) (figura 27) é utilizada para a variação de massa de uma amostra quando é exposta até determinada temperatura, com base no seu percentual de perda resultante de uma transformação física (sublimação, evaporação, condensação) ou química (degradação, decomposição, oxidação) em função do tempo ou da temperatura (CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, 2002).

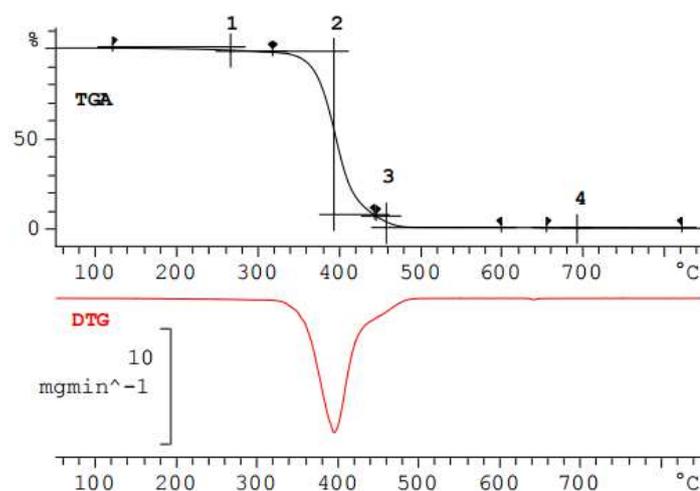
Figura 27 -Modelo de Gráfico para análise de termogravimetria.



Fonte: STORPIRTIS 2009.

Complementar a análise de TGA (curva preta) é comum que seja apresentada a curva de DTG (curva vermelha), uma vez que ela auxilia na identificação dos eventos térmicos que ocorrem na região da curva de perda de massa, representando-os em forma de pico (figura 28) (IONASHIRO, 2004; STORPIRTIS, 2009).

Figura 28 - Modelo representativo de Curva TGA/DTG(POLIMEROS, 2019).

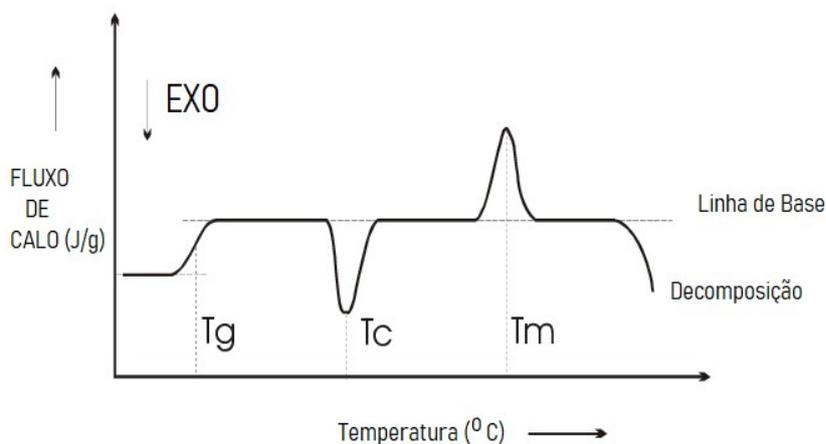


Fonte: https://www.mt.com/ca/en/home/supportive_content/matchar_apps/MatChar_HB426.html.

A análise térmica diferencial começou a ser descrita em 1887 quando Henri L^ê Chatelier publicou um trabalho intitulado: “*De l’action de la chaleur sur les argilles*”, no qual descreveu um método aplicável ao estudo de argilas minerais. Este método, mais tarde foi desenvolvido por outros autores como: H. E. Ashley, J. W. Mellor, A. D. Holdcraft, H. Wallach, C. N. Fenner, que analisaram as modificações que ocorriam com as substâncias à medida que iam sendo aquecidas. Dessa forma, surgiu a técnica conhecida como Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), dentre outras, como a Termogravimetria, Termogravimetria Derivada (TG, DTG) e Análise Térmica Diferencial (DTA) (IONASHIRO, 2004) .

O DSC é a técnica de análise térmica mais frequentemente utilizada, são muito utilizados para avaliar transições de primeira ordem, que são aquela onde ocorram variação de entalpia(ΔH) (endotérmica ou exotérmica) e dão origem à formação de picos, bem como transições de segunda ordem, onde ocorre variação de altura na linha de base e geralmente são representadas por uma curva em forma de “S”. DSC de Compensação de potência, é adotada a convenção termodinâmica, segundo a qual os eventos endotérmicos têm variação positiva de entalpia ($\Delta H > 0$). Assim, os picos gerados na curva DSC são ascendentes para os eventos endotérmicos e descendentes para os exotérmicos. Os gráficos produzidos por DSC são chamados de termogramas (STORPIRTIS, 2009) (SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR., 2004), são representados conforme a figura 29.

Figura 29 - Representação de um termograma de DSC.



Fonte: afinkopolimeros.com.br

Como exemplo de eventos endotérmicos que podem ocorrer em amostras de polímeros, pode-se citar: Temperatura de fusão (T_m), perda de massa da amostra (vaporização de água, aditivos ou produtos voláteis de reação ou decomposição), dessorção e reações de redução. Eventos exotérmicos observados em polímeros podem ser: Temperatura de cristalização (T_c), reações de polimerização, cura, oxidação, degradação oxidativa, adsorção e outros. As transições de segunda ordem caracterizam-se pela variação de capacidade calorífica, como exemplos, podemos citar a temperatura de transição vítrea (T_g).

5.7. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

As amostradas foram preparadas em porta-amostras do tipo stub com diâmetro de 15mm, sua base foi preparada com fita de carbono onde foram colocados os materiais na forma de pó e em seguida metalizadas com ouro por 45 segundos em aparelho modelo SCD50 marca Beltec. As Imagens foram geradas no Microscópio eletrônico modelo LEO 435 VP (Pressão Variável) marca Carl Zeiss, localizado no laboratório Temático de Microscopia ótica e eletrônica que fica nas dependências do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

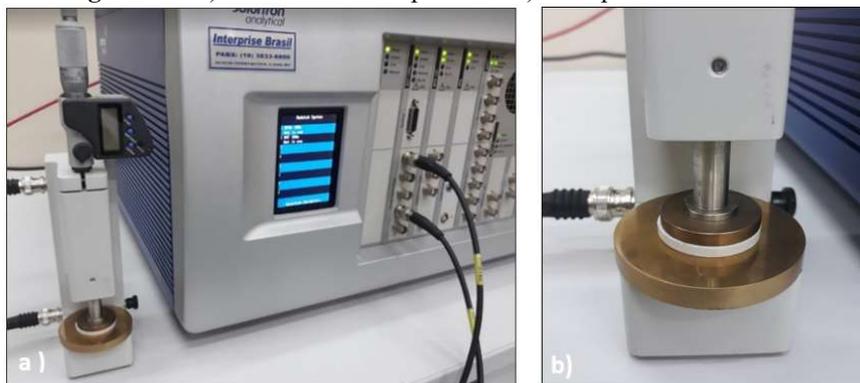
5.8. Espectroscopia UV-VIS

A análise de espectroscopia UV- vis em equipamento de marca Global Trade Technology, modelo UV-5100. A análise foi realizada de acordo com algumas literaturas, com algumas alterações. Para início do experimento 0,38 g melamina em 100 mL de água milli-q conforme recomenda a literatura, contudo, para esta concentração, a solução apresentou turbidez, sendo necessária a adição de mais 100mL para a obtenção do resultado esperado. A soluções de MF foi analisada em triplicata, onde esperava-se encontrar espectro de absorção com comprimento de onda entre $\lambda = 260$ nm até $\lambda = 210$ nm para molécula de melamina.

5.9. Análise de Impedância

As análises de Impedância foram realizadas em um equipamento de marca Ametec, modelo: Solartron Analytical (figura 30).

Figura 30 - a) Analisador de Impedância b) Base porta-amostra.



Fonte: Autor.

As análises foram realizadas em todas as amostras na forma de disco, utilizando o seguinte procedimento: 1) Aplicação de uma diferença de potencial de 0,5V com frequência variando na faixa de 1MHz -10Hz. Além disso, os parâmetros dimensionais de diâmetro e espessura das amostras foram inseridos para cada medição, conforme tabela 2, item 4.3.3.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização da Melamina Formaldeído

6.1.1. FRX- MF

Através da análise FRX para a amostras de MF, verificamos que os elementos com maior percentual foram o enxofre (S), o zinco (Zn) e o bário (Ba), conforme apresentado na (tabela 3). Todavia, estes valores não correspondem aos elementos mais representativos na amostra, visto que se trata de um material polimérico de fórmula $C_3H_6N_6$. Elementos com número atômico abaixo do Flúor não podem ser encontrados através da técnica de FRX, por conta disso, Carbono(C), Nitrogênio(N) e Hidrogênio(H) não foram verificados.

Tabela 3 - FRX da MF.

P	S	K	Ca	Ti	Fe	Zn	Ag	Ba
1,14	14,27	0,22	0,63	0,96	0,05	46,89	2,61	32

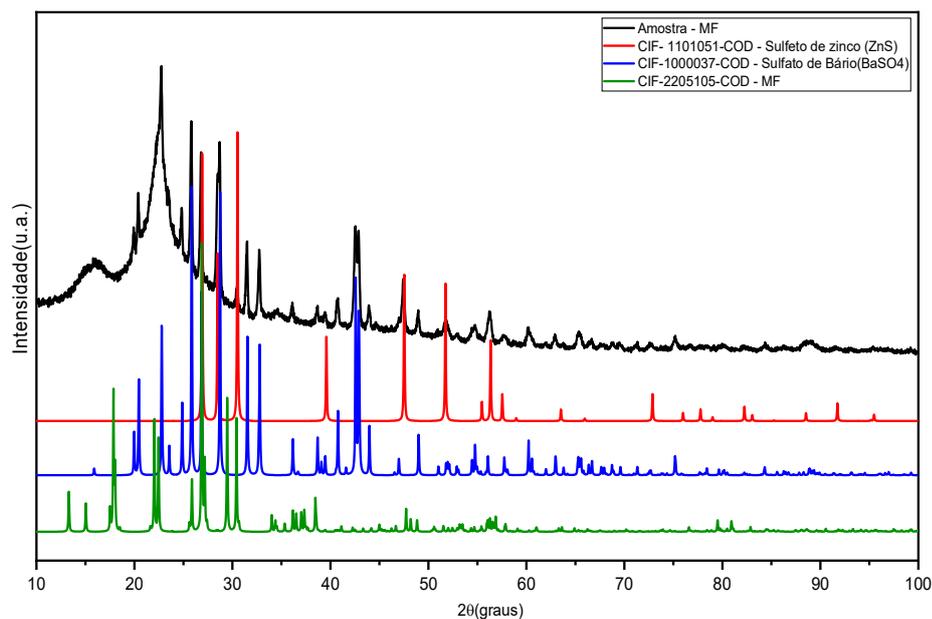
6.1.2. DRX-MF

Através dos dados coletados foi realizada plotagem dos gráficos de difratogramas, a eles foram associados padrões cristalográficos conhecidos como CIF (*Crystallographic Information File*), obtidos através da base de dados ICSD (Inorganic Crystal Structure Database), identificado desta forma as fases cristalinas segundo as posições dos picos e pelas distâncias interplanares.

Para amostra de MF analisada por DRX, três foram as estruturas relacionadas, a primeira e mais importante, corresponde ao padrão da MF e possui CIF-2205105-COD (COUSSON; NICOLAI; FILIAUX, 2005), a análise mostrou também a presença de sulfeto de zinco (ZnS) com padrão CIF-1101051-COD (KISI, 1989), o que justifica a grande presença do elemento zinco (Zn- 46,89%) e também do elemento enxofre (S-14,27%) apresentada na análise de FRX. Por último, verificamos a presença de cristais de sulfato de bário ($BaSO_4$) através da comparação dos picos do cartão CIF-1000037-COD (COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, 1967), explicando com isso, o percentual de bário (Ba – 34%) encontrado no FRX da MF. Todos os padrões de CIF foram associados ao padrão das amostras e estão representados através do (gráfico 1).

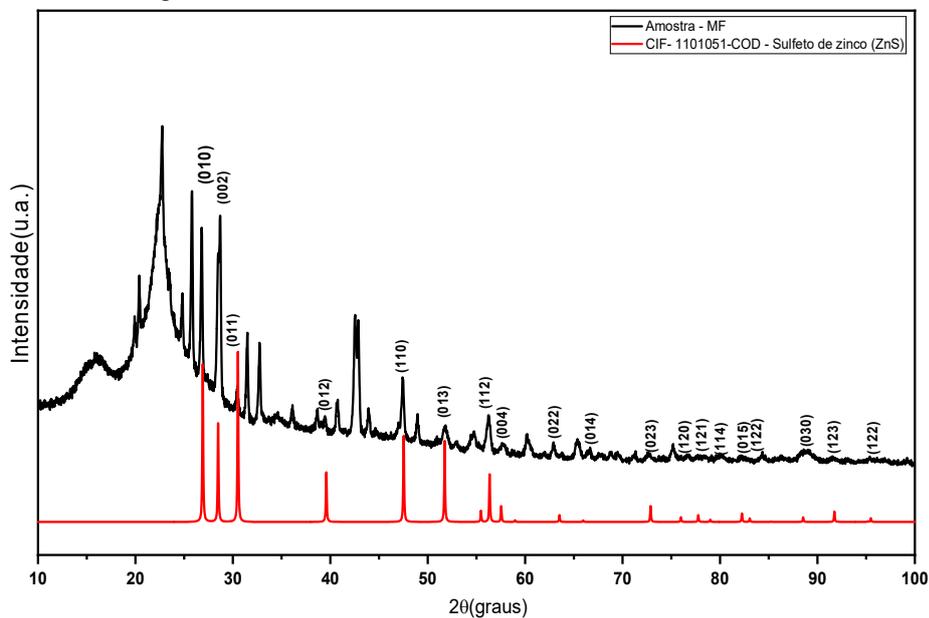
Ainda no (gráfico 1), através da avaliação de forma curva preta que corresponde a amostra de MF, é possível verificar que o mesmo apresenta características de um material semicristalino, visto que possui uma elevação da linha de base com a presença de alguns picos mais relacionados as fases (ZnS) e ($BaSO_4$).

Gráfico 1 - Difratoograma da MF - Identificação de fases.



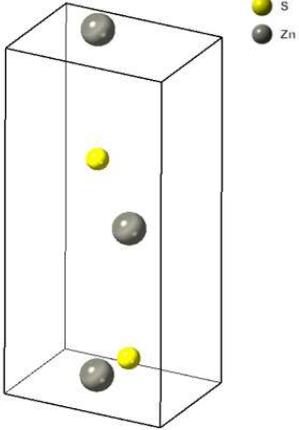
O gráfico 2 apresenta uma melhor identificação da fase (ZnS), nele estão indexados os índices de miler dos picos mais intensos na amostra MF.

Gráfico 2 - Difratoograma da fase ZnS



No quadro 1, é possível identificar a figura na qual foi gerado um modelo da célula unitária para a fase (ZnS), bem como informações de estrutura contidas no padrão CIF utilizado.

Quadro 1 - Dados estruturais do ZnS.

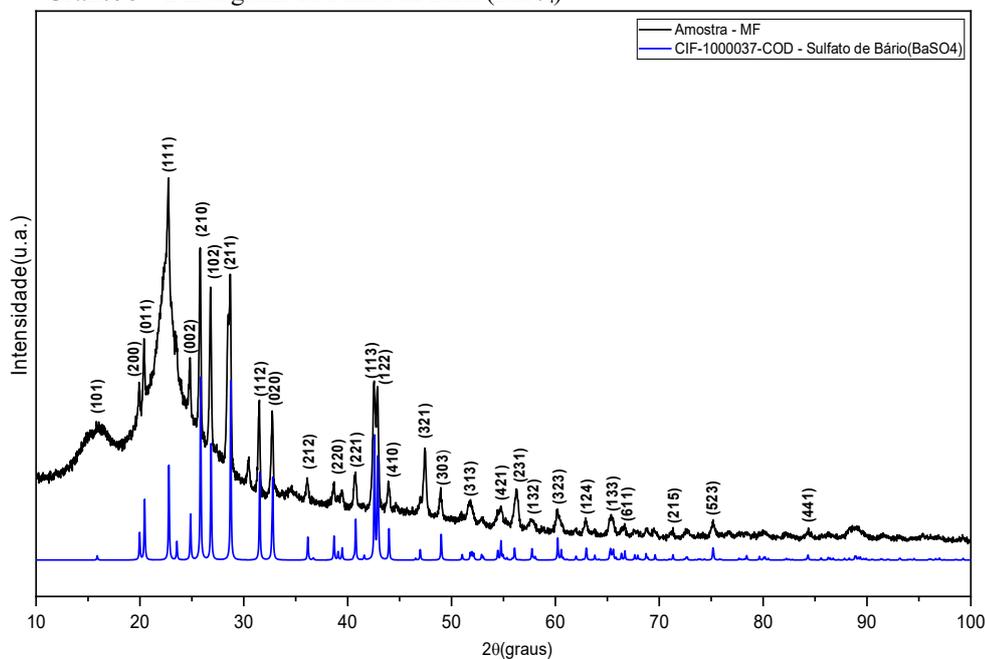
Modelo estrutural		Padrão CIF		1101051		
		Base de dados	ICSD			
		Fórmula química:	S Zn			
		Z:	2			
		Grupo espacial :	P 63 m c			
		Sistema Cristalino:	Hexagonal			
		Volume da célula Unitária:	79.231 Å ³			
		Densidade:	4.0840 g/cm ³			
Parâmetros de rede						
a	b	c	α	β	γ	
3.82 Å	3.82 Å	6.26 Å	90	113.3°	90	
Informações						
Zinc sulfide						
Zn S						
Crystal structure data from: Kisi, E. H., Elcombe, M. M. (1989) u parameters for the wurtzite structure of ZnS and ZnO using powder neutron diffraction. Acta Crystallographica, Section C: Crystal Structure Communications 45:1867 - 1870.						

Sulfeto de zinco é produzido por métodos sintéticos de zinco puro e sulfeto obtidos como um subproduto da síntese de sulfato de bário, ele é útil como um pigmento para material curável UV. Em aplicações de pintura, sulfeto de zinco dá duas vantagens, além de sua função como um pigmento: dá propriedades corrosivas e atua como agente algicida eficiente (WYPYCH, 2014) .

A morfologia esférica do ZnS foi confirmada através de MEV na seção 5.1.8.

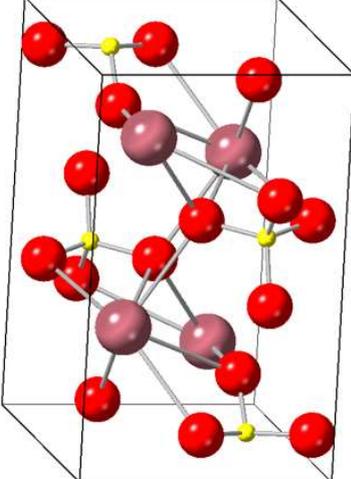
Os índices de Miller para a fase (BaSO₄) foram indexados conforme apresentado no (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Difratograma do Sulfato de Bário (BaSO₄)

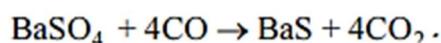


No quadro 2, foi gerado um modelo da célula unitária para a fase (BaSO₄), bem como informações de estrutura contidas no padrão CIF utilizado.

Quadro 2 - Dados estruturais do BaSO₄.

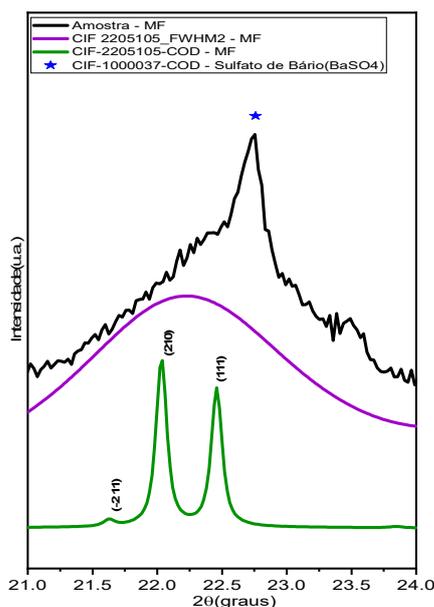
Modelo estrutural		Padrão CIF		1000037			
	<p>● Ba ● O ● S</p>	Base de dados	ICSD				
		Fórmula química:	BaSO ₄				
		Z:	4				
		Grupo espacial :	P n m a				
		Sistema Cristalino:	Ortorrombico				
		Volume da célula Unitária:	4.4690 Å ³				
		Densidade:	4.0840 g/cm ³				
		Parâmetros de rede					
		a	b	c	α	β	γ
		8.8840 Å	5.4580 Å	7.1530 Å	90	90	90
Informações							
Barium sulfate							
Ba S O4							
Crystal structure data from: Colville, A A, Staudhammer, K (1967) A Refinement of the Structure of Barite. American Mineralogist 52:1877 - 1880.							

A identificação desta estrutura foi importante, visto que de acordo com a literatura, o sulfato de bário reage diretamente com o monóxido de carbono (CO) (BALINTOVA, M.; DEMCAK, S.; ADRIANA E.; HOLUB, M., 2017), esta reação é descrita conforme apresentado abaixo, e também verificada através de DSC na seção 5.16.



O background da curva da amostra MF apresentou maior elevação entre a faixa de varredura de 21° até 24° de 2θ. Para a melhor comparação do perfil experimental com o perfil da amostra, duas curvas do padrão CIF – 2205105 foram geradas e apresentadas no (gráfico 4), cada curva foi gerada com um valor de FWHM (largura de meia altura dos picos). A curva verde foi plotada com FWHM no valor de 0.01 onde foi possível observar os picos das posições (-211), (210) e (111); e a curva de cor roxa foi alargada com o valor FWHM de 2. Todos os ajustes de FWHM foram realizados através da utilização do software Mercury. O padrão alargado (curva roxa) foi o que melhor se ajustou a amostra (curva preta), através desta comparação foi possível identificar que a fase MF apresenta um comportamento não cristalino (amorfo), outra suposição acerca deste polímero é que o mesmo esteja altamente nanometrizado, o que também apresentaria tal alargamento de pico. A comparação do perfil de difração para a fase MF não foi suficiente para a caracterização deste polímero, contudo, as técnicas de DSC e o espectro de UV-Vis gerado, complementaram esta identificação.

Gráfico 4 - Difratoograma da MF



Os dados do estruturais do padrão CIF utilizado, está apresentado no quadro 3.

Quadro 3 - Dados estruturais da MF.

Modelo estrutural		Padrão CIF		2205105		
		Base de dados	COD			
		Fórmula química:	C ₃ H ₆ N ₆			
		Z:	12			
		Grupo espacial :	P 21/a			
		Sistema Cristalino:	Monoclínico			
		Volume da célula Unitária:	517.254 Å ³			
		Densidade:	1.6198 g/cm ³			
Parâmetros de rede						
a	b	c	α	β	γ	
10.43 Å	7.45 Å	7.23 Å	90	113.3°	90	
Informações						
1,3,5-triazine-2,4,6-triamine						
C ₃ H ₆ N ₆						
Crystal structure data from: Cousson, A., Nicola ^l i, B., Fillaux, F. (2005) Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): a neutron diffraction study at 14K. Acta Crystallographica Section E 61:o222 - o224.						

Para os materiais analisados por DRX, a quantificação de fases se torna possível através da aplicação de técnicas como o método de Rietveld, contudo, para este trabalho não houve a necessidade de fazê-lo.

Em processos industriais é comum encontrarmos produtos com características físicas similares. Durante a escolha da resina polimérica MF para esta pesquisa, por exemplo, a empresa Siemens apresentou três produtos visualmente bem parecidos: MF, ureia formaldeído e poliéster. Identificar estes produtos de forma visual é praticamente impossível, assim sendo, a difração de raios X é uma

técnica que permitir a identificação desses matéria-prima de forma rápida e precisa, visto que cada material imprimirá um padrão de difração diferente, por conta de suas microestruturas únicas.

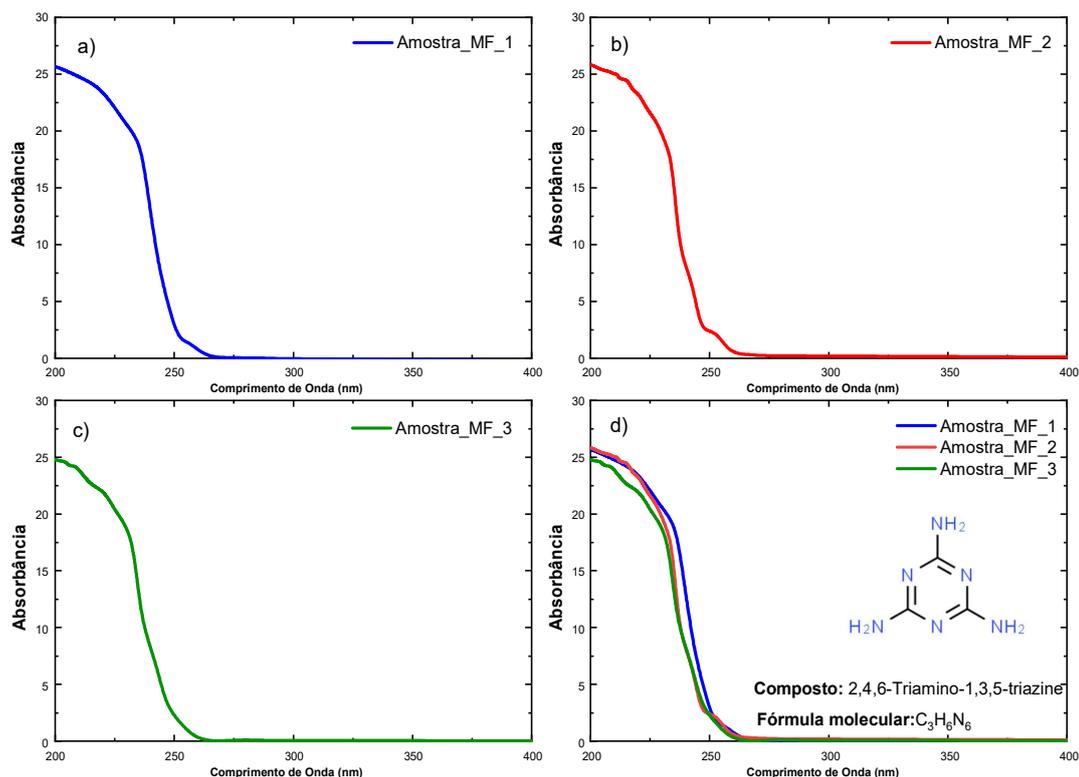
Por conta disso, o DRX é uma excelente solução para a utilização no controle de qualidade de materiais pelas indústrias, uma vez que possibilita a verificação do material nas suas etapas de recebimento, sendo possível o acionamento do fornecedor em casos de não conformidade de produtos recebidos, o que evitaria que o mesmo se que fosse processado pelo fato de não atender as suas especificações estruturais.

Contaminações ou alterações estruturais do material decorrentes do processo, do manuseio, do tempo e das condições de armazenamento, são situações comumente encontradas no ambiente industrial. A falta de análises eficientes no processo, acarreta incertezas na devolução de matéria-prima para o fornecedor, identificação de má utilização por operadores e técnicos de processo, instabilidade nos processos industriais, e o comprometimento de todo as etapas do fluxo de valor de uma indústria, dificultando assim a obtenção de processos enxutos e com boa confiabilidade por parte da engenharia dos materiais.

6.1.3. UV- Vis - Melamina

As amostras de analisadas através da técnica de UV-Vis apresentaram espectro de absorção com comprimento de onda (λ) entre 200 nm até 260 nm que corresponde a molécula de melamina (gráfico 5 a, b, c , d), um perfil semelhante foi apresentado na seção 4.1 através da (figura 10) (ULLAH et al., 2014b), e um ombro de baixa intensidade é visto a 250 nm, muito semelhante ao espectro produzido pelo ZnS conforme apresentado na literatura (SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI; MOHAMMAD HASSAN FAZAELIPOOR, [s.d.]) e identificado através de (figura 14b), complementando assim a fase de ZnS já identificado através de DRX.

Gráfico 5 - a, b, c, d - Espectros UV-Vis da Melamina.

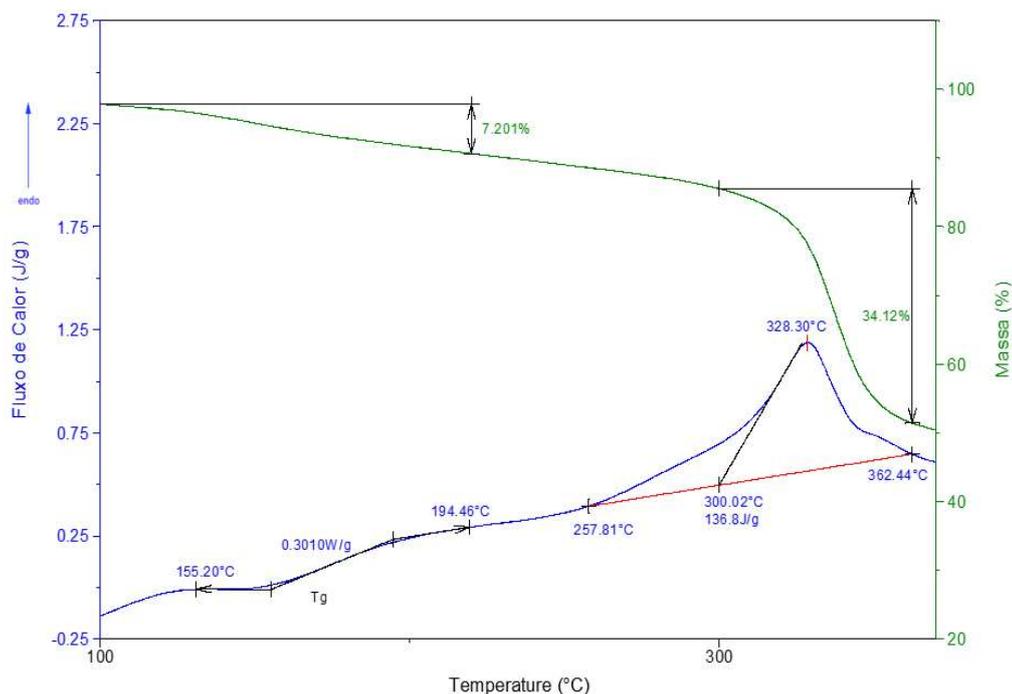


6.1.4. Análise térmica simultânea (TG/DTG/DSC) – MF

Através do DSC (curva azul) observou-se uma reação de segunda ordem representada em forma de “S” no (gráfico 6), esta região corresponde a faixa temperatura de transição vítrea (T_g) da resina MF, tendo como T_{onset} 155.2° C e T_{endset} 194.46° C. A identificação da faixa de T_g foi muito importante para confirmar a temperatura ideal de processamento dos CP’s produzidos por termoformagem, conforme já verificada em literatura (SMITH; HASHEMI, 2012), uma vez que nesta faixa de temperatura o polímero ganha mobilidade e é capaz de fluir no interior da cavidade do êmbolo de aquecimento da embutidora utilizada neste estudo, mas também no interior de um molde, em processos industriais.

Analisando a curva de TGA(curva verde), identificamos uma perda de massa de 7,2% de material, para processos industriais ou mesmo para fins de pesquisa, não é vantajoso trabalhar com perdas elevadas de massa do material, uma vez que se torna oneroso para quem utiliza, além disso, quanto mais o material se aproxima da sua temperatura de degradação, fatores estéticos começam a influenciar na aparência do produto, o que pode gerar problemas de amarelamento, mudança de coloração, pontos pretos e ainda levar ocasionar o descarte total do material processado, por esse motivo, é muito comum utilizarmos a temperatura central da faixa de varredura da temperatura de transição vítrea verificada através de DCS.

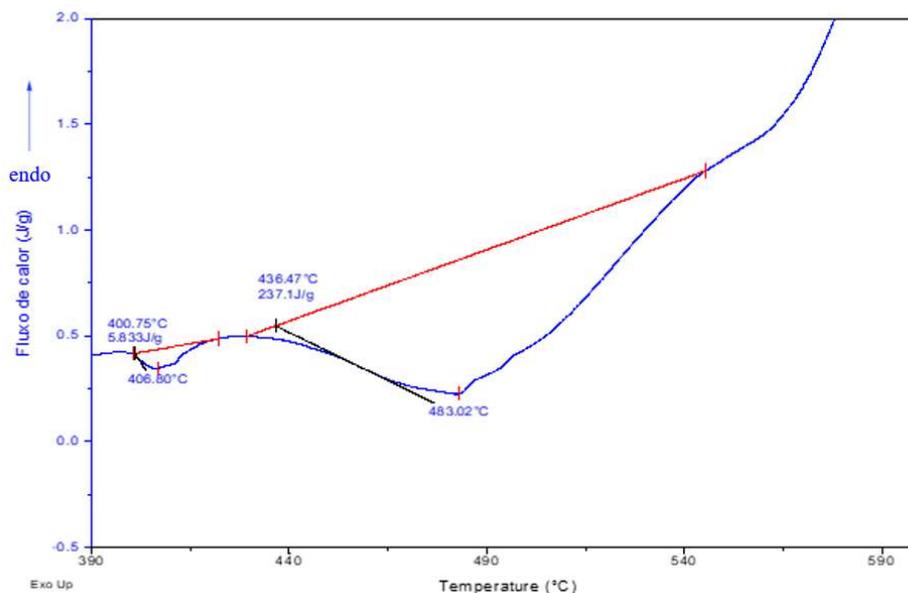
Gráfico 6 - DSC/TGA da MF (100°C - 370°C).



Um pico endotérmico é iniciado em 257,81°C com temperatura de início estratolado em 300,02 °C, temperatura de pico em 328,30 °C com o final em 362,44 °C. na temperatura de pico corre perda de formaldeído, metanol e amina e NH₃(MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013a), sendo liberados até o final da reação, nesta etapa, o material apresenta perda de massa de 34,12% na região do pico.

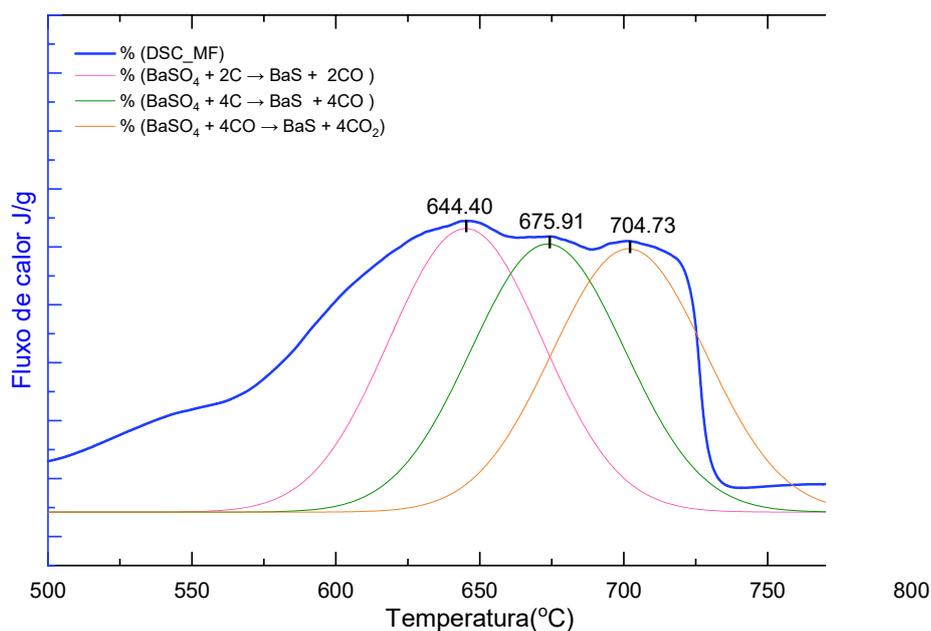
O DSC na região da entre 390° C até 600° C foi possível identificar as dois picos exotermicos características do ZnSb (gráfico 7), a primeira delas que ocorreu com temperatura de pico em 406,80° C e a segunda acontecendo na temperatura de pico de 483,02° C que corresponde a temperatura de transformação do ZnS para ZnO (óxido de zinco), confirmando assim os fase identificada por DRX e o espectro gerado por UV-vis.

Gráfico 7- DSC da MF (Transformação de ZnS para ZnO).



Na faixa de temperatura entre 500° C a 800° C foi identificada a presença de um alo alargado com três abaulamentos no seu topo (gráfico 8), foi realizada a deconvolução da curva de DSC, gerando assim a visualização de três picos, a literatura mostra que esses eventos térmicos correspondem ao efeito de termo redução do BaSO₄ que interage com átomos de carbono (C) e monóxido de carbono (CO) gerando como produto o sulfeto de bário (BaS) e o dióxido de carbono (CO₂), a identificação destas reações foi muito importante, pois este processo auxilia na redução da emissão de um gás tóxico (CO) no ambiente, uma vez que parte dele é transformado em CO₂, por esse motivo, considerar percentuais de BaSO₄ em polímeros com aplicações elétricas é oferecer maior segurança aos consumidores que utilizam produtos com essa tecnologia.

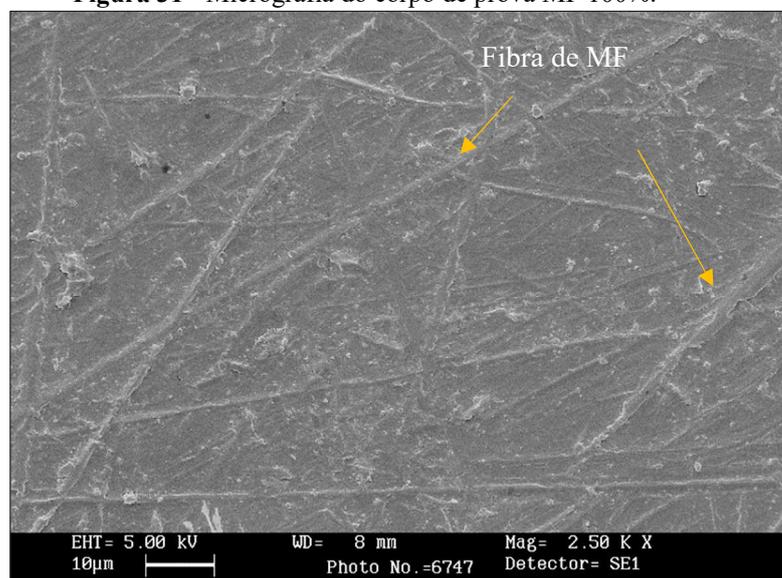
Gráfico 8 - DSC da MF (termo redução do BaSo4).



6.1.5. MEV

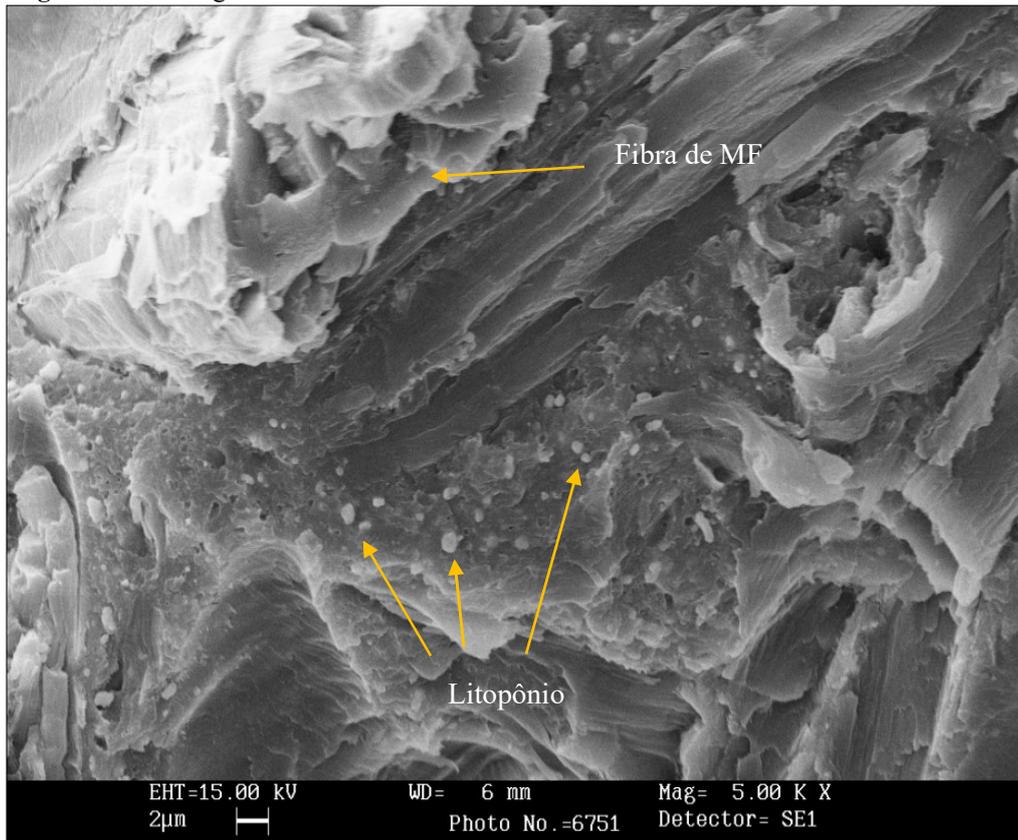
Na (figura 31) corresponde ao MEV das superfícies do corpo de provas de MF 100%, nele é possível observar a formação de microfilamentos por todo o material.

Figura 31 - Micrografia do corpo de prova MF 100%.



As microfibras também foram observadas na imagem de fratura do corpo de prova de MF100% (figura 32), através dela, também é possível identificar a morfologia microesférica do litopônio inseridas na matriz de MF, este material corresponde a um pigmento formado por BaSO₄ e ZnS, identificado através das técnicas de DRX, DSC e UV-Vis.

Figura 32 - Micrografia da fratura do CP de MF 100%



6.2. Caracterização do Caulim

6.2.1. FRX- Caulim

A análise de FRX para Caulim foi feita com base em óxidos, seus valores foram apresentados na (tabela 4), foi possível verificar a presença de 45,84% de Óxido de alumínio (Al_2O_3), bem como 51,93% de Dióxido de Silício (SiO_2) na amostra. Estes dois óxidos encontrados nas devidas proporções conferem a caulinita um teor de pureza de (97,77%), contudo, alguns óxidos contaminantes também foram encontrados, onde aqui destacamos o Titânio (TiO_2) com 1,41%, material bastante comum nas argilas cauliniticas. Somente a partir da identificação destes óxidos por meio da técnica de FRX, foi possível realizar a identificação das fases cristalográficas por meio de DRX.

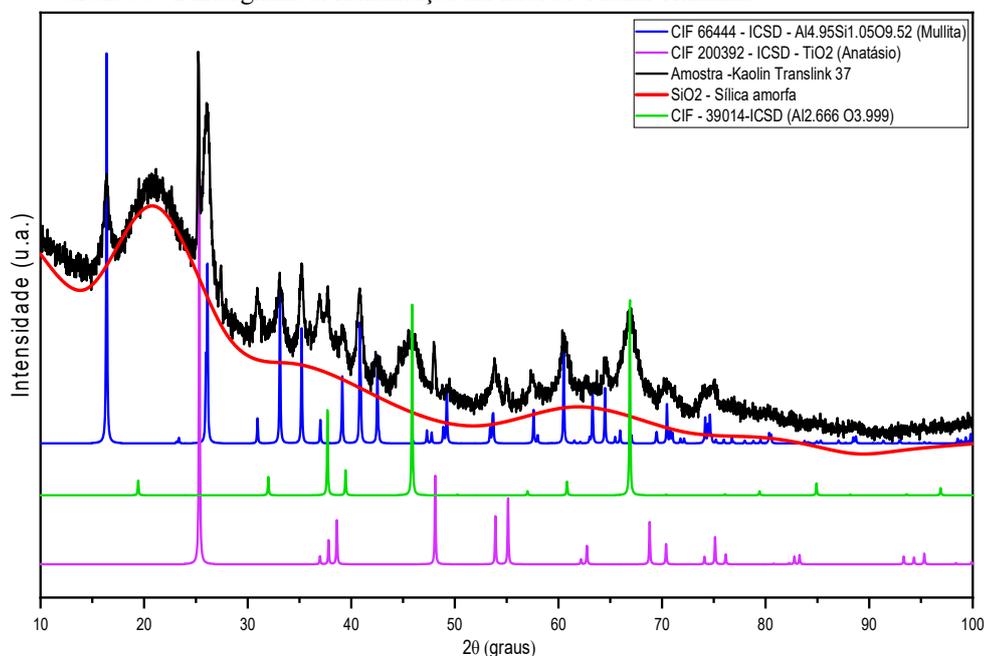
Tabela 4 - FRX do Caulim.

Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3
45,84	51,93	0,4	0,12	0,09	1,41	0,38

6.2.2. DRX- Caulim

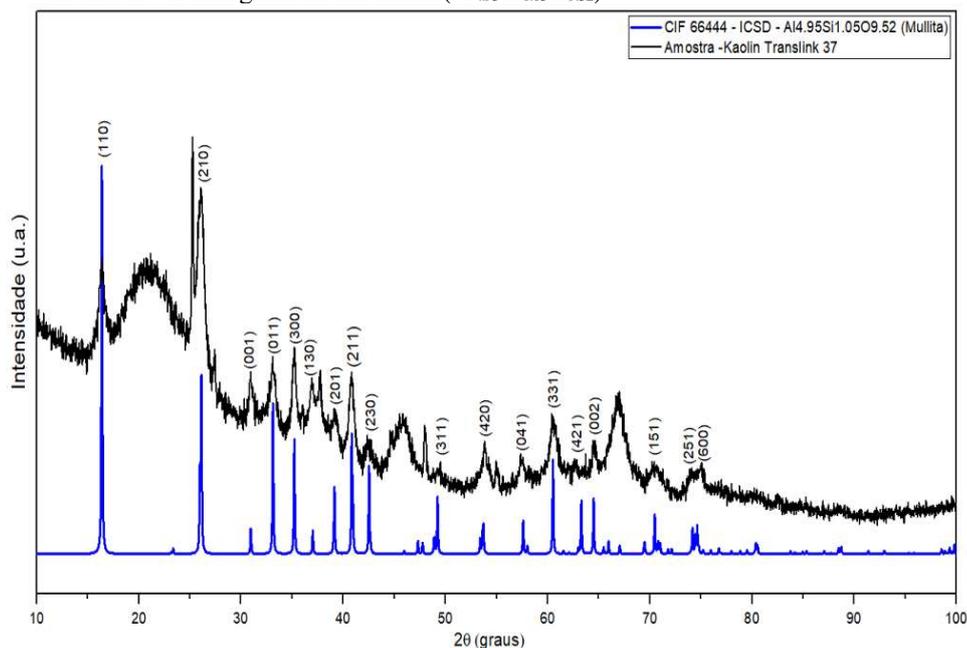
Através da análise do caulim por DRX, foi possível associar três fases cristalográficas que estão apresentadas no (gráfico 9). A primeira delas corresponde a fase $Al_{4.95}O_{9.52}Si_{1.05}$ (Mulita), identificada com base no padrão CIF-66444-ICSD, o que confirma o processo de calcinação durante o beneficiamento e com isso a obtenção de propriedades diferentes das suas formas caulinita e metacaulinita. Fase TiO_2 (Anatásio) também foi encontrada na amostra, utilizando o cartão CIF-200392-ICSD. A terceira fase ($Al_{2.666}O_{3.999}$) 39014-ICSD. Além dos picos associados as CIF coletados da base de dados ICSD, foi possível identificar a presença de um alo de sílica amorfa (SiO_2) o que contribuiu para a elevação do background em toda a curva da amostra de caulim. Sílica amorfa é um dos subprodutos encontrados junto a fase Mulita durante o processo de calcinação da caulinita, conforme citado em literatura (BISWAS *et al.*, 2018; BOROUNI; NIROUMAND; MALEKI, 2018; KOMARNENI, 2005).

Gráfico 9 - Difratoograma de Identificação das fases do Caulim Translink37



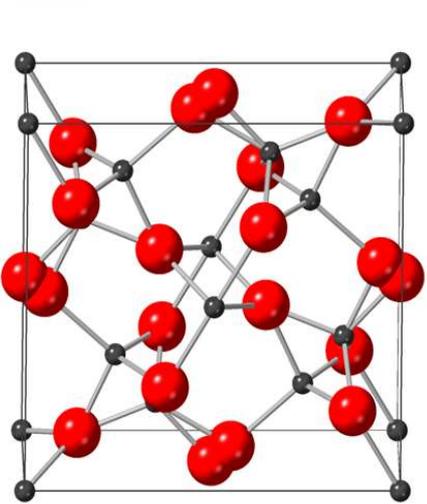
As posições dos planos foram identificadas a partir da indexação dos índices de Miller para a fase mulita ($Al_{4.95}Si_{1.05}O_{9.52}$), conforme observado no (gráfico 10).

Gráfico 10 - Difratoograma da fase mulita ($Al_{4.95}Si_{1.05}O_{9.52}$)



Os dados estruturais do padrão CIF- 66444 utilizado para comparação com o padrão da amostra, estão presentes no quadro 4.

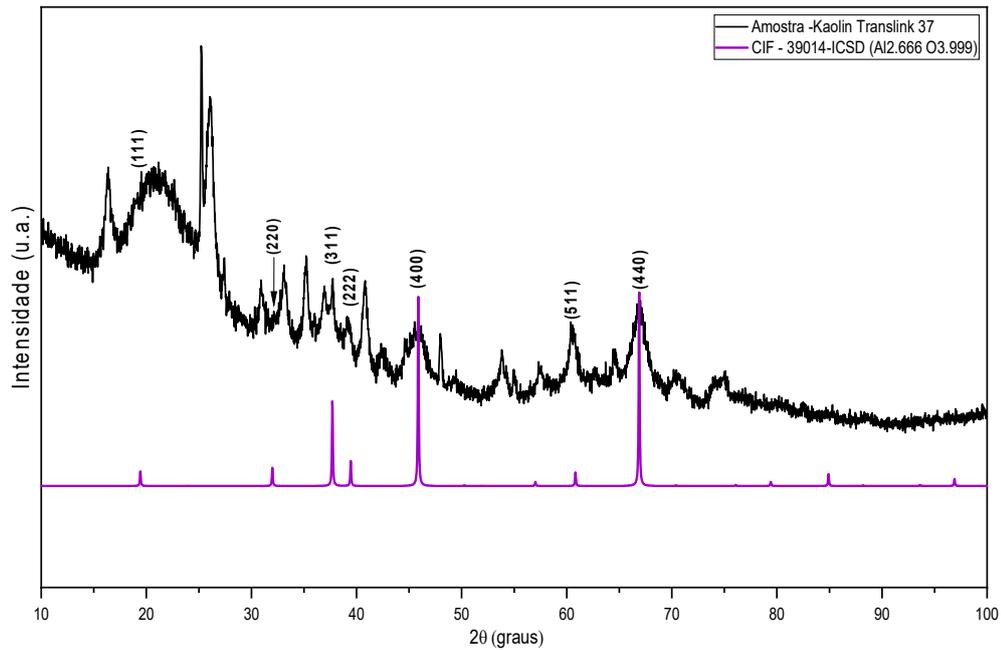
Quadro 4 - Dados estruturais mulita ($Al_{4.95}Si_{1.05}O_{9.52}$).

Modelo estrutural	Padrão CIF		66444		
		Base de dados	ICSD		
Fórmula química:		$Al_{4.95}O_{9.52}Si_{1.05}$			
Z:	1				
Grupo espacial :	P b a m				
Sistema Cristalino:	Ortorrombico				
Volume da célula Unitária:	168.771 \AA^3				
Densidade:	3.1036 g/cm^3				
Parâmetros de rede					
a	b	c	α	β	γ
7.61 Å	7.68 Å	2.88 Å	90	90	90
Informações					
Aluminium silicon oxide (Mullita)					
$Al_{4.95}Si_{1.05}O_{9.52}$					
Crystal structure data from: Ban, T., Okada, K. (1992) Structure refinement of mullite by the rietveld method and a new method for estimation of chemical composition. Journal of the American Ceramic Society 75:227 - 230.					

A identificação da fase mulita através de DRX, é também confirmada através dos resultados de DSC e MEV.

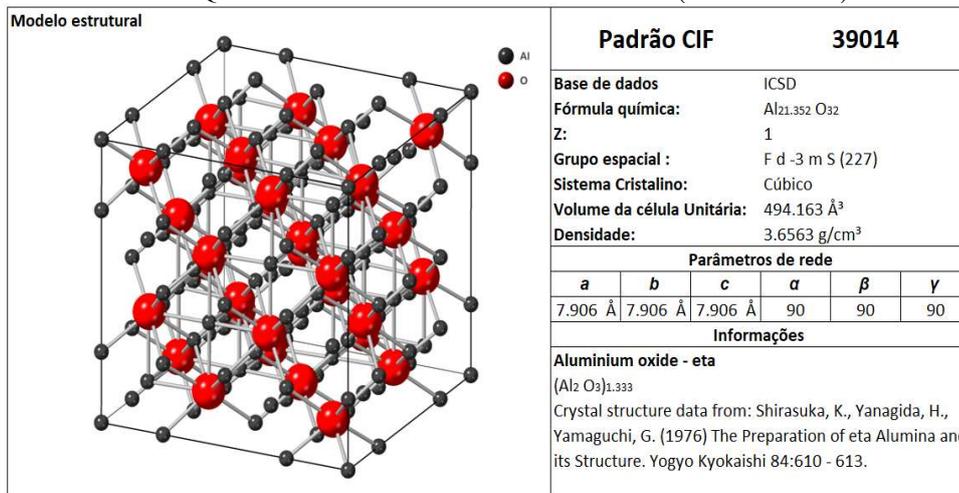
Os índices de miler formam indexados para a fase alumina ($Al_{21.352}O_{32}$) conforme observado no (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Difratoograma da fase alumina ($Al_{21.352}O_{32}$).



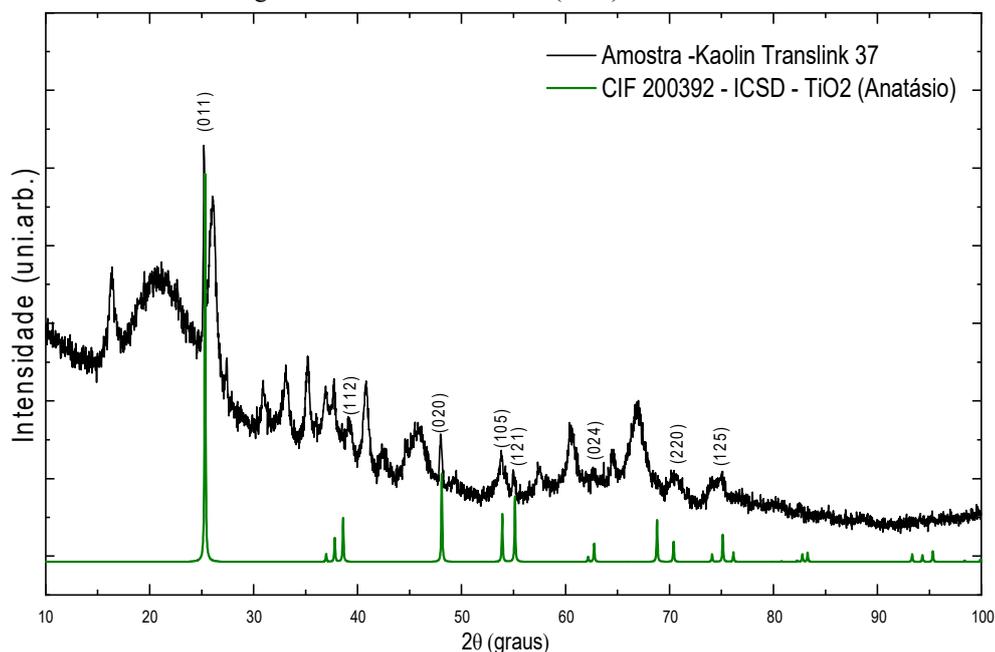
Um modelo estrutural bem como demais informações da estrutura identifica estão apresentados no quadro 5.

Quadro 5 -Dados Estruturais da fase alumina (Al₂O₃).



No (Gráfico 12) é possível visualizar melhor a presença da fase de óxido de titânio (TiO₂) na forma Anastásio, análise de FRX já apontava a presença do elemento titânio em 1,41%, contudo, segundo a literatura, o mesmo pode ser encontrado em outras diferentes formas alotrópicas onde as mais comuns são Anastásio, Rutilo e Bruquita. Estudos referentes as fases de TiO₂ afirmam que o tipo de estrutura interfere significativamente nas propriedades elétricas, visto que cada estrutura imprime um tipo de defeito diferente no material. Os picos de maior intensidade foram encontrados na posição (011) com 2θ em 25,18°, na posição (020) com 2θ em 48,04°, e ainda em (105) com 2θ em 53, 79°.

Gráfico 12 - Difratoograma da fase óxido de Titânio (TiO₂).



Através do padrão CIF- 200392 foi possível identificar o TiO₂ na forma Anastásio, dele também foi gerado o modelo de estrutura onde identificamos a forma tetraédrica, além disso, também obtivemos os parâmetros de rede do material, estes dados estão apresentados conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Dados estruturais da fase óxido de Titânio (TiO₂).

Modelo estrutural		Padrão CIF		200392		
		Base de dados	ICSD			
		Fórmula química:	TiO ₂			
		Z:	4			
		Grupo espacial :	I 41/a m d			
		Sistema Cristalino:	Tetragonal			
		Volume da célula Unitária:	135.883 Å ³			
		Densidade:	3.9057 g/cm ³			
Parâmetros de rede						
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>α</i>	<i>β</i>	<i>γ</i>	
3.78 Å	3.78 Å	9.51 Å	90	90	90	
Informações						
Titanium oxide (Anatásio)						
Ti O₂						
Crystal structure data from: Khitrova, V.I., Bundule, M.F., Pinsker, Z.G. (1977) An electron-diffraction investigation of titanium dioxide in thin films. Kristallografiya 22:1253 - 1258.						

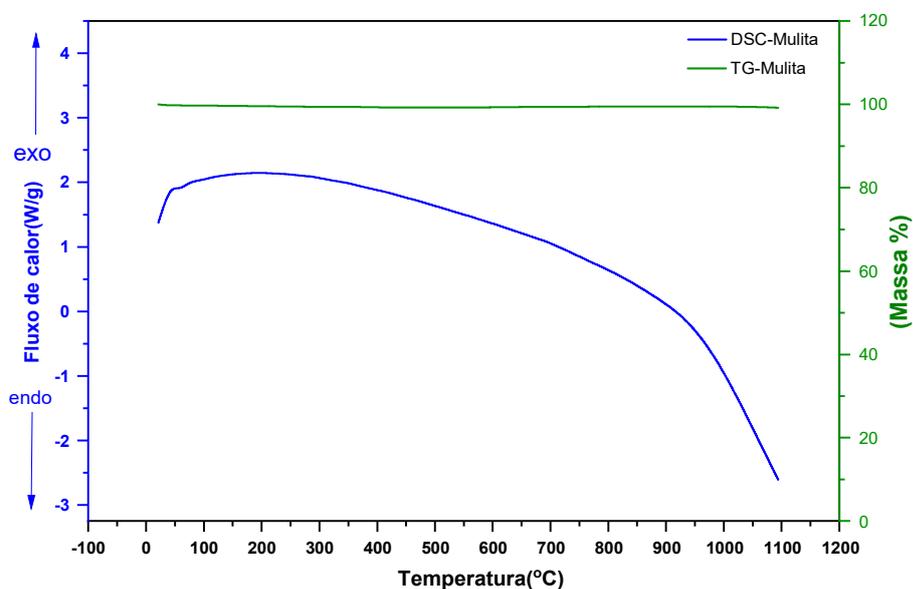
Fotocatalisadores são definidos como materiais que decompõem substâncias prejudiciais sob as luzes do sol contendo raios UV. Principalmente, o TiO₂ é usado como fotocatalisador no presente trabalho. Entre os polimorfos do TiO₂, a fase anatásio mostra o efeito fotocatalítico mais eficaz.

6.2.3. Análise térmica (TG/DSC) – Caulim

Os dados da amostra em pó do caulim Translink37 caracterizados por DRX foram relacionados ao padrão de mulita, um polimorfismo da caulinita que pode ser obtido por calcinação, etapa esta apontada durante o processo de fabricação pela empresa fornecedora do material. Para confirmarmos a fase mulita encontrada, a amostra em pó do caulim utilizado foi analisada por DSC até a temperatura de 1100 °C gráfico 13. É sabido que os picos característicos da caulinita ocorrem na temperatura entre 450 - 600 °C, durante a transformação para metacaulinita, e na faixa de temperatura entre 900 - 1050°C ocorre a transformação para Mulita, diante disso, não esperávamos encontrar nenhum destes picos na curva do material analisado, um resultado que se confirmou através do gráfico de DSC do material (CHAKRABORTY, 2014; KOMARNENI, 2005; MURRAY, 1981; NETO, 2011b). Analisando a curva verde que corresponde a TG do material, é possível verificar que a Mulita analisada apresenta uma boa estabilidade térmica, visto que no decorrer do aquecimento da amostra até a temperatura final, não se observou variação do seu percentual de massa.

Uma vez que não foi identificada uma perda de massa significativa, optou-se por não utilizar a curva de DTG na avaliação térmica da mulita.

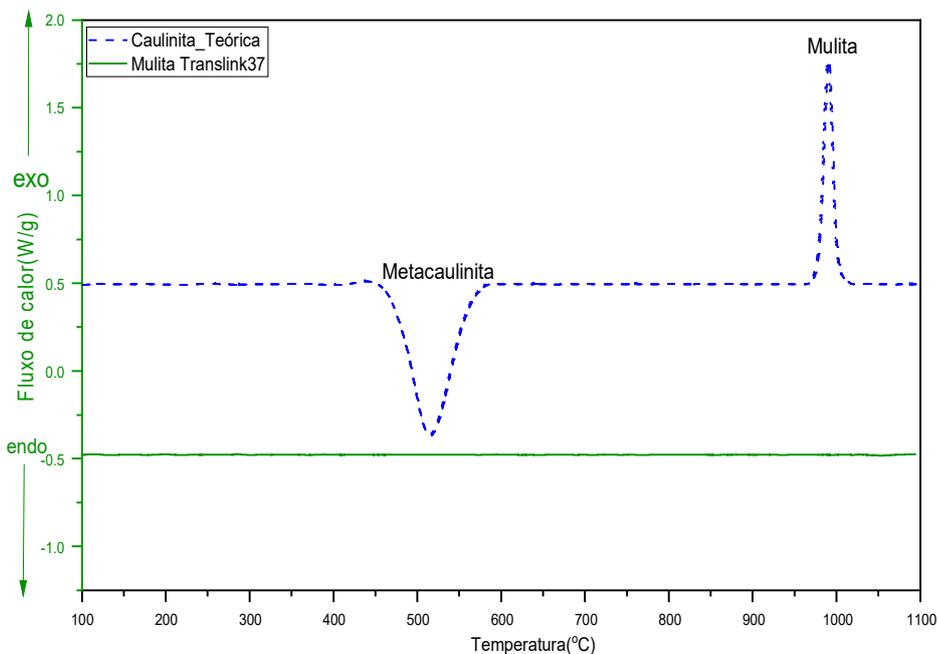
Gráfico 13- TG/DSC da Mulita



Para ilustrar melhor as transformações térmicas que podem ocorrer com a caulinita duas curvas de DSC foram plotadas no Gráfico 14. A curva azul representa um perfil teórico da caulinita, através dele, observamos os picos de metacaulinita e mulita. No mesmo gráfico, a curva verde corresponde a amostra do Caulim Translink37 analisado até 1100°C, nesta curva não é encontrado nenhum pico, mostrando que realmente se tratava de mulita e confirmando os dados obtidos por DRX.

Para este estudo, as curvas foram analisadas através da subtração de background de cada curva, por esse motivo encontram-se paralelas ao eixo de temperatura. Este processo de correção é recomendado na literatura, contudo, com a utilização nem sempre é possível obter o ajuste (SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR., 2004) .

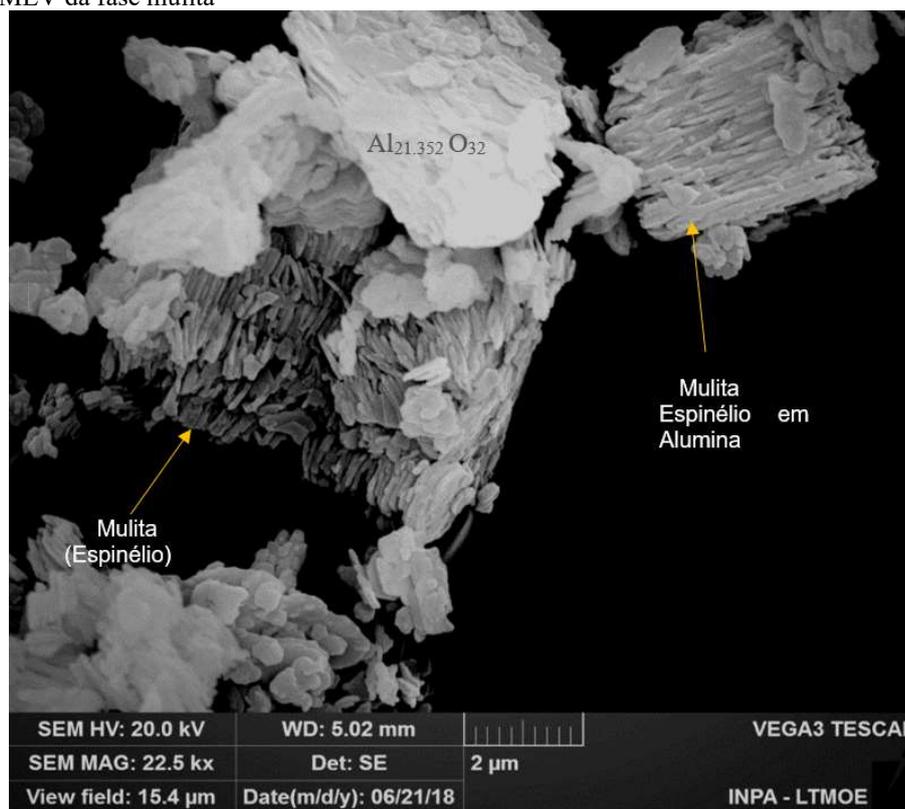
Gráfico 14 - DSC de comparação Mulita/ Caulinita



6.2.4. MEV – Caulim

Através das imagens de MEV da amostra de caulim na forma de pó (Figura 33) foi verificada a morfologia na forma espínélio para fase mulita confirmando assim a estrutura identificada por DRX. A presença da fase $Al_{21.352}O_{32}$ também foi possível de ser identificada através da imagem.

Figura 33 - MEV da fase mulita



6.3. Caracterização dos compósitos MFC

6.3.1. Análise térmica (TG) – Estabilidade Térmica

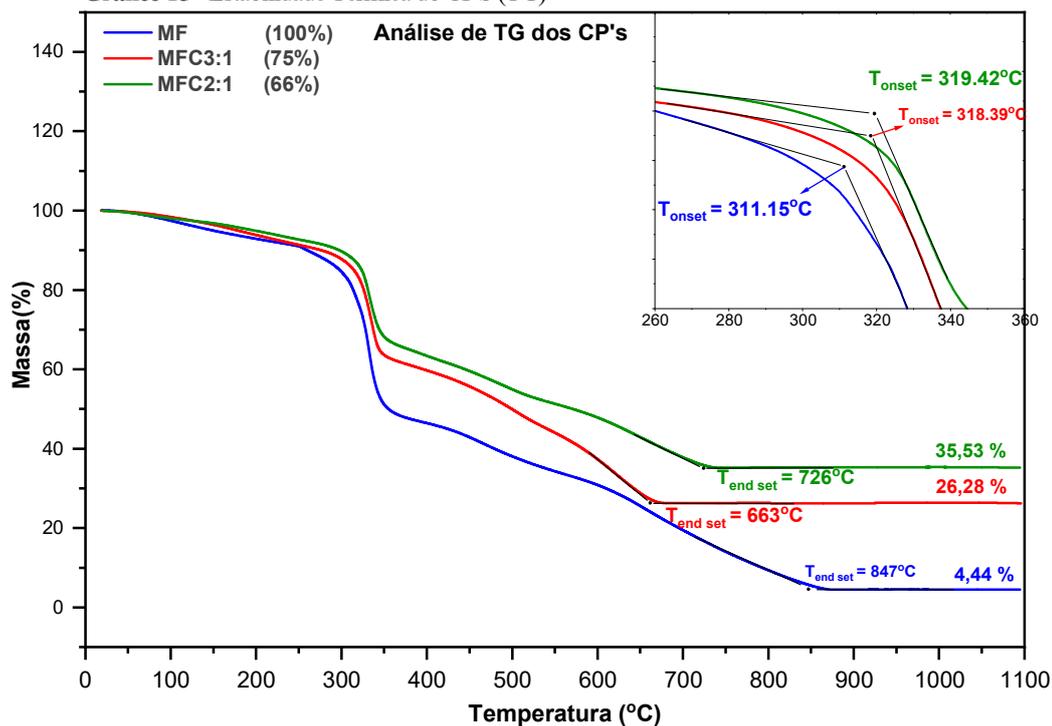
A partir da análise termogravimétrica, foi possível observar a estabilidade térmica dos CP's. Nesta análise, verificou-se que quanto maior o percentual de caulim adicionado, maior a resistência a degradação. No termograma do gráfico 15, é possível confirmar esta afirmação, através da comparação das curvas analisadas com a perda de massa apresentada por cada uma delas.

A amostra MF foi a amostra que apresentou menor estabilidade térmica comparada as demais amostras analisadas por esse experimento, identificou-se T_{onset} em 311,15° C e T_{endset} em 847° C e perda de massa de 95,56% em seu patamar final, mantendo somente 4,44% de sua massa até a temperatura de 1100° C.

Como segundo material que apresenta maior estabilidade térmica, temos a amostra MFC 3:1 que apresentou T_{onset} em 318,39° C e T_{endset} em 663° C com perda de massa de 73,72% no último patamar, apresentando 26,28% de massa em 1100 °C.

Por último, a amostra MFC 2:1 apresentou maior estabilidade térmica que as anteriormente mencionadas, onde, encontramos T_{onset} em 319,42 °C, T_{endset} em 726 °C, perda de massa em 64,47%, apresentando massa constante de 35,53% até a temperatura máxima de aquecimento.

Gráfico 15 - Estabilidade Térmica do CPS (TG)

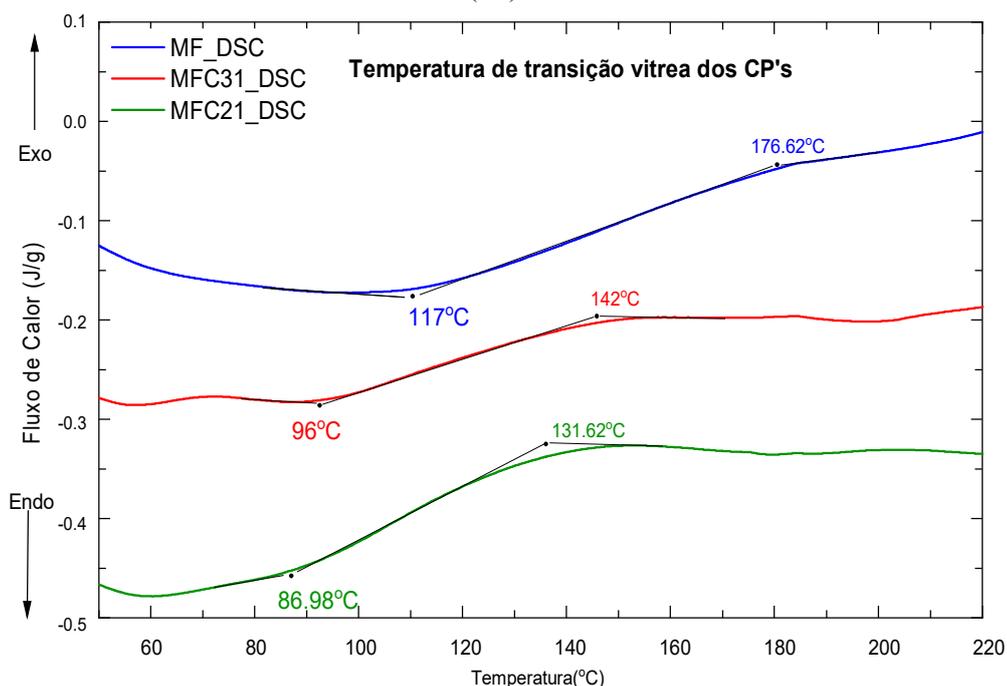


6.3.2. Análise térmica (DSC)

Avaliando as curvas de DSC, verificou-se que seria importante gerar os termograma em regiões determinadas, afim de identificarmos com mais clareza e não tivéssemos uma poluição visual que ocorreria se plotássemos um único gráfico, esta divisão permitiu que identificássemos individualmente as temperatura de transição vítrea (T_g) para cada amostra, as temperaturas de Fusão, variação de entalpia (ΔH), além de algumas reações importantes de algumas estruturas já identificadas através de DRX, que por sua vez foi complementado pela análise elementar de FRX.

Para identificarmos a temperatura de transição vítrea dos CP's de MF, MFC3:1 e MFC2:1 foram apresentados através do termograma (gráfico 16). As temperaturas encontradas foram, $T_{onset} = 117^\circ\text{C}$ e $T_{endset} = 176,62^\circ\text{C}$ para MF, $T_{onset} = 96^\circ\text{C}$ e $T_{endset} = 142^\circ\text{C}$ para a amostra MFC3:1, e por último, encontramos $T_{onset} = 86,98^\circ\text{C}$ e $T_{endset} = 131,62^\circ\text{C}$ para a amostra MFC2:1, concluindo com isso que os CP's com maio teor de caulim apresentaram diminuição na sua faixa de T_g .

Gráfico 16 - Estabilidade Térmica do CPS (TG)



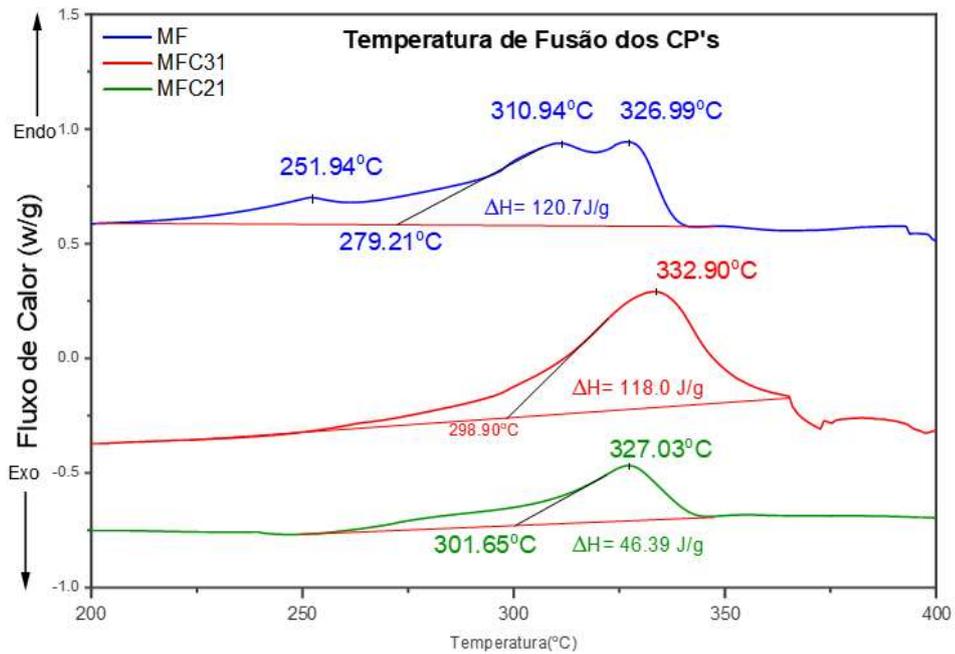
Continuando com avaliação das curvas de CP's no (Gráfico 17), na faixa de temperatura entre 200 °C e 400 °C, observamos que um pico endotérmico em 251.94 °C na curva da amostra MF, como a análise desta amostra ocorreu em um corpo de prova que já havia passado pelo processo de cura, entendemos que este pico esteja associado a temperatura de cristalização de MF, pois conforme citado na literatura, a identificação destes picos ocorre aproximadamente a 200 °C (MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013b), contudo, como observamos por DRX a presença de outros aditivos no material, entendemos que pode ser um dos motivos para o valor acima de 200 °C.

Ainda avaliando a curva MF (curva Azul), é possível observar para a temperatura de fusão T_m , $T_{onset} = 279.21$ °C e dois picos associados a fusão do material, o primeiro ocorrendo em $T_{pico1} = 310.94$ °C e o segundo em $T_{pico2} = 326.99$ °C com $\Delta H = 120.7$ J/g. O efeito de duplicidade de picos pode estar relacionado a taxa de aquecimento em 10°C/min já avaliado em outros estudos relacionados a cura de MF (MERLINE; VUKUSIC; ABDALA, 2013b).

Na curva vermelha, que corresponde a amostra MFC3:1, encontra no T_m iniciando em $T_{onset} = 298.90$ °C, $T_{pico2} = 332.90$ °C e $\Delta H = 118$ J/g.

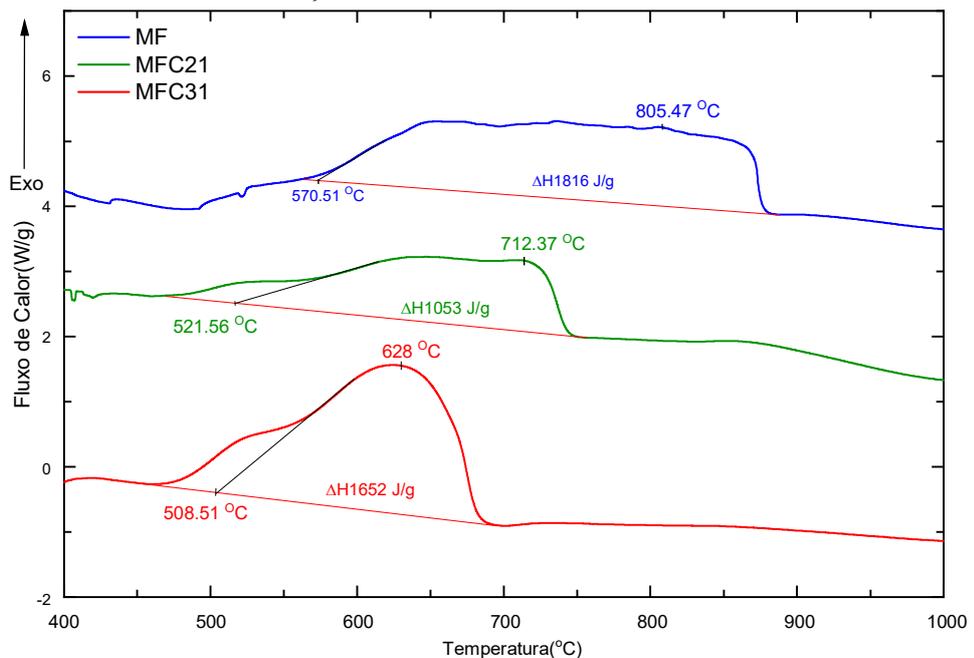
Na curva verde, que corresponde a amostra MFC2:1, temos uma T_m iniciando em $T_{onset} = 301.65$ °C, $T_{pico2} = 327.03$ °C com $\Delta H = 46.36$ J/g.

Gráfico 17 - DCS dos CP's (200° C - 400° C)



No (Gráfico 18) é possível observar a redução do alo das reações de termo redução do BaSO₄ em todas as curvas. Verificamos que quanto maior a quantidade de caulim adicionada, menor será a largura do pico, visto que o volume de BaSO₄, C e CO diminui de acordo com a diminuição do uso do polímero de MF.

Gráfico 18 - Pico de transformação térmica do Sulfato de Bário



6.3.3. Caracterização elétrica dos CP's

Os valores das medidas elétricas não foram possíveis de se relacionar com outros trabalhos, uma vez que um compósito a base de MF aditivado como litopônio ($\text{BaSO}_4 + \text{ZnS}$) e carga mineral de Mulita com percentuais de Alumina e TiO_2 (Anastásio), não foram relatados em literatura, contudo.

Para a realização dos cálculos de resistividade e condutividade elétrica do material, foi realizada a análise dimensional de todos os CP's, as medidas de cada amostra está representada na Tabela 5.

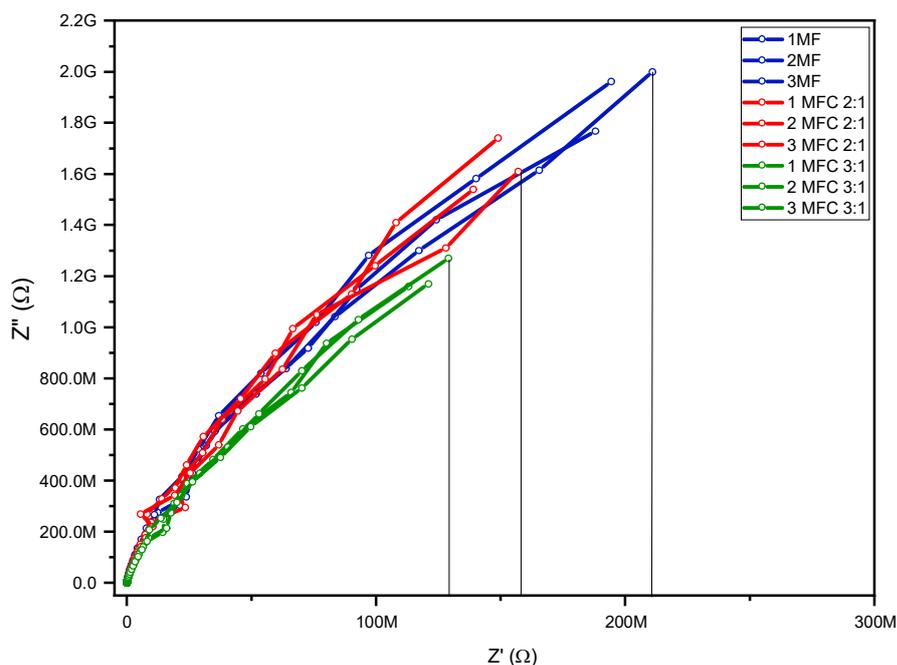
Tabela 5 - Dimensão dos corpos de prova.

Descrição	Espessura (mm)	Diâmetro(mm)	Área (mm ²)
1MF	3.22	29,95	704,15
2MF	3.28	30,00	706,50
3MF	3.26	30,05	708,86
1MFC 2:1	3.42	30,05	708,86
2MFC 2:1	3.48	29,98	705,56
3MFC 2:1	3.42	30,00	706,50
1MFC 3:1	3.32	29,94	703,68
2MFC 3:1	3.34	29,93	703,21
3MFC 3:1	3.28	29,93	703,21

Através da técnica de impedância foram identificados os parâmetros elétricos importantes do material, como: resistividade (ρ) e condutividade (σ), para isso, foram utilizados os valores de resistência (R) encontrados a partir no eixo X que corresponde a componente real (Z') de cada experimento conforme recomendado pela literatura (BARSOUKOV; MACDONALD, 2018).

Amostras de MF apresentaram maiores valores de R , seguida das amostras do tipo MFC2:1 e por último, as amostras do tipo MCF3:1 foram as que apresentaram menor valor de R quando comparadas com as demais (Gráfico 19).

Gráfico 19 - Impedância dos CP'S



Os cálculos de resistividade e condutividade foram realizados através da utilização das equações 1 e 2. Os valores de cada amostra na forma de triplica foram desmembrados do gráfico 18 e apresentados separadamente. Para cada gráfico de triplicatas os valores de média e desvio padrão de resistividade e condutividade foram calculados e apresentados através de tabelas.

No Gráfico 19 é possível observar os valores de resistência elétrica de cada amostra. Na Tabela 6, encontramos os valores das médias e DP da resistividade(ρ) e condutividade(σ) das amostras de MF. Estudos relacionados a cerca da resistividade elétrica da MF apresentam valores de $4.3 \times 10^{11} \Omega$ (ABDALA et al., 2014), contudo, a MF utilizada neste trabalho possui litopônio como agente de carga, por este motivo percebemos o valor médio de resistividade elétrica em $2.0 \times 10^8 \Omega$, a concentração de agentes de carga em polímeros está intimamente ligada com a variação de sua resistividade elétrica(D.M BIGG, 1995), e conseqüentemente com os parâmetros a ela relacionados.

Gráfico 19 - Gráfico de Nyquist das amostras dos CP, s de MF.

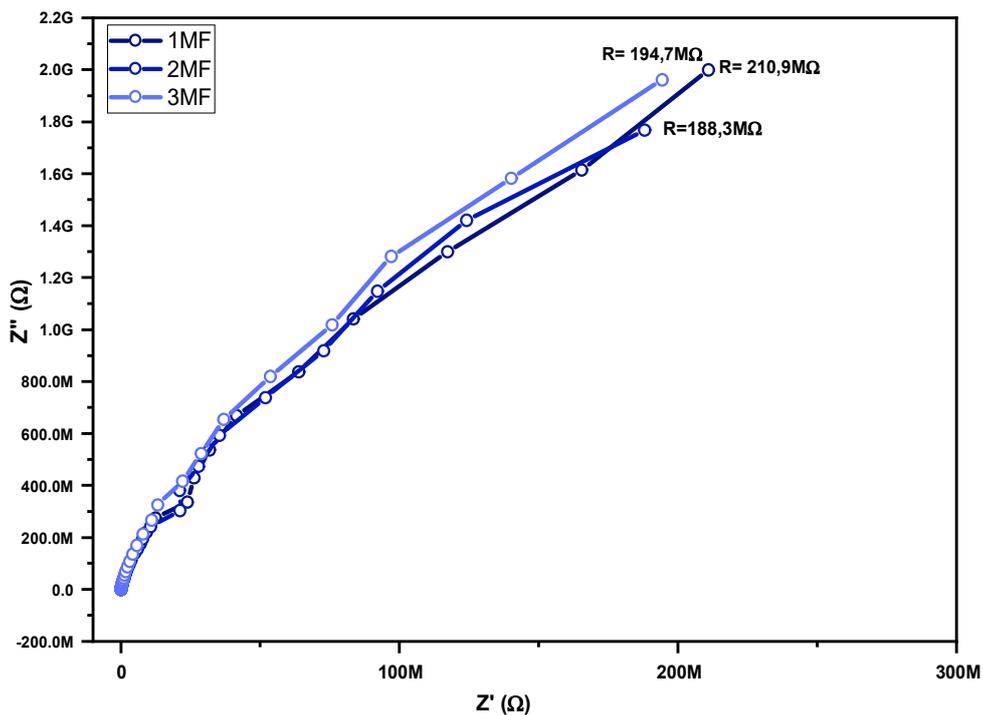


Tabela 6 – Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's de MF.

Descrição	R(Ω)	ρ (Ω.m)	σ (S/m)
1MF	2.1×10^8	4.6×10^{13}	2.2×10^{-14}
2MF	1.9×10^8	4.1×10^{13}	2.5×10^{-14}
3MFC	1.9×10^8	4.2×10^{13}	2.4×10^{-14}
Média	2.0×10^8	4.3×10^{13}	2.3×10^{-14}
DP	6.0	6.7	6.5

No Gráfico 20 é possível observar os valores de resistência elétrica de cada amostra. Na Tabela 7, encontramos os valores das médias e DP da resistividade (ρ) e condutividade (σ) das amostras de MFC2:1.

Gráfico 20 - Gráfico de Nyquist dos CP's MFC 2:1

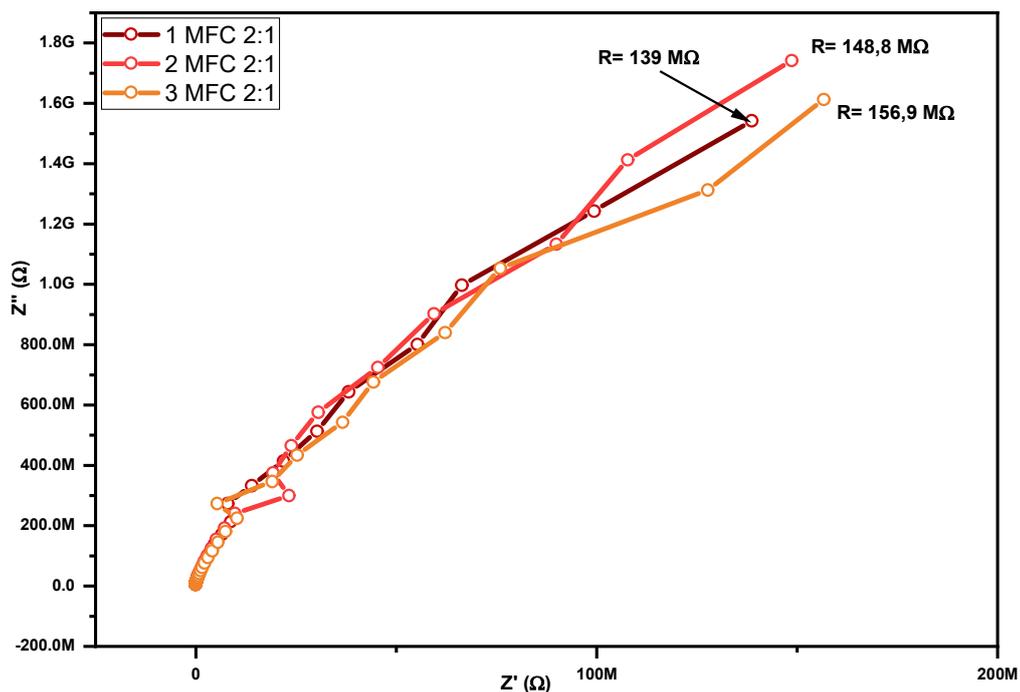


Tabela 7 - Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's MFC 2:1.

Descrição	$R(\Omega)$	$\rho (\Omega.m)$	$\sigma (S/m)$
1MFC 2:1	1.4×10^8	2.9×10^{13}	3.5×10^{-14}
2MFC 2:1	1.5×10^8	3.0×10^{13}	3.3×10^{-14}
3MFC 2:1	1.6×10^8	3.2×10^{13}	3.1×10^{-14}
Média	1.5×10^8	2.9×10^{13}	3.4×10^{-14}
DP	6.1	6.1	6.1

No Gráfico 21 é possível observar os valores de resistência elétrica de cada amostra. Na Tabela 8, encontramos os valores das médias e DP da resistividade (ρ) e condutividade (σ) das amostras de MFC3:1.

Gráfico 21 - Gráfico de Nyquist dos CP'S MFC 3:1

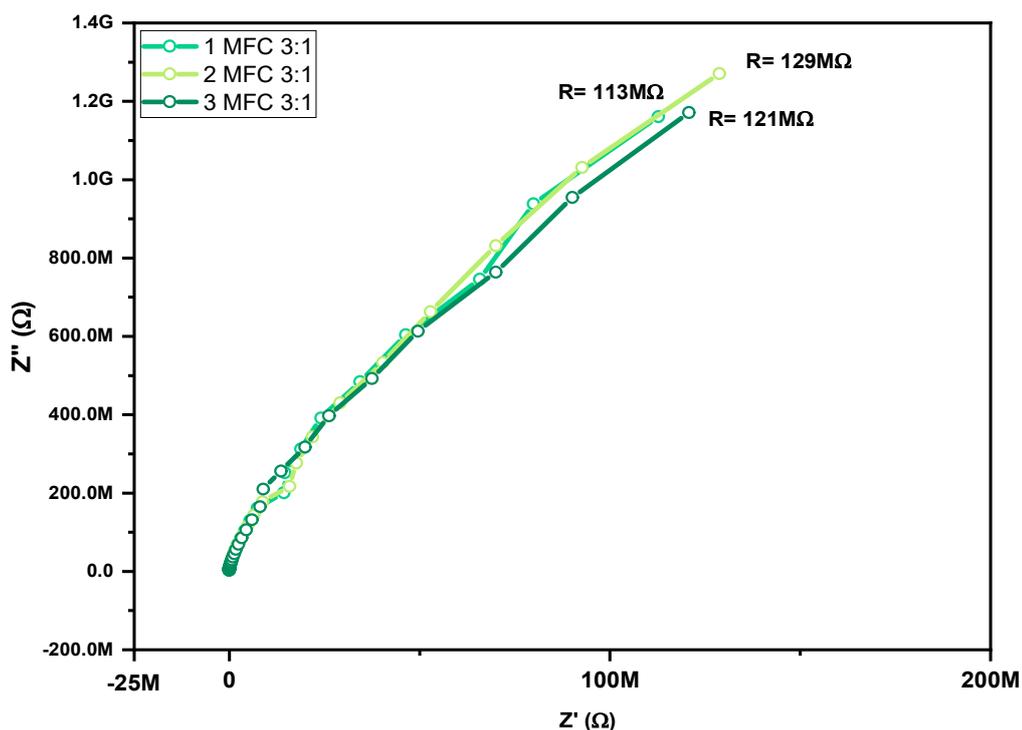


Tabela 8 - Medidas de Condutividade e Resistividade elétrica das amostras dos CP's MFC 3:1.

Descrição	$R(\Omega)$	$\rho (\Omega.m)$	$\sigma (S/m)$
1MFC 3:1	1.1×10^8	2.4×10^{13}	4.2×10^{-14}
2MFC 3:1	1.3×10^8	2.7×10^{13}	3.7×10^{-14}
3MFC 3:1	1.2×10^8	2.6×10^{13}	3.9×10^{-14}
Média	1.2×10^8	2.6×10^{13}	3.9×10^{-14}
DP	7.0	6.8	6.9

Através das análises elétricas do material, foi possível identificar que os compósitos criados são classificados como materiais isolantes, uma vez que apresentam valores de condutividade acima de 1×10^{-12} S/m. No Gráfico 20 referente aos CP'S MFC 2:1 é possível verificar maiores valores de resistência, uma vez que possuem maior quantidade de mulita na sua formação, comparando esses dados com o Gráfico 21, percebe-se um diminuição nos valores de resistência e resistividade, aumentando consequentemente os valores de condutividade, contudo ambos ainda são classificados como compósitos isolantes.

7. CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho, foi possível explorar as técnicas de produção e caracterização do compósito de MF e Caulim, permitindo o conhecimento de novas tecnologias e metodologias para a investigação de materiais, seja para a indústria, ou para aqueles que desejam desenvolver pesquisas utilizando as mesmas técnicas e os mesmos materiais aqui empregados.

Com base em levantamento teórico, foi possível prever o comportamento de alguns os materiais adotados, por esse motivo a fundamentação teórica com base nas informações coletadas sobre o comportamento dos materiais e nas técnicas de caracterização utilizadas foram tão importantes.

Sobre a metodologia empregada para este trabalho, todas as análises aqui empregadas trouxeram resultados importante e que se complementaram, solidificando assim os resultados obtidos para esta pesquisa.

Dentre as técnicas de caracterização utilizadas, destaco como fundamentais: o FRX, visto que permitiu o conhecimento dos percentuais elementares das amostras de MF e Caulim, sem estes valores, seria praticamente impossível a identificação das fases cristalográficas dos materiais por meio de DRX, uma vez que não estávamos analisando elementos de alta pureza e até então eram ainda desconhecidos, mesmo sendo eles fabricados por grandes fornecedores.

Através da identificação das fases por meio da técnica de DRX, também foi possível uma previsão sobre o que esperar no comportamento térmico das amostras por meio de análise TG/DTG e DSC, uma vez que algumas estruturas já se encontravam relatadas na literatura. Contudo, a realização das medidas de análises térmicas foi fundamental para entendimento real acerca do material, o que permitiu o conhecimento de como processá-lo, e o que esperar acerca da segurança térmica que eles são capazes de oferecer.

Na análise de Impedância, conseguimos obter resultados inéditos, acerca das medidas de resistividade e condutividade, uma vez que compósitos com os mesmos materiais te carga aqui empregados, não foram relatados pela literatura.

Esta pesquisa apresentou valores possíveis de processamento e diversos parâmetros a serem adotados pela indústria de produção de materiais elétricos, o que possibilitaria a criação de uma nova linha de materiais compósitos MFC, com o melhoramento de suas propriedades térmicas e menos agressivos ao meio ambiente por conta da adição de caulim e redução do uso de resina MF.

8. REFERÊNCIAS

- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.
- ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.
- AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.
- BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.
- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l: s.n.]. v. 177
- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy**. [s.l: s.n.].
- BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.
- BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.
- BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** *Applied Clay Science*, 2018.
- BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.
- BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.
- BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artiliber Editora, 2006.
- CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.
- CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artiliber, 2002.
- COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.
- COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.
- D.M BIGG. Thermal Conductivity of Heterophase Polymer Compositions. **Advances in Polymer Science**, v. 119, 1995.
- DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.
- EBEWELE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l: s.n.].
- ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.
- FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.
- FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.

- FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.
- GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.
- GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim****Microporous and Mesoporous Materials**, 2017.
- GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.
- GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l: s.n.].
- GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.
- HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.
- HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.
- HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.
- IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.
- ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.
- JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.
- JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.
- Kaolin.**
- Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.**
- KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.
- KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.
- KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.
- KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.
- LOKENS GARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l: s.n.].
- LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach****Applied Clay Science**, 2018.
- MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.
- MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.
- MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.
- MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.
- Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l: s.n.]. p. 59–69.

- MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.
- MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.
- MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.
- MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.
- MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.
- MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.
- MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.
- MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.
- NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.
- ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.
- PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.
- PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.
- PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l: s.n.].
- PLEŠA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.
- POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.
- REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.
- REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.
- RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.
- RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l: s.n.]. v. 4
- SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZALIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].
- SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.
- SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.

- SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mulita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.
- SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.
- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.
- SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l: s.n.].
- SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.
- SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.
- SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l: s.n.].
- SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.
- SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.
- SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.
- STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l: s.n.].
- T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.
- TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.
- THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.
- TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.
- ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.
- ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.
- WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.
- WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.
- WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l: s.n.]. v. 28
- YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.
- YUAN, H. et al. Development of melamine-formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.

- ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.
- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.
- ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.
- AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.
- BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.
- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l: s.n.]. v. 177
- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy**. [s.l: s.n.].
- BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.
- BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.
- BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** *Applied Clay Science*, 2018.
- BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.
- BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.
- BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artliber Editora, 2006.
- CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.
- CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.
- COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.
- COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.
- DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.
- EBEWLE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l: s.n.].
- ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.
- FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.
- FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.
- FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.

GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.

GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** **Microporous and Mesoporous Materials**, 2017.

GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.

GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l.: s.n.].

GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.

HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.

HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.

HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.

IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.

ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.

JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.

JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.

Kaolin.

Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.

KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.

KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.

KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.

KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.

LOKENS GARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l.: s.n.].

LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** **Applied Clay Science**, 2018.

MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.

MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.

MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.

Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l.: s.n.]. p. 59–69.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and

- reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.
- MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.
- MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.
- MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.
- MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.
- MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.
- MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.
- MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.
- NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.
- ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.
- PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.
- PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.
- PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l: s.n.].
- PLEŠA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.
- POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.
- REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.
- REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.
- RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.
- RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l: s.n.]. v. 4
- SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZALIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].
- SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.
- SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.
- SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com

Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.

SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.

SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.

SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.

SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l: s.n.].

SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.

SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.

SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l: s.n.].

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.

SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.

SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.

STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l: s.n.].

T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.

TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.

THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.

TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.

ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.

ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.

WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.

WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.

WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l: s.n.]. v. 28

YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.

YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.

ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by

- femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.
- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.
- ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.
- AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.
- BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.
- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l: s.n.]. v. 177
- BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.
- BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.
- BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** **Applied Clay Science**, 2018.
- BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.
- BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.
- BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artliber Editora, 2006.
- CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.
- CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.
- COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.
- COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.
- DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.
- EBEWLE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l: s.n.].
- ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.
- FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.
- FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.
- FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.
- GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.

GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** *Microporous and Mesoporous Materials*, 2017.

GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.

GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l: s.n.].

GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.

HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.

HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.

HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.

IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.

ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.

JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.

JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.

Kaolin.

Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.

KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.

KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.

KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.

KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.

LOKENSARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l: s.n.].

LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** *Applied Clay Science*, 2018.

MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.

MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.

MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.

Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio**. *Revista do BNDE*. [s.l: s.n.]. p. 59–69.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and

reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.

MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.

MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.

MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.

MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.

MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.

MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.

NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.

ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.

PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.

PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.

PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l: s.n.].

PLEŞA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.

POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.

REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.

REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.

RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.

RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l: s.n.]. v. 4

SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZALIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].

SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.

SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.

- SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.
- SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.
- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.
- SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l: s.n.].
- SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.
- SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.
- SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l: s.n.].
- SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.
- SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.
- SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.
- STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l: s.n.].
- T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.
- TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.
- THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.
- TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.
- ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.
- ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.
- WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.
- WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.
- WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l: s.n.]. v. 28
- YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.
- YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.
- ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.
- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite

based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.

ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.

AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.

BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.

BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l: s.n.]. v. 177

BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.

BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.

BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** **Applied Clay Science**, 2018.

BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.

BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.

BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artiliber Editora, 2006.

CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.

CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.

COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.

COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.

DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.

EBEWLE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l: s.n.].

ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.

FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.

FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.

FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.

GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.

GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** **Microporous and Mesoporous Materials**, 2017.

GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.

GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l: s.n.].

GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.

HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.

HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.

HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.

IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.

ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite-poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.

JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.

JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.

Kaolin.

Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.

KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.

KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.

KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.

KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.

LOKENS GARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l: s.n.].

LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** **Applied Clay Science**, 2018.

MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.

MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.

MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.

Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l: s.n.]. p. 59–69.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.

MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband**

Dielectric Spectroscopy, n. Section 5, p. 349–384, 2003.

MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.

MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.

MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.

MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.

MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.

NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.

ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochemica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.

PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.

PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.

PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l: s.n.].

PLEŠA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.

POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.

REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.

REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.

RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.

RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l: s.n.]. v. 4

SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZAEIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].

SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.

SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.

- SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.
- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.
- SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l: s.n.].
- SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.
- SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.
- SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l: s.n.].
- SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.
- SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.
- SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.
- STORPIRTIS, S.; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l: s.n.].
- T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.
- TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.
- THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.
- TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.
- ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.
- ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.
- WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.
- WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.
- WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l: s.n.]. v. 28
- YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.
- YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.
- ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.
- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.
- ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá

obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.

AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.

BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.

BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l.: s.n.]. v. 177

BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.

BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.

BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** **Applied Clay Science**, 2018.

BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.

BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.

BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artiliber Editora, 2006.

CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.

CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.

COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.

COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.

DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.

EBEWELE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l.: s.n.].

ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.

FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.

FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.

FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.

GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.

GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** **Microporous and Mesoporous Materials**, 2017.

GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part**

B: Polymer Physics, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.

GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l: s.n.].

GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.

HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.

HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.

HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.

IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.

ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.

JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.

JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.

Kaolin.

Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.

KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.

KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.

KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.

KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.

LOKENSARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l: s.n.].

LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** **Applied Clay Science**, 2018.

MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.

MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.

MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.

Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l: s.n.]. p. 59–69.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.

MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.

MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of

BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.

MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.

MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.

MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.

MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.

NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.

ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.

PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.

PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.

PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l.: s.n.].

PLEŞA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.

POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.

REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.

REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.

RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.

RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l.: s.n.]. v. 4

SAEED MIRZADEH, ESMAELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZALIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].

SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.

SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.

SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.

- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARTZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.
- SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l.: s.n.].
- SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.
- SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.
- SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l.: s.n.].
- SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.
- SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.
- SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.
- STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l.: s.n.].
- T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.
- TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.
- THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.
- TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.
- ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.
- ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.
- WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.
- WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.
- WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l.: s.n.]. v. 28
- YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.
- YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.
- ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.
- ABDALA, A. A. et al. Novel electrically conductive melamine-formaldehyde nanocomposite based on graphite nanosheets. **Macromolecular Symposia**, v. 340, n. 1, p. 73–80, 2014.
- ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.
- AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of**

Pharmaceutics, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.

BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.

BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l.: s.n.]. v. 177

BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008.

BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, jun. 2015.

BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** **Applied Clay Science**, 2018.

BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.

BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.

BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.

CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artliber Editora, 2006.

CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.

CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.

COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.

COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.

DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.

EBEWELE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l.: s.n.].

ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.

FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.

FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**.

FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.

GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.

GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** **Microporous and Mesoporous Materials**, 2017.

GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.

GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l.: s.n.].

GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater. **Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.

HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999.

HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.

HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, nov. 2016.

IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.

ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.

JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.

JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.

Kaolin.

Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable.

KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.

KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.

KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.

KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.

LOKENSARGARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l: s.n.].

LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** **Applied Clay Science**, 2018.

MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.

MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.

MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.

MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.

Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l: s.n.]. p. 59–69.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.

MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, abr. 2013b.

MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.

MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.

- MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.
- MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.
- MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.
- MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.
- NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.
- NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.
- ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.
- PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.
- PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.
- PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l.: s.n.].
- PLEŠA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.
- POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**.
- REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.
- REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.
- RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.
- RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l.: s.n.]. v. 4
- SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZALIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].
- SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.
- SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.
- SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.
- SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.
- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic

activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.

SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l: s.n.].

SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.

SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.

SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l: s.n.].

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.

SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.

SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. **Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina**, 2010.

STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l: s.n.].

T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.

TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.

THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.

TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.

ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.

ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.

WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.

WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.

WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l: s.n.]. v. 28

YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.

YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.

ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2016.

ARAÚJO, J. R. DE. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. p. 153, 2009.

AWAD, M. E. et al. Kaolinite in pharmaceuticals and biomedicine. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 533, n. 1, p. 34–48, 2017.

BALINTOVA, M. et al. Study of thermal reduction of barium sulphate for barium sulphide preparation. **10th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017**, n. April, p. 27–28, 2017.

- BARSOUKOV, E.; MACDONALD, J. R. **Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, and Applications**. [s.l.: s.n.]. v. 177
- BASF. **Technical Bulletin - Translink® 37**, 2008. Disponível em: <www.basf.com/kaolin>
- BELLEI, S. et al. Multianalytical Study of Historical Luminescent Lithopone for the Detection of Impurities and Trace Metal Ions. **Analytical Chemistry**, v. 87, n. 12, p. 6049–6056, 16 jun. 2015.
- BELMOKHTAR, N. et al. **Effect of structural and textural properties of a ceramic industrial sludge and kaolin on the hardened geopolymer properties** *Applied Clay Science*, 2018.
- BELSKY, A. J.; LI, T. J.; BRILL, T. B. Reactions of cyanamide, dicyandiamide and related cyclic azines in high temperature water. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 10, n. 3, p. 201–208, 1997.
- BISWAS, R. K. et al. Study of short range structure of amorphous Silica from PDF using Ag radiation in laboratory XRD system, RAMAN and NEXAFS. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 488, n. January, p. 1–9, 2018.
- BOROUNI, M.; NIROUMAND, B.; MALEKI, A. A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 263, p. 208–215, 2018.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de Materias, uma Introdução**. 9. ed. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**. [s.l.] LTC - Livro Técnico Científico, 2016.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Terceira E ed. [s.l.] Artliber Editora, 2006.
- CHAKRABORTY, A. K. Phase Transformation of Kaolinite Clay. In: **Phase Transformation of Kaolinite Clay**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 313–322.
- CHEILA GONÇALVES MOTHÉ, A. D. DE A. **Análise Térmica de Materiais**. [s.l.] Artliber, 2002.
- COLVILLE, ALAN A.; STAUDHAMMER, K. A refinement of the structure of barite. **American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials**, v. 52, n. 11–12, p. 1877–1880, 1967.
- COUSSON, A.; NICOLAI, B.; FILIAUX, F. Melamine (1,3,5-triazine-2,4,6-triamine): A neutron diffraction study at 14 K. **Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online**, v. 61, n. 2, p. 222–224, 2005.
- DEMIRHAN, B. E.; DEMIRHAN, B.; KARA, H. E. S. Room-temperature phosphorescence determination of melamine in dairy products using l-cysteine-capped Mn-doped zinc sulfide (ZnS) quantum dots. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 2992–3000, 2015.
- EBEWELE, R. O. **Polymer science and technology**. [s.l.: s.n.].
- ERCROS. **MINAICAR - Safety Data Sheet**, 2000.
- FLORES SEGURA, J. C. et al. Characterization and electrochemical treatment of a kaolin. **Applied Clay Science**, v. 146, n. June, p. 264–269, 2017.
- FORBS. **The 2008 Milk Scandal Revisited**. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/yanzhonghuang/2014/07/16/the-2008-milk-scandal-revisited/#229256154105>>. Acesso em: 31 maio. 2019.
- FUGLEIN, E. **Curso de Análises Térmicas -Netzsch**Netzsch, , 2017.
- GONDIM, P. C. A. et al. Caracterização da Barita para Uso em Massa Cerâmica de Blocos de Vedação. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 35–38, 2008.
- GONZÁLEZ, B. et al. **Laponite functionalized with biuret and melamine – Application to adsorption of antibiotic trimethoprim** *Microporous and Mesoporous Materials*, 2017.
- GORRASI, G. et al. Transport and mechanical properties of blends of poly(ϵ -caprolactone) and a modified montmorillonite-poly(ϵ -caprolactone) nanocomposite. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, v. 40, n. 11, p. 1118–1124, 2002.
- GRIM. **Clay mineralogy**. [s.l.: s.n.].
- GUO, J. et al. Preparation and immobilization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles on polyvinylidene fluoride pellets for photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater.

- Applied Surface Science**, v. 473, n. September 2018, p. 425–432, 2019.
- HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999a.
- HAGSTRAND, P. O. et al. Rheokinetic behavior of melamine-formaldehyde resins. **Polymer Engineering and Science**, v. 39, n. 10, p. 2019–2029, 1999b.
- HEATH, R. **Aldehyde Polymers: Phenolics and Aminoplastics**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.
- HOLLANDERS, S. et al. Pozzolanic reactivity of pure calcined clays. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 552–560, 1 nov. 2016.
- IONASHIRO, M. Giolito - Fundamentos da Termogravimetria Análise Térmica Diferencial Calorimetria Exploratória Diferencial. **Giz Editorial**, p. 10–45, 2004.
- ITAGAKI, T. et al. Synthesis of a kaolinite–poly(β -alanine) intercalation compound. **J. Mater. Chem.**, v. 11, n. 12, p. 3291–3295, 2001.
- JAWAID, S. et al. Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR-Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3066–3071, 2013.
- JOHN, C. B. D. W. **Elements of X-ray Diffraction**, 1957.
- Kaolin**. Disponível em: <<https://kaolin.basf.com/contact>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- Kaolin | Products | High performance extender for plastics/rubber and wire/cable**. Disponível em: <<https://kaolin.basf.com/products/application/translink/translink37>>. Acesso em: 24 maio. 2019.
- KISI, E. H. ; M. M. E. Parameters for the Wurtzite Structure of ZnS and Neutron Diffraction. **Acta Crystallographica**, v. 6407, p. 0–3, 1989.
- KLOPROGGE, J. **Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- KOMARNENI, H. S. AND S. **Mullite**. [s.l.] WILEY-VCH, 2005.
- KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K. Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science**, 2015.
- KUCHARSKI, M.; GOWACZ-CZERWONKA, D. Solubilization of nitrogen-containing heterocyclic compounds in reactive solvents. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 14, p. 2650–2659, 2002.
- LOKENSARGARD, E. **Plásticos industriais teoria e aplicações**. [s.l.: s.n.].
- LORENTZ, B. et al. **Characterization of Florida kaolin clays using multiple-technique approach** **Applied Clay Science**, 2018.
- MA, H.; SONG, P.; FANG, Z. Flame retarded polymer nanocomposites: Development, trend and future perspective. **Science China Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 302–313, 2011.
- MAGDALENA BALINTOVA, STEFAN DEMCAK, ADRIANA ESTOKOVA, MARIAN HOLUB, P. P. Study of Thermal Reduction of Barium Sulphate for Barium Sulphide Preparation. **Materials Science in Semiconductor Processing**, n. April, p. 27–28, 2017.
- MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Multitização em refratários utilizando diferentes fontes precursoras: revisão. **Cerâmica**, v. 56, n. 340, p. 368–375, dez. 2010.
- MATJKA, V. et al. Metakaolinite/TiO₂ composite: Photoactive admixture for building materials based on Portland cement binder. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 38–44, 2012.
- Mercado brasileiro de litopônio. In: **MERCADO brasileiro de litopônio. Revista do BNDE**. [s.l.: s.n.]. p. 59–69.
- MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 2013a.
- MERLINE, D. J.; VUKUSIC, S.; ABDALA, A. A. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer Journal**, v. 45, n. 4, p. 413–419, 17 abr. 2013b.
- MIJOVIC, J. Dielectric Spectroscopy of Reactive Network-Forming Polymers. **Broadband Dielectric Spectroscopy**, n. Section 5, p. 349–384, 2003.
- MIKHAILOV, M. M.; YURYEV, S. A.; LOVITSKIY, A. A. Optical properties and radiation stability of

BaSO₄ powders modified with ZrO₂ nanoparticles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, n. June, p. 266–270, 2018.

MIRZADEH, S. et al. Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 2, p. 374–378, 2013.

MORRELL, R. Matrix Materials. In: **Comprehensive Composite Materials**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 1–24.

MURRAY, H. H. Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science), 1st edition. **Development in science clay**, v. 2, p. 188, 1981.

MURRAY, H. H. Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview. **Applied Clay Science**, v. 17, n. 5–6, p. 207–221, 2000.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. **Universidade Estadual de Campinas**, p. 301, 2011a.

NETO, J. C. DE M. Produção E Caracterização De Nanocompósitos Poliméricos Obtidos Por Polimerização Em Emulsão Utilizando Caulinita Amazônica. p. 301, 2011b.

NITHYAPRAKASH, D. et al. Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, v. 12, n. 10, p. 2069–2074, 2010.

ONDRO, T. et al. Kinetic analysis of sinter-crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite. **Thermochimica Acta**, v. 678, n. April, p. 178312, 2019.

PAOLI, M. DE. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. Segunda Ed ed. [s.l.] Chemkeys, 2008.

PAWLYTA, M. et al. Transmission electron microscopy observations on phase transformations during aluminium/mullite composites formation by gas pressure infiltration. **Materials Characterization**, v. 114, p. 9–17, 2016.

PECHARSKY, V.; ZAVALIJ, P. Y. **Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials**. [s.l.: s.n.].

PLEŞA, I. et al. Properties of polymer composites used in high-voltage applications. **Polymers**, v. 8, n. 5, 2016.

POLIMEROS, A. **afinkopolimeros**. Disponível em: <<https://afinkopolimeros.com.br/temperatura-de-transicao-vitrea-tg/>>.

REACTIONS, B. Melamine – Formaldehyde. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, v. 10, 2003.

REVISTA DO BNDE. Mercado brasileiro de litopônio. v. v.5, p. 59–69, 2013.

RICCIOTTI, L. et al. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18200–18214, 2013.

RICHARD SMITH, HIROSHI INOMATA, C. P. **Supercritical Fluid Science and Technology (Chapter 4 - Historical Background and Applications)**. [s.l.: s.n.]. v. 4

SAEED MIRZADEH, ESMAEELDAREZERESHKI, F. B.; MOHAMMAD HASSAN FAZAEIPOOR, M. R. H. . Characterization of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles Biosynthesized by *Fusarium oxysporum*. [s.d.].

SANTOS, Z. I. G. DOS. **Tecnologia dos materiais não metálicos**. 1ª edição ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, P. DE S. **Tecnologia de Argilas aplicadas às argilas brasileiras**. [s.l.] Edgard Blucher, 1975.

SANTOS, K. C. V et al. Formação de Mullita a Partir de Composições de Caulim e Alumina com Diferentes Tamanhos de Partículas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2016, p. 136–142, 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**, v. 43, n. 1, p. 137–154, 2008.

SCHNEIDER, H.; SCHREUER, J.; HILDMANN, B. Structure and properties of mullite-A review.

- Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, n. 2, p. 329–344, 2008.
- SEBASTIÃO V.; CANEVAROLO JR. Técnicas de Caracterização de Polímeros. p. 435, 2004.
- SHVARZMAN, A. et al. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 3, p. 405–416, 2003.
- SILAGHI, M. A. **Dielectric material**. [s.l.: s.n.].
- SINHA RAY, S.; OKAMOTO, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 11, p. 1539–1641, nov. 2003.
- SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª edition ed. Porto Alegre -Brazil: Bookman, 2002.
- SMITH, D. **AC Polarography and Related Techniques. Theory and Practice**. [s.l.: s.n.].
- SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos Da Engenharia E Ciencia Dos Materiais**, 2012.
- SONG, Y. et al. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. **Powder Diffraction**, v. 940, n. 1997, p. 669–678, 2009.
- SOUZA, S. M. ESTUDO DOS EFEITOS DE ALTAS PRESSÕES NA LIGA NANOESTRUTURADA Bi₂Te₃ PRODUZIDA POR MECANO- SÍNTESE. Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- STORPIRTIS, S. ; J. E. G. ; C. C. MAR. N. G. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica**. [s.l.: s.n.].
- T.THEIVASANTHI, T. T.; N. KARTHEESWARI, N. K.; M. ALAGAR, M. A. Chemical Precipitation Synthesis of Ferric Chloride Doped Zinc Sulphide Nanoparticles and their Characterization Studies. **Chemical Science Transactions**, v. 2, n. 2, p. 497–507, 2013.
- TANNO, L. C. E MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v. 5, p. 37–40, 2000.
- THUECHART, T.; KEAWWATTANA, W. The effect of kaolin clay on fire retardancy and thermal degradation of intumescent flame retardant (IFR)/natural rubber composite. **Advanced Materials Research**, v. 844, p. 334–337, 2014.
- TIRONI, A. et al. **Thermal Treatment of Kaolin: Effect on the Pozzolanic Activity** *Procedia Materials Science*, 2012.
- ULLAH, S. et al. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. **Polymer Degradation and Stability**, v. 110, p. 91–103, 2014a.
- ULLAH, S. et al. Synthesis and thermal degradation studies of melamine formaldehyde resins. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014b.
- WANG, K. H. et al. Synthesis and characterization of maleated polyethylene / clay nanocomposites. v. 42, 2001.
- WOŁOSIAK-HNAT, A. et al. The influence of type and concentration of inorganic pigments on the polyurethane adhesive properties and adhesion of laminates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, n. January, p. 1–8, 2019.
- WYPYCH, G. **Handbook of Fillers**. [s.l.: s.n.]. v. 28
- YANG, Z. et al. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine-formaldehyde resins with reduced sensitivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 268, p. 60–66, 2015.
- YUAN, H. et al. Development of melamine–formaldehyde resin microcapsules with low formaldehyde emission suited for seed treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 128, p. 149–154, 2015.
- ZHANG, Y. et al. Excited-state dynamics of melamine and its lysine derivative investigated by femtosecond transient absorption spectroscopy. **Molecules**, v. 21, n. 12, 2