



CARINA BONFIM NANI

**ESTUDO DE BLENDAS ABS-SAN PARA REDUÇÃO DE CUSTOS
EM PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE ESPELHOS DE TOMADAS**

LAVRAS – MG

2023

CARINA BONFIM NANI

**ESTUDO DE BLENDAS ABS-SAN PARA REDUÇÃO DE CUSTOS EM
PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE ESPELHOS DE TOMADAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Materiais, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alfredo Rodrigues de Sena Neto
Orientador

LAVRAS – MG

2023

CARINA BONFIM NANI

**ESTUDO DE BLEND ABS-SAN PARA REDUÇÃO DE CUSTOS EM
PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE ESPELHOS DE TOMADA
ABS-SAN BLEND STUDY FOR COST REDUCTION IN SOCKET MIRROR
PRODUCTION PROJECTS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Materiais,
para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alfredo Rodrigues de Sena Neto
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, família e saúde.

Agradeço a meus pais, Miriam e Alexandre, por me proporcionarem condições de realizar este sonho e por sempre me incentivarem a dar o meu melhor.

Agradeço aos meus tios, Adão e Bernadete, por me acolherem em seu lar, me apoiar nos estudos e cuidar de mim como filha.

Agradeço aos meus tios Getúlio e Elizabeth, por estarem presentes nesta jornada da graduação e torcerem pelo meu sucesso.

Agradeço aos meus professores, que utilizando de seus dons possibilitaram que eu pudesse adquirir muito conhecimento e me tornar Engenheira.

Agradeço aos meus amigos, por caminharem junto a mim e compartilhar os momentos leves e os não tão leves.

Agradeço ao meu noivo, Raphael, por sempre me incentivar e me guiar para o melhor caminho profissional.

RESUMO

As misturas poliméricas, também chamadas blendas, são muito estudadas, pois apresentam a união das melhores propriedades dos polímeros selecionados. Além disso, pode-se controlar as propriedades físicas, químicas e físico-químicas das blendas produzidas, superando as desvantagens apresentadas pelos polímeros separados. A resina ABS (Acrilonitrila-Butadieno-Estireno) é um copolímero muito utilizado em aplicações automotivas e eletrônicas e por isso é muito buscado pelo mercado com custos acessíveis e propriedades elevadas. O objetivo deste trabalho foi produzir diferentes blendas utilizando resinas ABS e SAN (Acrilonitrila-Estireno) com propriedades específicas de Resistência ao Impacto e Índice de Fluidez, desejadas pelos clientes e custo mais acessível, afim de gerar maior competitividade no mercado. As resinas ABS utilizadas são importadas e por isso possuem custo mais elevado. O desenvolvimento se deu em 2 planos de testes. O primeiro consistiu em injetar as resinas importadas e nacionais já utilizadas para obter os resultados comparativos. O segundo consistiu em misturar manualmente as resinas com em diferentes proporções para produzir blendas na injetora. Foram realizados testes de índice de fluidez, Resistência ao Impacto, rigidez e colorimetria. Além disso, foi realizada uma análise de custo e viabilidade das formulações para encontrar o melhor custo-benefício dentre as mesmas. Como resultado, para o primeiro plano de testes, viu-se que as resinas importadas possuem propriedades superiores, sugerindo um indicativo de que possuem maior quantidade de butadieno em sua formulação. Para o segundo plano de testes, viu-se que as formulações com proporção 70%ABS + 30%SAN apresentaram melhores resultados do que as demais formulações. Estas formulações geraram uma redução de custo de produção de cerca de 5%.

Palavras-chave: Blendas poliméricas, Copolímeros, Fase Borracha.

ABSTRACT

Polymer mixtures, also called blends, are much studied, as they combine the best properties of the selected polymers. Furthermore, the physical, chemical and physical-chemical properties of the blends produced can be controlled, overcoming the disadvantages presented by separate polymers. ABS resin is a copolymer widely used in automotive and electronics applications and is therefore highly sought after by the market with affordable costs and high properties. The objective of this work was to produce different blends using ABS and SAN (Acrylonitrile-Styrene) resins with specific properties of Impact Resistance and Fluidity Index, desired by customers and more affordable cost, in order to generate greater competitiveness in the market. The ABS resins used are imported and therefore have a higher cost. The development took place in 2 test plans. The first consisted of injecting imported and domestic resins already used on the market to obtain comparative results. The second consisted of manually mixing the resins with SAN in different proportions to produce blends in the injector. Flow rate, impact resistance, rigidity and colorimetry tests were carried out. In addition, a cost and feasibility analysis of the formulations was carried out to find the best cost-benefit among them. As a result, for the first test plan, it was seen that the imported resins have superior properties, suggesting an indication that they have a greater amount of butadiene in their formulation. For the second test plan, it was seen that the formulations with the proportion 70%ABS + 30%SAN presented better results than the other formulations. These formulations generated a production cost reduction of about 5% in production.

Keywords: Polymeric Blends, Copolymers, Rubber Phase.

Lista de Figuras

Figura 1 – Representação da estrutura da resina ABS.....	4
Figura 2 - Representação da estrutura da resina SAN.....	5
Figura 3 – Ordem e locais de leitura de placas em colorímetro.....	10
Figura 4 – Escala Colorimétrica.....	11
Figura 5 – Comparativo entre ABS20 e ABS22, respectivamente.....	16
Figura 6 – Comparativo entre ABS8 e ABS10, respectivamente.....	17
Figura 7 – Placas formulações F1, F2 e F3, respectivamente.....	24
Figura 8 – Placas formulações F4, F5 e F6, respectivamente.....	25

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Descrição dos materiais utilizados.....	7
Tabela 2 – Propriedades apresentadas na ficha técnica do fornecedor.....	7
Tabela 3 – Condições de injeções para o primeiro plano de testes.....	9
Tabela 4 – Proporções de mistura das blendas produzidas.....	11
Tabela 5 – Resultados de leitura de cor do teste 1.....	16
Tabela 6 – Comparativo entre Resultados Esperados X Obtidos.....	19
Tabela 7 – Comparativo entre Resultados Esperados X Obtidos.....	19
Tabela 8 – Resultados de leitura de cor do teste 2.....	24
Tabela 9 – Comparativo de custos resinas ABS.....	25
Tabela 10 – Comparativo de custos de formulações blendas.....	26
Tabela 11 – Resumo de principais resultados.....	26

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Resultados Índices de Fluidez das resinas ABS.....	13
Gráfico 2 – Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a 23°C.....	14
Gráfico 3 – Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a -30°C.....	15
Gráfico 4 – Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82MPa.....	15
Gráfico 5 – Índice de Fluidez da blenda ABS22-SAN.....	17
Gráfico 6 – Índice de Fluidez da blenda ABS10-SAN.....	18
Gráfico 7 – Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a 23°C da blenda ABS22-SAN.....	20
Gráfico 8 – Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a 23°C da blenda ABS10-SAN.....	21
Gráfico 9 - Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a -30°C da blenda ABS22-SAN.....	21
Gráfico 10 - Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a -30°C da blenda ABS10-SAN....	22
Gráfico 11 – Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82MPa da blenda ABS22-SAN..	22
Gráfico 12 – Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82MPa da blenda ABS10-SAN..	23

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Polímeros	2
2.2 Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS)	2
2.3 Acrilonitrila-Estireno (SAN)	5
2.4 Blenda ABS-SAN	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 Materiais	6
3.2 Métodos	7
3.2.1 Primeiro Plano de Testes	7
3.2.1.1 Índice de Fluidez	8
3.2.1.2 Injeção	8
3.2.1.3 Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C conforme ISO 179/1	9
3.2.1.4 Resistência ao Impacto Charpy a -30 °C conforme ISO 179/1	9
3.2.1.5 Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82 MPa (HDT)	9
3.2.1.6 Leitura de Cor	9
3.2.2 Segundo Plano de Testes	11
3.2.2.1 Mistura Manual	11
3.2.2.2 Injeção	12
3.2.2.3 Índice de Fluidez	12
3.2.2.4 Ensaio mecânicos	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Comparativo Resinas ABS – Primeiro Plano de Testes	12
4.2 Comparativo de blendas ABS-SAN – Segundo Plano de Testes	17
4.3 Avaliação de custos	25
5 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	29
	x

1. INTRODUÇÃO

Os polímeros são parte fundamental do cotidiano da sociedade moderna como matéria-prima de manufatura. Sua vasta prevalência é devido às suas propriedades desejáveis, como durabilidade, resistência química, alta resistência em relação à massa, dentre outras propriedades. Isto levou o polímero a ser utilizado em inúmeras aplicações como embalagens, produtos de consumo, dispositivos médicos e como material para pesquisas de engenharia. Dentre suas propriedades, possuem uma gama diversa de processos de manufatura como extrusão, usinagem CNC, gravação/ablação a laser, injeção e impressão 3D. Estes fatores fazem do polímero um material muito importante na indústria de manufatura e têm conseqüentemente levado a um exponencial aumento em sua produção global. Esta, aumentou mais de 500% nas últimas três décadas e está levando a um aumento de 850 milhões de toneladas anuais até o ano de 2050 (MOHAMMED et al., 2019).

Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS) é um copolímero comercial amplamente empregado e possui propriedades relevantes. Consiste em uma fase amorfa de copolímero de estireno-acrilonitrila (SAN) e uma fase elastomérica de polibutadieno (PB). É processado com facilidade, baixo custo e possui alta Resistência ao Impacto e resistência química (KURAM et al., 2014).

A mistura de polímeros constitui uma alternativa para obter materiais com características físicas, químicas e físico-químicas melhores do que aquelas dos polímeros puros, pois por meio destas se obtém materiais com propriedades específicas. Usualmente, os constituintes das misturas poliméricas são selecionados de modo a conservar as vantagens de cada polímero. Além disso, outras vantagens para a utilização das misturas são: melhorar a processabilidade e/ou as propriedades como fluidez, Resistência ao Impacto ou rigidez; reduzir custo do produto; e reaproveitamento de resíduos poliméricos (LUNA et al, 2016).

Este projeto teve como objetivo geral identificar novas possibilidades de matéria-prima para produção de espelhos de tomadas, com custo acessível e bom desempenho de propriedades. Os objetivos secundários foram:

- Entender o comportamento de 4 resinas de 2 fornecedores diferentes e o que esperar de blendas a partir destas resinas;
- Produzir blendas em duas diferentes faixas de índice de fluidez possibilitando ao cliente realizar testes com as duas opções e escolher a que melhor lhe atende.

Assim, o projeto foi dividido em 2 planos: o primeiro, consistiu em injetar as resinas e obter propriedades como índice de fluidez, Resistência ao Impacto, temperatura de deflexão térmica e cor. O segundo, consistiu em misturar manualmente 6 formulações, utilizando as resinas e o SAN do fornecedor 2, em seguida injetar e realizar os mesmos testes do primeiro plano.

Foram escolhidas as resinas do fornecedor 2 por apresentarem melhor desempenho de propriedades geral e assim possibilitar melhores resultados. Além disso, foram escolhidas duas faixas de índice de fluidez para possibilitar opções para o cliente e possivelmente sugerir novas aplicações para as blendas.

O objetivo de introduzir SAN em uma resina ABS é aumentar seu índice de fluidez, diminuir a quantidade de elastômero presente no composto e conseqüentemente diminuir sua Resistência ao Impacto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Polímeros

A palavra polímero origina-se do grego, em que poli significa muitos e mero, unidade de repetição. Logo, um polímero é uma macromolécula composta por inúmeras unidades de repetição, chamadas de meros. A derivação do polímero é o monômero, uma molécula com uma unidade de repetição. São divididos em três grandes classes: polímeros, borrachas e fibras. (CANEVAROLO, 2002).

Polímero é qualquer material orgânico ou inorgânico, sintético ou natural, que tenha alto peso molecular e com variedades estruturais repetitivas, sendo que normalmente esta unidade que se repete é de baixo peso molecular. São classificados de diversas maneiras, variando com o objetivo de classificação. Do ponto de vista das características tecnológicas, podem ser divididos em termoplásticos e termofixos. Termoplásticos são polímeros que podem ser fundidos e solidificados repetidas vezes, com pouca ou nenhuma variação em suas propriedades básicas, enquanto que termofixos após sofrerem processo de cura, não podem ser fundidos ou dissolvidos sem a ocorrência de degradação de sua estrutura química (MANRICH, 2005).

2.2 Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS)

Em 1946, foi introduzida no mercado uma mistura mecânica de copolímero estireno-acrilonitrila (SAN) e NBR, conhecida como ABS tipo A. Em 1950, foi

desenvolvida sua segunda versão, o ABS tipo G, por meio de polimerização por emulsão de partículas de butadieno enxertadas em estireno e acrilonitrila. Em 1961, foi divulgado outro método de preparação de ABS, em que a suspensão tipo SAN foi misturada com polibutadieno enxertados com menos de 15% em peso de estireno e acrilonitrila. Esta mistura apresentou melhor desempenho de impacto. Concluiu-se que a polimerização por emulsão possibilitou a incorporação de até 50% em peso de borracha e melhor controle da morfologia por meio dos parâmetros de reação e variáveis de processo.

Desde então, a tecnologia do ABS evolui continuamente. Existe uma grande variedade de resinas ABS no mercado e elas se diferem em composição, morfologia e concentração. As resinas com melhor desempenho de impacto são fortemente afetadas pela concentração, tamanho e distribuição de partículas de borracha (UTRACKI, 1998).

O ABS é um composto de elastômeros com uma fase particulada enxertada dispersa em uma matriz termoplástica de estireno e acrilonitrila (SAN). As vantagens de propriedade fornecidas por este copolímero de enxerto incluem excelente tenacidade, boa estabilidade dimensional, boa processabilidade e resistência química. Sua estrutura é complexa e permite uma versatilidade para adaptação de propriedades com objetivo de atender aos requisitos do produto (LI e WANG, 2021).

É um dos copolímeros (formado por diferentes monômeros) de boa rigidez mais versátil e importante disponível no mercado. Tem sido muito utilizado para aumento de rigidez de polímeros quebradiços, formando blendas com poliamida, policarbonato, polibutileno e policloreto de vinila. Apresenta excelente Resistência ao Impacto em temperatura subambiente, boa rigidez, boa resistência química e térmica e alta estabilidade dimensional (ROSSATO et al., 2018).

Sendo um copolímero de natureza elastomérica e termoplástica, exibe excelente tenacidade e boa estabilidade dimensional. Encontra diversas aplicações, principalmente na produção de eletrodomésticos, telefones e na indústria automobilística (GABRIEL et al., 2013).

A resina de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) é um dos mais importantes polímeros de alto-impacto comercialmente, devido à sua alta Resistência ao Impacto gerada pela presença da fase elastomérica presente em sua composição, boa estabilidade térmica, satisfatória resistência à tração, excelente processabilidade e boa estabilidade dimensional. Produtos injetados de ABS são amplamente utilizados tanto em aplicações de decorações quanto em proteções em diversos produtos industriais e de consumo.

É composta usualmente por um sistema binário (duas fases), a fase dispersa é de partículas de polibutadieno (PB) enxertadas e a fase contínua é do copolímero acrilonitrila-estireno (SAN). As propriedades físicas e mecânicas e seu comportamento reológico são altamente influenciados pelo tamanho e conteúdo das partículas de borracha, grau de enxertia e peso molecular do SAN. Portanto, variar estes parâmetros permite aos fabricantes de ABS adaptar seus produtos de acordo com a aplicação final (ZHU et al., 2016).

A morfologia do ABS é definida principalmente por meio de seu processo de fabricação que pode ser polimerização em massa ou por emulsão. Por emulsão é um processo utilizado principalmente nas indústrias pois produz um controle de enxerto fino e uma pequena distribuição de tamanho de partícula submicrônica, que é mais eficiente para endurecer a matriz SAN. Por outro lado, a polimerização em massa produz um tamanho de partícula grosseiro que é ineficaz para endurecer o ABS. Usualmente, ABS fabricados industrialmente têm 25% de acrilonitrila na fase SAN e um tamanho de partícula de borracha na faixa de 0,1 a 1 μm . Os grupos polares de acrilonitrila fornecem uma matriz SAN altamente coesa e muito resistente. Assim, o mecanismo de endurecimento da borracha em ABS é uma combinação de fissura e cisalhamento dependendo das condições de carga. Na polimerização por emulsão a distribuição do tamanho de partículas de borracha é determinada pelo tipo e concentração do agente emulsificante (YAMAKAWA, CORREA e JÚNIOR, 2004).

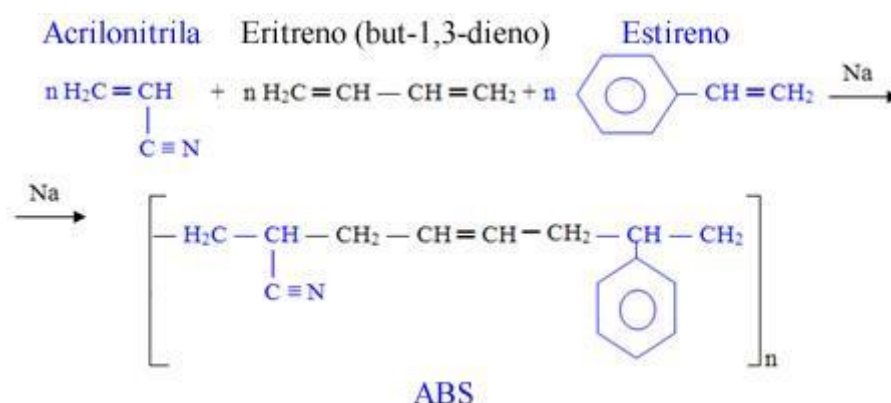


Figura 1 – Representação da estrutura da resina ABS

Fonte: Brasil Escola, 2021

2.3 Acrilonitrila-Estireno (SAN)

O acrilonitrila-estireno, também conhecido como SAN, é um copolímero termoplástico amorfo de estireno, contendo de 10 a 30% de acrilonitrila em sua composição. A adição da acrilonitrila permite ao composto maior Resistência ao Impacto, força, resistência à fadiga, módulo de elasticidade, dureza, resistência ao choque térmico, resistência química e resistência ao risco (SENKERIK et al.; 2012).

Por outro lado, tende a ser frágil e sensível à radiação UV. Dentre as tecnologias de processamento de polímeros, os mais comuns para o SAN são injeção, moldagem, moldagem por compressão e extrusão. É altamente resistente à abrasão e esta é a razão pela qual é comumente utilizado para a produção de telas sensíveis ao toque. Também possui aplicações como na indústria automotiva e construção civil, aparelhos eletrônicos, medicamentos e embalagens (ZORC e NAGODE, 2015).

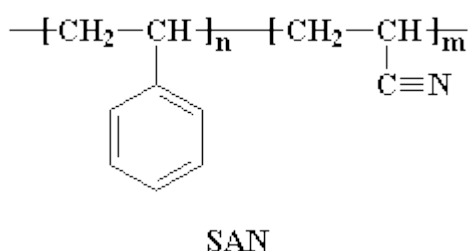


Figura 2 - Representação da estrutura da resina SAN

Fonte: Guia de Química, 2022

2.4 Blenda ABS-SAN

Segundo Passador et al., (2006), blendas poliméricas são sistemas originários da mistura física de dois ou mais polímeros e/ou copolímeros com o objetivo de obter propriedades desejadas. Para ser considerada uma blenda, os compostos devem ter concentração acima de 2% em massa do segundo componente.

As principais vantagens da produção das blendas são:

- Tecnológica: possuem capacidade de combinar as propriedades de diferentes componentes de modo a obter excelentes propriedades mecânicas, térmicas e químicas.
- Financeira: o custo de desenvolvimento de uma blenda é menor que o custo da síntese de um novo polímero.
- Ambiental: possibilidade de reciclagem industrial.

- Mecardológico: possibilidade de ajuste da composição da blenda de acordo com as especificações do cliente (FERNANDES et al., 2012).

A cada ano, o interesse no estudo das blendas poliméricas tem aumentado. Um dos motivos para esse aumento, se dá pelas vantagens tecnológica, em que as blendas possuem a capacidade de combinar propriedades de diferentes componentes de modo a obter excelentes propriedades mecânicas, térmicas e químicas e também financeira, em que o custo de desenvolvimento de uma blenda é menor que o custo de desenvolvimento de um novo polímero. Porém, para se desenvolver um novo material é preciso pensar não apenas na sua obtenção, mas também em suas características físicas e químicas, com intuito de definir sua aplicação. Por isso, o ideal é entender o comportamento da blenda em diferentes situações reais de uso (FERNANDES et al., 2012).

A blenda ABS/SAN é caracterizada por alta rigidez e força, boa resistência à radiação e esterilização por óxido de etileno e possui um custo razoavelmente baixo (GUNTHER et al., 2021).

ABS e SAN são comumente utilizados para criação de blendas poliméricas. O SAN age como a matriz da blenda e o ABS como a fase com propriedades elásticas. O comportamento da blenda final é influenciado por diversos fatores. Um desses fatores é o tamanho de partícula. As blendas com partículas menores de borracha possuem maior elasticidade e módulo elástico um pouco mais alto quando comparado à blendas com tamanho de partículas maiores. Por outro lado, a Resistência ao Impacto é maior na blenda com maiores partículas, mais de 4 vezes comparadas às blendas com menores partículas (XU et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para este trabalho, foram utilizados quatro tipos diferentes de ABS e um de SAN. As resinas ABS provenientes do fornecedor 1, possuem índice de fluidez menor, conforme informado por sua ficha técnica. Para cumprir o objetivo de obter um material com boa relação de Resistência ao Impacto x índice de fluidez x custo foram utilizados para produção das blendas apenas os ABS provenientes do fornecedor 2, que possuem Resistência ao Impacto maior, comparados aos ABS do fornecedor 1. Foram utilizados

diferentes ABS para promover opções de produção para diferentes tipos de espelhos de tomadas.

São eles:

Tabela 1 – Descrição dos Materiais Utilizados

Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 2
ABS MFI 20 (ABS20)	ABS MFI 22 (ABS22)	SAN MFI 80 (SAN80)
ABS MFI 8 (ABS8)	ABS MFI 10 (ABS10)	

Fonte: Do Autor (2022).

O ABS22 e ABS10 apresentados pelo fornecedor 2, possuem custo 6% maior que o ABS20 e ABS8. Sendo assim, a introdução do SAN na blenda, pode proporcionar uma redução de custo entre 5 a 14%, a depender da quantidade inserida.

A Tabela 2 apresenta as informações contidas na ficha técnica de cada material:

Tabela 2 – Propriedades apresentadas na ficha técnica do fornecedor

Material	Índice de Fluidiez 220 °C/10 kg (g/10 min)	Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C (kJ/m²)	Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82 MPa (°C)
ABS20 Fornecedor 1	19	22	94
ABS8 Fornecedor 1	8	30	75
ABS22 Fornecedor 2	25	32	79
ABS10 Fornecedor 2	10	37	79
SAN80 Fornecedor 2	80	5	92

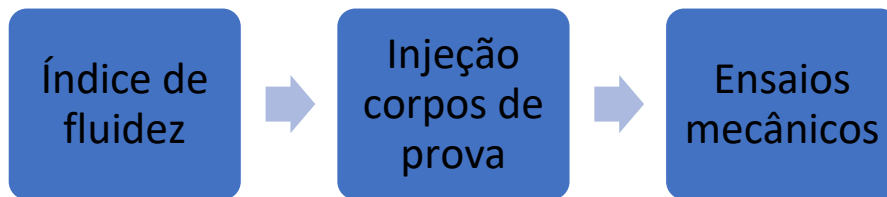
Fonte: Do Autor (2022).

3.2 Métodos

Os testes foram divididos em dois planos, o primeiro foi um comparativo entre as resinas com índice de fluidez similares e o segundo plano foi um comparativo com blendas de diferentes proporções ABS-SAN em busca de alcançar resultados similares aos obtidos no primeiro plano.

3.2.1 Primeiro Plano de Testes

Para o primeiro plano de testes, o objetivo foi comparar as resinas ABS20 e ABS22 entre si e ABS8 e ABS10 entre si. O fluxograma abaixo descreve a sequência realizada no primeiro plano de testes:



Fluxograma 1 – Processo Primeiro Plano de Testes

3.2.1.1 Índice de Fluidez

Para este teste, foram separadas cerca de 10 gramas de resina em grânulos conforme recebida dos fornecedores. O material foi levado ao plastômetro INSTRON CEAST MF20 a temperatura de 220 °C e 10 kg de massa. Foi medido a massa obtida para cada resina e calculado o índice de fluidez por meio da equação:

$$x = \frac{m \cdot 600}{t}$$

Onde,

x = resultado índice de fluidez em g/10min

m = massa obtida após tempo t no plastômetro em gramas

t = tempo de caimento do material em segundos

3.2.1.2 Injeção

Foram injetadas as resinas ABS20 e ABS22 para resultados comparativos entre si, bem como as resinas ABS8 e ABS10 com o mesmo objetivo. Foram injetados em injetora Battendel Unilog B4, corpos de prova conforme norma ISO 179/1 para ensaio de Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C e a -30 °C e conforme norma ISO 75A para teste de Temperatura de Deflexão Térmica (HDT) a 1,82 MPa. Também foram injetadas placas lisas para realização de leituras de cor em colorímetro HunterLab Ultra Scan Pro D65, bem como comparação visual.

A tabela 3 abaixo apresenta as condições de injeção das resinas:

Tabela 3 – Condições de injeções para o primeiro plano de testes:

Parâmetros	Condição
Temperatura zona 1	244 °C
Temperatura zona 2	239 °C
Temperatura zona 3	239 °C
Temperatura zona 4	232 °C
Temperatura zona 5	241 °C
Temperatura óleo	56 °C
Velocidade	10 m/s
Pressão	390 bar
Tempo de resfriamento	10 seg

Fonte: Do Autor (2022).

3.2.1.3 Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C conforme ISO 179/1

Os corpos de prova foram entalhados em entalhador automático INSTRON CEAST AN50 e foram realizados ensaios conforme norma ISO 179/1 em 10 corpos de prova utilizando o equipamento INSTRON CEAST 9050 a temperatura ambiente de 23 °C.

3.2.1.4 Resistência ao Impacto Charpy a -30 °C conforme ISO 179/1

Os corpos de prova foram entalhados em entalhador automático INSTRON CEAST AN50 e foram posicionados em congelador por 2 horas em temperatura de -33 °C. Foram realizados ensaios conforme norma ISO 179/1 em 10 corpos de prova utilizando o equipamento INSTRON CEAST 9050 a temperatura de -30 °C.

3.2.1.5 Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82 MPa (HDT)

Foram realizados ensaios conforme norma ISO 75 em 3 corpos de prova utilizando o equipamento INSTRON CEAST HV3. Os corpos de prova são submetidos à força enquanto submersos em óleo.

3.2.1.6 Leitura de Cor

Foram realizadas leituras de cor em 3 placas de cada resina utilizando o colorímetro HunterLab Ultra Scan Pro D65. As placas foram lidas em 5 pontos conforme ilustrado abaixo e foi obtida a média dos valores lidos:

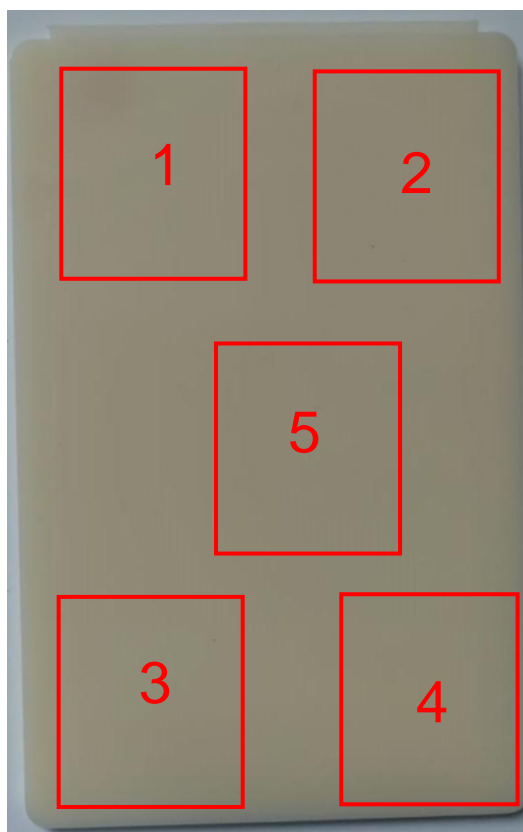


Figura 3 – Ordem e locais de leitura de placas em colorímetro

Fonte: Autor, 2022

Para definição de cores, foi utilizada a escala colorimétrica conforme exibido na figura 4. O eixo “L” corresponde às cores preto e branco, a medida apresentada pelo colorímetro serão números entre 0 e 100. Quanto mais próximo do 0, mais escura e próxima de preto será a placa e quanto mais próximo de 100, mais branca será a placa. O eixo “a” corresponde às cores vermelho e verde, assim quanto mais positivo mais próximo de vermelho e quanto mais negativo, mais próximo de verde. Da mesma forma acontece com o eixo “b”, que corresponde a azul e amarelo. Quanto mais positivo, mais amarelo e quanto mais negativo mais azul.

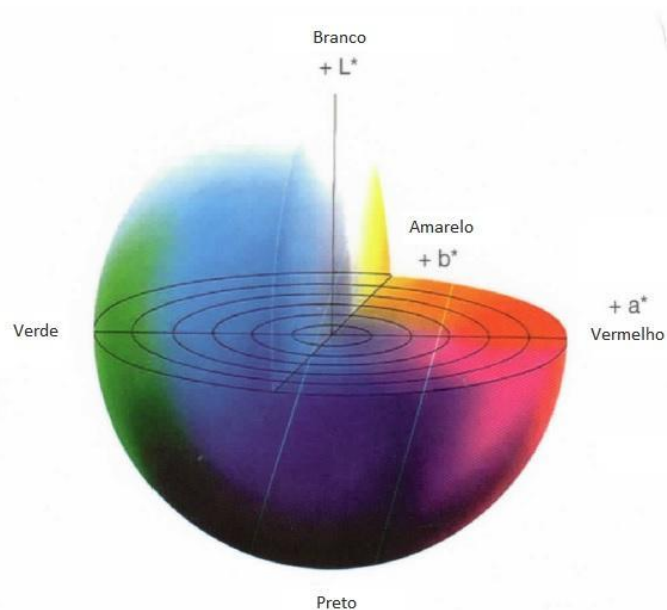


Figura 4 – Escala Colorimétrica

Fonte: Goldindrops, 2022

3.2.2 Segundo Plano de Testes

Para este plano, foram idealizadas formulações para cada resina ABS do fornecedor 2, variando as proporções de ABS-SAN em peso, para obter boas propriedades. O critério para definição das proporções foi por meio da análise de custo e por experiência em outras blendas. A Tabela 4, descreve as proporções adotadas para as misturas:

Tabela 4 – Proporções de mistura das blendas produzidas

	F1 (ABS22)	F2 (ABS22)	F3 (ABS22)	F4 (ABS10)	F5 (ABS10)	F6 (ABS10)
ABS	70%	50%	30%	70%	60%	50%
SAN	30%	50%	70%	30%	40%	50%

Fonte: Do Autor (2022).

3.2.2.1 Mistura Manual

As resinas ABS e o SAN foram pesados em balança de modo a produzir 5kg de cada blenda para injeção. Foram misturadas manualmente e em seguida injetadas.

3.2.2.2 Injeção

Após a mistura, foram injetados corpos de prova seguindo os mesmos parâmetros do primeiro plano de testes.

3.2.2.3 Índice de Fluidiez

Para medir o índice de fluidez, as placas injetadas foram cortadas em guilhotina em forma de grânulos. Foram utilizadas cerca de 10g de cada mistura para obtenção dos índices de fluidez. O procedimento foi o mesmo seguido no primeiro plano de testes. O índice de fluidez foi calculado de modo teórico conforme a equação abaixo:

$$MFI_t = \frac{\exp \exp ((\%ABS) \cdot \ln MFI_{abs} + \%SAN \cdot \ln MFI_{san})}{\%ABS + \%SAN}$$

Onde,

MFI_t = índice de fluidez teórico

MFI_{abs} = índice de fluidez do ABS

MFI_{san} = índice de fluidez do SAN

3.2.2.4 Ensaios mecânicos

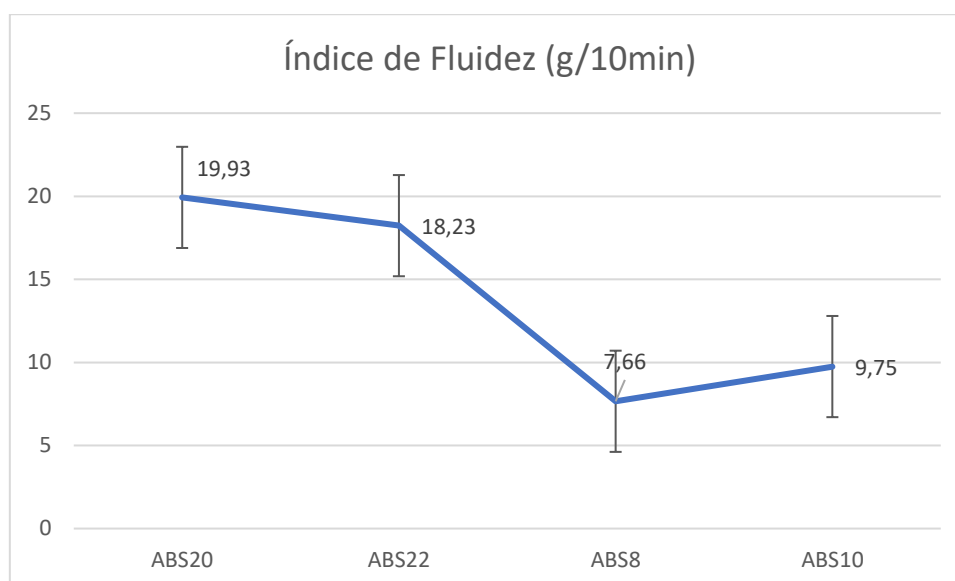
Os testes de Resistência ao Impacto em ambas temperaturas, de temperatura de deflexão térmica e leitura de cor foram realizados conforme o primeiro plano de testes para cada blenda.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparativo Resinas ABS – Primeiro Plano de Testes

O primeiro ensaio realizado foi o de índice de fluidez e os resultados estão apresentados no gráfico abaixo:

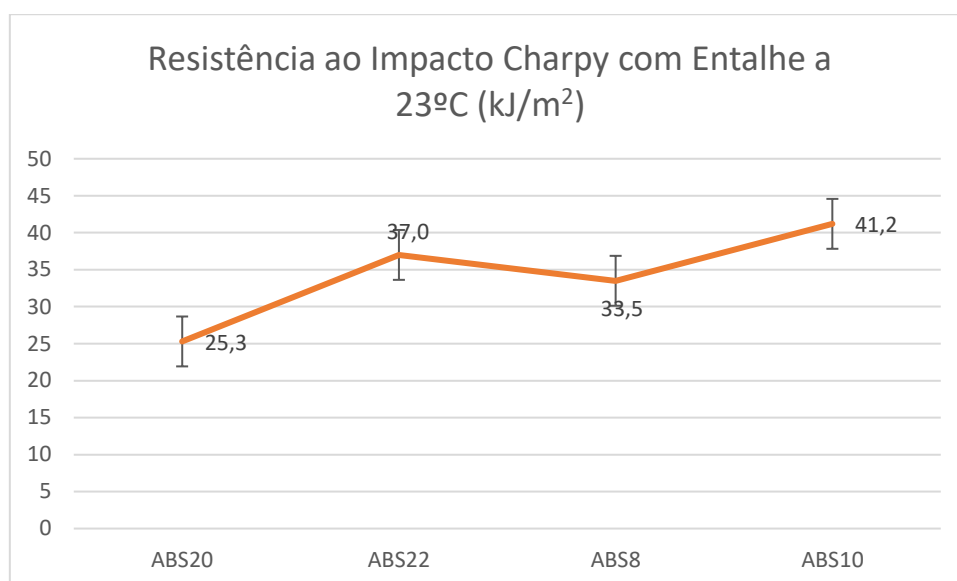
Gráfico 1 – Resultados de Índice de Fluidez para as Resinas ABS



A partir dos resultados de fluidez, pode-se observar que os resultados para as resinas ABS20 e ABS22 foram bastante semelhantes entre si, bem como os resultados para as resinas ABS8 e ABS10. Todas as resinas apresentaram resultados próximos ao esperado. As resinas ABS20 e ABS22 apresentam índice de fluidez em torno de 20 g/10min, enquanto as resinas ABS8 e ABS10, apresentam índice de fluidez em torno de 10 g/10min. Usualmente, o valor informado para índice de fluidez inclui uma faixa de especificação, variando entre $\pm 3,0$ e $\pm 5,0$, o que explica o MFI do ABS22 ter um valor menor do que o encontrado para o ABS20. Isso indica que pode-se esperar que os resultados de Resistência ao Impacto para as resinas ABS20 e ABS22 serão menores do que para as resinas ABS8 e ABS10. Esta expectativa se deve ao fato de que, a Resistência ao Impacto é uma propriedade que está diretamente ligada à proporção de elastômero presente nas resinas. As resinas com maior quantidade de elastômero em sua composição terão maior Resistência ao Impacto, bem como terão menor índice de fluidez pois o elastômero funciona como retentor de fluxo, diminuindo sua velocidade, conseqüentemente gerando um índice menor. Para este plano, não foram medidas propriedades do SAN80 pois o objetivo é definir parâmetros que tornem as blendas aceitáveis para o cliente.

Os resultados do ensaio de Resistência ao Impacto Charpy com Entalhe a 23°C estão apresentados no gráfico abaixo:

Gráfico 2 – Resistência ao Impacto Charpy com Entalhe a 23 °C

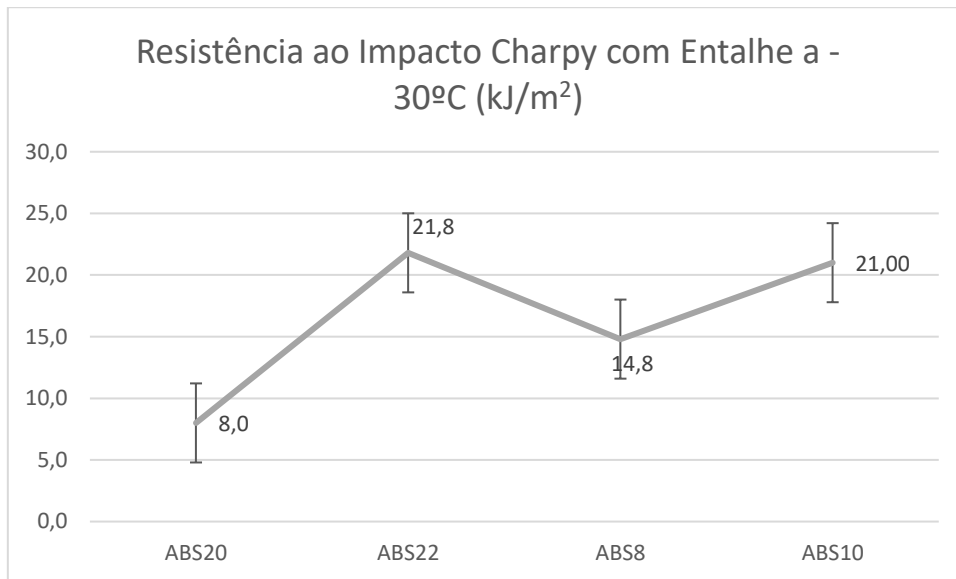


Conforme esperado, as resinas do fornecedor 2 (ABS22 e ABS10) apresentaram valores maiores de Resistência ao Impacto quando comparadas à seu contra-tipo do fornecedor 1. Isso pode ser um indicativo de que em sua composição, a quantidade de butadieno presente é maior quando comparada à composição dos ABS do fornecedor 1, por isso a Resistência ao Impacto aumenta, pois o butadieno é um elastômero e age absorvendo o impacto sofrido. Como dito anteriormente, o ABS é composto por uma fase elastomérica dispersa em matriz de SAN. Esta fase elastomérica dispersa age absorvendo o impacto sofrido durante o teste de Resistência ao Impacto e quanto maior a sua quantidade/proporção na composição do ABS, mais efeito de absorção este terá.

Segundo Rocetto et al., os elastômeros possuem capacidade de suportar deformações maiores que 200% de seu tamanho original, mantendo a resistência mecânica e baixo módulo de elasticidade e apresentando total recuperação uma vez que o esforço foi retirado. Esta propriedade se deve às suas cadeias flexíveis, que são reticuladas umas com as outras e apresentam baixa densidade de ligações cruzadas. As respostas elásticas destas cadeias formam redes, que são responsáveis pela elasticidade do material.

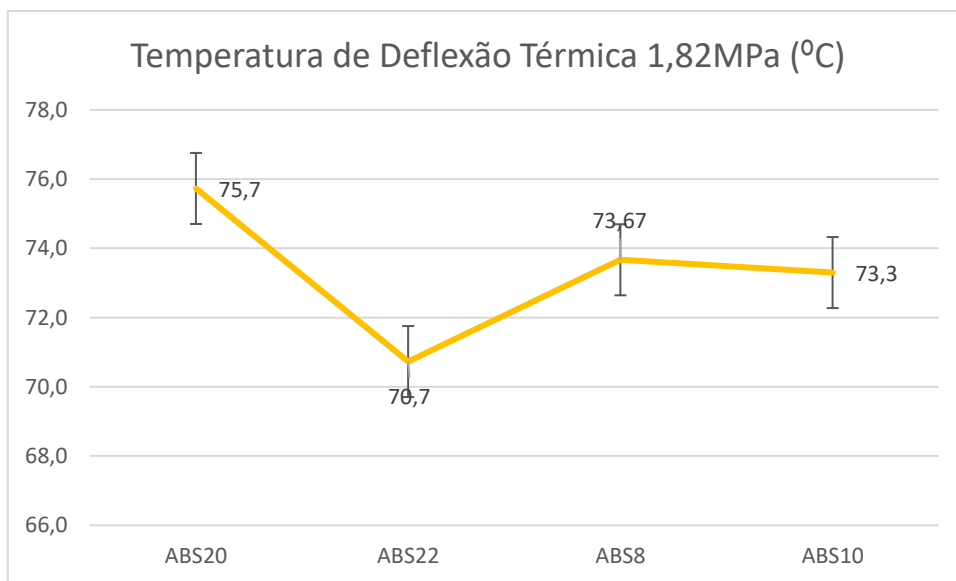
Este efeito fica ainda mais evidente quando apresentado a baixas temperaturas, conforme visto no gráfico abaixo:

Gráfico 3 – Resistência ao Impacto Charpy com Entalhe a -30 °C



Como visto, a diferença de resultados entre fornecedores é bastante significativa e indica novamente a presença de maior quantidade de borracha na composição dos ABS do fornecedor 2.

Gráfico 4 – Temperatura de Deflexão Térmica 1,82 MPa



Por meio do gráfico 4, podemos observar que não há diferenças significativas com relação a esta propriedade comparando as resinas, principalmente para as resinas ABS8 e ABS10. Como esta propriedade não é decisiva para o uso em espelhos de tomadas – foco do estudo, utilizou-se como forma de entendimento do comportamento do material. Foi possível constatar que a adição de SAN não configura grandes mudanças na rigidez do material.

Com relação a cor, pode-se observar que no eixo L (preto e branco) e no eixo a (vermelho e verde), as resinas apresentaram valores próximos, enquanto que no eixo b (azul e amarelo) houve maior variação, sendo que as resinas do fornecedor 2 são bem mais amareladas do que as concorrentes do fornecedor 1. Este amarelamento é um ponto bastante negativo para a aplicação desejada pois o melhor cenário seria o mais branco possível e o nível de amarelo ideal seria entre 2 e 5 pontos. Os espelhos de tomadas são peças usualmente brancas e para o consumidor final, uma peça amarelada não é atraente. Ambas resinas ABS22 e ABS10 apresentaram a faixa do amarelo em mais que o dobro do desejado.

Tabela 5 – Resultados de leitura de cor do teste 1.

Eixo	ABS20	ABS22	ABS8	ABS10
L	80,11	83,74	83,06	81,95
a	-4,21	-3,25	-4,5	-3,55
b	5,25	11,18	4,66	11,34

Fonte: Do Autor (2022).

Como visto nos resultados da tabela 5, o eixo b representa o eixo mais significativo para aplicação desejada e para melhores resultados deve estar entre 2 e 5 pontos. Este é um ponto negativo para as resinas pois para acertar a cor conforme desejado seria necessário incluir mais pigmento para obter o branco desejado. O ABS22 e ABS10, do fornecedor 2 apresentaram cores bem mais amarelas do que o desejado, como pode ser observado nas figuras abaixo:

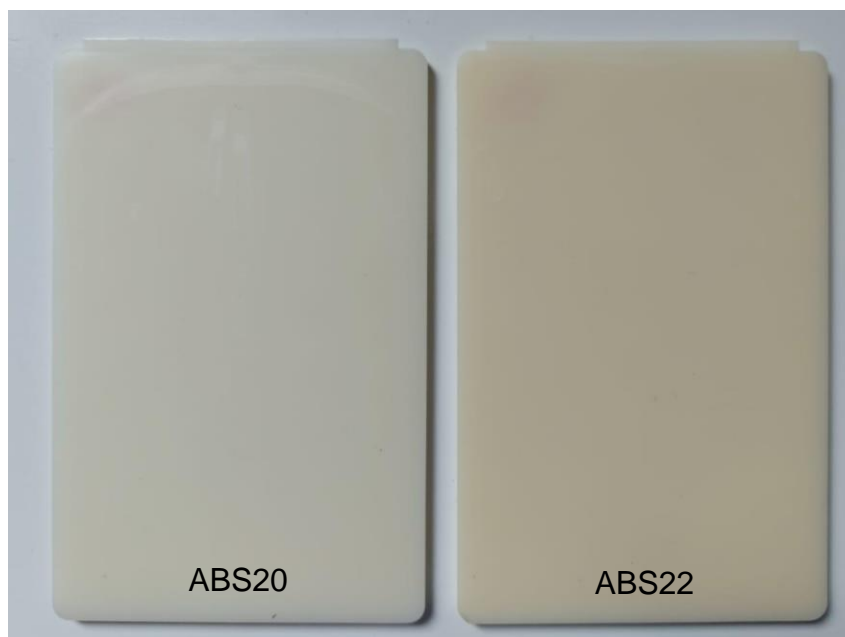


Figura 5 – Comparativo entre ABS20 e ABS22, respectivamente

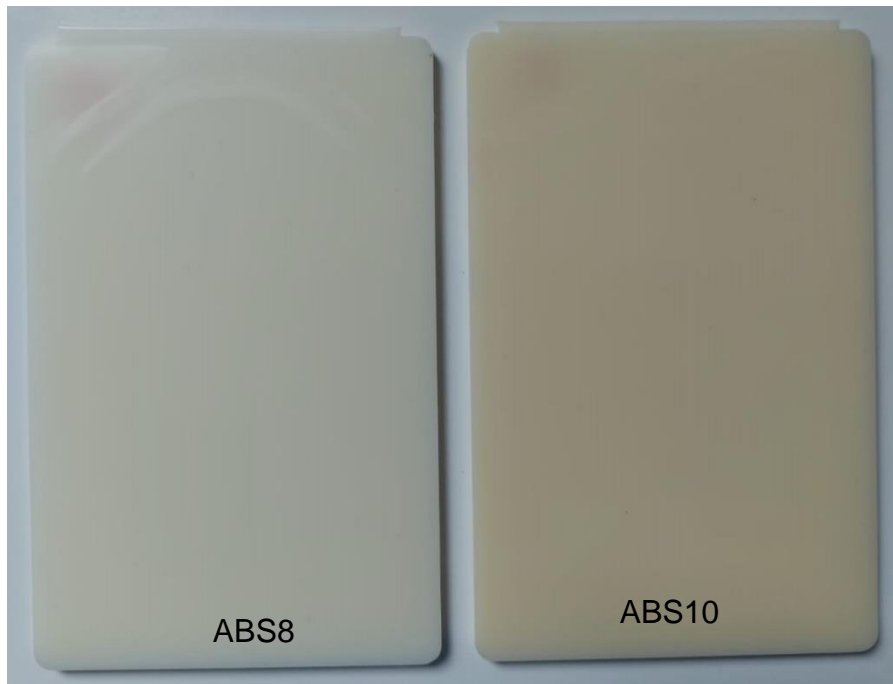
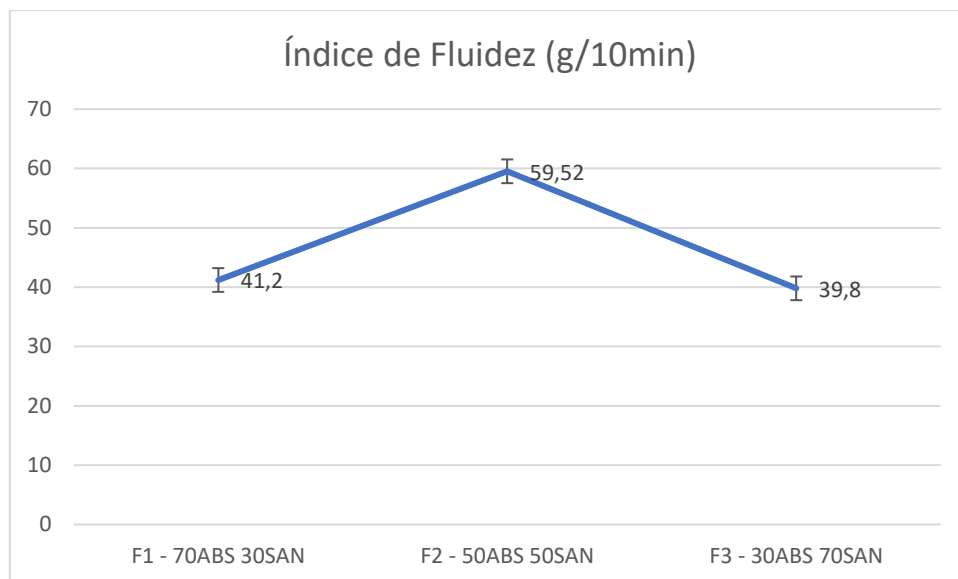


Figura 6 – Comparativo entre ABS8 e ABS10, respectivamente

4.2 Comparativo de blendas ABS-SAN – Segundo Plano de Testes

O resultado esperado ideal de fluidez para estas 3 blendas deve ser maior que 32 g/10min, para obter melhor fluidez de injeção atingindo as expectativas do cliente. O primeiro ensaio realizado foi o de índice de fluidez e os resultados estão apresentados abaixo:

Gráfico 5 – Índice de Fluidez Blendas ABS22-SAN



Comparando os resultados obtidos com os resultados esperados, pode-se perceber uma grande diferença, o que usualmente é esperado pois o cálculo teórico não define o processo como um todo. Porém, conforme descrito na Tabela 6, os resultados ficaram bastante divergente do esperado.

Por meio da tabela comparativa abaixo, pode-se analisar os resultados esperados e obtidos:

Tabela 6 – Comparativo entre Resultados Esperados X Obtidos

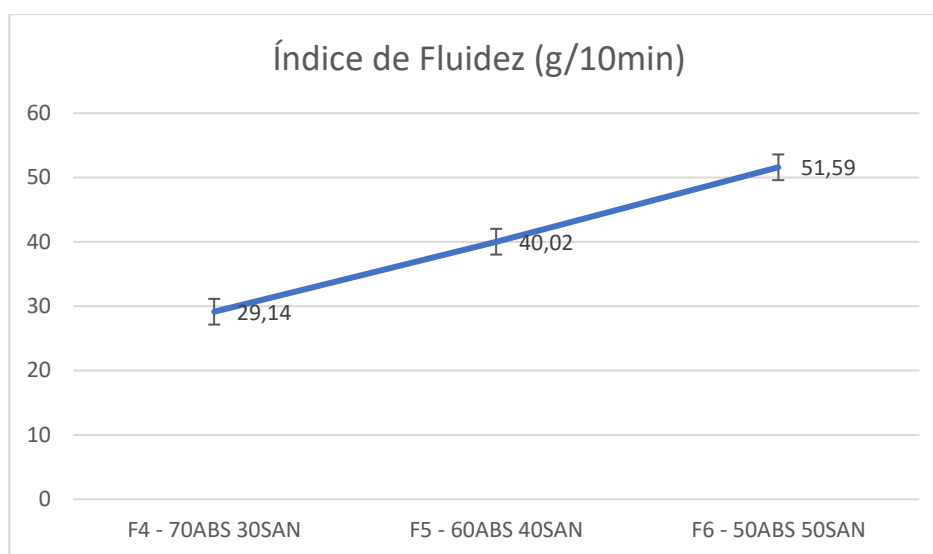
FORMULAÇÃO	Resultado Esperado	Resultado Obtido
F1 – 70ABS22 30 SAN	30,31 ± 2,5	41,2 ± 2,1
F2 – 50ABS22 50SAN	40 ± 2,5	59,52 ± 1,9
F3 – 30ABS22 70SAN	52,78 ± 2,5	39,8 ± 2,5

Fonte: Do Autor (2022).

A partir desta análise, é possível observar que o método de obtenção do índice de fluidez pode não ser exato, bem como pode ter ocorrido alguma falha no processo de produção. O material foi misturado manualmente, injetado e cortado para obtenção dos grânulos para o teste, este processo pode não ser 100% preciso e gerar um produto não uniforme. Para obtenção do índice de fluidez, foram cortados corpos de prova de modo manual em pequenos pedaços simulando grânulos, assim o resultado pode não ser tão exato quanto deveria. Pode-se considerar que o material já passou por processo de cisalhamento na rosca da injetora, pode haver certo nível de degradação e principalmente, pode haver uma mistura não homogênea, apresentando resultados não condizentes com a realidade.

O mesmo comportamento foi observado para as formulações com ABS10 e está demonstrado no gráfico abaixo:

Gráfico 6 – Índice de Fluidez para blendas ABS10-SAN



Para estas formulações o índice de fluidez ideal para a expectativa do cliente seria entre 15 e 25 g/10min, o que indica que nenhuma delas está exatamente dentro da faixa especificada. O comportamento de MFI está condizente se apresentando de forma crescente, pois como o ABS10 possui menor índice de fluidez, quanto maior a sua quantidade na formulação, menor deve ser o índice de fluidez. Porém, os resultados também ficaram bastante diferentes do esperado. A tabela 7 abaixo, mostra os resultados esperados e os obtidos.

Tabela 7 – Comparativo Resultados Esperados X Obtidos

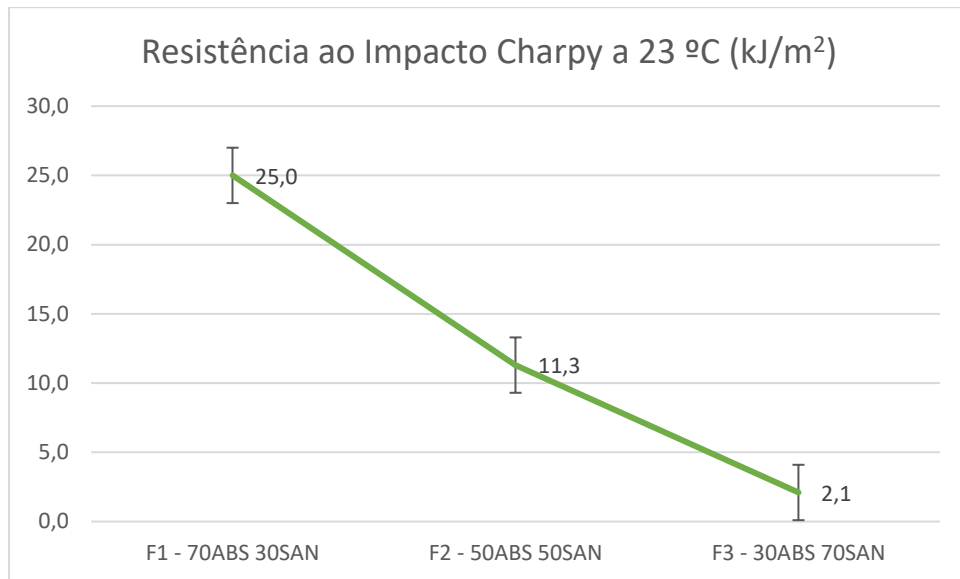
FORMULAÇÕES	Resultados Esperados	Resultados Obtidos
F4 – 70ABS10 30SAN	18,66 ± 2,5	29,14 ± 2,0
F5 – 60ABS10 40SAN	22,97 ± 2,5	40,02 ± 1,8
F6 – 50ABS10 50SAN	28,28 ± 2,5	51,59 ± 2,9

Fonte: Do Autor (2022).

Como visto na tabela acima, os resultados obtidos foram muito altos comparados ao esperado, o que para o propósito de espelhos de tomadas não é decisivo, mas pode ser um indicador de falha no processo de teste ou de produção das blendas. Além disso, ficaram bastante acima da expectativa inicial para uso pelo cliente.

Os resultados de Resistência ao Impacto estão apresentados a seguir:

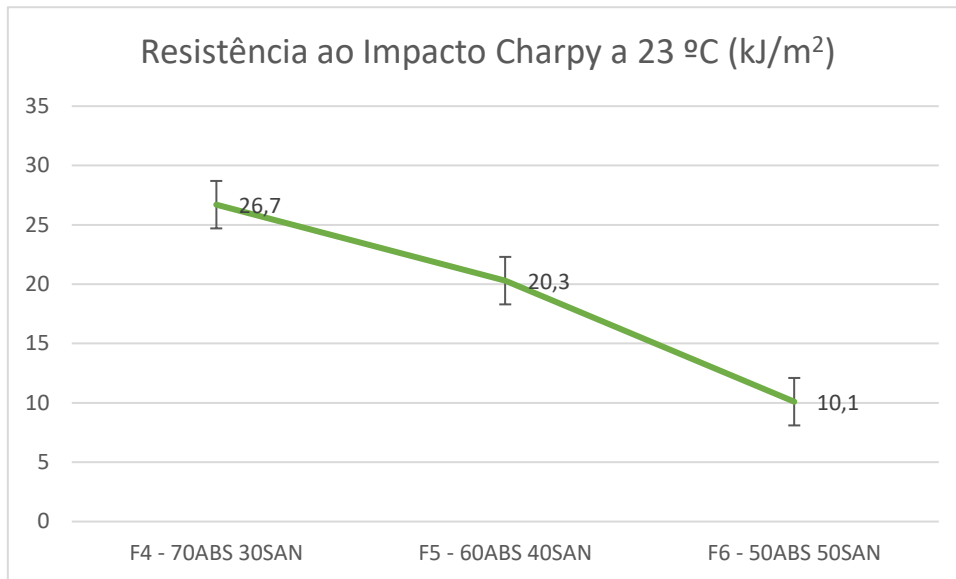
Gráfico 7 – Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C para blendas ABS22-SAN



Por meio dos resultados acima, pode-se observar que a formulação 3 possui um desempenho bastante baixo com relação à Resistência ao Impacto, indicando que não pode ser uma formulação utilizada para produção de espelhos de tomada, onde esta é a propriedade principal, sendo desejável uma Resistência ao Impacto de aproximadamente 20 kJ/m². Para este caso do ABS22, apenas a formulação 1 atende, indicando que esta proporção de 70% de ABS e 30% de SAN apresenta boa característica de fluidez e boa característica de Resistência ao Impacto, onde a proporção de butadieno presente na fórmula é suficiente para atingir o resultado desejado.

A análise para o teste com a resina ABS10 está apresentada abaixo:

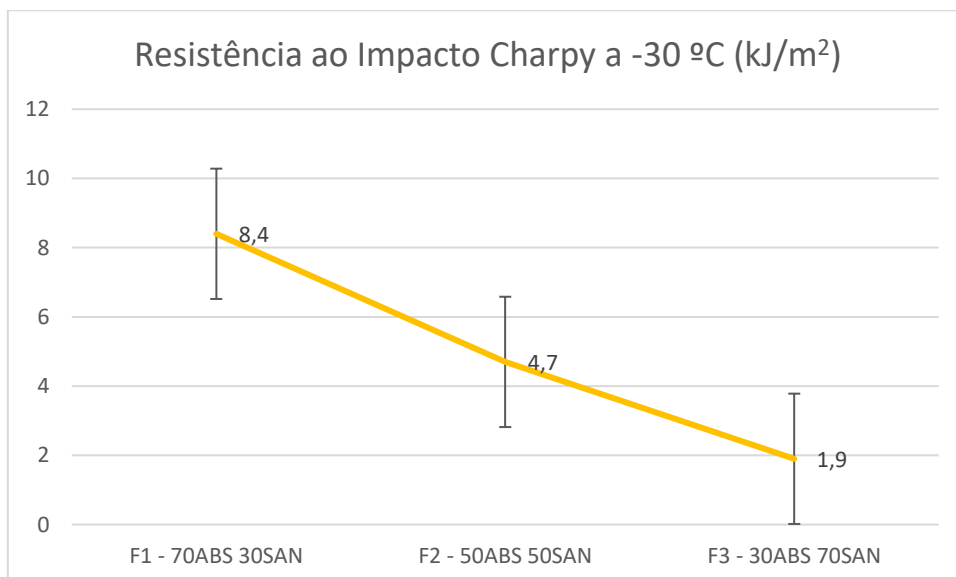
Gráfico 8 – Resistência ao Impacto Charpy a 23 °C para blendas ABS10-SAN



Por meio do gráfico 8, pode-se observar que novamente a formulação com melhor resultado de impacto foi a formulação com maior quantidade de ABS. Indicando que o aumento de SAN na formulação diminui o efeito do butadieno como elastômero para absorver energia e gerar boa Resistência ao Impacto. No entanto, para este caso a formulação 5, também atende as necessidades do produto, com uma maior quantidade de SAN em sua formulação.

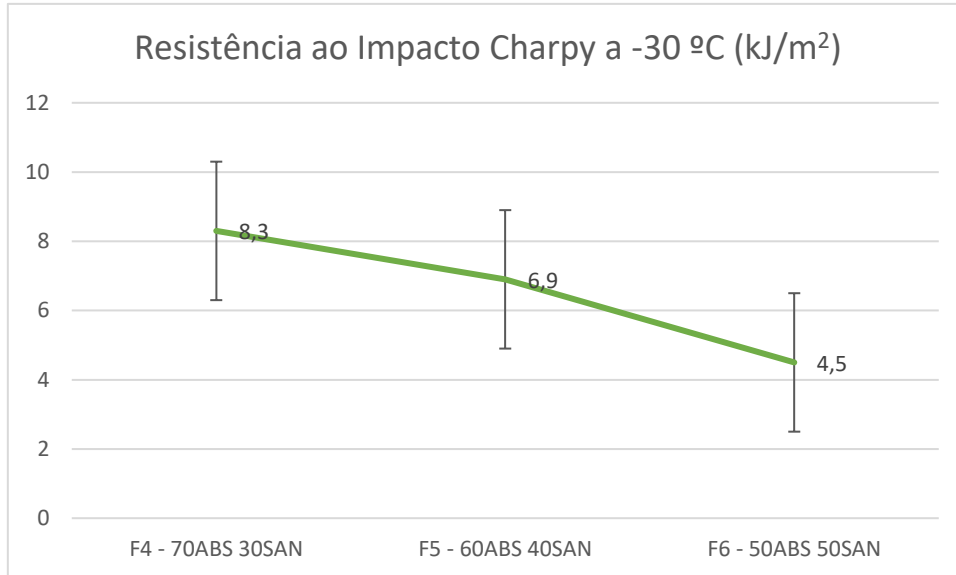
Com relação ao impacto a temperaturas negativas, o resultado foi condizente com o já obtido a 23°C e está apresentado abaixo:

Gráfico 9 – Resistência ao Impacto Charpy a -30 °C para blendas ABS22-SAN



A partir do gráfico 9, pode-se observar coerência nos resultados, baseando nos resultados de impacto a 23°C. O mesmo ocorreu para as formulações com ABS10, como demonstrado abaixo:

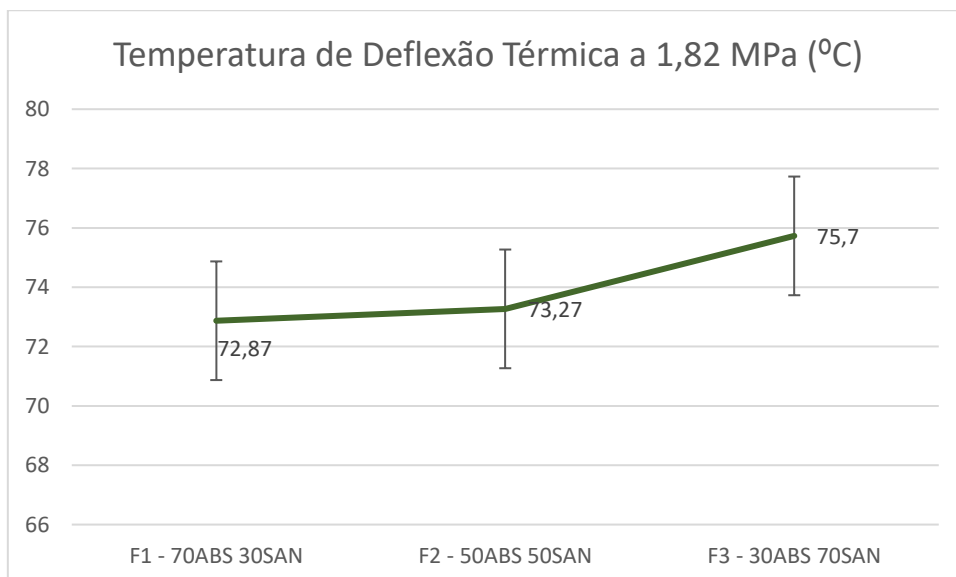
Gráfico 10 – Resistência ao Impacto Charpy a -30 °C para blendas ABS10-SAN



Estes resultados foram importantes para entender o comportamento das blendas, mesmo não sendo um teste essencial para a aplicação requerida, os resultados auxiliam no entendimento do comportamento do material.

Os resultados de temperatura de deflexão térmica a 1,82 MPa estão apresentados abaixo:

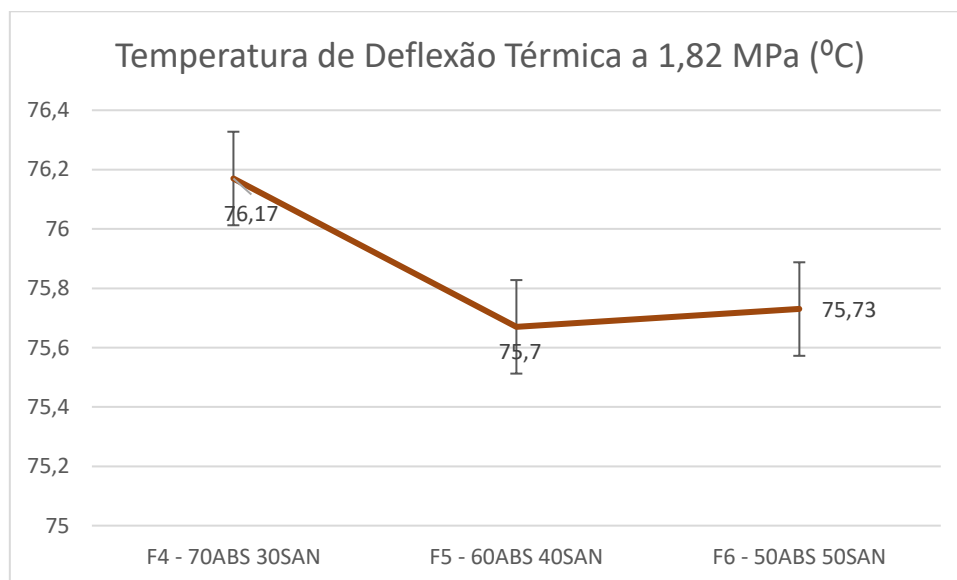
Gráfico 11 – Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82 MPa para blendas ABS22-SAN



Por meio deste gráfico, é possível observar que não houve grande diferença de rigidez nas formulações, sendo que para a aplicação desejada, esta propriedade não necessita de valores altos.

Os resultados para as formulações de ABS10-SAN estão apresentados abaixo:

Gráfico 12 – Temperatura de Deflexão Térmica a 1,82 MPa para blendas ABS10-SAN



Com este resultado, vê-se que não houve diferenças significativas dentre as formulações, impossibilitando a utilização desta propriedade para tomada de decisão sobre a melhor fórmula para a aplicação desejada.

Para a avaliação de cor, nos casos das blendas ABS22-SAN, é possível observar que a formulação 1 se apresentou mais branca e mais amarela que as demais enquanto que a formulação 3 se apresentou menos branca e menos amarela. Para as blendas ABS10-SAN, vemos que a formulação 3 se apresentou mais branca e mais amarela, enquanto que a formulação 1 se apresentou menos branca e menos amarela. Para todas as blendas o eixo vermelho-verde se apresentou muito próximo, não indicando diferenças significativas. A cor é bastante importante para a aplicação desejada pois o amarelamento não é desejado neste produto. Comparando com o teste 1, realizado apenas nas resinas, o amarelamento diminuiu, porém não está ideal. A cor pode ser ajustada quando definida a formulação final para o produto, por meio da adição de pigmentos, porém o ideal seria uma blenda com bons resultados no eixo L para branco e no eixo b, o menos amarela possível. A tabela abaixo indica os resultados absolutos de leitura de cor das placas das blendas formadas.

Tabela 8 – Resultados de leitura de cor do teste 2.

Eixo	F1	F2	F3	F4	F5	F6
L	82,07	79,67	74,41	80,95	79,99	78,7
a	-3,37	-3,5	-3,32	-3,6	-3,75	-3,63
b	8,36	5,91	2,31	8,2	7,32	5,8

Fonte: Do Autor (2022).

Como observado na tabela acima, a formulação com mais quantidade de SAN apresentou melhores resultados com relação ao eixo b (amarelo-azul). Este resultado também pode ser observado visualmente, conforme figuras abaixo:



Figura 7 – Placas das formulações F1, F2 e F3 respectivamente

Fonte: Autor, 2022

A placa da formulação 1 apresenta-se mais branca e mais amarela e a placa da formulação 3 apresenta-se menos branca e menos amarela.



Figura 8 – Placas das formulações F4, F5 e F6 respectivamente

Fonte: Autor, 2022

A placa da formulação 6 apresenta-se menos amarela que a placa das formulações 4 e 5.

Por meio dos resultados de testes obtidos, pode-se dizer que para o propósito de produção de grânulos para injeção de espelhos de tomadas, as blendas das formulações 1, 4 e 5 poderiam ser utilizadas e/ou estudadas afundo. Porém, para melhor entendimento e possível aplicação foi necessário um estudo acerca dos aspectos econômicos de cada formulação, para entender qual a viabilidade de cada uma delas. Este estudo está apresentado abaixo.

4.3 Avaliação de custos

A análise de custos foi avaliada considerando 100 kg de material produzido. Sendo assim, foi feito um comparativo inicial entre os custos das resinas de cada fornecedor e em seguida do custo de cada formulação para comparar com as resinas iniciais. As tabelas abaixo apresentam detalhes da avaliação:

Tabela 9 – Comparativo de custos resinas ABS

Material	Custo (R\$)/100 kg
ABS20 (fornecedor 1)	145,9
ABS22 (fornecedor 2)	155
ABS8 (fornecedor 1)	145,9
ABS10 (fornecedor 2)	155
SAN (fornecedor 2)	128,5

Fonte: Do Autor (2022).

Considerando os valores para os ABS do fornecedor 2, as blendas precisam ter valores menores que R\$155,00/100 kg para que seja vantajoso economicamente, além das propriedades mínimas requeridas.

Tabela 10 – Comparativo de custos formulações blendas

Material	Custo (R\$)/100 kg	Vantagem (R\$)	Vantagem (%)
F1 (70%ABS22 + 30%SAN)	147,05	7,95	5
F2 (50%ABS22 + 50%SAN)	141,75	13,25	9
F3 (30%ABS22 + 70%SAN)	136,45	18,55	14
F4 (70%ABS10 + 30%SAN)	147,05	7,95	5
F5 (60%ABS10 + 40%SAN)	144,40	10,60	7
F6 (50%ABS10 + 50%SAN)	141,75	13,25	9

Fonte: Do Autor (2022).

Por meio da tabela 10, pode-se observar que em relação ao custo, todas as formulações são vantajosas quando comparadas ao preço do ABS puro do fornecedor 2. As formulações 3 e 6 possuem maiores vantagens comerciais de custo, porém não apresentam as propriedades mínimas necessárias, como visto abaixo.

Analisando todos os resultados, pode-se resumir os principais resultados em uma tabela, como mostrado abaixo, para melhor análise dos dados:

Tabela 11 – Resumo dos Principais Resultados

Parâmetros	Resultado Esperado	F1	F2	F3	Resultado Esperado	F4	F5	F6
Índice de Fluidez (g/10min)	30 a 40	41,20	59,52	39,8	15 a 25	29,14	40,0 2	51,59
Resistência ao Impacto Charpy com entalhe a 23 °C	20 kJ/m²	25,0	11,3	2,1	20 kJ/m²	26,7	20,3	10,1
Custo	< R\$155,00	147,0 5	141,7 5	136,4 5	< R\$155,00	147,0 5	144, 4	141,7 5

Fonte: Do Autor (2022).

Por meio da tabela 11 é possível definir as melhores formulações de cada segmento, que atenda a todas as necessidades pré-estabelecidas. Apesar dos parâmetros de cores serem importantes, não são essenciais pois mesmo que a blenda obtivesse bons resultados nos eixos L e b, ainda seria necessário o ajuste de cor para branco, portanto para este trabalho, não foi considerada como propriedade principal. Assim, as formulações 1, 4 e 5 foram as formulações que melhor representaram os dados essenciais e podem ser utilizadas para produção dos espelhos de tomada. Considerando o custo, para um material com fluidez mais alta, a formulação 1 atende os requisitos e para um material com fluidez mais baixa, apesar de a formulação 5 possuir maior vantagem de custo, as propriedades da formulação 4 são mais vantajosas.

Com estes resultados é possível entender superficialmente o comportamento das blendas ABS-SAN, porém para um trabalho futuro seria interessante processar o material em extrusora para obter melhor homogeneidade das blendas e possivelmente resultados mais precisos, como o de índice de fluidez. Devido a este processo manual que pode ter gerado um material não-uniforme, as propriedades podem não corresponder totalmente ao que deveriam.

5 CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho, foi possível entender o mecanismo de funcionamento e interação entre uma blenda com copolímeros similares como ABS e SAN. As resinas ABS do fornecedor 2 possuem maiores valores de Resistência ao Impacto e menores valores de índice de fluidez, o que indica maior presença da fase borracha em sua composição. Além disso, são resinas importadas e por isso seu custo é maior. A produção das blendas, permitiu uma gama de possibilidades para utilização destas resinas em menor proporção com resultados próximos aos obtidos apenas com a resina. Pode-se observar que as formulações com maior proporção de ABS para SAN, obtiveram resultados mais satisfatórios, principalmente de impacto. Porém, como no caso dos testes F4 a F6, uma proporção de 60/40 já foi suficiente para atingir os objetivos desejados. Com este resultado, pode-se inferir que a proporção 60/40 para o ABS22 seja satisfatória também e pode ser uma ideia de projeto futuro complementar a este.

Além disso, devido aos resultados inesperados de índice de fluidez, pode-se concluir que o método de mistura pode não ter sido 100% eficaz, evidenciando uma mistura não homogênea, o que pode ter afetado os resultados. Bem como a utilização de grânulos obtidos de corpos de prova para realização do ensaio em plastômetro. Para solucionar este problema seria ideal processar o material em extrusora para obter maior homogeneização e resultados mais precisos para todos os parâmetros.

Com este estudo, foi possível concluir que as blendas com proporção 70/30 para o ABS22 e 70/30 para o ABS10 obtiveram resultados satisfatórios para a aplicação desejada e podem ser utilizadas na produção de composto para injeção de espelhos de tomadas.

REFERÊNCIAS

CANEVAROLO, S. V.; Ciência dos Polímeros; Um texto básico para tecnólogos e engenheiros; 3ª edição; Editora Artliber; 2002.

FERNANDES, L. L.; FREITAS, C. A.; DEMARQUETTE, N. R.; FECHINE, G. J. M.; Estudo do Efeito do Tipo de Polipropileno na Fotodegradação da Blenda Polipropileno/Poliestireno de Alto Impacto; *Polímeros*, v. 22, n. 1, p. 61-68, 2012.

GABRIEL, A. P.; GROCHAU, I. H.; SANTANA, R. M. C.; VEIT, H. M.; Reciclagem de carcaças de monitores: propriedades mecânicas e morfológicas; **Polymers**, 2013.

GÜNTHER, B.; KREMSER, T.; SUSOFF, M.; FORMANEK, P.; FERY, A.; WIEBNER S.; Ensuring patient safety by rational choice of color masterbatch for medical device applications – A case study investigating the properties of an ABS/SAN blend colored by different masterbatches based on styrenic polymers; **Journal of Applied Polymer Science**, v. 139, p. 51844, 2021.

KURAM, E.; SARAC, L.; OZCELIK, B.; YILMAZ, F.; Mechanical, chemical, thermal, and rheological properties of recycled PA6/ABS binary and PA6/PA66/ABS ternary blends; **Journal of Applied Polymer Science**, v. 131, 2014.

LI, D.; WANG, S.; Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Polymers; **Journal of Applied Polymer Science**, 2021.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M.; MELO, T. J. A.; OLIVEIRA, A. D.; Efeito dos agentes de compatibilização SBS e SEBS-MA no desempenho de misturas de poliestireno/resíduo de borracha de SBR; **Revista Matéria**, v.21, n.3, p.632-646, 2016.

MANRICH, S.; Processamento de Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão & Matrizes, Injeção & Moldes; Artliber Editora Ltda; 2005.

MOHAMMED, M. I.; WILSON, D.; GOMEZ-KERVIN, E.; TANG, B.; WANG, J.; Investigation of Closed-Loop Manufacturing with Acrylonitrile Butadiene Styrene over Multiple Generations Using Additive Manufacturing; **ACS Sustainable Chem. Eng.**, v. 7, p. 13955-13969, 2019.

PASSADOR, F. R.; PESSAN, L. A.; RODOLFO JR, A. Estado de mistura e dispersão da fase borrachosa em blendas PVC/NBR. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 3, p.174-181, 2006.

ROCETTO, L. B.; ZÉNI, M.; BRANDALISE, R. N.; Utilização de Elastômeros como Modificadores de Impacto em Poliamidas; **SCIENTIA CUM INDUSTRIA**; v. 4, n. 3, p. 135 – 147, 2016.

ROSSATO, J. H. H.; LEMOS, H. G.; MANTOVANI, G. L.; The influence of viscosity and composition of ABS on the ABS/SBS blend morphology and properties; **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, 2018.

SENKERIK, V.; STANEK, M.; MANAS, M.; MANAS, D.; SKROBAK, M.; OVSÍK, M.; Effect of Recycled Particle Size to Micro-Hardness Properties of Styrene Acrylonitrile; **Defect and Diffusion Forum**, v. 125, n. 4, p. 2701-2710, 2012.

UTRACKI, L., A.; Comercial Polymer Blends; **SPRINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, B.V.**; p. 153-155, 1998.

XU, X. Y.; XU, X. F.; Mechanical Properties and Deformation Behaviors of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Under Izod Impact Test and Uniaxial Tension at Various Strain Rates; **Polymer Engineering and Science**, v. 51, n. 5, p. 902-907, 2011.

YAMAKAWA, R. S.; CORREA, C. A.; JÚNIOR, E. H.; Influence of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Morphology and Poly(styrene-co-acrylonitrile) (SAN) Content on Fracture Behavior of ABS/SAN Blends; **Journal of Applied Polymer Science**, v. 92, p. 2606-2611, 2004.

ZHU, J.; HU, Y.; TANG, Y.; WANG B.; Effects of styrene-acrylonitrile contents on the properties of ABS/SAN blends for fused deposition modeling; **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, p. 44477, 2016.

ZORC, B.; NAGODE, A.; Analyses of a Leaking Styrene-Acrylonitrile Water-filter Housing; **Engineering Failure Analysis**, v. 57, p. 156-163, 2015.