

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS DEFESA DA DISSERTAÇÃO

**“DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS À BASE DE HIPS,
ABS E SAN COM ADIÇÃO DE PÓ DE VIDRO PARA CONFECÇÃO DE PCIs**

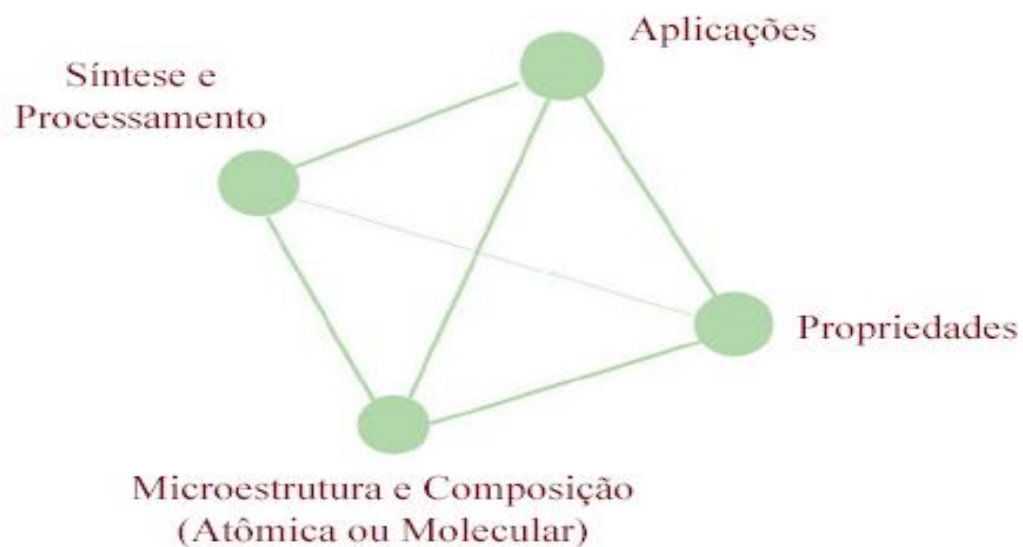
”

Mestrando: Marco Antônio Gabriel

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Roberto Montoro

Co-Orientador: Prof. Dr. Cirlene Fourquet Bandeira

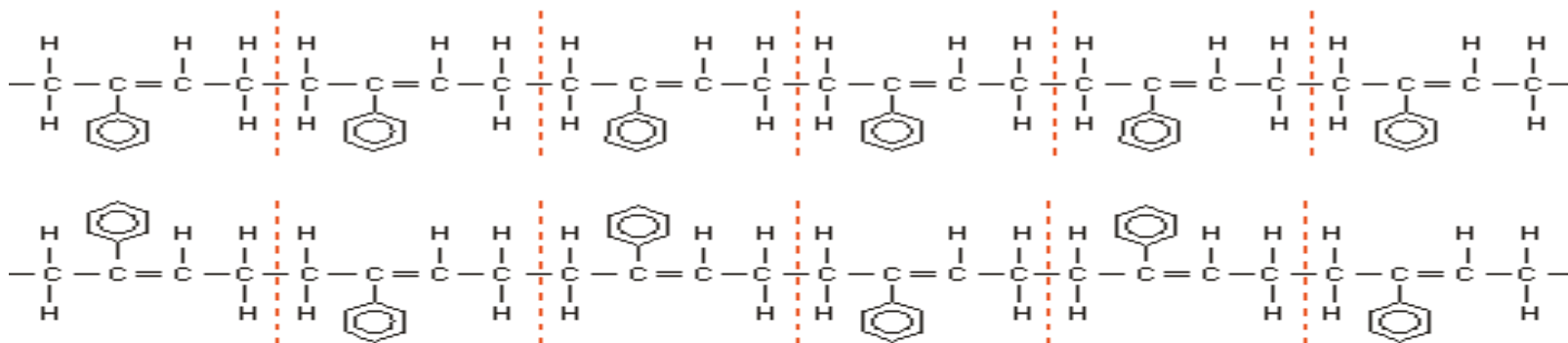
Ciência e Engenharia de Materiais



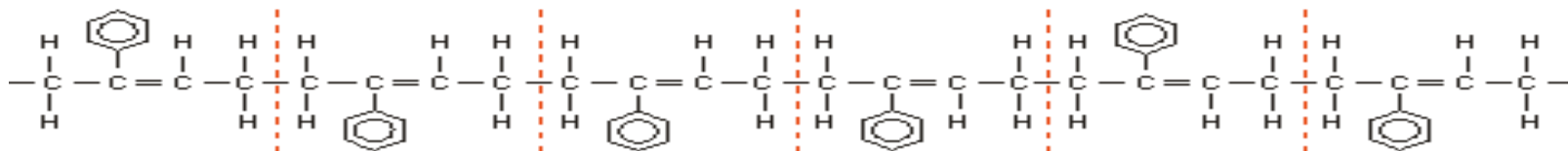
□ POLIMEROS

POLI (muitos) e MERO (partes), sua formação é dada pela união de diversas moléculas denominadas monômeros, que dão o surgimento de outras moléculas maiores chamadas de Macromoléculas.

Polímeros Táticos:

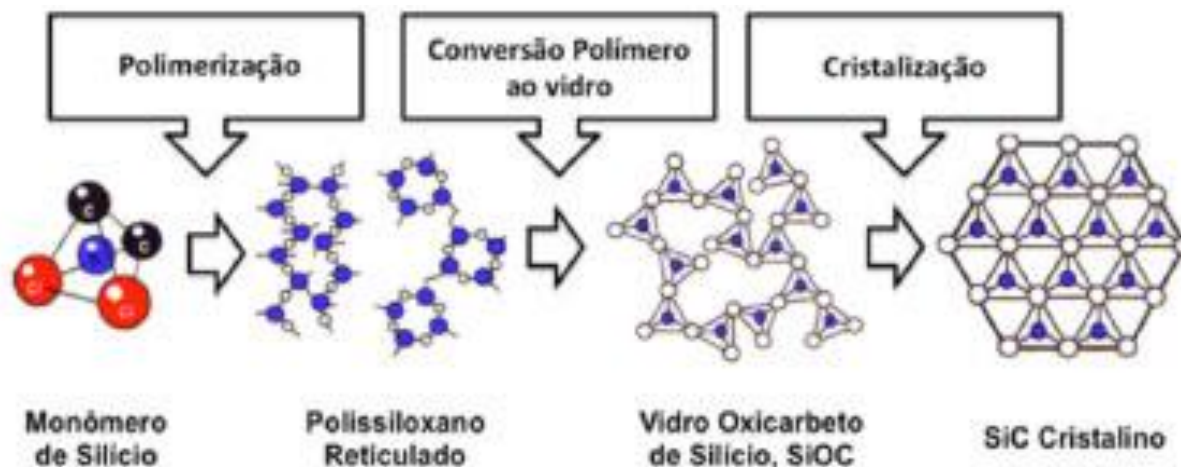


Polímero Atático:



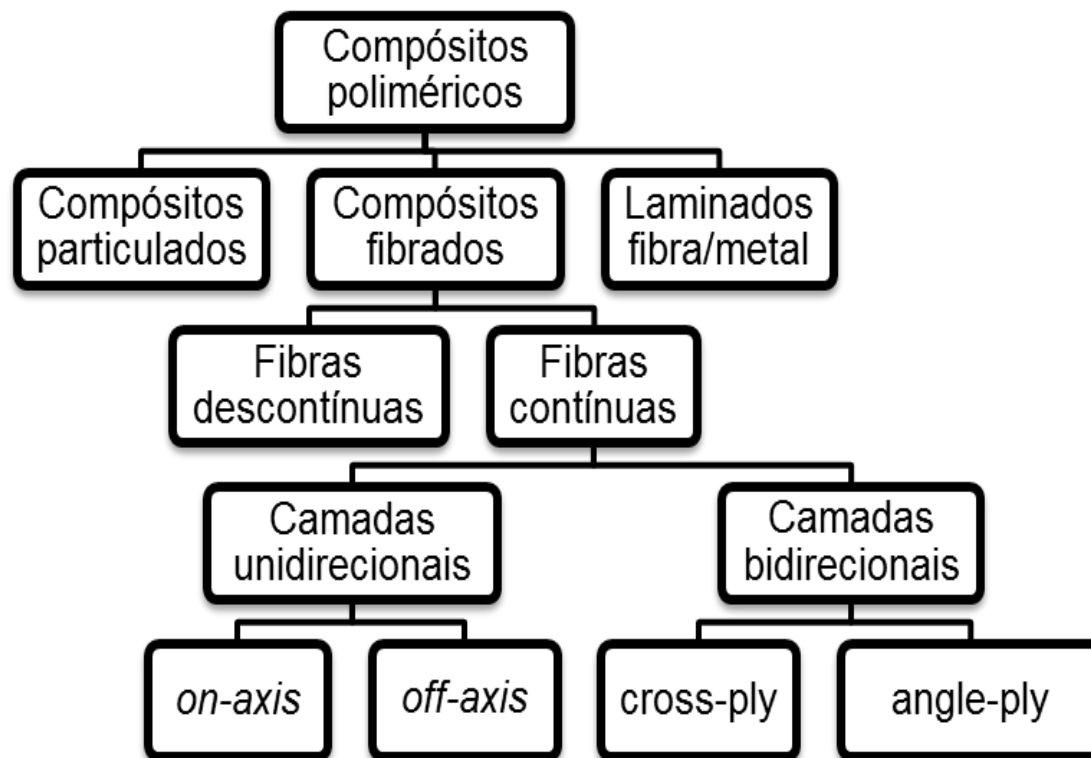
VIDROS

Dentre as várias definições para o vidro o autor (Navarro 1991), ASTM (1037) o definiu como produto inorgânico de fusão com resfriamento numa condição rígida sem cristalização. Já (Shelby1997), define o vidro como sólido amorfo com ausência completa de ordem, com uma transição vítrea[22]



□ COMPOSITOS

União de dois ou mais materiais com um resultado melhor em relação as características iniciais de cada material



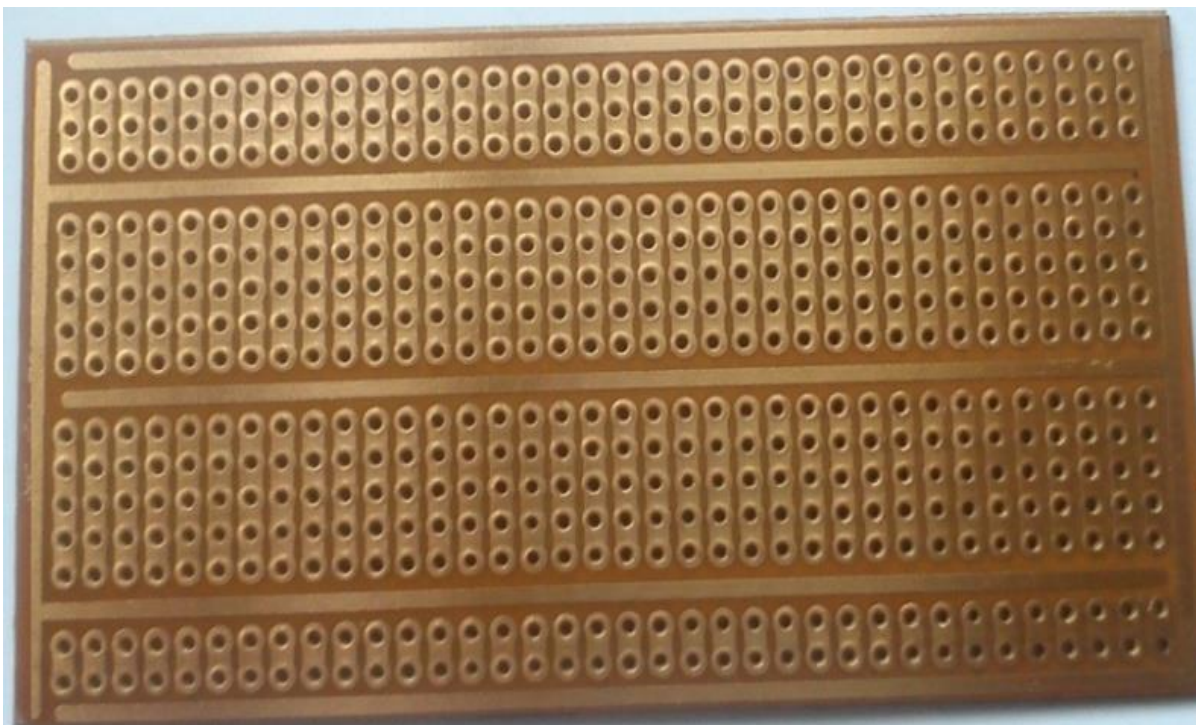
❑ PLACAS DE PCI (INDUSTRIALIZADA)

❑ A Placa de circuito impresso é o componente mais básico e mais comum de uso na indústria eletrônica para construção de circuitos eletrônicos.

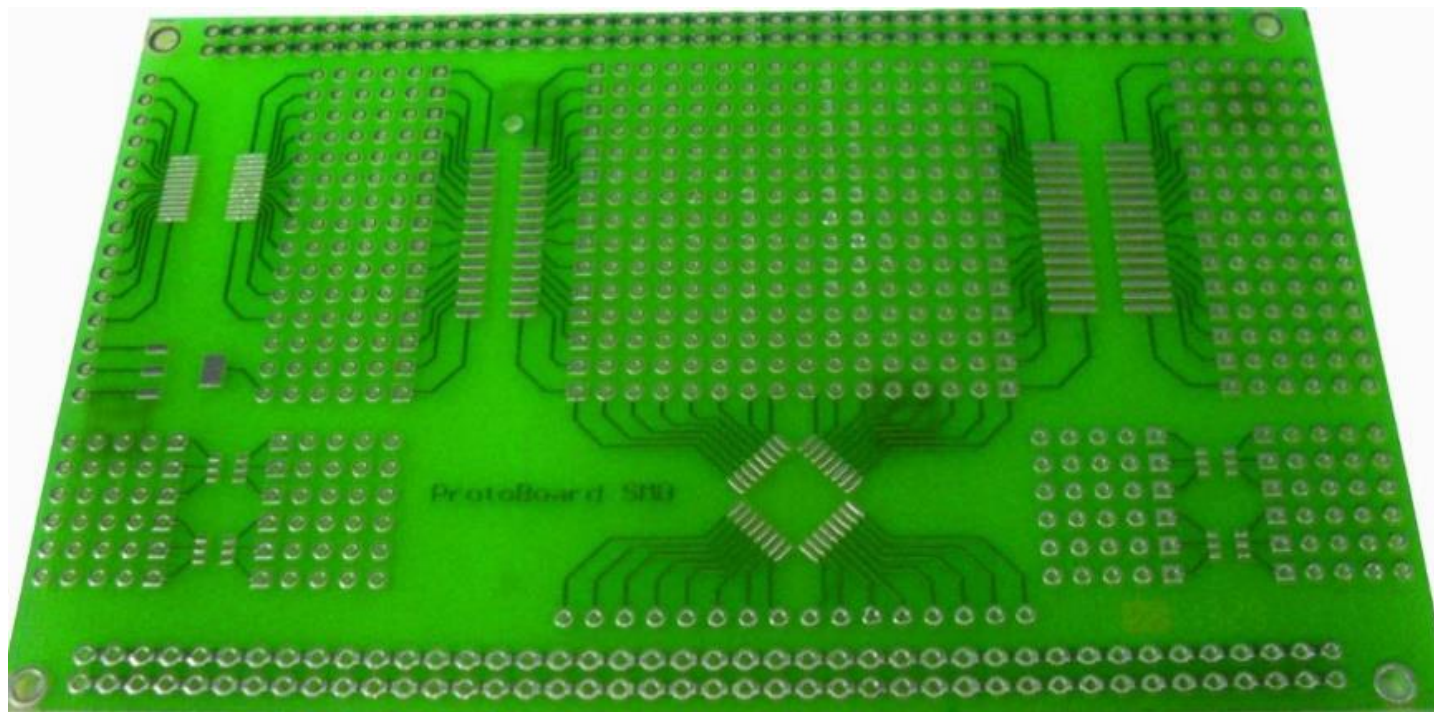
COMPOSIÇÃO:

- resina fenólica/ papel picado ou de serragem de madeira origina-se a placa de fenolite
- resina epóxi possuindo internamente uma fina camada de fibra de vidro
- utilização de uma camada fina de um condutor estampado na placa;
- Camada constituída de Material Isolante;
- Esta Camada une os componentes fixados por solda, substituindo assim a fiação;

PLACAS DE FENOLITE



PLACAS DE FIBRA DE VIDRO



❑ COMPARAÇÃO DE MATERIAIS UTILIZADOS NAS PLACAS

<u>Comparação entre materiais usados nas placas</u>					
Tipo	Custo	Resistência Mecânica	Resistência Térmica	Isolação Galvânica	Resistência à fusão
Fenolite	Baixo	Razoável	Baixa*	Baixa	Baixa
Fibra de Vidro	Alto	Alta	Alta	Alta	Alta

*no caso de queima e carbonização, o fenolite torna-se condutor

ELEMENTOS CONTIDOS NA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

[illegible]

	Elementos constituintes da solda
	Elementos presentes nos dielétricos (Constituinte dos condensadores)
	Elementos presentes nos retardadores de chama
	Elementos presentes nos contactos das placas de circuito impresso (PCB)
	Elementos usados para o isolamento e chapa
	Elementos constituintes da base dos semicondutores

DESTAQUES

Matrizes poliméricas

- Em materiais compósitos temos como base as matrizes. Matriz Polimérica tem como denominação um determinado material formado por misturas em proporções adequadas e resinas, sempre buscando boas propriedades mecânicas e resistência química de excelência (MARINUCCI, 2011).
- Embora as propriedades mecânicas dos compósitos sejam denominadas pelo elemento fibroso, a matriz deve ser selecionada de acordo com as necessidades relacionadas a processabilidade e desempenho (MONTORO, 2014).

Matriz utilizada nas placas de fenolite comercial

Resina Fenólica:

Conhecida como primeiros materiais poliméricos termorrígidos, patenteado por A. Smith em 1899.

Produzida a partir de um composto de cumeno, fenol, é derivado de uma alcalização ácido-catalisada do benzeno com o propileno gerando como subproduto a Acetona.

FENOLITE COBREADO

- MATERIAL**

- Com base em papel e resina fenólica e revestido com folha de cobre em uma ou ambas as faces.

- DISPONÍVEL EM**

- Chapas.

- DESCRIÇÃO DO PRODUTO**

- Desenvolvido desde o início da década de 60, é apresentado em diferentes tipos, com variadas

- propriedades anti-chamas. O mais utilizado é o tipo SIII cobreado, graduado internacionalmente pela

- Norma NEMA XXXPC. Este produto é utilizado na produção de circuitos impressos convencionais para

- rádios, amplificadores, telefones, joysticks, controle remoto e vários brinquedos e aparelhos eletrônicos

- "comuns".

•PRINCIPAIS PROPRIEDADES

- Boas características elétricas;
- Antichama;
- Alta resistência à solda e ao deslocamento do cobre;
- Excelente valor de estampagem;
- Estabilidade dimensional.

CARACTERISTICAS DA FENOLITE PRODUZIDA PELA EMPRESA VICK

ENSAIO		C-2X
Peso Específico	g/cm ³	1,35
Absorção de água	%	---
Dureza Rockwell M	---	100
Delaminação, mm ³	Kg	500
Resistência Flexão 1	N/mm ²	120
Resistência Tração 2	N/mm ²	90
Resistência Compressão	N/mm ²	140
Rigidez Dielétrica, per. 1	kV/mm	24
Rigidez Dielétrica, par. 3	kV	40
Res. Isolação, cond	M Ω	20.000
Const. Dielétrica 1MHz		4.5

Matrizes para Base do desenvolvimento do compósito proposto

Poliestireno de Alto Impacto (HIPS)

- **CARACTERÍSTICAS**

- Média Fluidez e bom equilíbrio entre rigidez e impacto

- **PROCESSAMENTO DO PRODUTO**

- extrusão e termoformagem ou por injeção

- **PRINCIPAIS APLICAÇÕES:**

- eletroeletrônicos e para embalagens

Tabela 06: Propriedades do HIPs 825 da INNOVA

PROPRIEDADES PROPERTIES	ISO			ASTM		
REOLÓGICA RHEOLOGICAL	Norma Method	Unidade Unit	Valor Value	Norma Method	Unidade Unit	Valor Value
Índice de fluidez (200°C, 5 kg) Melt flow rate (200°C, 5 Kg)	1133	g/10 min	5.5	D-1238	g/10 min	5.5
MECÂNICAS MECHANICAL						
Resistência à tração na ruptura Tensile stress at break	527	MPa	25	D-638	MPa	23
Alongamento na ruptura Tensile strain at break	527	%	45	D-638	%	40
Módulo elástico por tração Tensile modulus	527	MPa	2200	D-638	MPa	2100
Resistência à flexão Flexural strength	178	MPa	50	D-790	MPa	52
Resistência impacto IZOD, entalhado (4 mm) IZOD impact strength, notched (4 mm)	180/1A	kJ/m ²	9	-	-	-
Resistência impacto IZOD, entalhado (3,2 mm) IZOD impact strength, notched (3.2 mm)	-	-	-	D-256	J/m	110
TÉRMICAS THERMAL						
Temperatura de deflexão sob carga (1,8 MPa, 120°C/h) Deflection temperature under load (1.8 MPa, 120°C/h)	75	°C	90	D-648	°C	90
Temperatura de amolecimento vicat (1 kg, 50°C/h) Vicat softening point (10 N, 50°C/h)	306	°C	96	D-1525	°C	96
FÍSICAS GENERAL						
Densidade Density	1183	g/cm ³	1.04	D-792	g/cm ³	1.04
Contração no molde Molding shrinkage	294	%	0.4 - 0.7	D-955	%	0.4 - 0.7
Resistência à chama - espessura 1,5 mm Flame behavior - thickness 1.5 mm	UL-94	Classe Class	HB	UL-94	Classe Class	HB

Fonte: Boletim Técnico da Innova PT-4-5-0001

(ABS)

•PROPIEDADES:

- processabilidade, resistência térmica, brilho e resistência mecânica

•CARACTERÍSTICAS:

- copolímero grafitizado de estireno-acrilonitrila, formado na presença de polibutadieno

•PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

- Resina utilizada nas Indústrias de linha pesada, extrusão de Perfis, Chapas e produtos termoformados.

Tabela 07: Propriedades ABS Ae 8000 da INNOVA

FICHA TÉCNICA TECHNICAL DATA		ABS FORNECIDO POR FORMOSA CHEMICALS & FIBRE CORPORATION, TAIWAN SUPPLIED BY FORMOSA CHEMICALS & FIBRE CORPORATION, TAIWAN		AE8000 Rev.: 07 - JAN/2016	
PROPERTY	UNIT	TEST METHOD	TEST CONDITION	AE8000	
Tensile Strength	kg/cm ² {MPa}	ASTM D-638 {ISO 527}	23°C	440 {43}	
Flexural Strength	kg/cm ² {MPa}	ASTM D-790 {ISO 178}	23°C	700 {69}	
Flexural Modulus	kg/cm ² {MPa}	ASTM D-790 {ISO 178}	23°C	23000 {2260}	
Rockwell Hardness	R-Scale	ASTM D-785 {ISO 2039/2}	23°C	R-100	
Izod Impact Strength	kg-cm/cm {J/m}	ASTM D-256 {ISO R180}	23°C 1/4" bar	40 {392}	
Vicat Softening Temperature	°C	ASTM D-1525 {ISO 306}	1 kg load	102	
Heat Deflection Temperature	°C	ASTM D-648 {ISO 75/A}	Unannealed 18.6 kg/cm ² {112" bar}	86	
			Annealed {80°C x 8h}	96	
Melt Flow Index	g/10 min	ASTM D-1238 {ISO 1133}	200°C x 5kg {49}	-	
			220°C x 10kg {98N}	5	
Specific Gravity	g/cm ³	ASTM D-792 {ISO 1183}	23°C/23°C	1.04	
Flammability	-	UL-94	FILE NO. E162823	1.5 mm HB All Color	

Fonte: Boletim Técnico da Innova 56a7c10441e67

(SAN)

- **PROPIEDADES:**

- processabilidade e resistência térmica

- **CARACTERÍSTICAS:**

- copolímero grafitizado de estireno-acrilonitrila

- **PRINCIPAIS APLICAÇÕES:**

- Resina de Alta Fluidez, usada em utilidades domésticas, Eletroeletrônicos e Embalagens para cosméticos.

Tabela 08: Propriedades SAN NF2200 da INNOVA

FICHA TÉCNICA TECHNICAL DATA		SAN FORNECIDO POR FORMOSA CHEMICALS & FIBRE CORPORATION, TAIWAN SUPPLIED BY FORMOSA CHEMICALS & FIBRE CORPORATION, TAIWAN		NF2200 Rev.: 07 JAN/2016	
PROPERTY	UNIT	TEST METHOD	TEST CONDITION	NF2200	
Tensile Strength	kg/cm ² {MPa}	ASTM D 638 {ISO 527}	23°C	720 {71}	
Flexural Strength	kg/cm ² {MPa}	ASTM D 790 {ISO 178}	23°C	1200 {118}	
Flexural Modulus	kg/cm ² {MPa}	ASTM D 790 {ISO 178}	23°C	35000 {3430}	
Rockwell Hardness	R Scale	ASTM D 785 {ISO 2039/2}	23°C	M 78	
Izod Impact Strength	kg cm/cm {J/m}	ASTM D 256 {ISO R180}	23°C 1/4" bar	1,7 {17}	
Heat Deflection Temperature	°C	ASTM D 648 {ISO 75/A}	Unannealed 18,6 kg/cm ² {1/2" bar}	92	
Melt Flow Index	g/10 min	ASTM D 1238 {ISO 1133}	200°C x 5kg {49 N}	2,9	
			220°C x 10kg {98 N}	2,9	
Specific Gravity	g/cm ³	ASTM D 792 {ISO 1183}	23°C/23°C	1,06	
Flammability		UL 94	FILE NO. E162823	1,5 mm HB All Color	

Fonte: Boletim Técnico da Innova 56a7b7228739c

OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Processamento e caracterização de compósitos: compósito com matriz de Poliestireno de Alto Impacto (HIPs), Acrilonitrilo Butadieno estireno (ABS) e Estireno Acrilonitrilo (SAN) com reforço de pó de vidro. Esse trabalho se baseia na possibilidade de estudar a caracterização de novos compósitos contribuindo com a Engenharia de Materiais no desenvolvimento de um material capaz de atender as mesmas características do atual, oferecendo novas alternativas em relação às placas confeccionadas por Fenolite e Fibra de Vidro.

OBJETO DE ESTUDO

Desenvolvimento de compósitos que apresentem mesmas ou se aproximem das características do material comercial, oferecendo novas alternativas.

FLUXO DE ATIVIDADES

**Escolha do
Orientador e
discursão do tema**

**Apresentação da
Proposta de
trabalho na
disciplina
Seminários**

**Estudo e Revisão
Bibliográfica**

**Aquisição dos
Materiais junto as
Empresas Hexion e
Innova**

1

**Ensaio de
granulometria do
Pó de Vidro**

1

**Processamento dos
Materiais no
Laboratório L06
FOA**

**Ensaio de
caracterização dos
compósitos
(TGA;DSC;PICNO
METRIA DE
HELIO:MO: MEV**

2

**Defesa da
Dissertação**

GRANULOMETRIA DO VIDRO

Figura 21: Pó de vidro em granulometria recolhida nas esteiras de Processo



Fonte: O Autor

GRANULOMETRIA DO VIDRO

Figura 22: Peso do Pó de Vidro



Fonte: O Autor

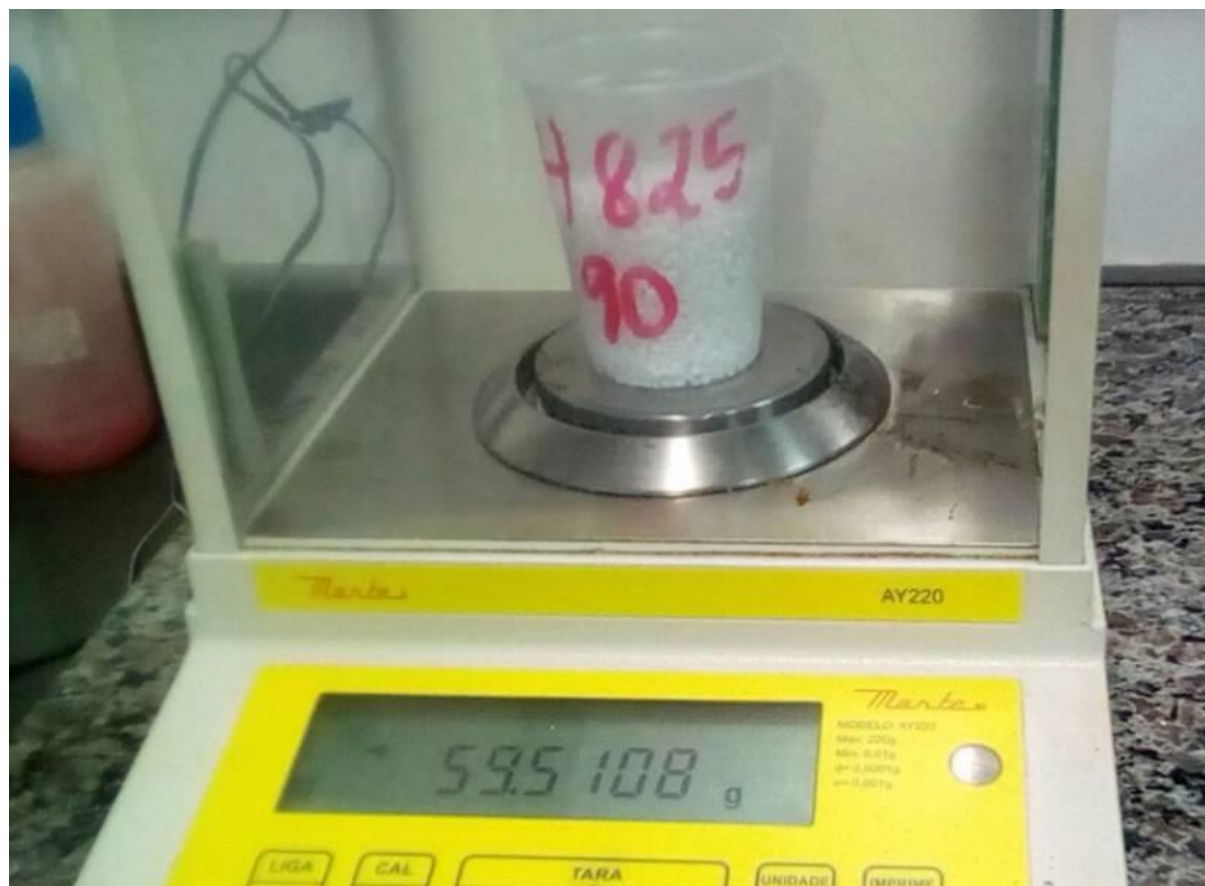
GRANULOMETRIA DO VIDRO

Tabela 09: Teste granulométrico Pó de vidro

TIPO PENEIRA		PESO PENEIRA VAZIA	PESO COM MATERIAL RETIDO	MATERIAL RETIDO EM CADA PEN	PESO TOTAL DO MATERIAL MED 300 g
PENEIRA 20	850 μm	449,81 g	449,92 G	0,11 g	0,04%
PENEIRA 30	600 μm	325,64 g	325,94 G	0,3 g	0,10%
PENEIRA 40	425 μm	403,33 g	411,03 G	7,7 g	2,57%
PENEIRA 50	300 μm	348,00 g	441,60 G	93,6 g	31,20%
PENEIRA 100	150 μm	344,38 g	485,92 G	141,54 g	47,18%
PENEIRA 200	75 μm	313,92 g	353,99 G	40,07 g	13,36%
FUNDO		414,81 g	431,45 g	16,84 g	5,61%

Fonte: O Autor

PROCESSO DE PESAGEM DOS MATERIAIS



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLASTICOS

As misturas destes materiais foram realizadas no Laboratório L-09 – LAB de Ensaaios de Materiais no UniFOA.

Neste processo foi realizada a mistura dos materiais termoplásticos utilizados como matrizes (HIPS, ABS e SAN) com o material de reforço Pó de vidro na Granulometria de 150 μm , em proporções definidas durante nossa pesquisa, pois não foram encontradas nas bibliografias utilizadas e outras pesquisadas trabalhos desta natureza que pudessem nos fornecer um norte.

Os termoplásticos, utilizados como base de nosso material, foram pesados nas proporções de 90%, 85% e 80%, respectivamente 63g, 59,5g e 56g. tendo como reforço o Pó de vidro também adicionado nas proporções de 10%, 15%, e 20% respectivamente 7g, 10,5g e 14g.

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS

Esta mistura foi realizada no equipamento, misturador da MH equipamentos Ltda.

Figura 22: Misturador Homogeinizador



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS HIPS PURO E PÓ DE VIDRO



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS

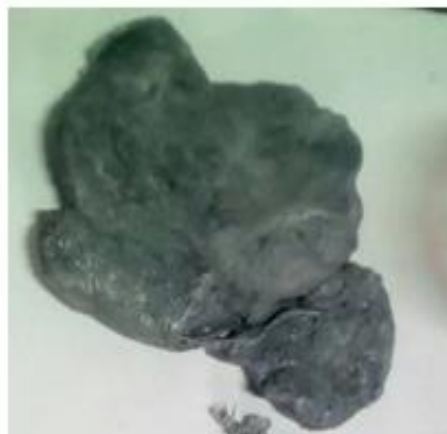


Figura 24: 90%HIPS E 10%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 25: 85%HIPS E 15%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 23: 80%HIPS E 20%
VIDRO



Fonte: O Autor



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS ABS PURO E PÓ DE VIDRO



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS



Figura 26: 90%ABS E 10%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 27: 85%ABS E 15%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 28: 80%ABS E 20%
VIDRO

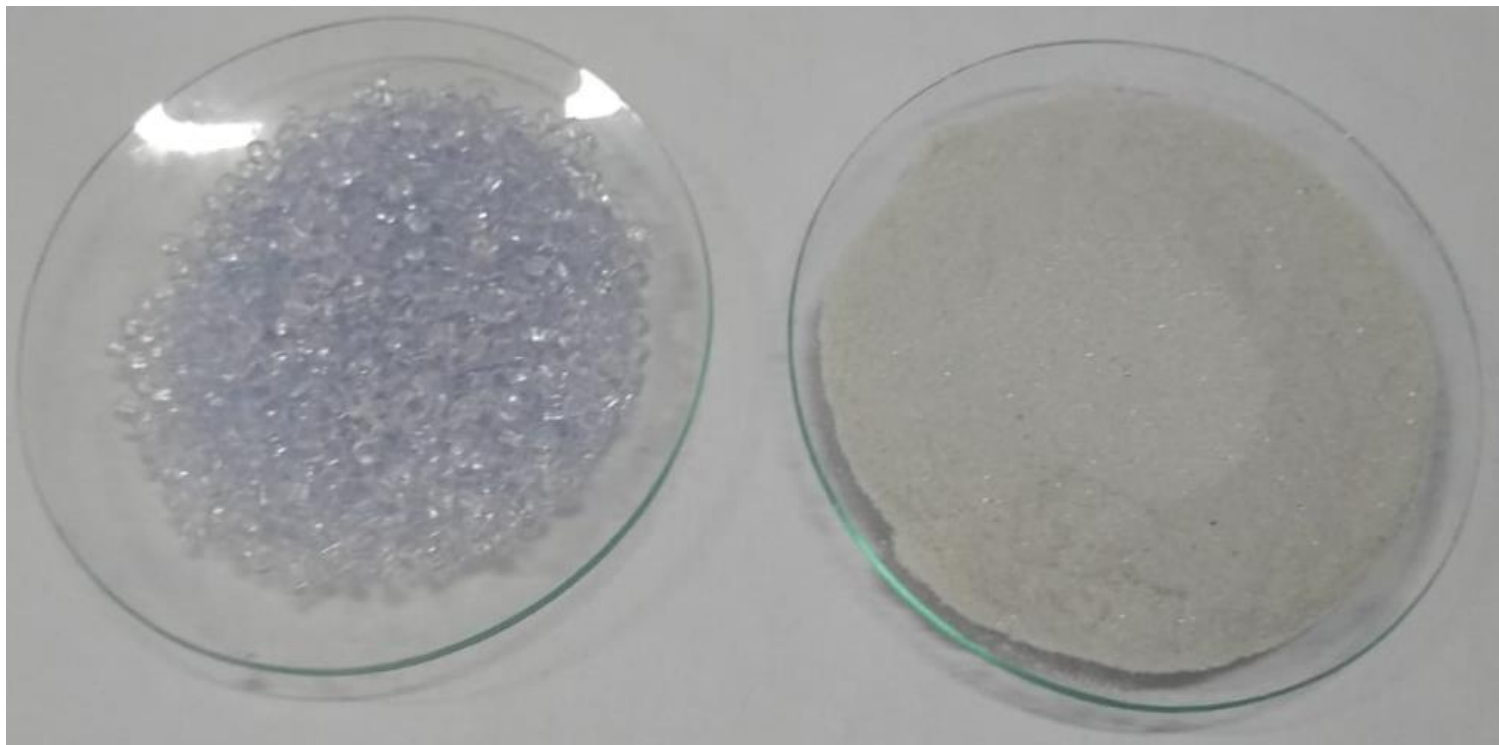


Fonte: O Autor



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS SAN PURO E PÓ DE VIDRO



Fonte: O Autor

PROCESSO DE MISTURA DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS



Figura 29: 90%SAN E 10%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 30: 85%SAN E 15%
VIDRO



Fonte: O Autor

Figura 31: 80%SAN E 20%
VIDRO



Fonte: O Autor

Fonte: O Autor

PROCESSO DE TRITURAÇÕES DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS

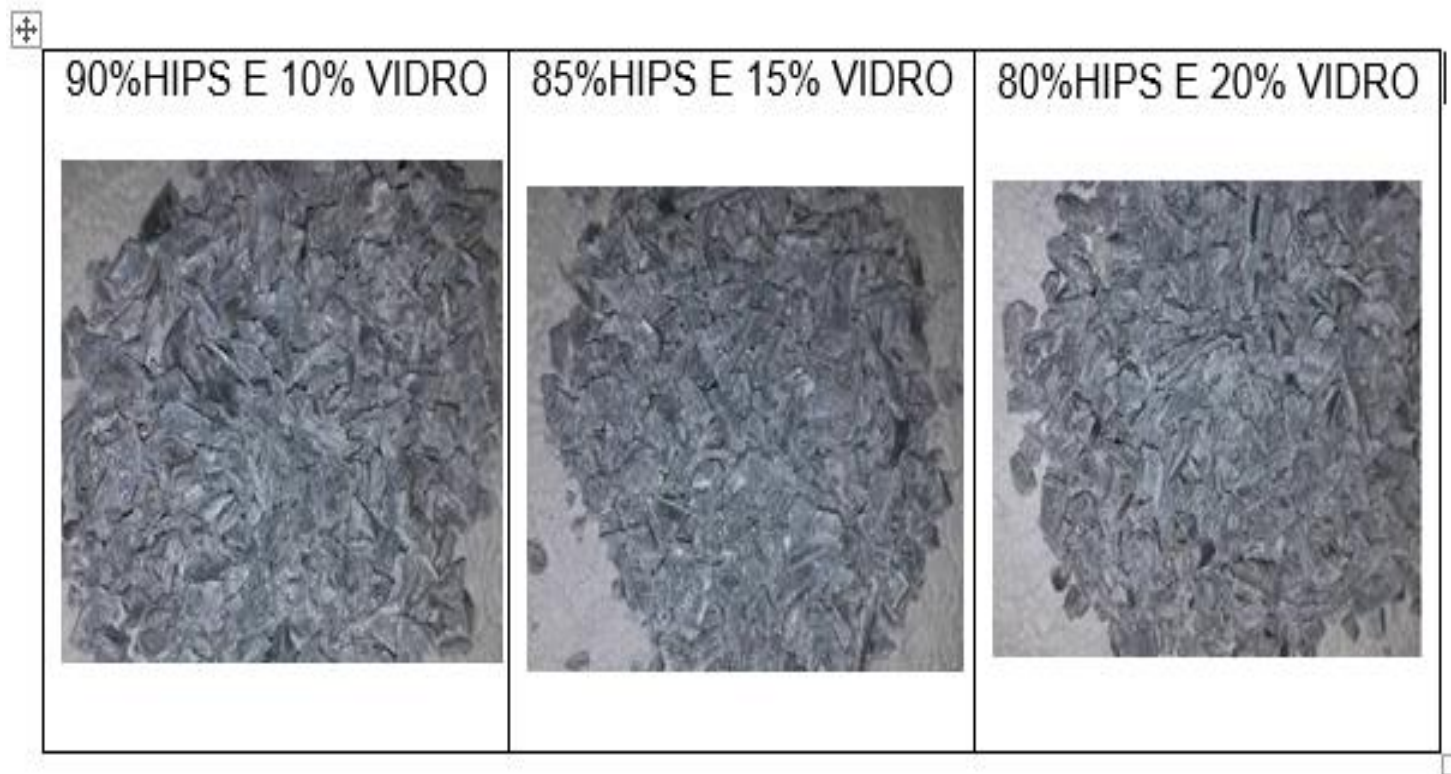
Neste Processo foi realizada a trituração dos Materiais na máquina Plastimax, no Laboratório L-09 – Laboratório de Ensaio de Materiais no UniFOA, passo este como preparação do material para posteriormente ser realizada a injeção.

Figura 32: Máquina de Trituração de Materiais



Fonte: O Autor

PROCESSO DE TRITURAÇÕES DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS



Fonte: O Autor

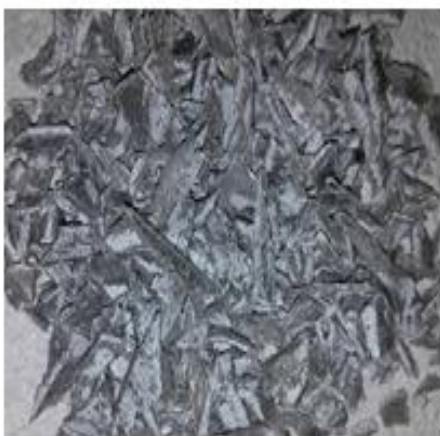
PROCESSO DE TRITURAÇÕES DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS



90%ABS E 10% VIDRO



85%ABS E 15% VIDRO

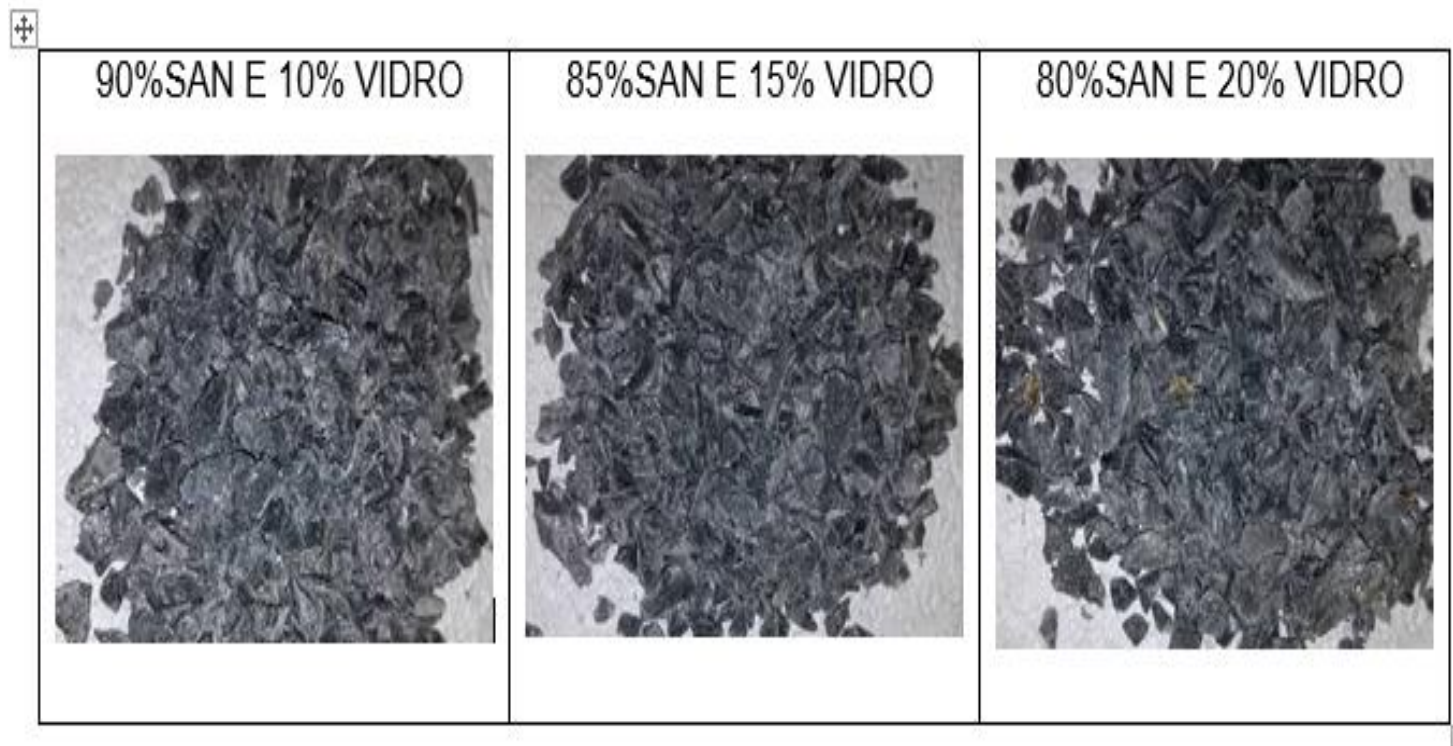


80%ABS E 20% VIDRO



Fonte: O Autor

PROCESSO DE TRITURAÇÕES DOS MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS



Fonte: O Autor

ENSAIOS DE CALORIMETRIA EXPLORATORIA DIFERENCIAL (DSC) – COMPÓSITOS HIPS; ABS E SAN

Os ensaios de calorimetria exploratória diferencial (DSC) das misturas HIPs; ABS e SAN com o pó de vidro foram realizados em um equipamento marca DSC 7 PerkinElmer na UFRJ – COOPE-RJ sob as seguintes condições:

Panela de alumínio padrão;

primeira rampa de aquecimento -10 a 300°C Taxa de aquecimento 20 °C/min;

primeira rampa de resfriamento 300 a -10°C Taxa de resfriamento 50 °C/min;

segunda rampa de aquecimento -10 a 300°C Taxa de aquecimento 20°C/min;

Atmosfera N₂ com Fluxo gasoso 20 mL/min.

ENSAIOS DE TERMOGRAVIMETRIA - TGA

Segundo Gabriela Bueno descreve em seu trabalho, A análise termogravimétrica ou termogravimetria (TGA) pode ser definida como uma técnica termo analítica que verifica uma variação da massa da amostra em função de uma temperatura programada.

Marcilio em sua dissertação de mestrado diz que a termogravimetria é uma técnica muito utilizada na análise de degradação de polímeros e muitos outros materiais, expondo estes materiais a uma temperatura elevada, pode-se algumas vezes alterar a estrutura química e por consequência a estrutura física destes materiais.

ENSAIOS DE PICNOMETRIA DE HELIO

O ensaio foi realizado no Laboratório de Caracterização de Compósitos do DMT/FEG/UNESP. Utilizou-se o Analisador de Densidade Real, marca Quanta Chrome Instruments, modelo UltraFoam 1200 e conforme demonstrado na figura a seguir.



Figura 40 - Analisador de Densidade Real marca Quantachrome Instruments
Fonte: O Autor

ENSAIOS DE PICNOMETRIA DE HELIO

Picnometria de hélio é uma técnica muito utilizada para a obtenção do volume esquelético de um sólido através da redução do fluxo de gás em uma câmara de medida, ocasionada pela presença de um sólido

O hélio é o gás mais utilizado em virtude de o mesmo penetrar facilmente nos poros da amostra, e diante de seu reduzido tamanho dos átomos, propiciando assim a determinação do volume do sólido com mais rigor. Além disso, o gás hélio é inerte. (Gilmara 2016)

antes de iniciar a análise propriamente dita, cada amostra é sujeita a um processo de degaseificação que consiste em purgas com hélio, para remoção de impurezas, umidade e de voláteis que eventualmente possa conter. (Glauce 2017)

MEV – MICROSCOPIA ELETRONICA DE VARREDURA

No ensaio de MEV, foi utilizado o microscópio de marca Hitachi modelo TM3000. Nesse ensaio, foi realizado MEV das partes do compósito triturado. O objetivo do ensaio por meio do MEV foi analisar microestrutura das amostras por meio de microscopia ótica e eletrônica de varredura.



MEV – MICROSCOPIA ELETRONICA DE VARREDURA

- Diferença de potencial emitida para os ensaios foram de 5 Kv;
- Ampliações de 25. 50; 100 e 200 vezes,
- Ensaios foram feitos em ambiente de temperatura controlada de 20°C;
- Não foi realizada a metalização das amostras, mas foi possível obter boas imagens para o desenvolvimento das análises. em função dos compósitos não terem sido metalizados.

MO – MICROSCOPIA ÓTICA

Para a visualização da amostra no Microscópio Óptico (MO) da marca Opton, localizado no UniFOA, foi realizado o embutimento a frio de fragmentos triturados das amostras HIPS; ABS e SAN Puro e das misturas HIPS; ABS e SAN nas proporções 90/10; 85/15 e 80/20. Usou-se lente ocular de 10x e as lentes objetivas de 10x, 20x e 40x, que, juntas, proporcionam as ampliações de 100x, 200x e 400x das amostras.

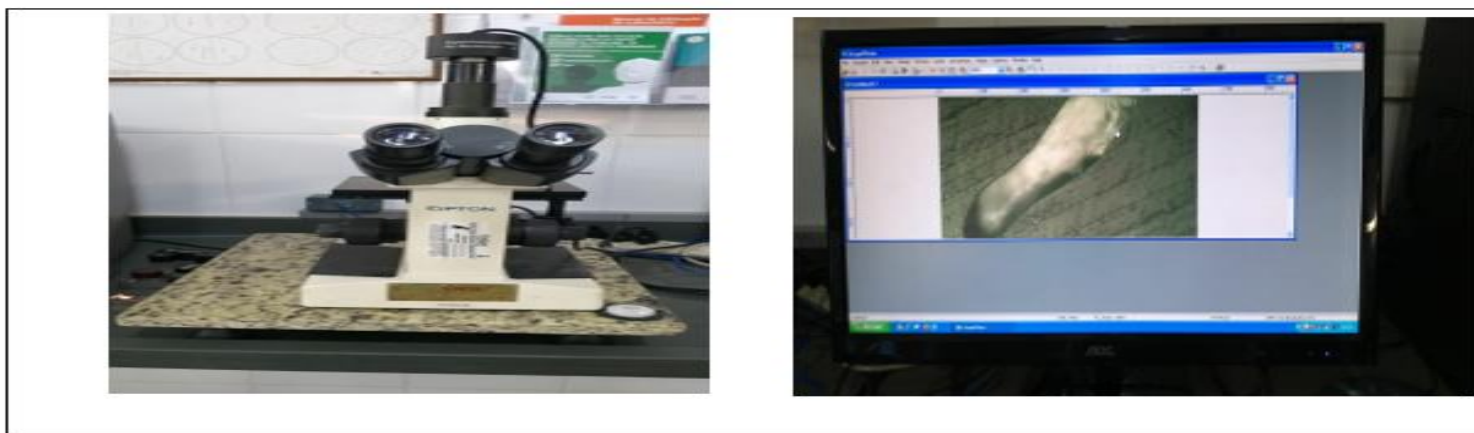


Figura 24 - Microscópio óptico Opton
Fonte: O Autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Esta técnica possibilita conhecer as alterações que o aquecimento pode provocar na massa de substâncias, permitindo estabelecer a faixa de temperatura em que elas adquirem composição química fixa, definida e constante, a temperatura em que começam a decompor, acompanhar o andamento de reações de desidratação (perda de umidade), oxidação, combustão, decomposição, etc (Canevaloro, S. “Técnicas de Caracterização de Polímeros”, Artliber Editora, 2004)).

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

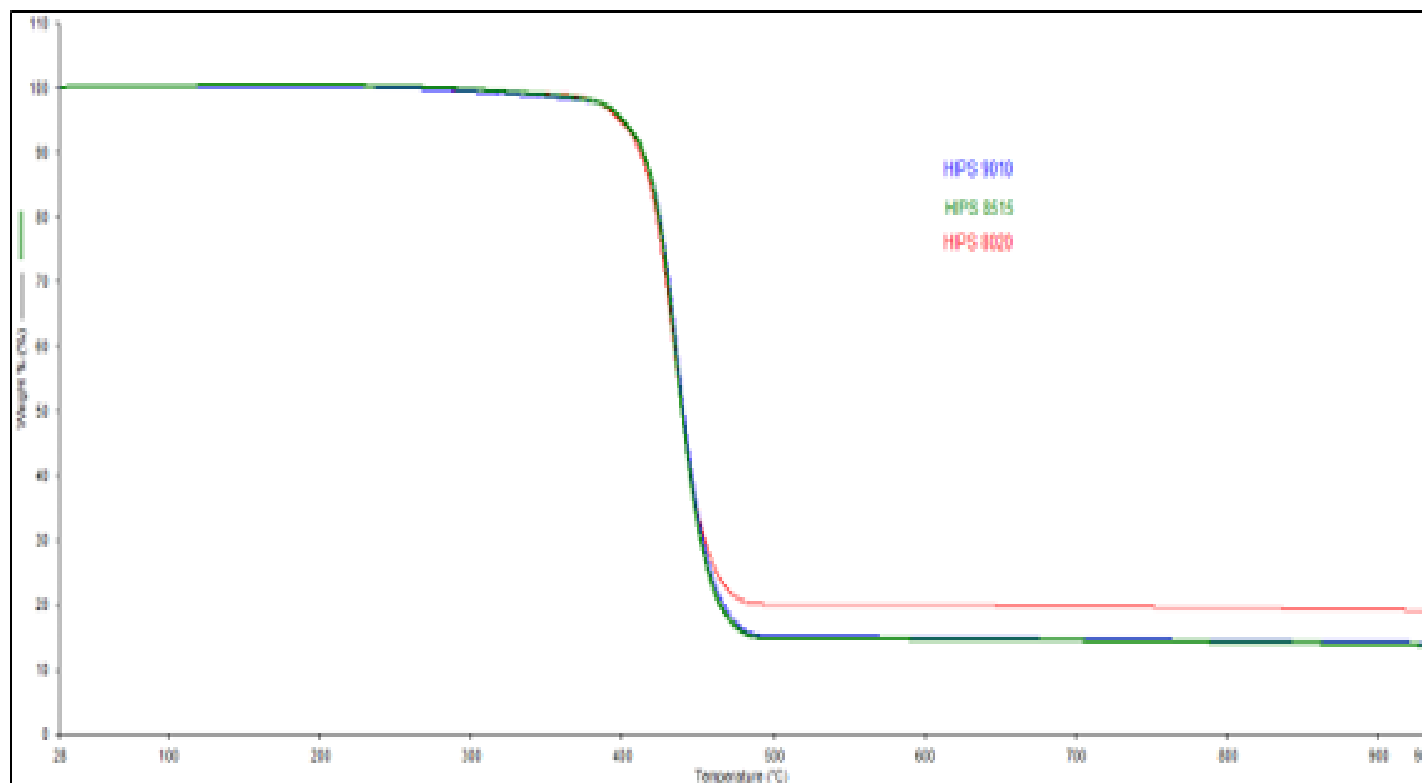


Figura 38 - Análise do HPS 90/10; 85/15 e 80/20 via TGA

Fonte: O Autor

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

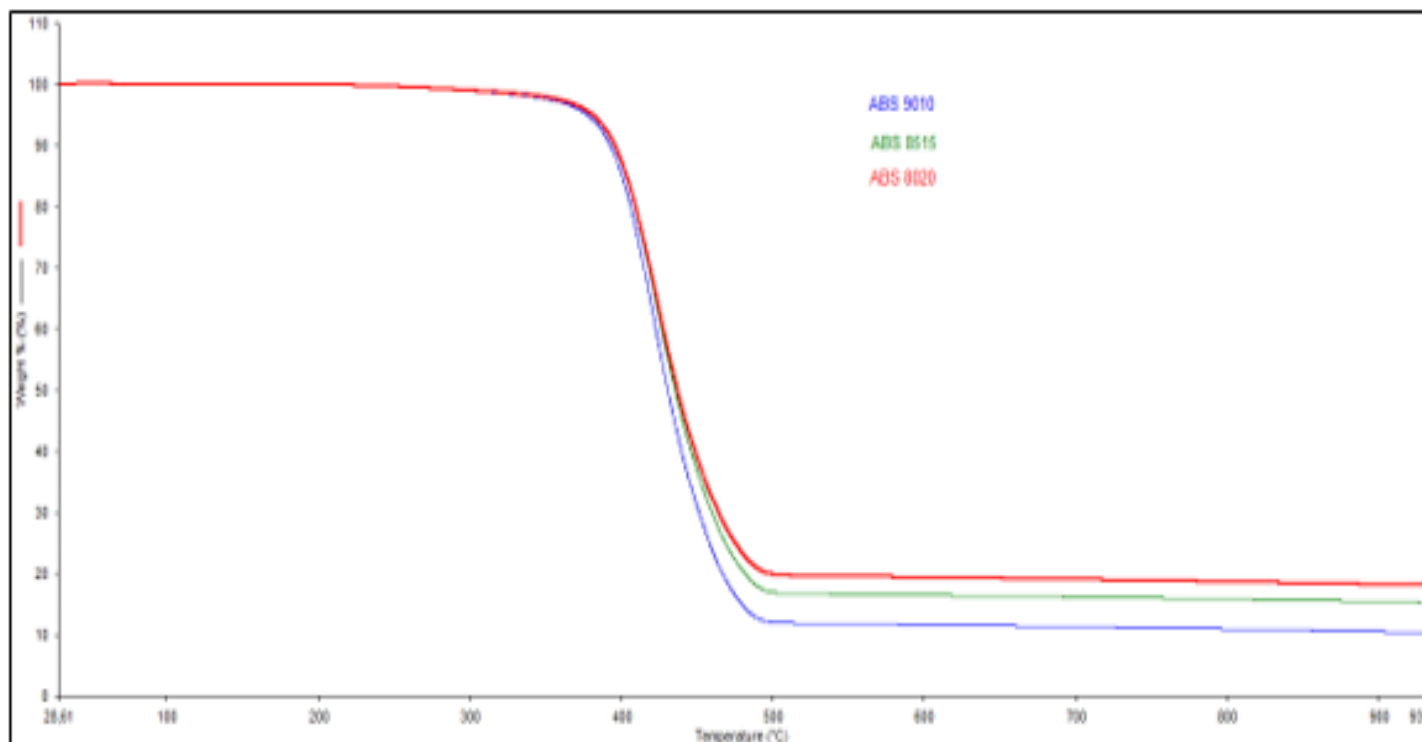


Figura 37 – Análise do ABS 90/10; 85/15 e 80/20 via TGA

Fonte: O Autor

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

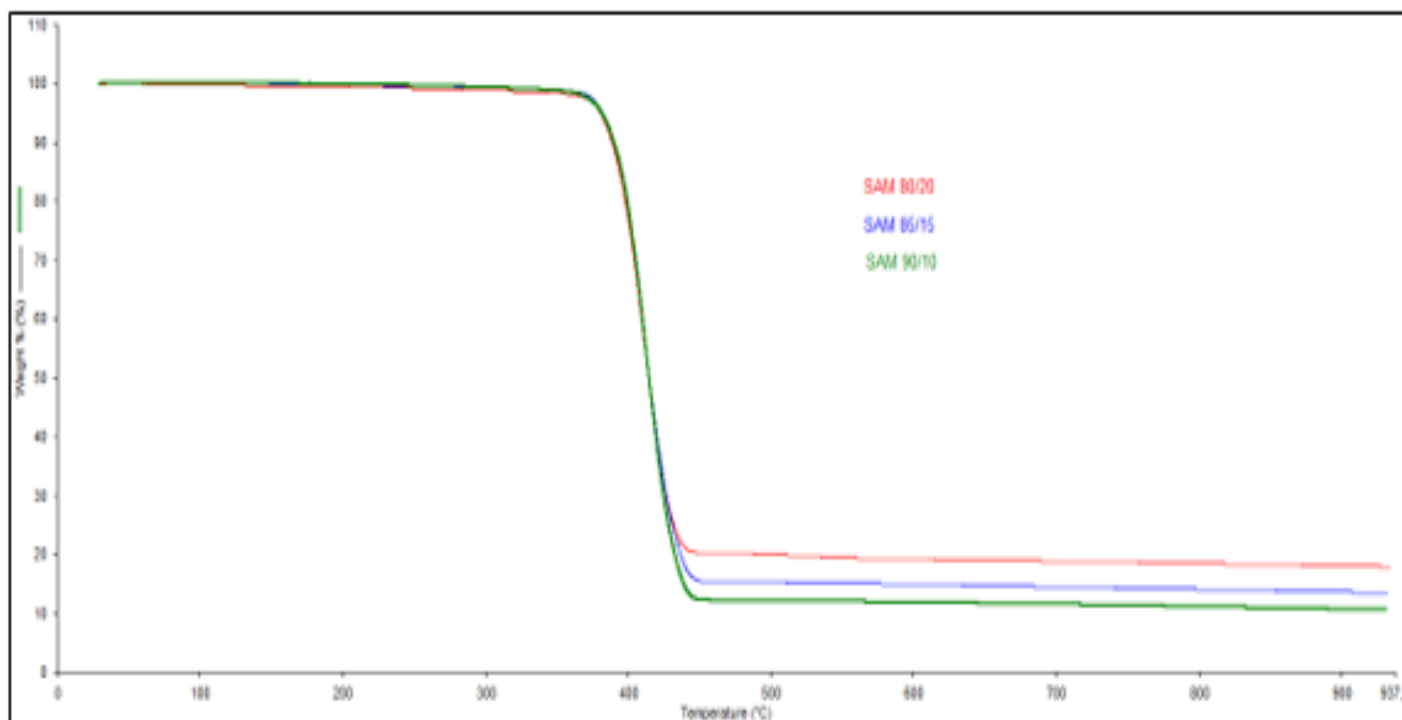


Figura 39 - Análise do SAN 90/10; 85/15 e 80/20 via TGA

Fonte: O Autor

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

- Observou-se apenas um degrau, o que caracteriza a perda de massa de um material puro ou que se comporta como tal. Neste caso, observa-se apenas a degradação do polímero.
- As temperaturas de início de degradação bem como as temperaturas de onset e endset se apresentam coerentes entre si e próximas as temperaturas de degradação dos polímeros estudados que é de 380 a 520 °C para o ABS; 350 à 400°C para o HIPS e 380 à 440°C

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

- a) Os percentuais de resíduo para o ABS (que neste caso é o vidro) estão próximos aos especificados de 10, 15 e 20%, bem como a perda de massa.
- B) Para o HIPS e o SAN, entretanto, apresenta um % de resíduos para as amostras do HIPS 9010 e do HIPS 8515, acima e abaixo, respectivamente, de que era esperado (10 e 15%). Isto pode ter ocorrido devido a uma amostragem não representativa, uma vez que para esta análise usa-se apenas 10 mg da amostra, ou uma não homogeneidade na amostra.

Fonte: (AUTOR

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Tabela 7 – Análise de TGA dos Compósitos

	ABS 9010	ABS 8515	ABS 8020	HIPS 9010	HIPS 8515	HIPS 8020	SAN 9010	SAN 8515	SAN 8020
Ti (°C)	217,93	216,47	221,53	215,37	216,34	220,45	3335,27 °C	325,65 °C	322,92 °C
Onset (°C)	390,42	392,90	388,85	414,05	413,98	412,29	3390,88 °C	390,42 °C	387,21 °C
Endset (°C)	464,97	466,53	465,99	459,73	456,87	458,16	4432,58 °C	390,42 °C	430,68 °C
Perda de massa entre 30 e 920°C (%)	89,5738	84,6721	81,9137	85,8752	86,2860	80,8925	89,4597%	86,5051%	81,9327%
Resíduo a 900°C (%)	10,5879	15,4591	18,2378	14,2604	13,8453	19,2662	110,6737 %	13,6583 %	18,0947 %
Número. de perdas	11	11	11	11	11	11	1	1	1

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - HIPS

Com uma composição baseada no poliestireno, este material apresenta uma transição vítrea próximo a 110°C, conforme observado durante as análises (Tabela 9) (Figuras 33 a 36).

Tabela 6 - Temperaturas de transições vítreas no ponto médio do HIPS e dos compósitos estudados.

Material	T _g do poliestireno (°C)
HIPS puro	105,85
HIPS 80-20	108,12
HIPS 85-15	107,94
HIPS 90-10	106,56

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - HIPS

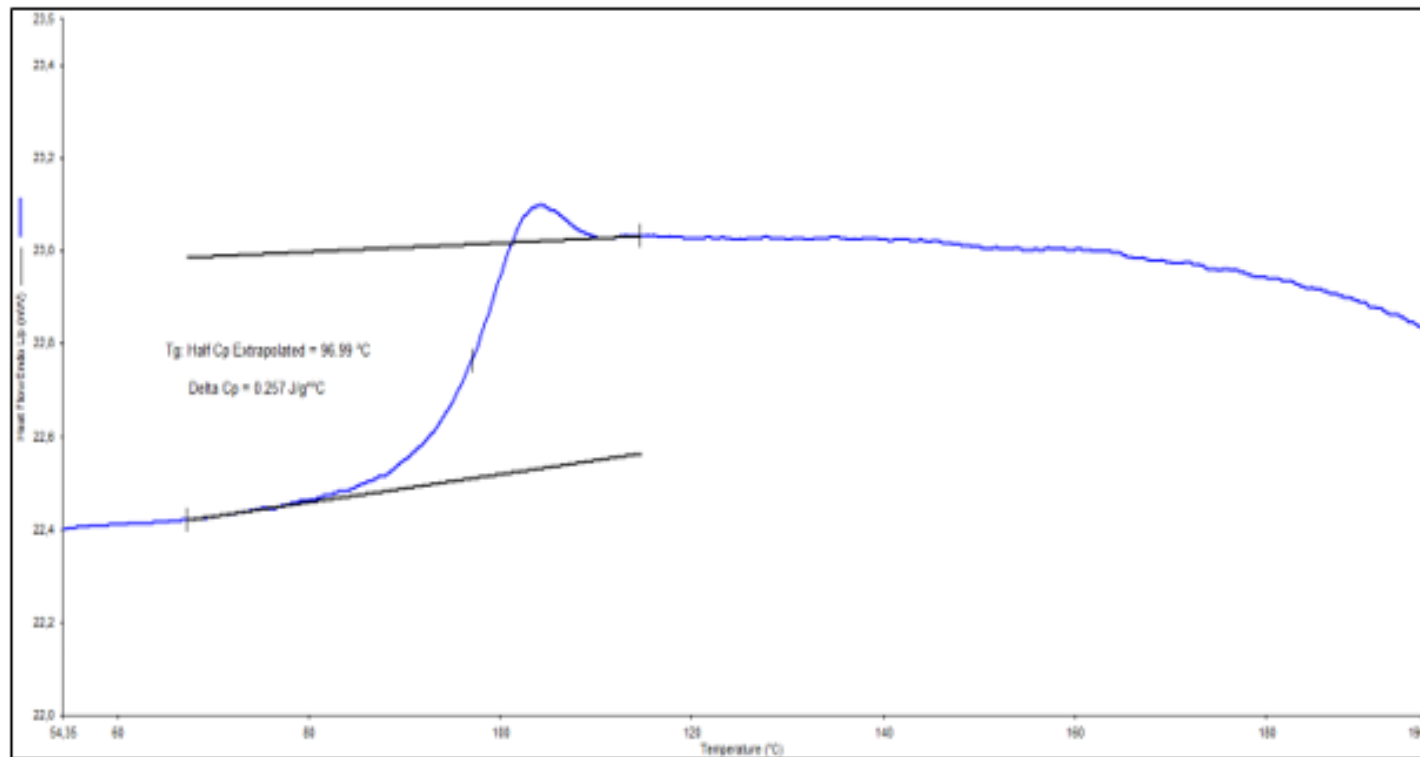


Figura 33 - Análise do HIPS puro via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - HIPS

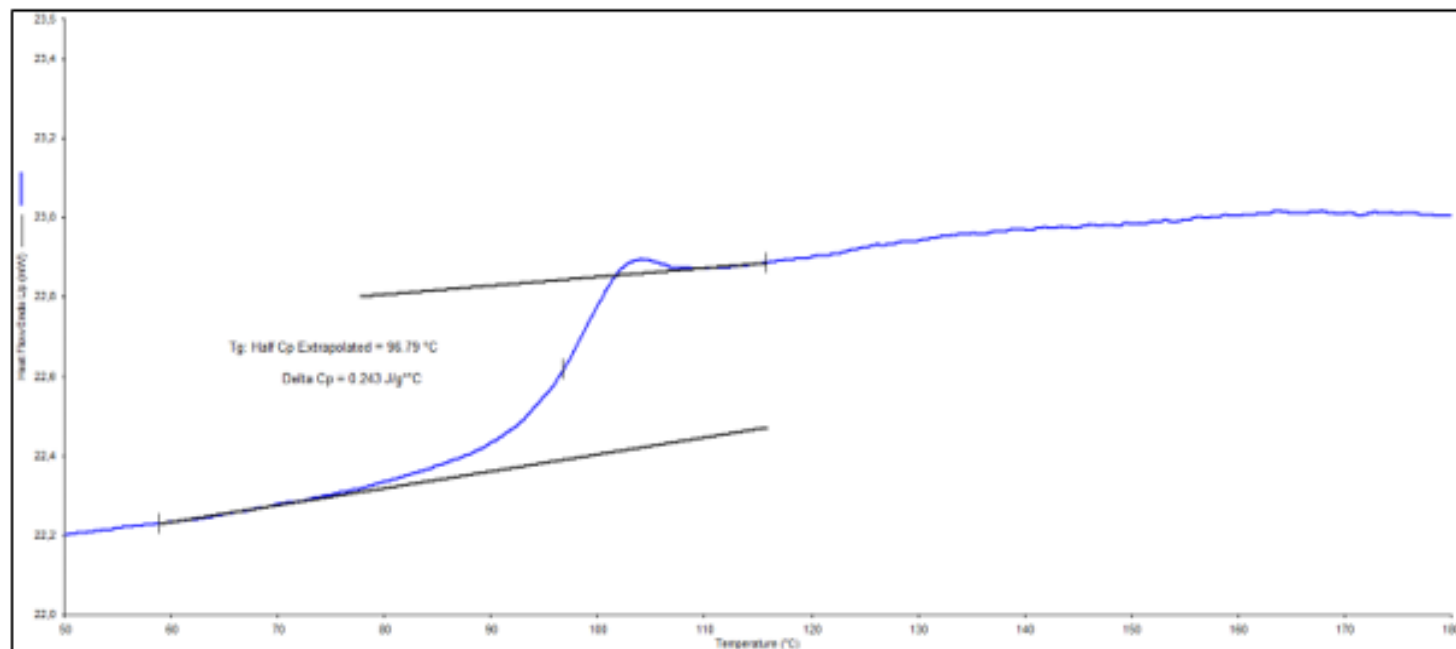


Figura 34 - Análise do HIPS 80-20 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - HIPS

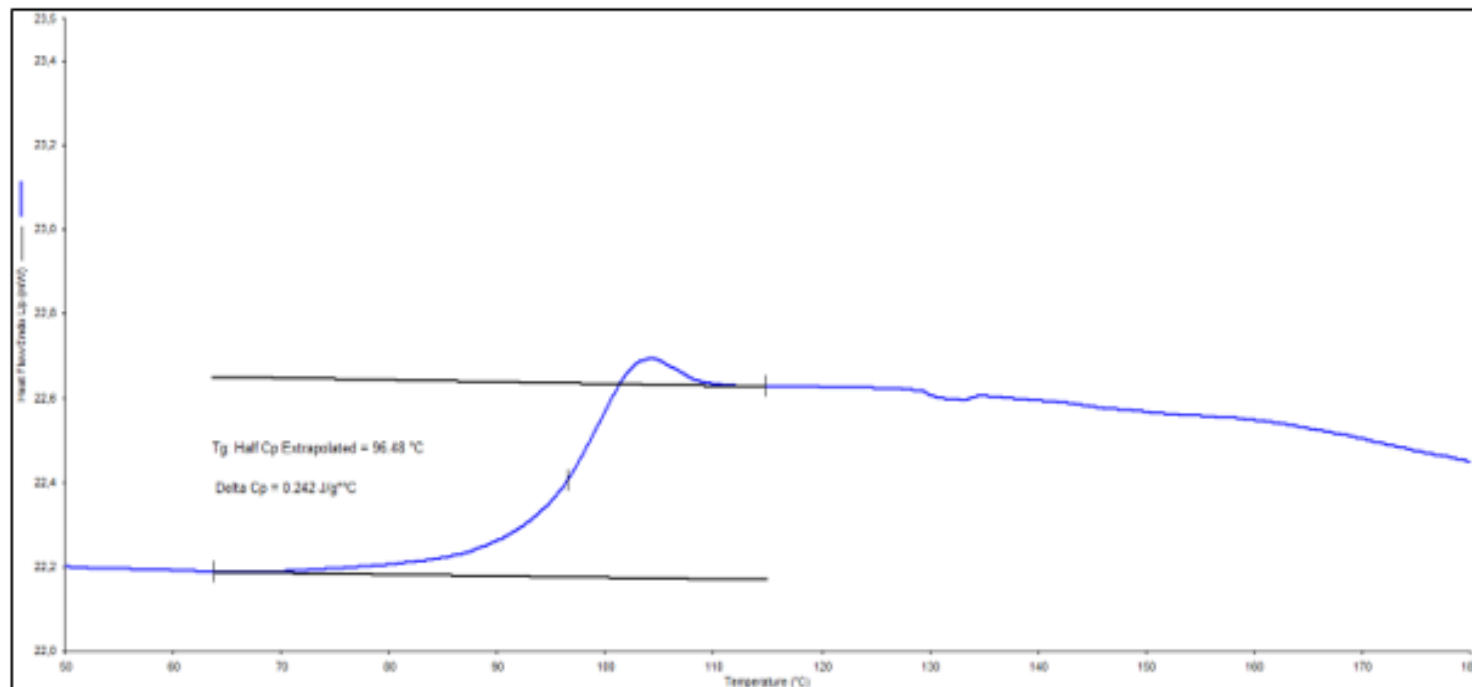


Figura 35 – Análise do HIPS 85-15 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - HIPS

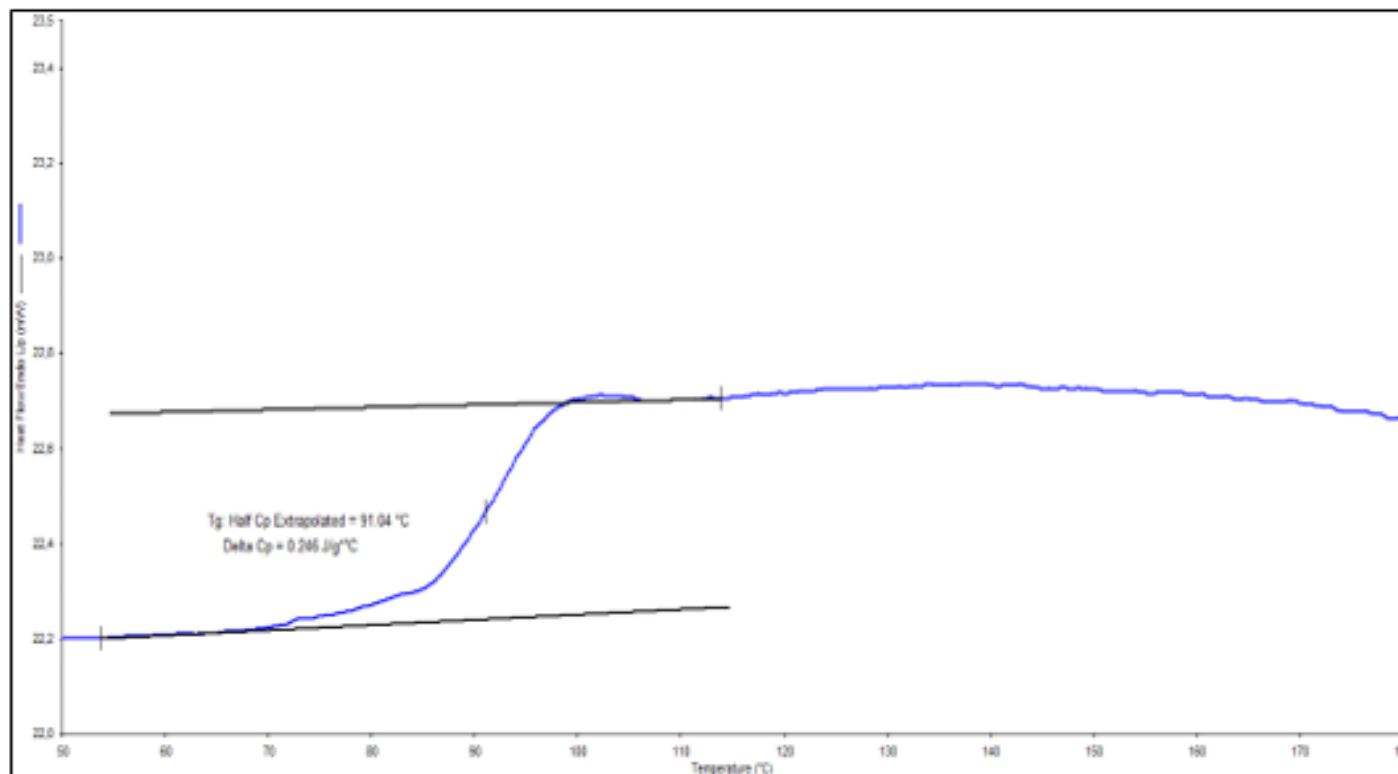


Figura 36 – Análise do HIPS 90-10 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - ABS

- O segundo efeito térmico corresponde a uma transição vítrea decorrente do poliestireno e ocorreu em torno de 112°C para as amostras estudadas (Tabela 7) (Figuras de 25 a 28).
- O primeiro efeito ocorre em torno de -85°C e não está presente em todos os polímeros do tipo ABS pois corresponde a transição vítrea do polibutadieno e depende da sua quantidade na composição do polímero. Entretanto, este efeito térmico não pode ser observado nas amostras testados devido as limitações de resfriamento do equipamento utilizado para análise.

Tabela 4 – Temperaturas de transições vítreas no ponto médio e do pico no polímero ABS puro e dos compósitos estudados.

Material	Tg do polibutadieno (°C)	Tg do poliestireno (°C)	Temperatura de pico da poliacrilonitrila (°C)
ABS puro	---	112,04	130,07
ABS 80-20	---	112,43	---
ABS 85-15	---	111,37	---
ABS 90-10	---	112,04	---

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - ABS

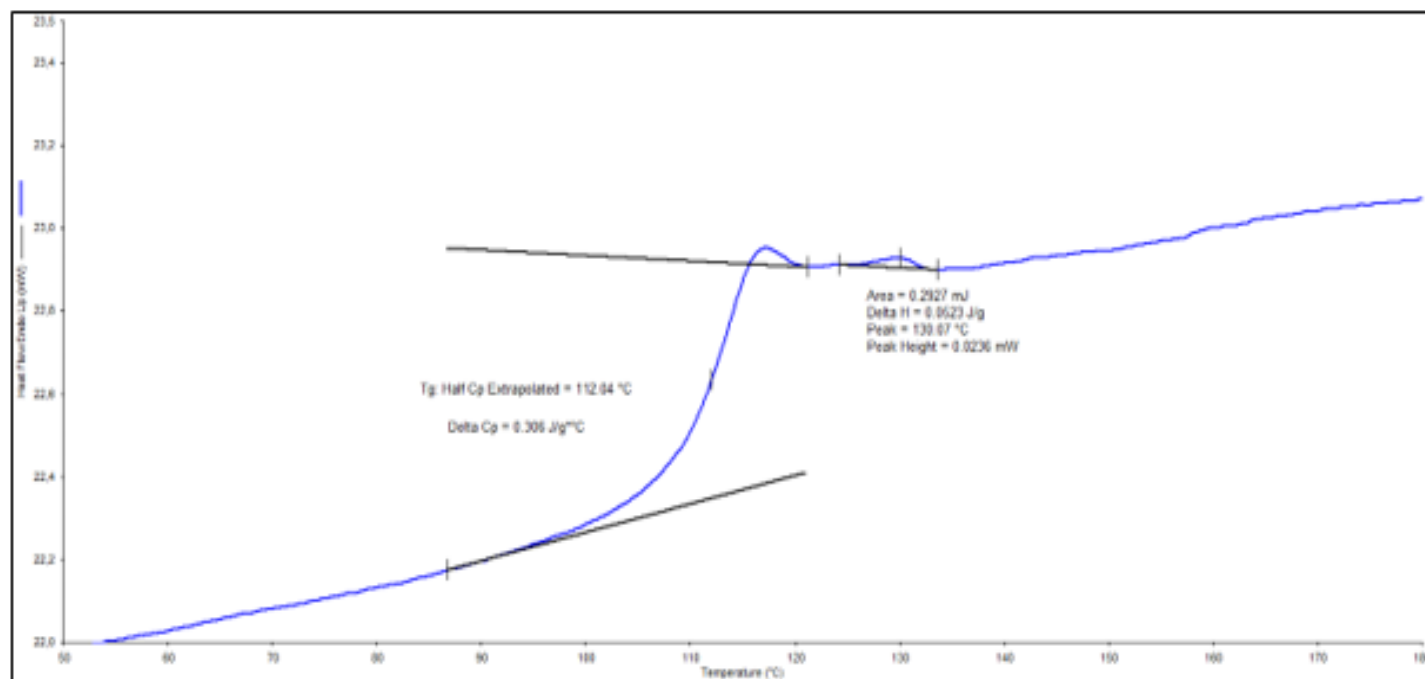


Figura 25 - Análise do ABS puro via DSC.

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - ABS

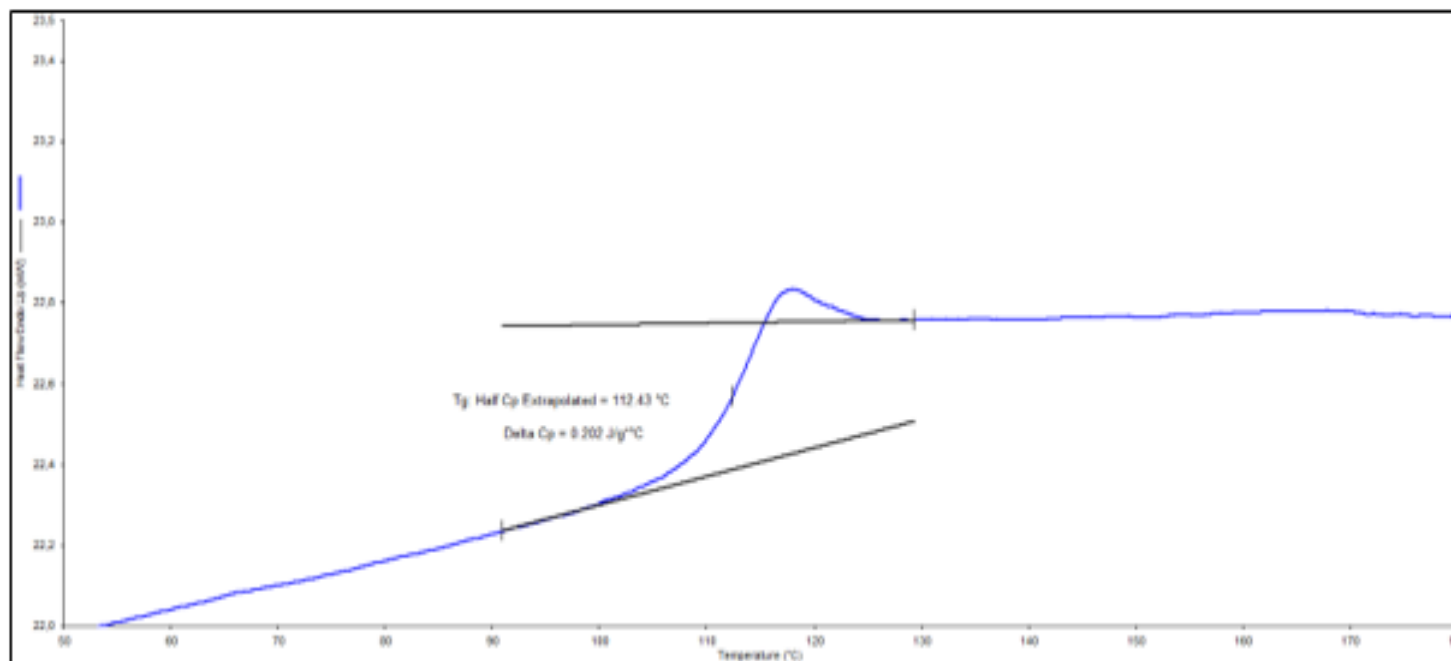


Figura 26 - Análise do ABS ABS 80-20 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - ABS

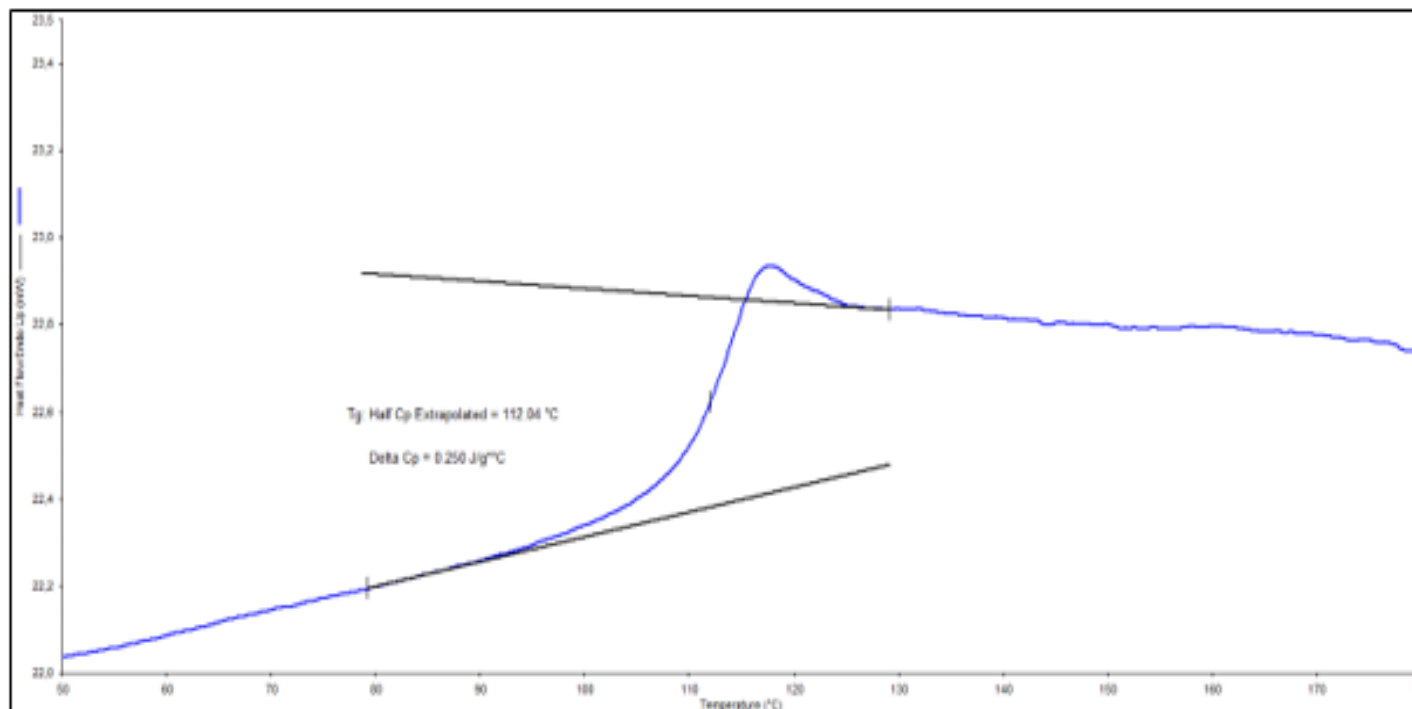


Figura 27 - Análise do ABS 85-15 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - ABS

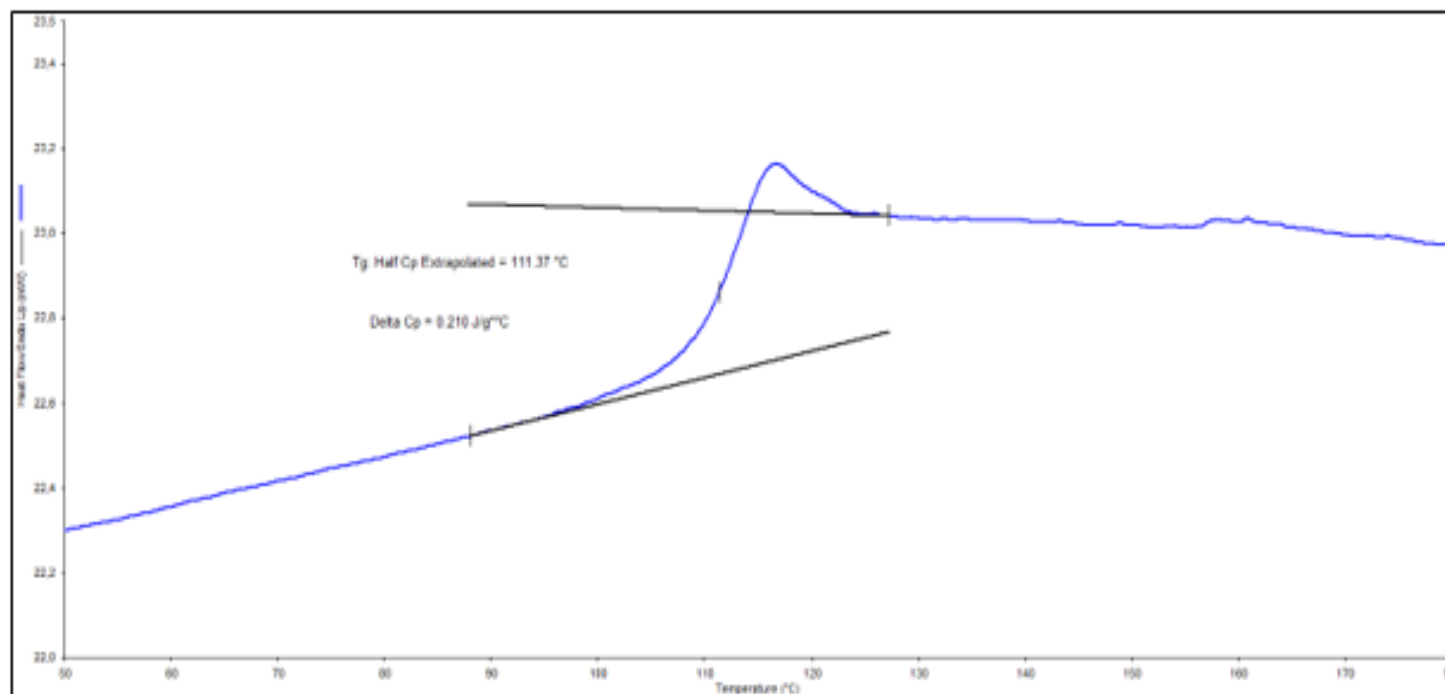


Figura 28 - Análise do ABS 90-10 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - SAN

Devido a sua composição, o SAN, apresenta dois efeitos térmicos bem característicos. O primeiro efeito térmico, semelhante ao segundo efeito térmico do ABS, se caracteriza por uma transição vítrea que ocorre devido ao rearranjo de sua estrutura amorfa do poliestireno. Estas temperaturas, para as amostras estudadas, apresentaram valores próximos a 107°C (Tabela 8) (Figuras de 29 a 32).

Entretanto, o segundo efeito térmico, que pode ser observado como um pico a 129°C e apresenta baixa intensidade, está presente apenas no polímero puro (Figura 1). Esta diferença pode ser decorrente da presença do vidro na composição do material.

Tabela 5 - Temperaturas de transições vítreas no ponto médio e do pico no polímero SAN puro e dos compósitos estudados.

Material	<u>Tg do poliestireno (°C)</u>	<u>Temperatura de pico da poliacrilonitrila (°C)</u>
SAN puro	105,85	129,07
SAN 80-20	108,12	---
SAN 85-15	107,94	---
SAN 90-10	106,56	---

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - SAN

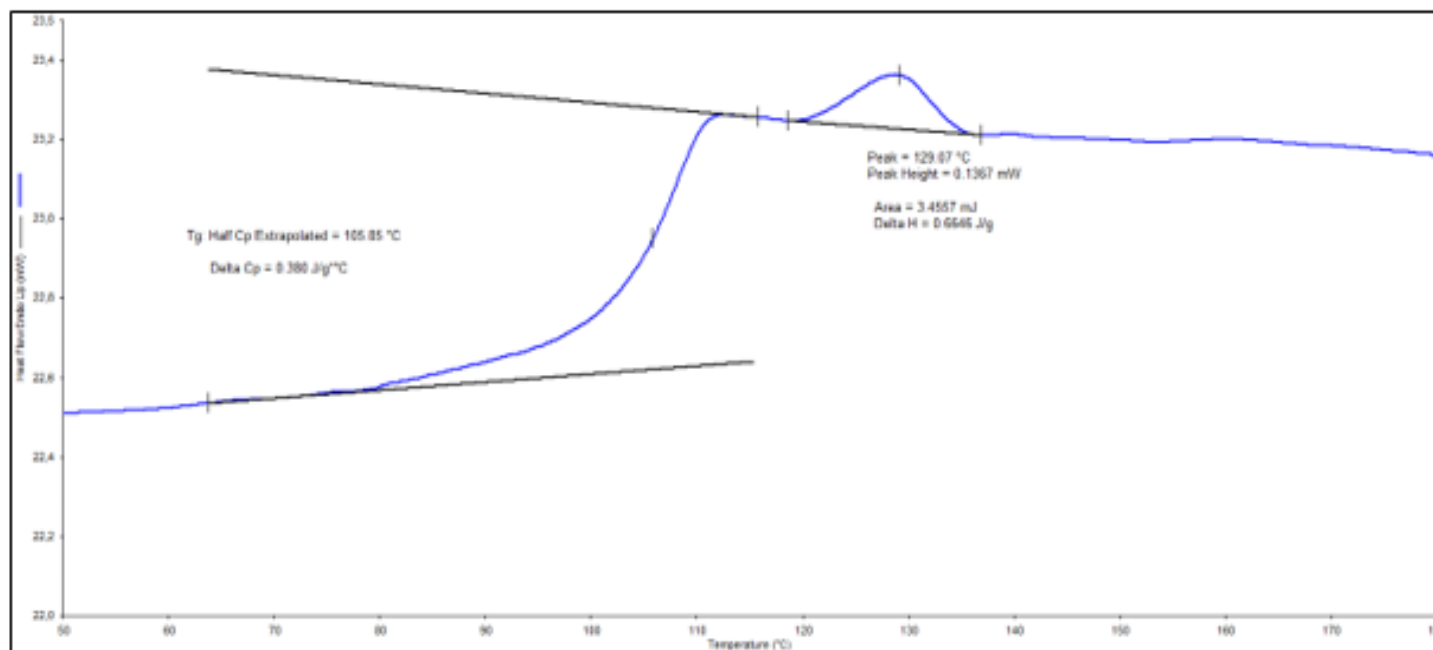


Figura 30 - Análise do SAN puro via DSC
Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - SAN

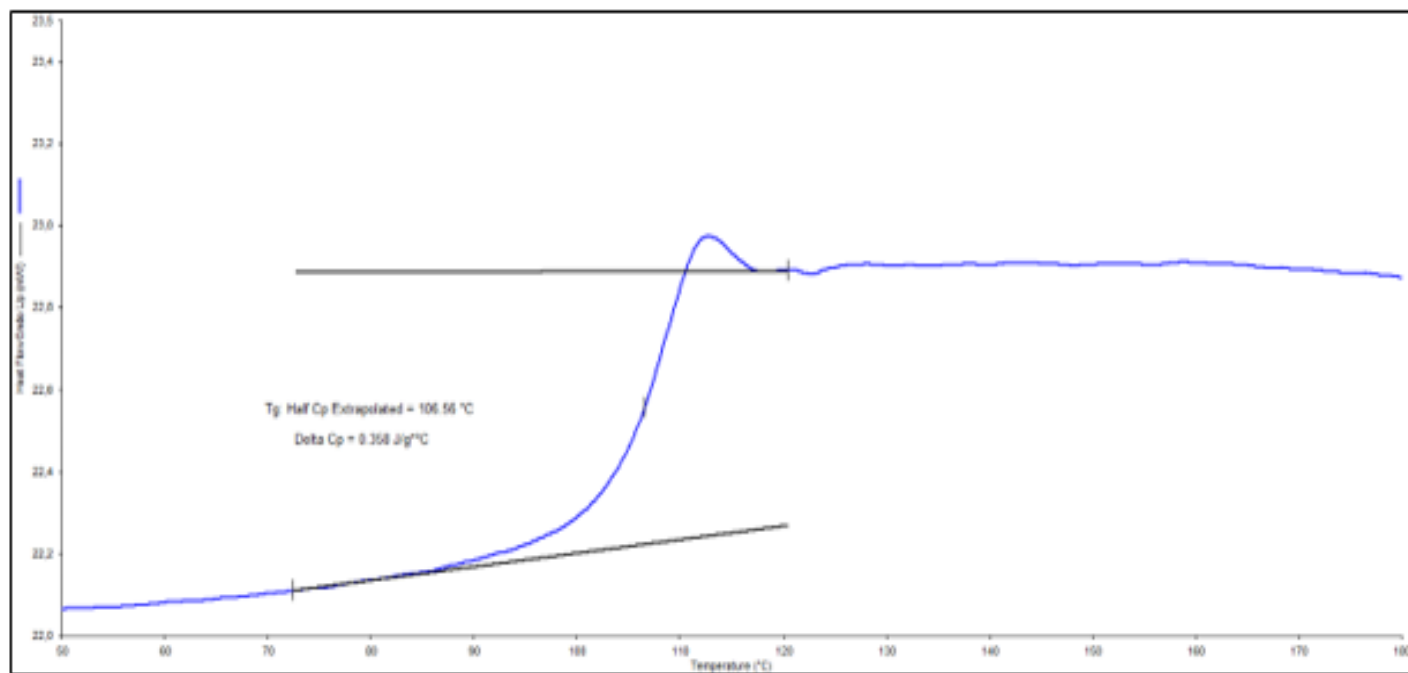


Figura 29 - Análise do SAN 80-20 via DSC

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - SAN

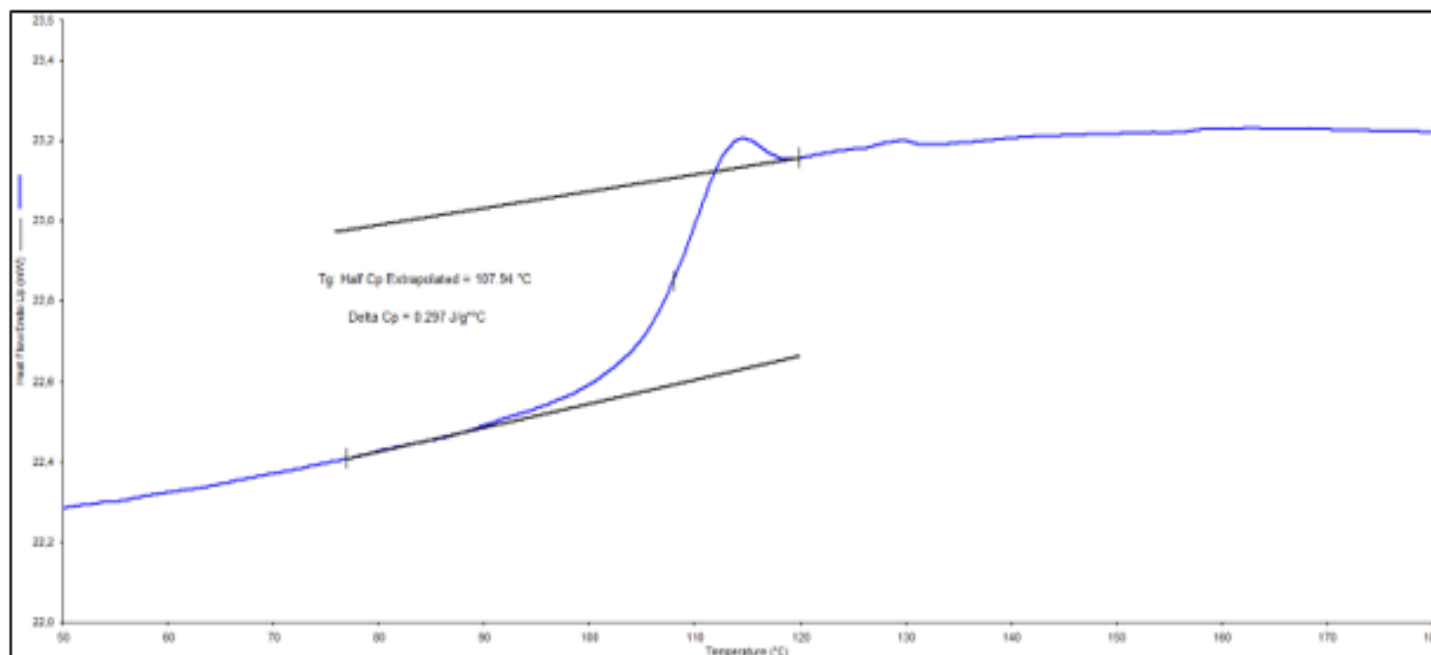


Figura 31 - Análise do SAN 85-15 via DSC

Fonte: o autor

DSC DAS BASES TERMOPLASTICAS - SAN

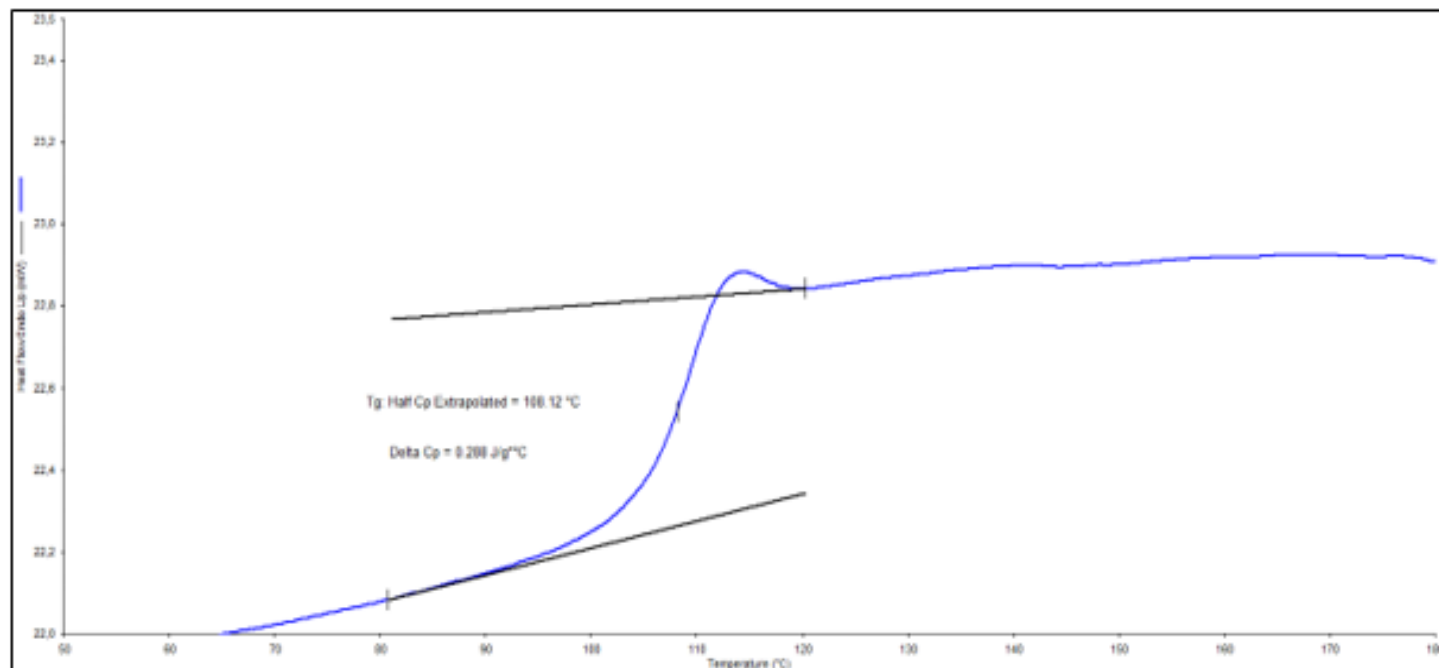


Figura 32 - Análise do SAN 90-10 via DSC

Fonte: o autor

ANÁLISE PICNOMETRIA DE HÉLIO

Realizou-se o ensaio em cada material em separado, HIPS puro, ABS puro, SAN puro, vidro na granulometria de 150 micron utilizado para as misturas e os compósitos termoplásticos HIPS, ABS e SAN com pó de vidro nas proporções 90/10; 85/15 e 80/20 respectivamente.

ANÁLISE PICNOMETRIA DE HÉLIO

Tabela 8 – Massa específica dos compósitos do HIPS por meio da análise de picnometria de hélio.

AMOSTRAS	Massa Específica da HIPS Puro (g/cm ³)	Massa Específica do Pó de vidro 150 m (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura Hips vidro 80-20 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura Hips vidro 85-15 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura Hips vidro 90-10 (g/cm ³)
1º	1,0378	2,6115	1,1075	1,0604	1,1290
2º	1,0301	2,5748	1,1039	1,0589	1,1295
3º	1,0378	2,7399	1,1023	1,0693	1,1292
Média	1,0352	2,6421	1,1046	1,0630	1,1292
Desvio Padrão	0,00445	0,08669	0,00266	0,00591	0,00025
CV%	0,43	3,3	0,24	1	0,02

CV* = Coeficiente de variação

Fonte – O Autor

ANÁLISE PICNOMETRIA DE HÉLIO

Tabela 9 – Massa específica dos compósitos do ABS por meio da análise de picnometria de hélio.

AMOSTRAS	Massa Específica da ABS Puro (g/cm ³)	Massa Específica do Pó de vidro 150 m (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura ABS vidro 80-20 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura ABS vidro 85-15 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura ABS vidro 90-10 (g/cm ³)
1º	1,1116	2,6115	1,1793	1,1159	1,0893
2º	1,0636	2,5748	1,1939	1,1419	1,0917
3º	1,0615	2,7399	1,1766	1,1363	1,0924
Média	1,0789	2,6421	1,1833	1,1314	1,0931
Desvio Padrão	0,02834	0,08669	0,00931	0,01368	0,00425
CV%	3	3,3	1	1	0,4

CV* = Coeficiente de variação

Fonte – O Autor

ANÁLISE PICNOMETRIA DE HÉLIO

Tabela 10 – Massa específica dos compósitos do SAN por meio da análise de ~~picnometria~~ de hélio.

AMOSTRAS	Massa Específica da SAN Puro (g/cm ³)	Massa Específica do Pó de vidro 150 m (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura SAN vidro 80-20 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura SAN vidro 85-15 (g/cm ³)	Massa Específica da Mistura SAN vidro 90-10 (g/cm ³)
1º	1,0610	2,6115	1,2117	1,1556	1,1397
2º	1,0377	2,5748	1,2158	1,1600	1,1417
3º	1,0641	2,7399	1,2190	1,1534	1,1436
Média	1,0543	2,6421	1,2155	1,1563	1,1417
Desvio Padrão	0,01443	0,08669	0,00366	0,00336	0,00195
CV%	1	3,3	0,3	0,3	0,2

CV* = Coeficiente de variação

Fonte – O Autor

ANÁLISE PICNOMETRIA DE HÉLIO

Em relação a massa específica dos compósitos pode-se dizer que quando foi adicionado o reforço de vidro mesmo com a diminuição da base (HIPS, SAN ou ABS) não ocorreu uma perda de massa no compósito em relação a base .

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

As imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura foram realizadas nas pequenas partes trituradas dos compósitos em função de não ter sido realizada a injeção de CDPs e por consequente não foi realizado os ensaios de tração, flexão e impacto.

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

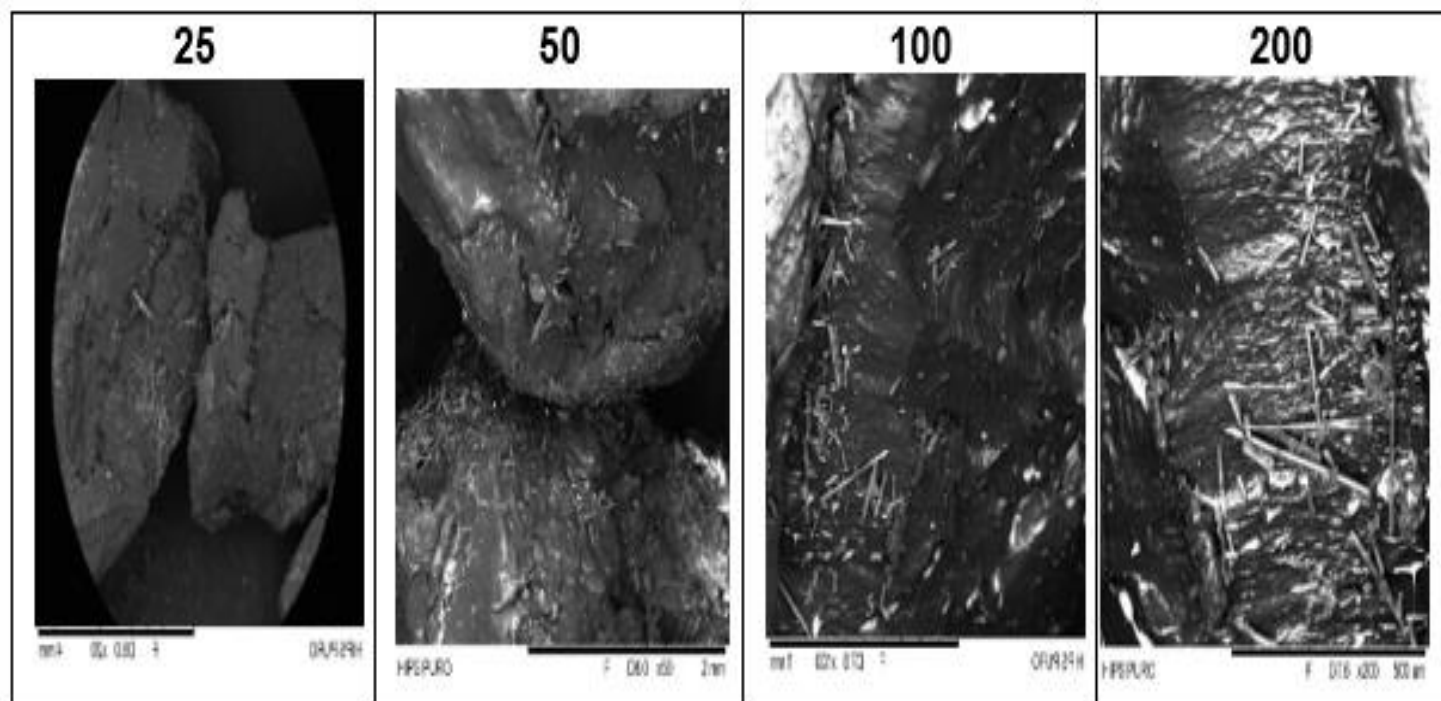


Figura 41 - MEV do HIPs Puro (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

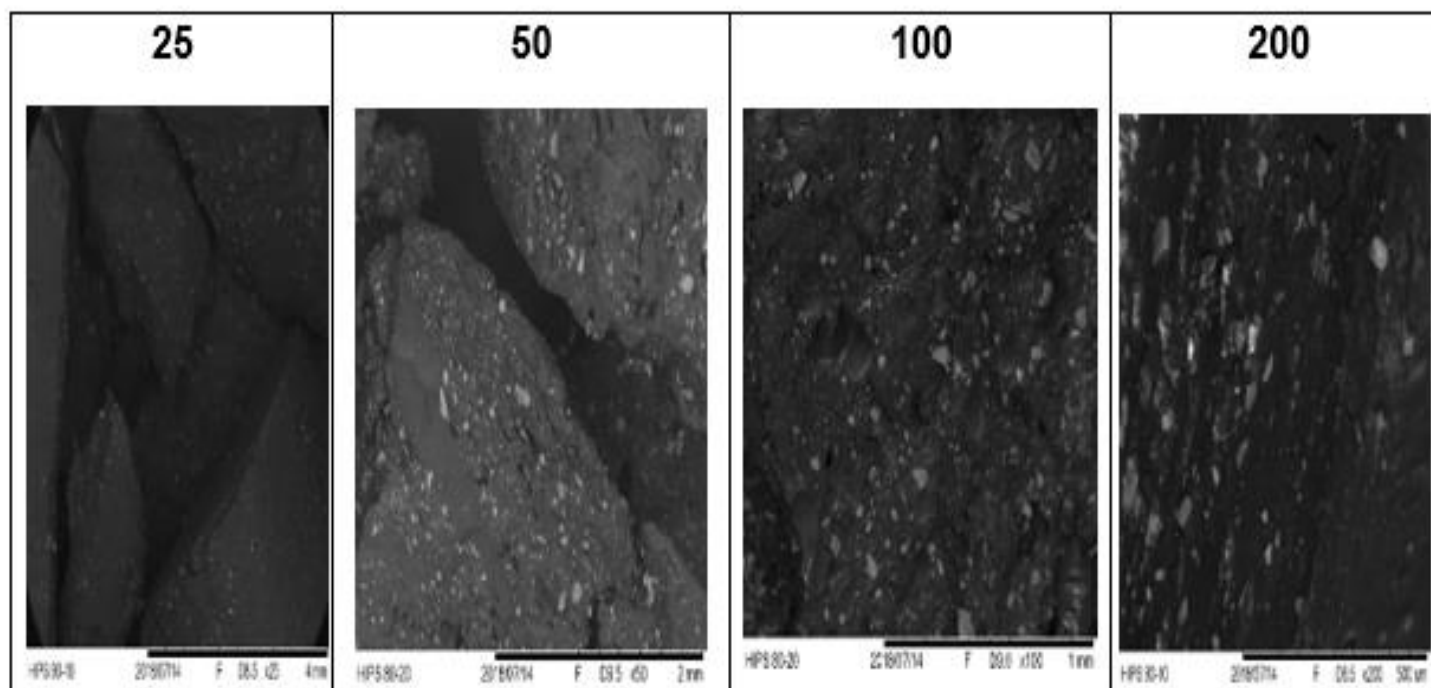


Figura 42 - MEV do HIPs 90/10 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

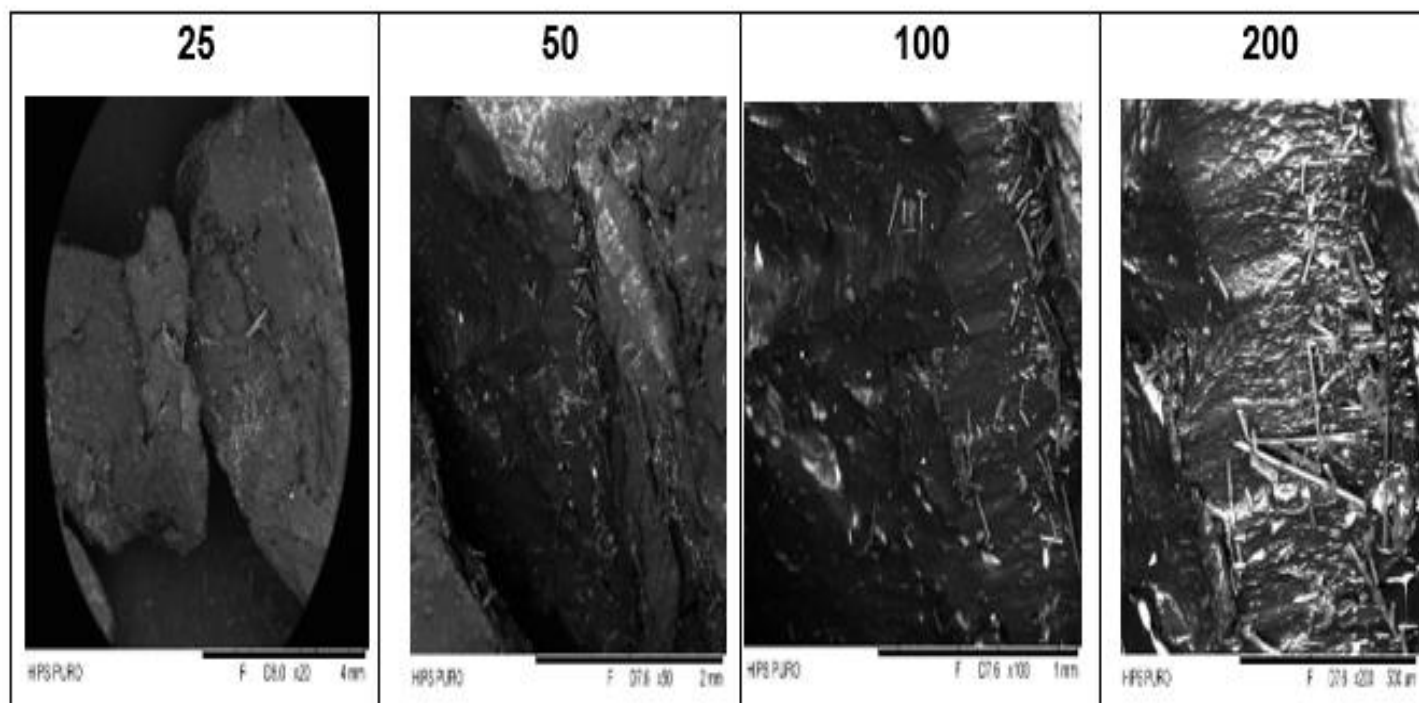


Figura 43 - MEV do HIPs 85/15 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

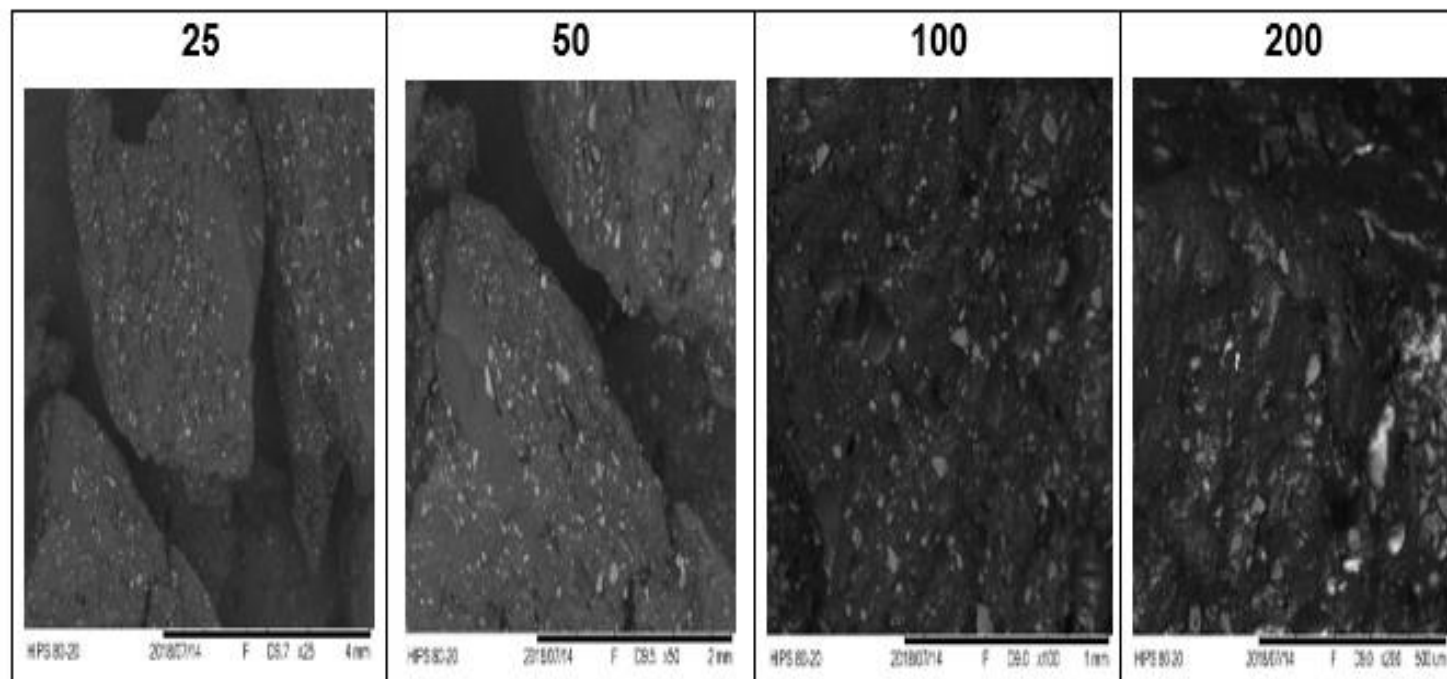


Figura 44 - MEV do HIPs 80/20 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

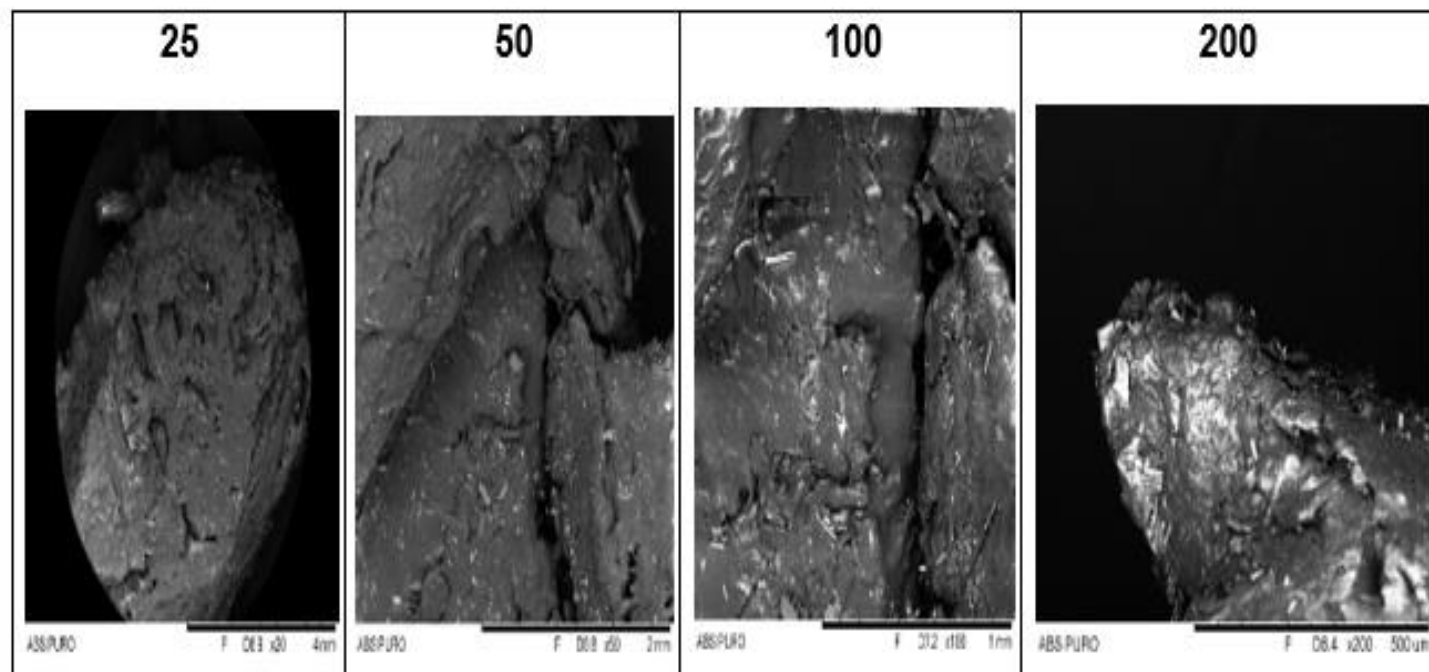


Figura 45 - MEV do ABS Puro (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

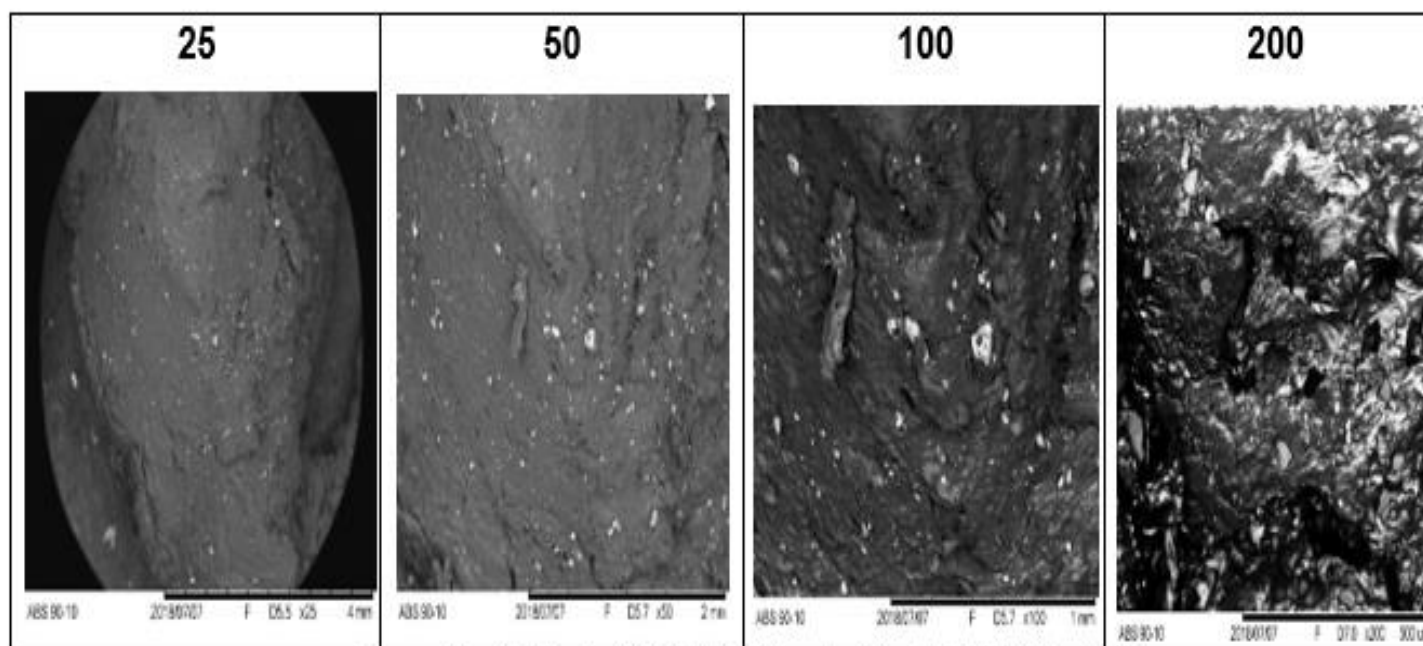


Figura 46 - MEV do ABS 90/10 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

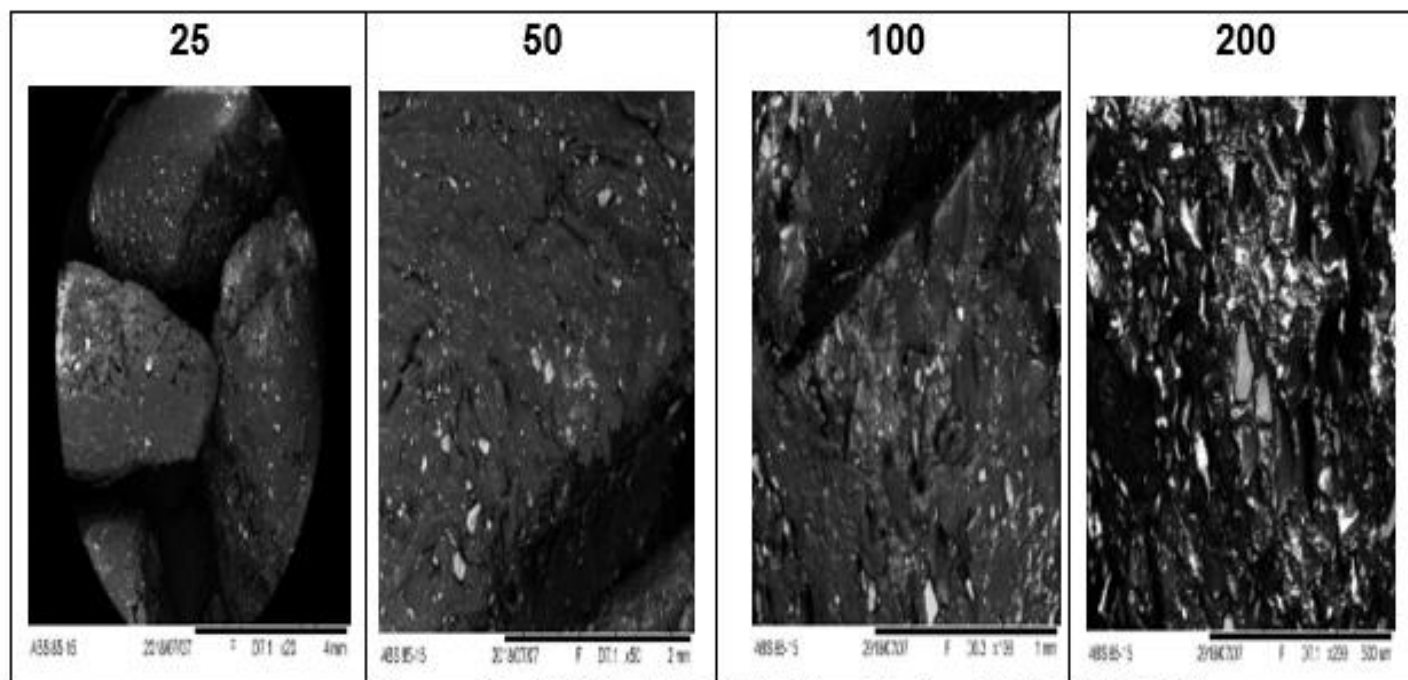


Figura 47 - MEV do ABS 85/15 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

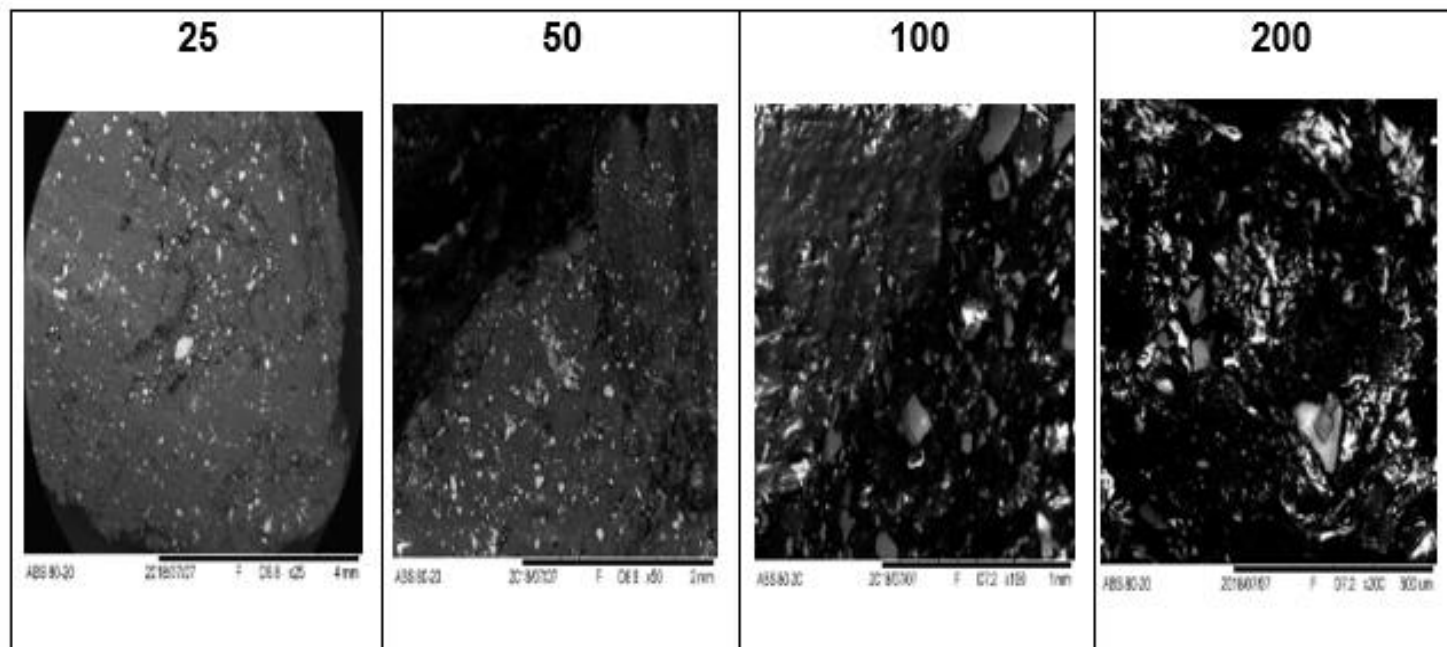


Figura 48 - MEV do ABS 80/20 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

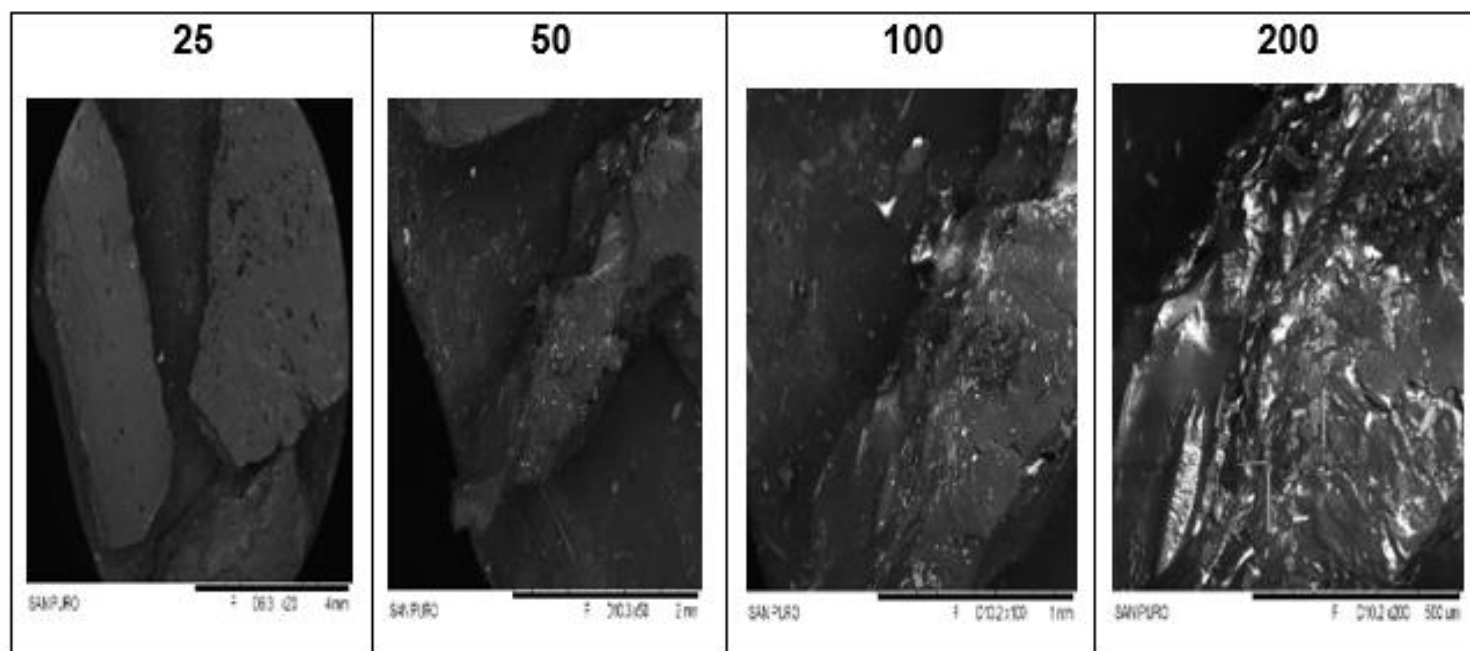


Figura 49 - MEV do SAN Puro (Ampliações 25, 50, 100, 200)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

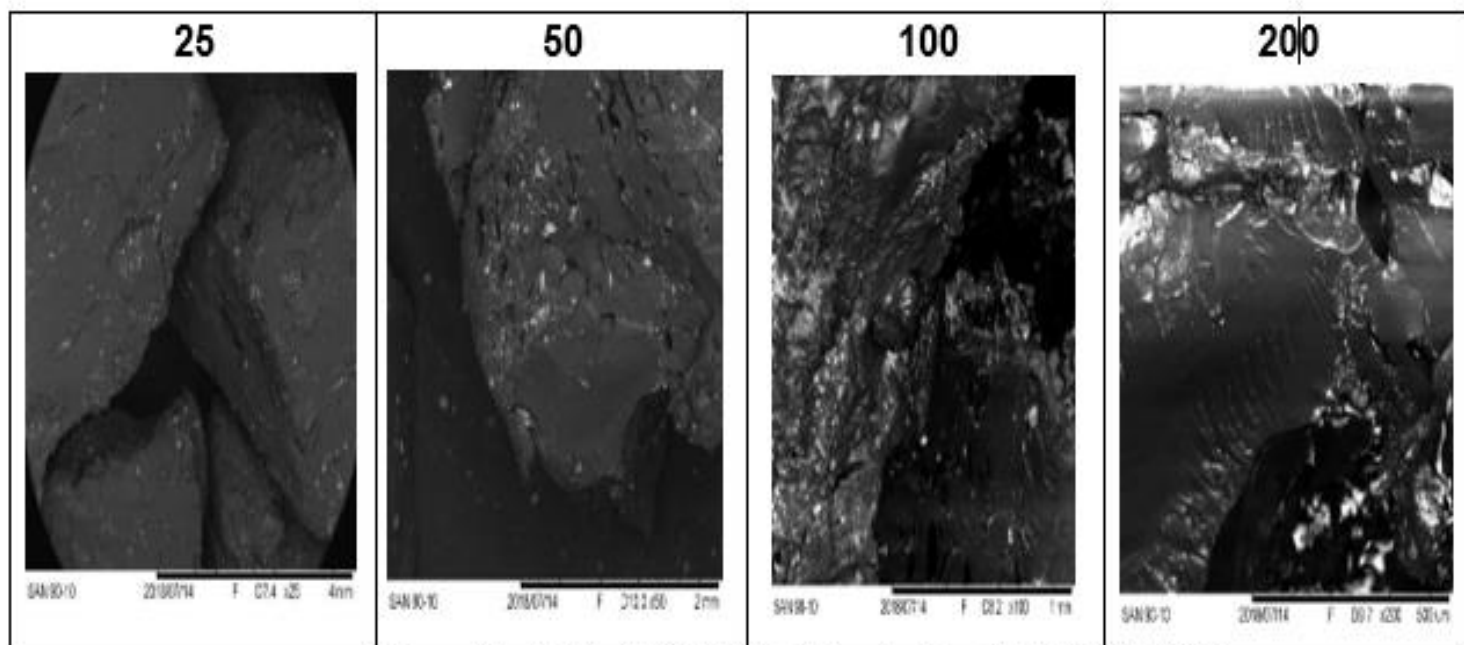


Figura 50 - MEV do SAN 90/10 (Ampliações 25, 50, 100, 200)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

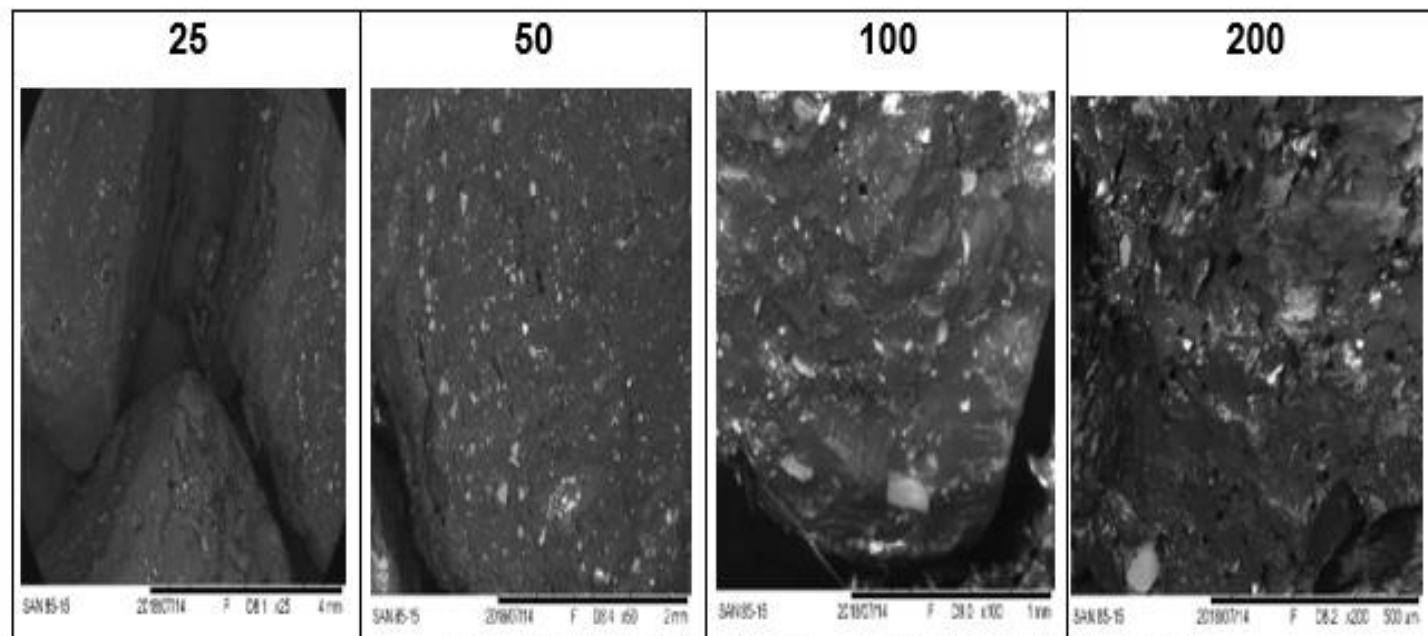


Figura 51 - MEV do SAN 85/15 (Ampliações 25, 50, 100, 200)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

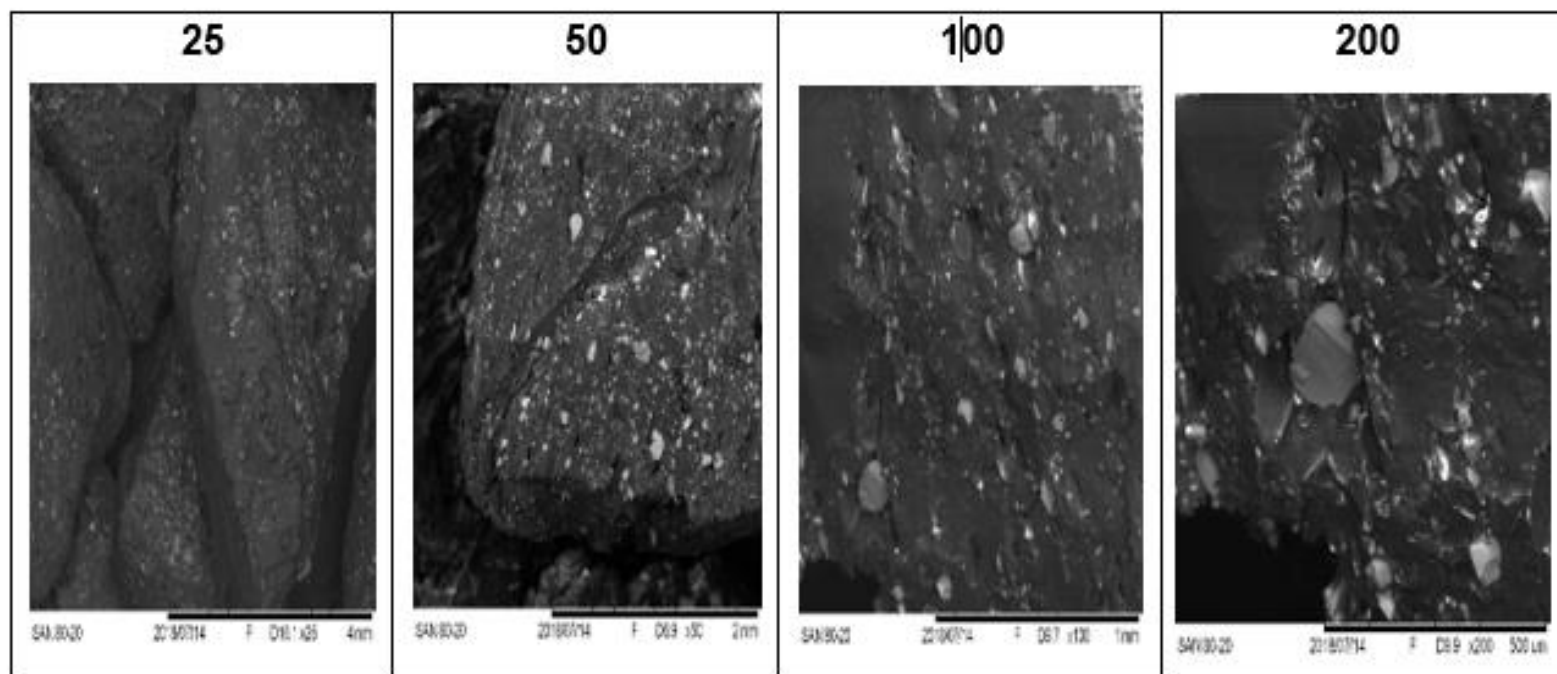


Figura 52 - MEV do SAN 80/20 (Ampliações 25, 50, 100, 200)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

Pelas imagens, nas devidas ampliações percebe-se claramente a distribuição homogênea das partículas do pó de vidro, o que nos remete a perceber que o processo de mistura foi bem realizado. Pode-se perceber também que a densidade do polímero se manteve com a distribuição do pó de vidro, mesmo quando se vê nas ampliações maiores uns buracos no material base (HIPS, ABS e SAN), mas que com a distribuição do material reforço (pó de vidro) remetendo a uma ideia de que este material após injetado terá uma boa resistência.

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

As imagens de Microscopia Ótica foram realizadas nas pequenas partes trituradas dos compósitos em função de não ter sido realizada a injeção de CDPs e por consequente não foi realizado os ensaios de Tração, flexão e Impacto.

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

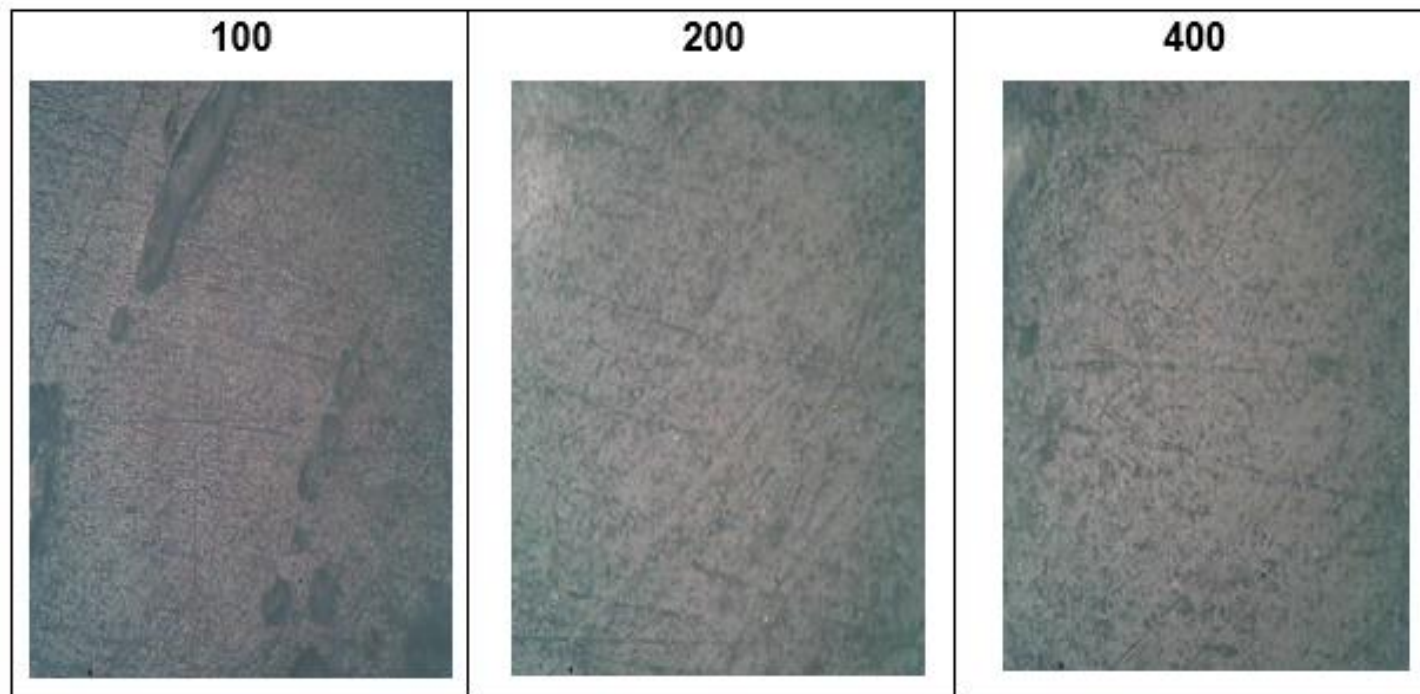


Figura 53 - MO do HIPs Puro (Ampliações 100, 200, 400)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

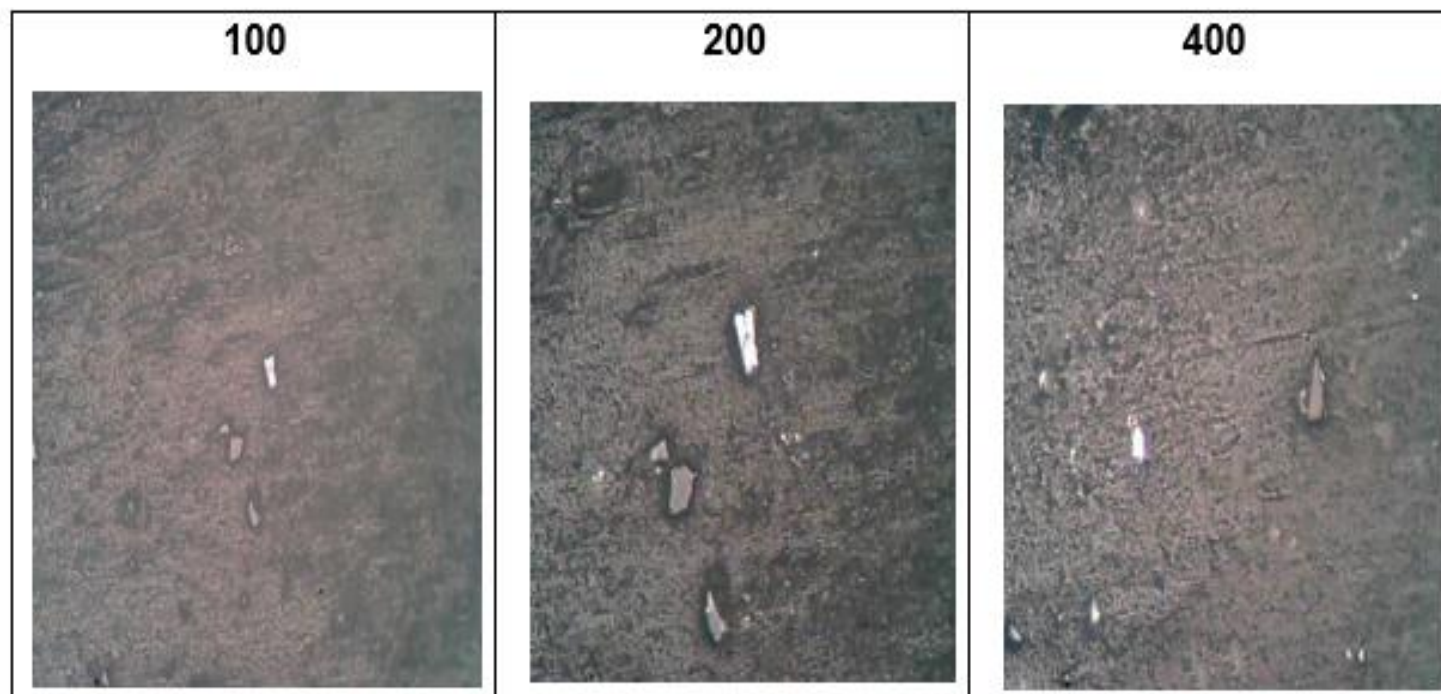


Figura 54 - MO do HIPs 90/10 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

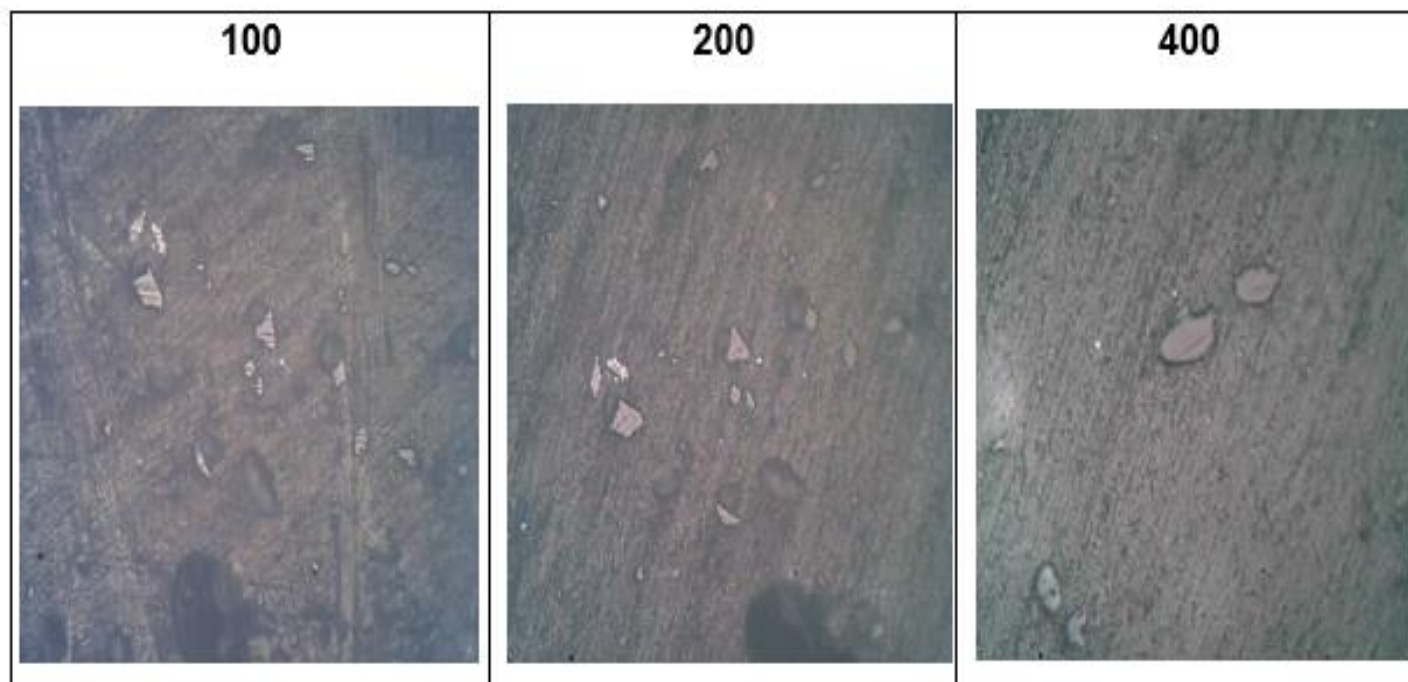


Figura 55 - MO do HIPs 85/15 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

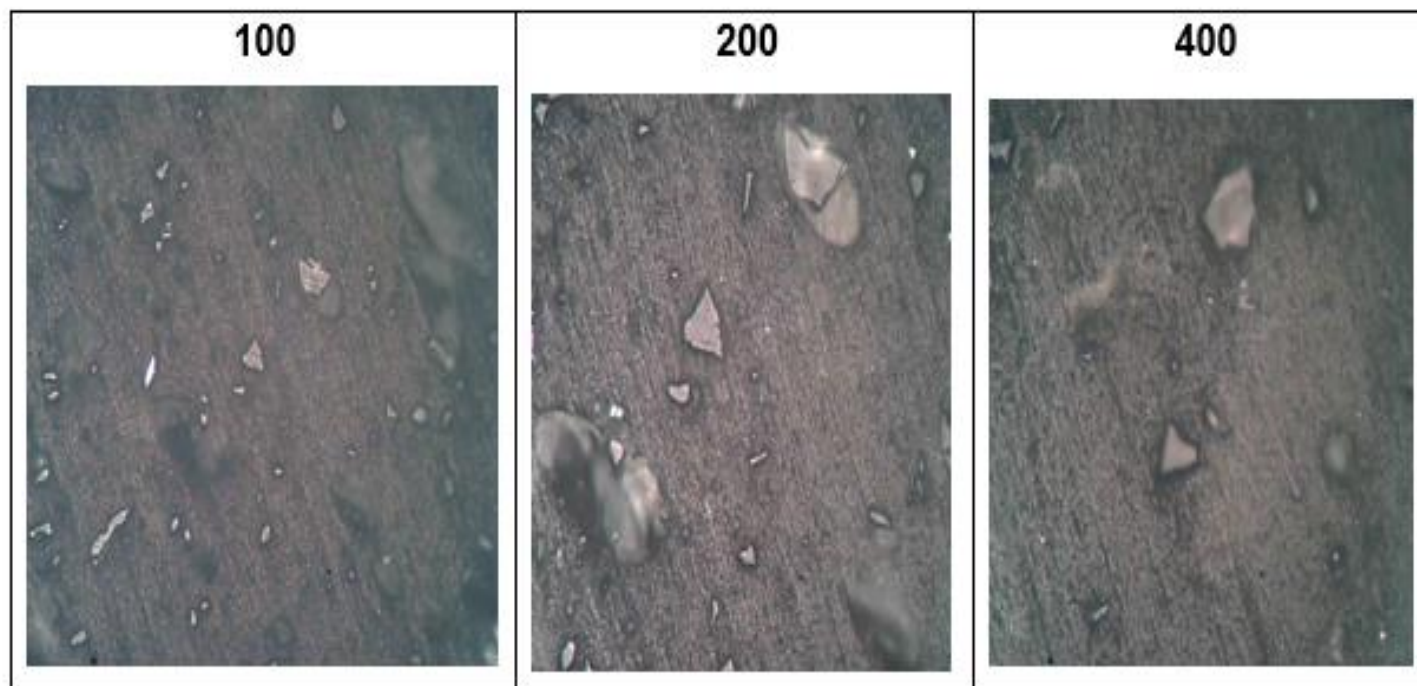


Figura 56 - MO do HIPs 80/20 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

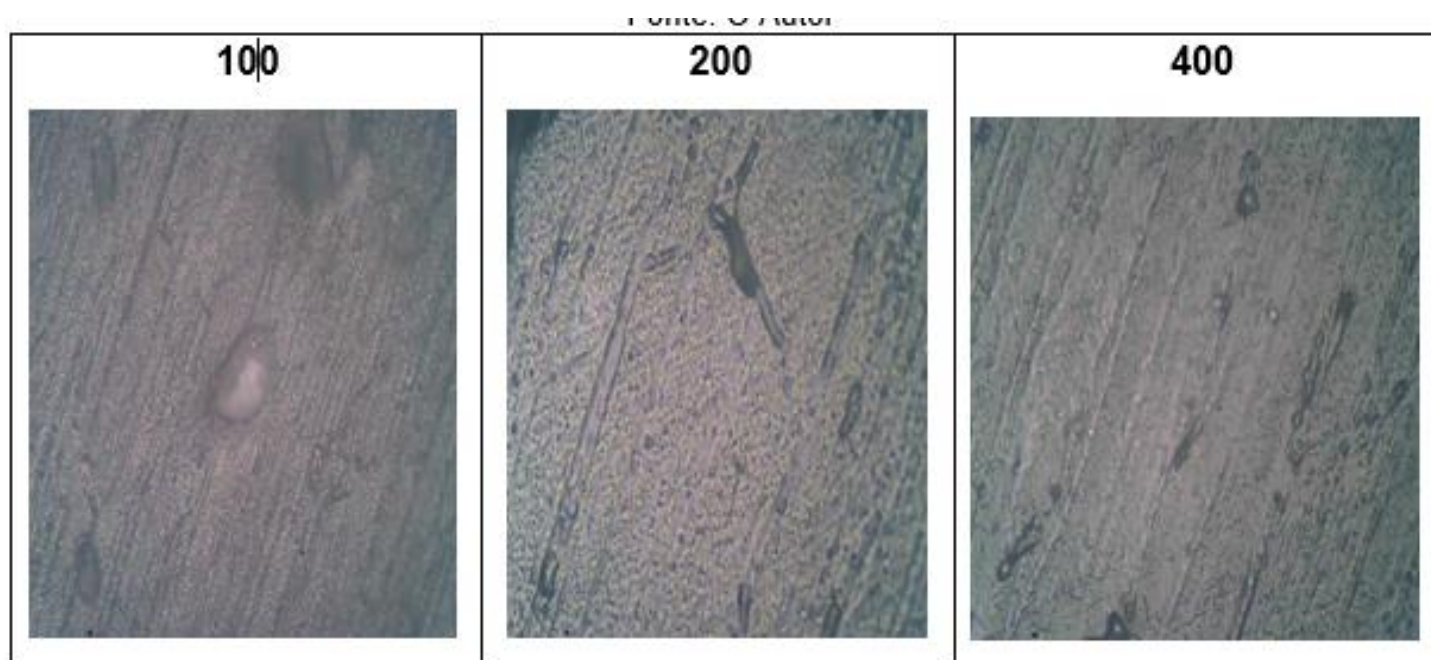


Figura 57 - M0 do ABS Puro (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

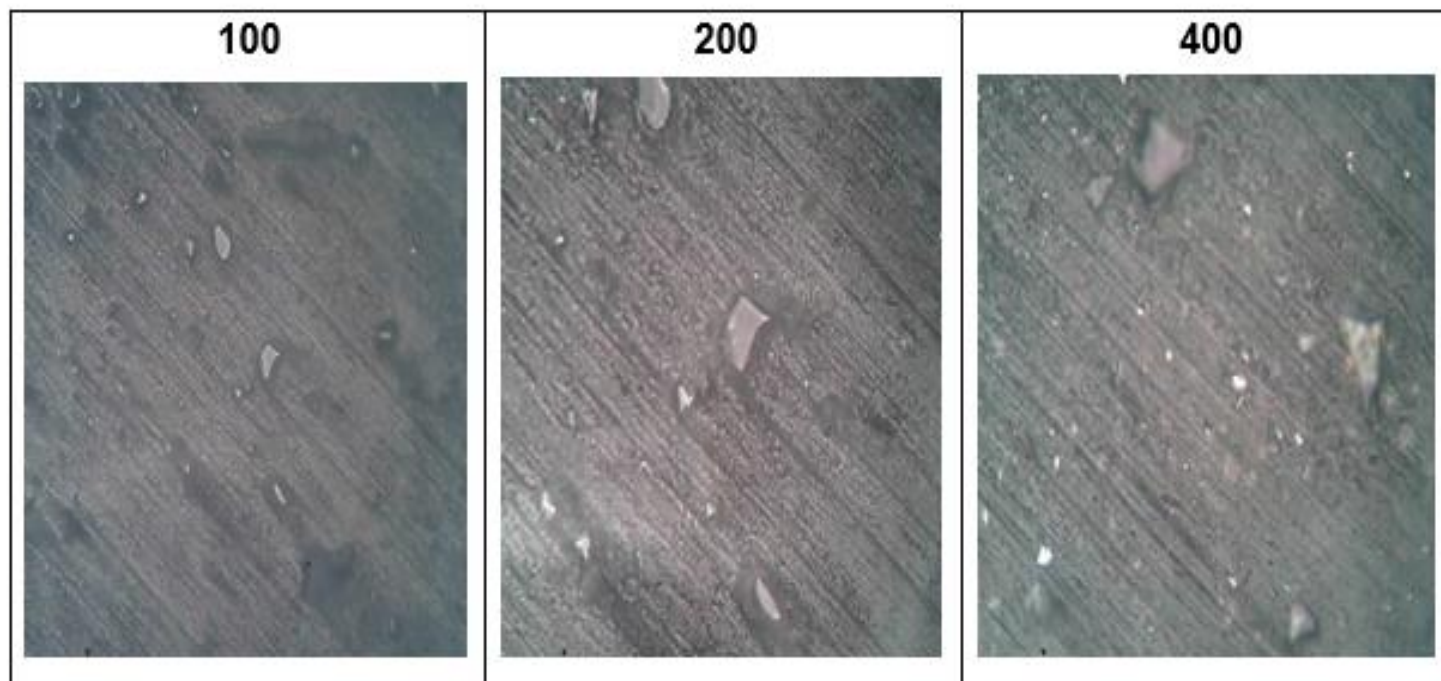


Figura 58 - MO do ABS 90/10 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

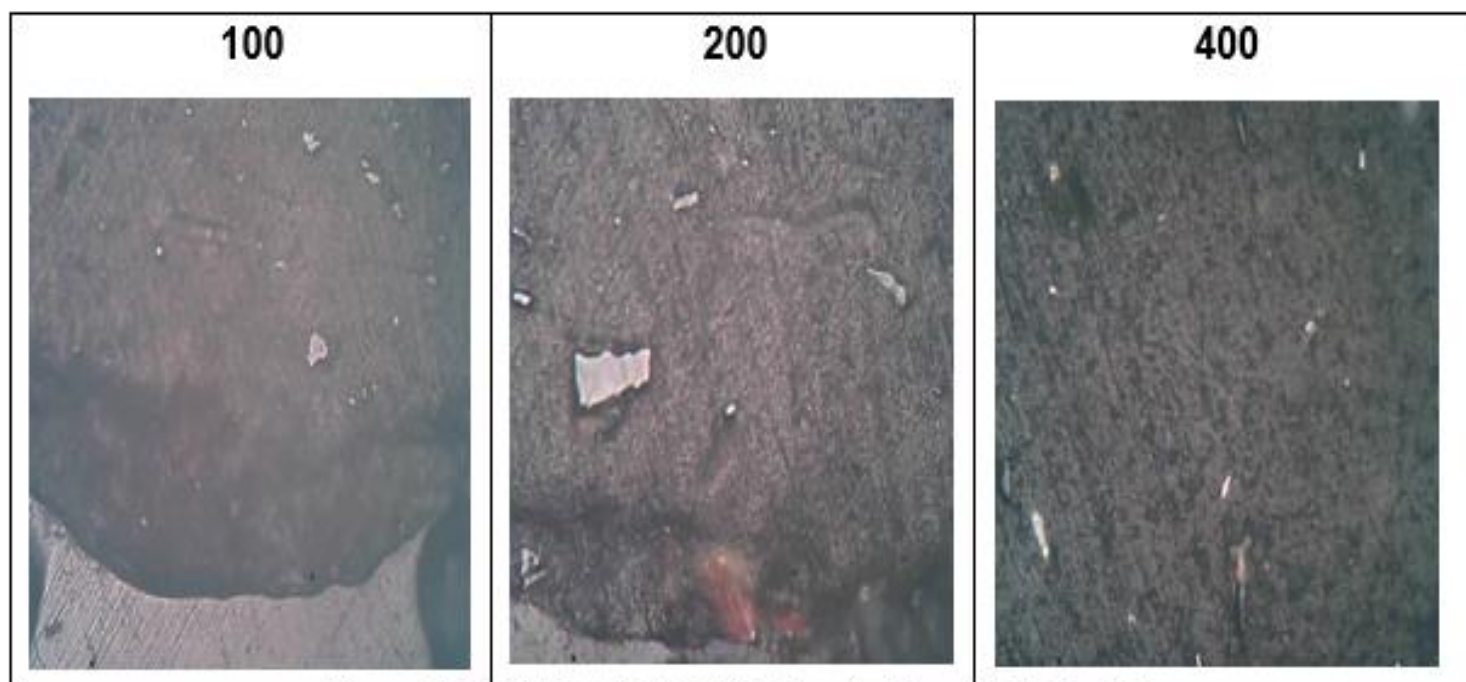


Figura 59 - MO do ABS 85/15 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

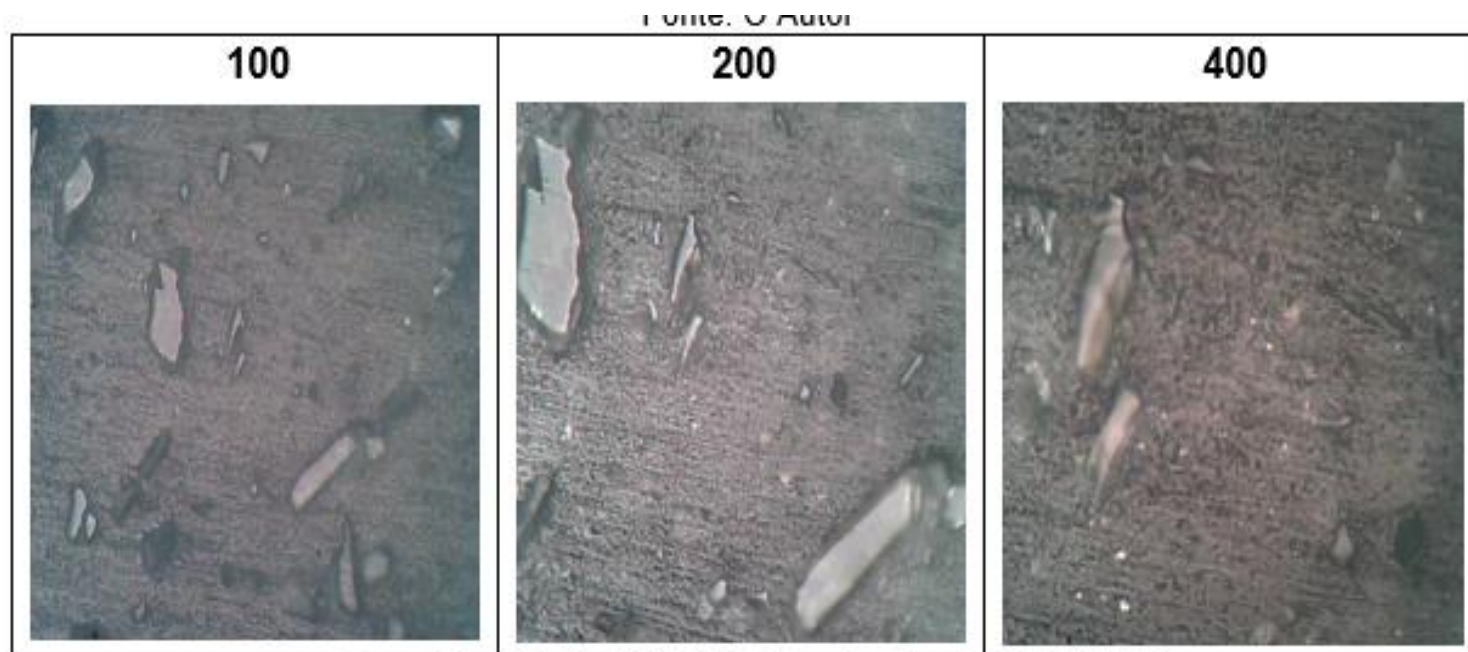


Figura 60 - MO do ABS 80/20 (Ampliações 100, 200, 400)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

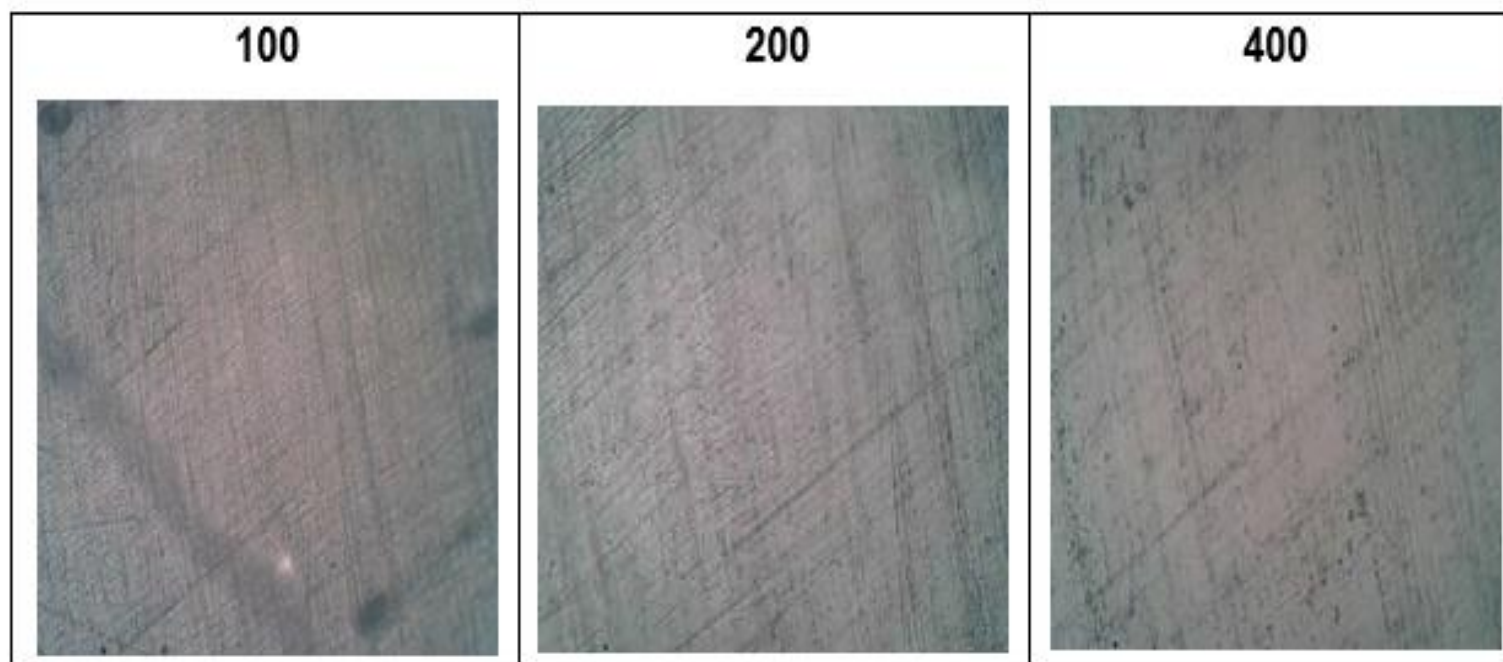


Figura 61 - MO do SAN Puro (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

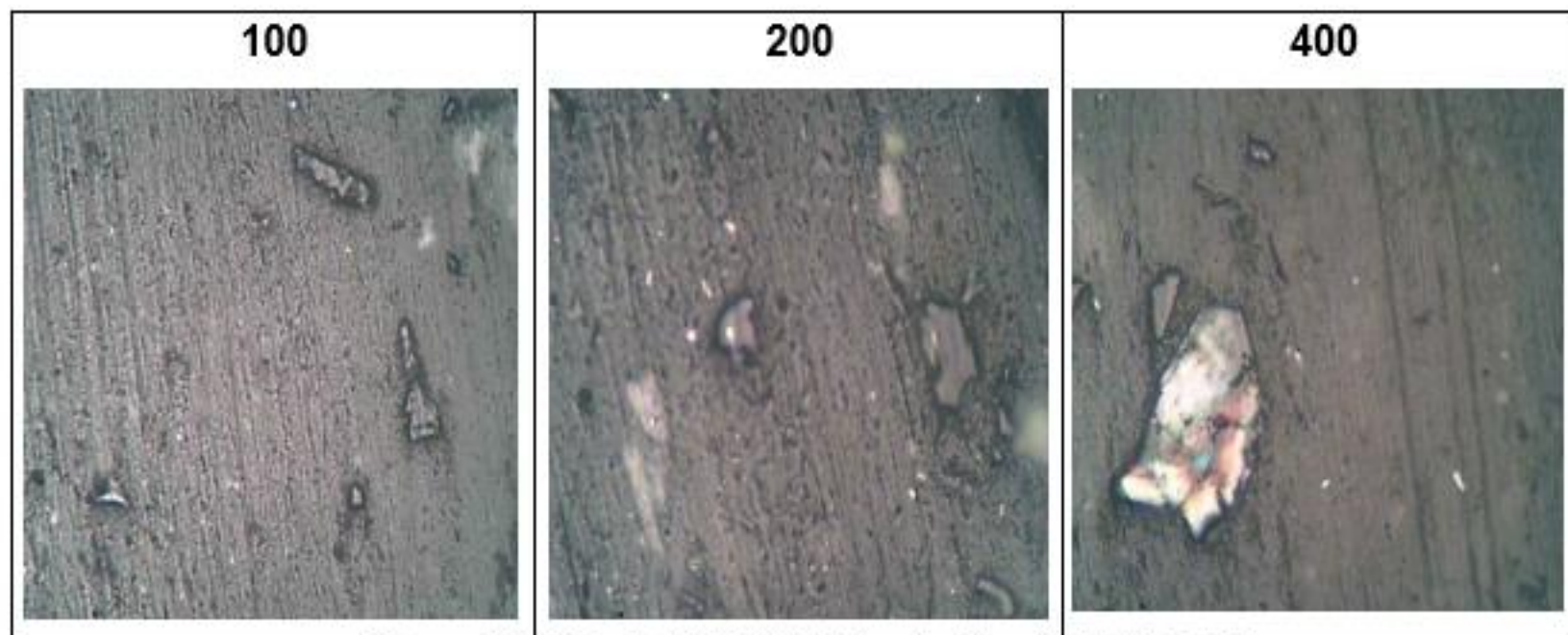


Figura 62 - MO do SAN 90/10 (Ampliações 100, 200, 400)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

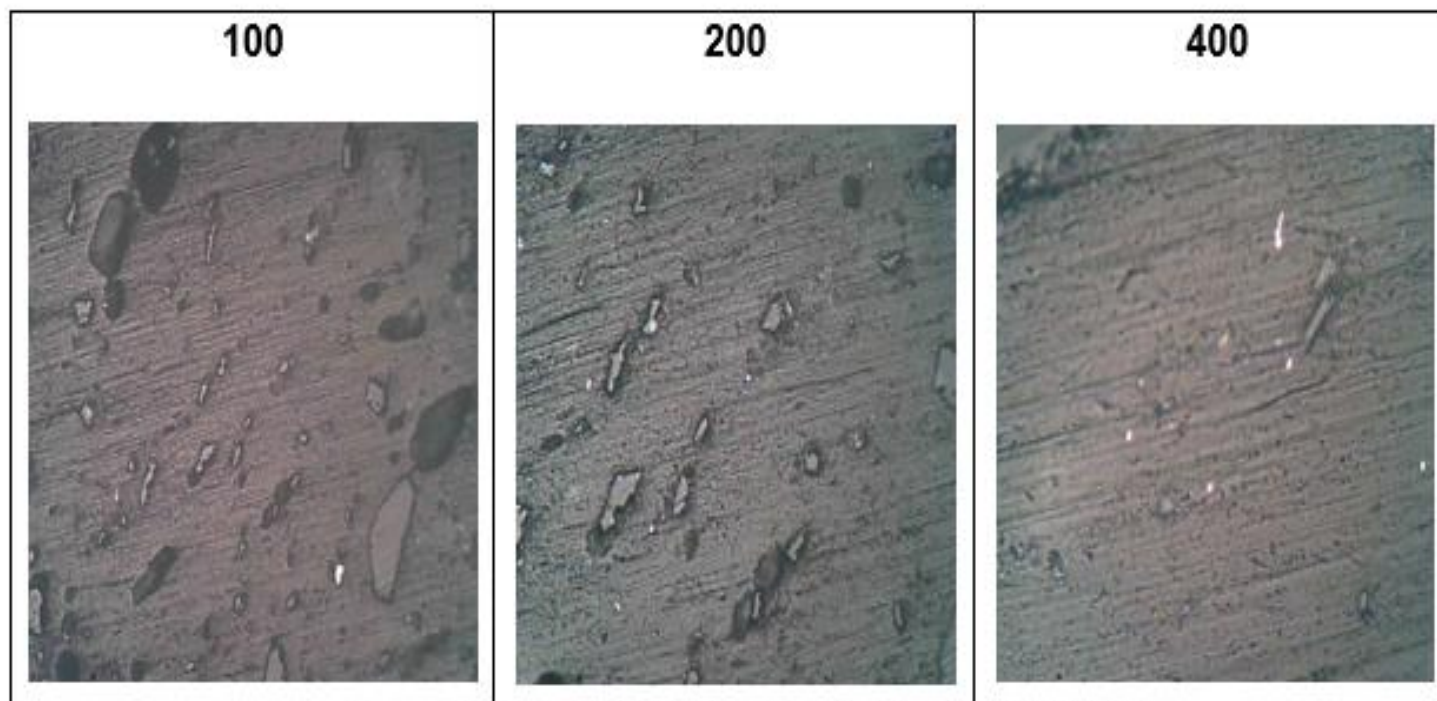


Figura 63 - M0 do SAN 85/15 (Ampliações 100, 200, 400)
Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

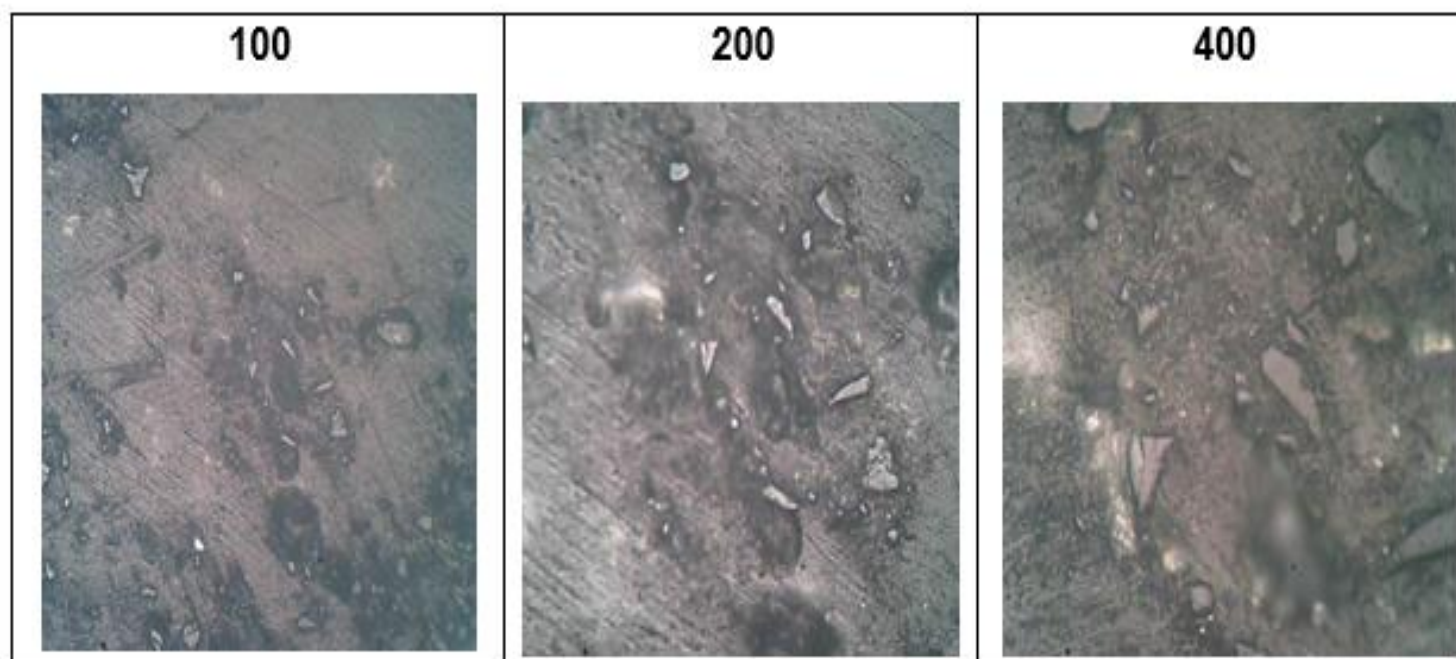


Figura 64 - MO do SAN 80/20 (Ampliações 100, 200, 400)

Fonte: O Autor

ANÁLISE DE MO – VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO VIDRO NO COMPÓSITO

Conforme se pode observar nas imagens obtidas pelo MO, tanto as, misturas HIPS, ABS e SAN apresentam uma interação do vidro a base, apesar de apresentarem uma pequena aglomeração em alguns pontos, houve uma certa dispersão do reforço a base. A forte relação entre a cristalinidade e as propriedades físicas ou químicas dos polímeros semicristalinos faz com que cada tipo de base, seja ela HIPS, ABS ou SAN tenha seu próprio campo de aplicação.

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.1 Fração de polímeros base no HIPS 90/10

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{90 * 1,0543}{1,0352} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 91,65$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.2 Fração de polímeros base no HIPS 85/15

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{85 * 1,0543}{1,0630} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 84,30$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.3 Fração de polímeros base no HIPS 80/20

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{80 * 1,0543}{1,1045} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 76,04$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.4 Fração de polímeros base no ABS 90/10

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{90 * 1,0789}{1,0924} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 88,88$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.5 Fração de polímeros base no ABS 85/15

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{85 * 1,0789}{1,1314} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 81,05$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.6 Fração de polímeros base no ABS 80/20

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho_{\text{polim}}}{\rho_{\text{comp}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{80 * 1,0789}{1,1833} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 72,94$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.7 Fração de polímeros base no SAN 90/10

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho \text{polim}}{\rho \text{comp}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{90 * 1,0543}{1,1417} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 83,11$$

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DO POLIMERO NA BASE DO COMPÓSITO

4.5.8 Fração de polímeros base no SAN 85/15

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho \text{polim}}{\rho \text{comp}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{85 * 1,0543}{1,1563} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 77,49$$

ANÁLISE DE MEV – VERIFICAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO VIDRO

4.5.9 Fração de polímeros base no SAN 80/20

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{\% \text{polim} * \rho \text{polim}}{\rho \text{comp}} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = \left(\frac{80 * 1,0543}{1,2155} \right) * 100$$

$$\% \text{ polimcomp} = 69,38$$

CONCLUSÕES

- Com a análise dos ensaios de caracterização das misturas através dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível avaliar o efeito da adição de pó de vidro no HIPS, ABS e SAN sobre algumas propriedades dos compósitos de HIPS/ Pó de vidro; ABS/pó de vidro e SAN/Pó de vidro nas proporções 90/10; 85/15 e 80/20 reforçados com esse material e sua possível aplicação na construção de PCIs.

Quanto à caracterização dos compósitos as principais conclusões foram:

A partir das análises de picnometria de hélio, verificou-se que a adição do pó de vidro ao HIPS, ABS e SAN não acarretou um aumento na massa específica dos compósitos processados, quando comparado as bases puras.

CONCLUSÕES

A partir das análises de MEV, verificou-se que a adição do pó de vidro ao HIPS, ABS e SAN, estes apresentaram uma boa heterogeneidade (aderência) do vidro as bases HIPS, ABS e SAN puro.

A partir das análises de MO, verificou-se que a adição do pó de vidro ao HIPS, ABS e SAN, percebe-se uns pontos com uma pequena aglomeração de material que nos remete ao vidro porem no geral, estes apresentaram uma boa distribuição do vidro as bases HIPS, ABS e SAN puro.

A partir das análises de TGA os percentuais de resíduo para o ABS (que neste caso é o vidro) estão próximos aos especificados de 10, 15 e 20%, bem como a perda de massa. Para o HIPS e o SAN, entretanto, apresenta um % de resíduos para as amostras do HIPS 9010 e do HIPS 8515, acima e abaixo, respectivamente, de que era esperado (10 e 15%). Isto pode ter ocorrido devido a uma amostragem

CONCLUSÕES

Portanto, com a adição de pó de vidro as bases HIPS, ABS e SAN obteve-se um material com até 20% menos polímero e com características viáveis para o seguimento dos ensaios mecânicos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- 1) Realização dos ensaios mecânicos de tração, flexão e impacto;
- 2) MEV das superfícies de fratura;
- 3) Determinação dos valores de Índice de Fluidez dos compósitos;
- 4) Estudo com a resina termofixa e com o pó de vidro mais fino (75 μm).