

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

GUILHERME DA SILVA MACENA

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E COMPARAÇÃO DE PELÍCULAS DE
POLIÉSTER PARA APLICAÇÃO EM VIDROS:
PRODUTOS DO PORTFÓLIO DA 3M

São Carlos

2016

GUILHERME DA SILVA MACENA

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE PELÍCULAS DE POLIÉSTER
PARA APLICAÇÃO EM VIDROS:
PRODUTOS DO PORTFÓLIO DA 3M

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Bellini Ferreira

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M113c Macena, Guilherme
Caracterização técnica e comparação de películas de
poliéster para aplicação em vidros: produtos do
portifólio da 3M. / Guilherme Macena; orientador
Eduardo Bellini Ferreira. São Carlos, 2016.

Monografia (Graduação em Engenharia De Materiais e
Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2016.

1. Filme plástico. 2. Poliéster. 3. PET. 4.
Envelhecimento. I. Título.

DEDICATÓRIA

*A minha família e amigos pelo
apoio inestimável durante esses
anos.*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Eduardo Bellini, que foi de imensa importância para meu desenvolvimento profissional, científico e pessoal, me acompanhando desde o primeiro ano de graduação.

O Engenheiro de Aplicação da 3M Ricardo Boscolo pela amizade, companhia e oportunidade de realizar este trabalho me ajudando e guiando dentro da empresa.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório Analítico Corporativo da 3M pela ajuda na obtenção dos resultados e ajuda no que necessitei.

Ao Gerente Técnico da 3M Ubirajara Araújo pelo apoio, oportunidade e tutoria durante meu período de estágio dentro da empresa, foi de grande importância para meu crescimento.

A todos professores que lecionaram aulas a mim e me ajudaram a obter conhecimento e incentivaram meu aprendizado.

A minha família que sempre serviu como alicerce para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os amigos que participaram de momentos de felicidade e de crescimento sempre me apoiando em momentos cruciais para meu desenvolvimento.

RESUMO

MACENA, G. S. **Caracterização técnica e comparação de películas de poliéster para aplicação em vidros:** produtos do portfólio da 3M. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

O mercado de películas para aplicação em vidros é negócio de ampla concorrência, assim, é necessário vender o produto não só pelo seu preço e sim pela comprovação de sua qualidade. Visando demonstrar a boa qualidade, resistência e aceitação dos produtos três películas de poliéster foram analisadas e avaliadas, uma das quais já está presente no portfólio de películas automotivas da 3M no Brasil e as outras duas, protótipos de uma linha em teste para possivelmente ser lançada, diferenciando-se em sua transparência. Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar as propriedades ópticas de transmitância de luz visível, ultravioleta e infravermelho das três películas e comparar as películas a serem lançadas com a película já no mercado. Para a análise das características técnicas da película, foram preparadas amostras através da deposição da película sobre vidro plano transparente e exposição do conjunto a diferentes ambientes, sendo esses em campo, em névoa salina e em envelhecimento acelerado por Weather O'meter. Para determinar a aceitabilidade do consumidor, as películas foram testadas por aplicadores, que utilizaram as películas e preencheram um questionário de pesquisa de opinião sobre suas impressões visuais e de aplicação da mesma. Os resultados foram bastante satisfatórios motivando a continuidade do processo de lançamento da linha de películas devido aos resultados de durabilidade das películas e a aceitação dos aplicadores. Para maior conhecimento das propriedades dos materiais estudados recomenda-se extensão da exposição aos meios citados para certificação e caracterização completa das películas poliméricas que se pretende destinar ao mercado.

Palavras-chave: Filme plástico. Poliéster. PET. Envelhecimento.

ABSTRACT

MACENA, G. S. **Technical characterization and comparison of polyester window films:** 3M's portfolio products. 2016. Work of Course Conclusion– Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2016.

The market of films for application in glasses is a business of ample competition, thus, it is necessary to sell the product not by its price but by the proof of its quality. In order to demonstrate the good quality, resistance and acceptance of the products, three polyester films were analyzed and evaluated, one of these is already in the automotive films portfolio of 3M in Brazil and two others, prototypes of a line under test to possibly be launched, differentiating itself in its transparency. Thus, the objective of the present work is characterize optical properties as transmission of visible, ultraviolet and infrared light of three films and compare with a film already on the market. For an analysis of the technical characteristics of the film, samples were prepared on the film deposition on clear flat glass and the meeting point of a set of environments, these being in field, in saline and in aging accelerated by Weather O'meter. To determine consumer acceptability, the films were tested by applicators, who used those films, and filled out a survey about their visual impressions and application of the prototypes. The results are very satisfactory and motivate the continuity of the process of launching the film line, due to the durability results of the films and an acceptance of the applicators. For a better knowledge of the properties of the studied materials it is recommended to extend the data for the quality and characterization of the films

Keywords: Plastic film. PET. Polyester. Weathering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espectro Eletromagnético (InfoEscola). Ilustração: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com	19
Figura 2 – Reações de a) esterificação e b) polimerização (ROMÃO; SPINACÉ e DE PAOLI, 2009)	26
Figura 3 - Esquematização do processo de fabricação de películas de BoPET (Johnson Window Films) - Traduzido	26
Figura 4 – Legislação vigente no Brasil para coloração de vidros em automóveis (CONTRAN, 2016)	30
Figura 5 - Equipamentos utilizados para corte e aplicação das películas	34
Figura 6 - Amostras em envelhecimento em campo	35
Figura 7 - Película aplicada sobre vidro para teste no equipamento Weather O'Meter	36
Figura 8 – Weather O'meter Atlas Ci5000 – Xenon Light	37
Figura 9 – Equipamento Equilam Salt Spray (Site:Equilamna)	38
Figura 10 – Window Energy Profiler em funcionamento	39
Figura 11 – Questionário enviado para os instaladores	40
Figura 12 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película Nova20	44
Figura 13 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película Nova76	44
Figura 14 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película FX20	45
Figura 15 – Vidros com a película aplicada a) antes e b) depois da exposição em campo	45
Figura 16 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película Nova20	47
Figura 17 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película Nova76	47
Figura 18 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película FX20	48
Figura 19 – Vidros com a película aplicada a) antes e b) depois da exposição em névoa salina	48
Figura 20 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película Nova20	50
Figura 21 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película Nova76	50
Figura 22 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película FX20	51
Figura 23 - Vidros com a película aplicada a) antes; b) exposição durante 150 horas e c) exposição durante 300 horas na Weather O'meter	51
Figura 24 – Faixas de anos de experiência e quantidade de aplicadores	52
Figura 25 – Conceitos para o item Corte do Produto/Fora da Caixa	53
Figura 26 - Conceitos para o item Corte do Molde	53
Figura 27 - Conceitos para o item Moldagem	53
Figura 28 - Conceitos para o item Remoção do liner	54
Figura 29 - Conceitos para o item Aderência Inicial	54
Figura 30 - Conceitos para o item Aderência no vidro	54
Figura 31 - Conceitos para o item Aderência no desmbaçador	55
Figura 32 - Conceitos para o item Facilidade de Aplicação	55

Figura 33 - Conceitos para o item Aderência Final.....	55
Figura 34 - Conceitos para o item Limpeza e remoção da película (após 2 semanas).....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades relevantes do PET	27
Tabela 2 - Propriedades importantes para aplicação e seus motivos (*)	31
Tabela 3 – Tipos de radiação e comprimentos de ondas emitidas pelo Window Energy Profiler (EDTM - https://www.edtm.com)	39
Tabela 4 - Resultados obtidos a partir do equipamento o Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento em campo.....	43
Tabela 5 – Resultados obtidos com o equipamento Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento em névoa Salina	46
Tabela 6 – Resultados obtidos com o Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento no equipamento Weather O’meter.....	49
Tabela 7 – Comentarios dos aplicadores distribuídas em positivos, medianos ou negativos. .	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	–	<i>American Society for Testing and Materials</i>
λ	–	Comprimento de onda
UVT	–	Transmitância de Ultravioleta (<i>Ultraviolet Transmittance</i>)
VLT	–	Luz visível transmitida (<i>Visible Light Transmitted</i>)
IRT	–	Transmitância de Infravermelho (<i>Infrared Transmittance</i>)
WEP	–	<i>Window Energy Profiler</i>
T _m	–	Temperatura de Fusão
T _g	–	Temperatura de Transição Vítrea

LISTA DE SÍMBOLOS

° C	Graus Celsius
K	Graus Kelvin
nm	Nanômetros
W	Watts
g	Gramas
cm	Centímetros
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	TEMA E IMPORTÂNCIA	17
1.1	História da empresa	17
1.2	Espectro eletromagnético de radiação solar.....	18
1.3	Males causados pela radiação solar	20
1.4	Vidros de controle solar	20
1.5	Películas para vidros	21
2	OBJETIVOS.....	23
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1	Películas de poliéster e suas propriedades	25
3.2	Parâmetros importantes de caracterização	27
3.2.1	Transmissão no Ultravioleta.....	27
3.2.2	Luz Visível Transmitida	27
3.2.4	Coeficiente de Ganho de Calor Solar	28
3.3	Regulamentação e Leis brasileiras.....	28
3.4	Parâmetros importantes para instalação.....	30
3.5	Envelhecimento de materiais	32
4	METODOLOGIA	33
4.1	Películas utilizadas.....	33
4.2	Caracterizações físico-químicas das películas	33
4.2.1	Preparação de amostras	33
4.2.2	Processos de Envelhecimento.....	34
4.2.3	Métodos para inspeção das propriedades de transmissão de energia	38
4.3	Pesquisa de opinião submetida a aplicadores	39
5	RESULTADOS E ANÁLISE	43
5.1	Resultados das propriedades técnicas	43
5.1.1	Envelhecimento em campo.....	43
5.1.2	Envelhecimento em névoa salina	46
5.1.3	Envelhecimento na Weather O'meter.....	49
5.2	Pesquisa de opinião submetida aos aplicadores.....	52
6	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS	61

1 TEMA E IMPORTÂNCIA

O assunto tratado no presente trabalho foi escolhido devido a participação do autor durante estágio em aplicação e análise de películas e suas principais características para utilização em redução de calor, aumento de segurança e melhoria na aparência de automóveis e edifícios. A oportunidade de expansão do conhecimento na área foi motivada pela possibilidade de lançamento de uma nova película de poliéster de baixo valor agregado para servir como alternativa de baixo custo dentro do mercado automotivo. Assim, uma boa oportunidade para realizar um estudo aplicando o conhecimento desenvolvido durante o período e ajudar no processo de lançamento desse possível produto dentro da empresa.

1.1 História da empresa

Fundada em 1902, no estado de Minnesota, na região norte dos Estados Unidos, a 3M foi inicialmente uma empresa para exploração de depósito de minérios. Devido à baixa lucratividade e valor da atividade de mineração, a empresa rapidamente mudou-se de cidade para Duluth três anos após e focou suas atividades na fabricação de abrasivos.

A empresa alcançou uma grande qualidade em produtos e no fornecimento de matérias-primas para abrasivos. Muitos investidores foram atraídos, e assim como Lucius Ordway, um empresário natural de St. Paul, que transferiu a empresa para a capital do estado de Minnesota, e sua cidade natal, em 1910. Em 1916 a companhia conseguiu pela primeira vez teve lucro, de 6 centavos de dólar por ação.

Grandes invenções que marcaram a história do mundo foram frutos da inovação 3M, podemos listar os principais sendo:

A lixa d'água, 1920, que diminuiu significativamente a poeira criada devido ao lixamento de componentes, aumentando a produtividade. Em 1925 foi criada a fita de mascaramento, também conhecida como fita crepe, com adesivo sensível a pressão, primeira de muitas fitas da marca Scotch®. Nos anos seguintes foi desenvolvida a linha de fitas Scotch®

com dorso de celofane para selamento de caixas, que posteriormente mostraria uma vasta gama de aplicações, tais como utilização ampla em papelaria, popularmente conhecido como Durex®. Devido a Segunda Guerra mundial, início da década de 40, a empresa impulsionou sua participação em segmentos amplos do mercado, oferecendo soluções em materiais refletivos Scotchlite™ para sinalização de estradas, fitas magnéticas para gravação de som, fitas adesivas com filamentos e passando a atuar no mercado de artes gráficas com lâminas para processo de impressão litográfica.

A 3M vem desde então demonstrando as mais variadas soluções, em amplos segmentos do mercado, como o de papelaria, por exemplo, com os populares blocos adesivos Post-It®, a fita mágica Scotch®, colas líquidas e em bastões, e tesouras; o de reparação automotiva com a linha McGuire; e de produtos elétricos e eletrônicos com itens que variam desde junções elétricas até resinas anticorrosão.

Tais produtos são apenas uma pequena gama dos itens fabricamos pela empresa, presentes no dia-a-dia de grande parte da população mundial.

Atualmente a empresa é líder em vários segmentos de mercado. No Brasil tem faturamento bruto anual estimado em R\$ 3,6 bilhões e emprega mais de 4300 em empregos diretos.

Em meados dos anos 60, a 3M depositou sua primeira patente sobre uma película (ANTONSON e BERGER, 1966), iniciando uma série de depósitos de patentes anuais nas mais variadas tecnologias (Website 3M Brasil - http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/about-3M/information/more-info/history/). Em 2015 a empresa alcançou 100.000 patentes depositadas mundialmente.

1.2 Espectro eletromagnético de radiação solar

As películas foram recebendo melhorias constantes e algumas dessas estão relacionados com a proteção solar, que age no bloqueio da passagem da energia emitida pelo sol para algum ambiente que está com esse item aplicado em seu exterior.

Toda energia emitida pelo sol chega à Terra por meio de ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda ou frequências, descritas pelo espectro eletromagnético solar. O espectro solar pode ser dividido em três partes principais: as ondas ultravioleta (UV), a luz visível (VL) e as ondas infravermelhas (IR). (Efísica-USP - http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ondas/compr_onda_periodo_frequencia)

O espectro eletromagnético pode ser visualizado na Figura 1.

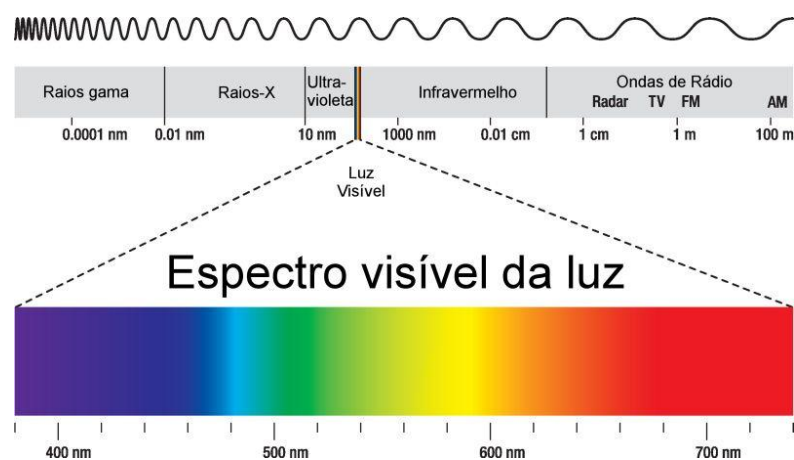


Figura 1 – Espectro Eletromagnético (InfoEscola). Ilustração: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

As ondas UV podem ter três subdivisões, sendo essas (World Health Organization):

- UVA (315 – 380 nm): aproximadamente 95% da energia UV que chega à Terra, é a maior responsável pelo efeito de bronzeamento da pele, causando, no entanto, seu envelhecimento e enrugamento;
- UVB (280 – 315 nm): a maior parte dessa radiação é filtrada pela atmosfera da Terra, é a principal responsável pela causa do câncer de pele;
- UVC (100 – 280 nm): a mais danosa das radiações UV, no entanto, a atmosfera terrestre consegue impedir totalmente sua chegada na superfície.

A luz visível é toda a luz que os nossos olhos são capazes de detectar. É constituída pelas ondas eletromagnéticas de comprimento entre 380 e 780 nm.

A radiação infravermelha não é visível aos olhos humanos. Através dela a maior parte do calor é transferido, sendo assim, essa radiação é o maior veículo de calor solar para a superfície terrestre. Suas ondas tem comprimento de 700 – 1000000 nm.

1.3 Males causados pela radiação solar

Para uma pessoa ter uma boa experiência em inúmeros serviços e locações uma série de fatores é crucial. Tais fatores são os mais variados possíveis. Tomando como exemplo um restaurante: o atendimento recebido, a qualidade dos pratos, a rapidez em que são servidos, a iluminação do local, a temperatura e outros fatores interferem na experiência do cliente. O presente trabalho foca nos fatores relacionados à iluminação e à sensação térmica do local. Os principais problemas relacionados a tais quesitos podem então ser identificados:

- O excesso de luz que pode causar o desconforto e ofuscamento na visão do indivíduo;
- A falta de luz que pode levar o indivíduo a ter que forçar sua visão e não presenciar a experiência total que o local pretende lhe fornecer;
- A sensação térmica do local pode causar desconforto ao indivíduo, podendo ser muito frio ou muito quente.

Vidros de proteção solar e películas para aplicação em vidros comuns foram então criados para amenizar tais empecilhos.

1.4 Vidros de controle solar

Os vidros de controle solar são aqueles que transmitem apenas uma parcela da energia solar, agindo assim, na redução da energia que é repassada ao ambiente (MARI, 1982).

Essa barreira na transmissão pode ser causada por duas diferenciações desses vidros em relação aos comuns: pela adição de óxidos corantes na composição do vidro, que agirão como absorvedores de energia; ou pela aplicação de uma camada reflexiva após a síntese do vidro (PVB – vidros multicamadas unidos pelo polímero Polivinil Butiral), formando os vidros reflexivos. A adição da camada reflexiva pode ocorrer por meio de deposição metálica na superfície ou por imersão com ajuda de solventes.

Os vidros de proteção solar com adição de óxidos podem diminuir a passagem do calor para o interior do ambiente em até 70%, sem perda significativa da intensidade da luz visível natural, agindo no bloqueio da passagem de raios UV, que podem causar câncer de pele e desbotamento de mobílias e tecidos, e os raios IR, o principal meio de transferência de calor solar.

Vidros com adição de óxidos também são utilizados em aplicações automotivas, em sua maioria com coloração “fumê”, onde ajudam a preservar o estofado do veículo, proteger passageiros e motorista de aquecimento excessivo, bem como na economia de energia, tornando o ar-condicionado mais eficiente.

Vários vidros como esses são encontrados atualmente no mercado fornecidos por grandes empresas vidreiras do mundo, se destacando os vidros da linha Habitat da Cebrace. (CEBRACE, 2016) Entretanto, empecilhos de tais materiais são seu alto custo e a eventual necessidade da troca completa dos vidros da fachada de grandes edifícios.

1.5 Películas para vidros

As películas para vidros foram inicialmente inventadas e patenteadas pela companhia 3M no ano em 1966. A película pioneiramente patenteada pela empresa consistia de uma película metalizada aplicada em vidro plano, sintetizada por meio de deposição a vapor de uma fina camada de metais, tais como alumínio, em um filme transparente de poliéster com adesivo sensível a pressão.

Desde então a companhia 3M se propôs a inovar mais em suas criações na área de películas para vidros, contando com excelência nos produtos aplicando diversas tecnologias e

se destacando de seus concorrentes. Seus produtos são reconhecidos pela aplicação mais simples de tecnologia de coloração pela adição de pigmentos em películas de poliéster ao invés de “tintamento” (adição de uma camada de tinta), o que dificulta o desbotamento e aumenta a durabilidade da película (denominada linha FX).

A coloração pela adição ordenada de nano partículas de carbonos no filme de poliéster permite uma coloração permanente sem um possível desbotamento. (MCGURRAN; OLSON e SCHAEFFER, 2003) Essa tecnologia é aplicada na linha de produtos com denominação Color Stable.

Uma tecnologia multicamada pioneira, aplicada na linha denominada Crystalline, permite uma alta quantidade de reflexão e de absorção da energia solar sem afetar a coloração da película nem a quantidade de luz visível que entra no ambiente. (WEBER; NEVITT e BENOIT, 2011)

É relevante ressaltar que em nenhuma das películas com as tecnologias descritas acima existe adição de metais, que interferem na transferência de sinais de telecomunicações e afins.

Também é possível encontrar no portfólio da 3M películas metalizadas com tecnologias dupla-camada para diversas aplicações.

Os benefícios das películas também podem ser aferidos não só pelos fatores de conforto citados, mas também energéticos, diminuindo o uso intensivo de ar-condicionado para refrigeração de ambientes. (3M – Boletins Técnicos - http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/Pelicula-para-vidros/Window-Film-3M/Produtos/Automotiva/)

No presente trabalho, uma nova película foi estudada para lançamento e posicionamento no mercado de películas para vidros automotivos, denominada “Nova”, e comparada as outras películas concorrentes na mesma faixa pretendida de preço, sendo um produto de entrada, um item de alto valor que se comercializa a um baixo preço para atingir clientes em potencial no mercado automotivo, a saber, da linha denominada FX.

2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal iniciar o conhecimento sobre uma película e avaliar a viabilidade do início de um processo de lançamento do produto no portfólio da empresa. Desse modo desejou-se caracterizar em meio ao portfólio da empresa 3M uma nova película para aplicação automobilística por meio de pesquisa de opinião de instaladores e distribuidores, caracterização por ensaios de envelhecimento e corrosão, e análise da variação do estado e propriedades tais como a proteção ultravioleta, infravermelha e a coloração da película.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Películas de poliéster e suas propriedades

Um poliéster é classificado como um grupo de polímeros que contém grupo funcional éster em sua estrutura principal. Podem ser de origem natural ou sintética.

Esses materiais podem ser biodegradáveis ou não, dependendo de sua estrutura, sendo os biodegradáveis em sua minoria de origem sintética.

Tal polímero pode ser tanto um termoplástico, com nível de maleabilidade sujeito à temperatura, quanto um termorrígido, cuja rigidez não é afetada pela temperatura, não apresentando amolecimento ou fusão, mas se degradando a altas temperaturas. (ROSATO et al., 2004)

As películas de poliéster analisadas no presente trabalho são conhecidos no meio científico como BOPET (Polietileno tereftalato biaxialmente orientado). Tais materiais caracterizam-se principalmente por sua alta resistência à tração, resistência química, estabilidade dimensional, transparência e refletividade.

Sua síntese é realizada por meio de uma reação de esterificação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol resultando em PET (Polietileno tereftalato) e, como subproduto, a água. As reações de esterificação e de polimerização estão esquematizadas na Figura 2.

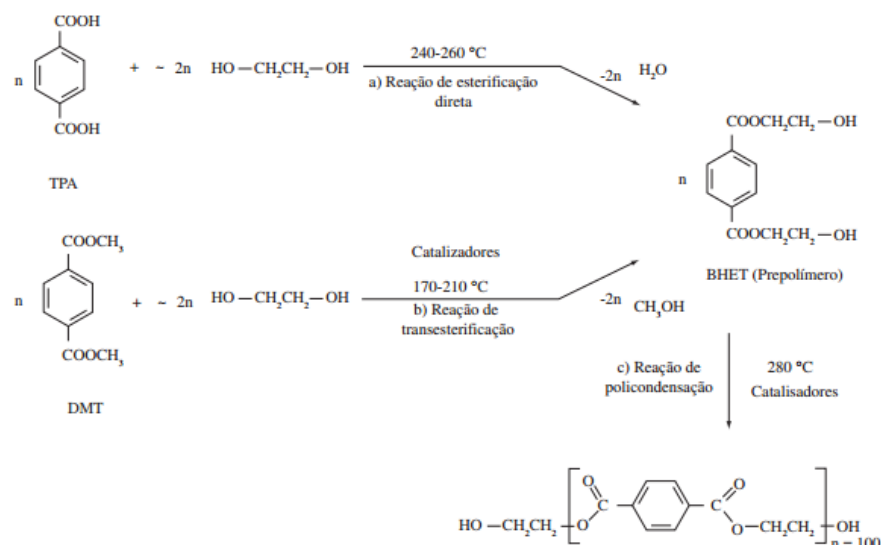


Figura 2 – Reações de a) esterificação e b) polimerização (ROMÃO; SPINACÉ e DE PAOLI, 2009)

A manufatura de tais películas consiste em um processo relativamente simples de extrusão, onde o polímero PET sai da extremidade de uma extrusora em rolo e é resfriado, passa então por aquecimento e estiramento na direção longitudinal por uma quantidade de rolos, posteriormente passa por uma zona aquecida onde é novamente estirado, na transversal, e por fim é resfriado e enrolado em bobinas, como mostra a Figura 3.



Figura 3 - Esquemática do processo de fabricação de películas de BoPET (Johnson Window Films) - Traduzido

Depois de produzidos essa película pode ser utilizada em várias aplicações, como embalagens flexíveis de plástico e de contato com alimentos, revestimento de substratos de papel, aplicações para telescópios, fins eletrônicos, e principalmente em aplicações na

superfície de vidros para controle de estilhaços e, como tratado no presente trabalho, no controle da absorção e transmissão da radiação solar. Suas principais propriedades são apresentadas na Tabela 1. (DEMIREL et al., 2011), (Base de dados da IFA) e (SPEIGHT, 2005).

Tabela 1 - Propriedades relevantes do PET

Propriedade	Valor
Densidade	1,38 g/cm ³
T _m	250 °C
Solubilidade	Praticamente insolúvel
Condutividade térmica	0,15 – 0,24 W/mK
Índice de refração	1,57 – 1,58
T _g	67 – 81 °C

3.2 Parâmetros importantes de caracterização

Nessa seção são introduzidos e revisados os parâmetros mais importantes para a análise das películas realizada no presente estudo.

3.2.1 Transmissão no Ultravioleta

Também nomeado como UVT (do inglês *Ultraviolet Transmittance*), é a medida da quantidade de energia transmitida pela amostra na faixa do ultravioleta (REALTECH INC., 2016). No do presente estudo, a amostra corresponde ao vidro com uma película PET aplicada. Normalmente é representada por meio de porcentagem da radiação incidente, quanto maior o coeficiente, menos eficiente a película é no bloqueio dos raios UV danosos.

UVT é determinada por um feixe de luz que contenha também as ondas do comprimento UV (10 – 380 nm) que atravessa o material a ser analisado e chega a um sensor que detecta a quantidade recebida.

3.2.2 Luz Visível Transmitida

Analogamente a UVT, a Luz Visível Transmitida ou VLT (do inglês *Visible Light Transmission*) é a quantidade de luz visível que passa pelo material, sendo uma medida de sua translucidez. Quanto mais o valor se aproxima de 100%, mais transparente é o material.

A luz visível representa o comprimentos de onda entre 380 a 780 nm.

3.2.3 Transmissão no Infravermelho

Como descrito nos itens anteriores, a transmissão no infravermelho descreve a quantidade de energia transmitida por meio de ondas infravermelhas, que representam a faixa do espectro de energia solar na qual a energia térmica se propaga em maior quantidade.

Tal faixa do espectro tem o comprimento de onda entre 780 a aproximadamente 10^6 nm. (LIEW, 2006)

3.2.4 Coeficiente de Ganho de Calor Solar

O Coeficiente de Ganho de Calor Solar, ou SHGC (do inglês *Solar Heat Gain Coefficient*) é a fração da radiação que incide em um vidro e é transmitida para o ambiente interno. É um parâmetro importante, pois expressa com mais precisão a energia em forma de calor e não apenas em forma de radiação eletromagnética. Tem valor de 0 a 1, e quanto menor for esse fator, maior a eficiência do sistema película aplicada ao vidro em evitar a entrada de calor no ambiente. (EFFICIENT WINDOWS, 2016)

3.3 Regulamentação e Leis brasileiras

As películas, como citado anteriormente, têm a capacidade de escurecer os ambientes em que são aplicadas, em janelas e vidros em geral. No entanto, em automóveis não é permitido escurecer as janelas demasiadamente no Brasil, devido a questões de segurança no trânsito,

visibilidade do motorista em ambientes de baixa iluminação e visibilidade do exterior para o interior dos veículos a fim de fiscalização por meio de autoridades.

Portanto, as janelas dos automóveis devem seguir a regulamentação da transparência das janelas, determinada pelo CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito, de acordo com a Resolução Nº 580, de 24 de fevereiro de 2016. As especificações para os vidros automotivos são: (CONTRAN, 2016)

- a transmissão luminosa não pode ser inferior a 75% nos para-brisas incolores e 70% nos para-brisas coloridos;
- a transmissão luminosa não pode ser inferior a 70% nas janelas das portas dianteiras do veículo; e
- a transmissão luminosa não pode ser inferior a 28% nas demais janelas laterais traseiras e vidro traseiro.

Tais infrações são consideradas de média gravidade e podem gerar uma penalidade de cinco pontos na carteira de habilitação do proprietário do carro e multa, além da obrigação de remoção total das películas do veículo imediatamente. A Figura 4 esquematiza as regulamentações vigentes.



Figura 4 – Legislação vigente no Brasil para coloração de vidros em automóveis (CONTRAN, 2016)

3.4 Parâmetros importantes para instalação

Na aplicação das películas há outros parâmetros tão importantes quanto as características de cor e transparência para garantir uma boa adesão e eliminação de defeitos. Em aplicações automotivas, além da aderência inicial da película ao vidro para seu posicionamento, a aderência final visando sua manutenção após aplicado, a facilidade de corte da película para ajustes, dentre outras características importantes, ainda é relevante a moldagem aos vidros dianteiros e traseiros, que têm superfície convexa, quando uma moldagem a quente por sopradores deve ser realizada.

Na Tabela 2 são apresentadas as principais características técnicas importantes à aplicação de películas e os motivos pelos quais são importantes.

Tabela 2 - Propriedades importantes para aplicação e seus motivos (*)

Propriedade	Motivo
Corte do produto na caixa	A agilidade e facilidade do corte do produto ao ser retirado da caixa afeta a qualidade da instalação final.
Corte do molde	A qualidade e precisão do corte são fundamentais para uma boa aparência do produto quando instalado.
Moldagem	A moldagem permite que a película se adapte às diferentes curvaturas que os vidros dianteiros e traseiros dos automóveis possam ter.
Remoção do liner de proteção de silicone	A remoção deve ser fácil e não utilizar nada além dos dedos de forma eficaz e rápida de modo a evitar vincos e danos em geral à película.
Aderência inicial	A aderência inicial da película ao vidro não deve ser nem muito baixa, para evitar o escorregamento, e nem muito alta, a fim de permitir o posicionamento correto da mesma no vidro.
Aderência no vidro	A aderência no vidro deve ser alta para evitar descolamento das bordas e formação de bolhas na exposição da película ao sol.
Aderência ao desembacador	A aderência no desembacador é uma importante questão devido as estrias serem feitas de material diferente e podem causar a retenção de ar ou água, diminuindo a qualidade final da aplicação.
Facilidade de aplicação	Importante devido à diminuição de trabalho e redução de riscos de erros operacionais.
Aderência final	A aderência final é importante para uma qualidade da visibilidade e aparência da película.
Limpeza e remoção da película (após 2 semanas)	Na remoção da película depois do período total de adesão é importante que o vidro não seja danificado e é indesejável a presença de resquícios de adesivo.

* Obtidas por meio de conversas com instaladores de diferentes revendedores autorizados.

3.5 Envelhecimento de materiais

As películas em geral envelhecem principalmente devido ao efeito do intemperismo de onde são aplicados e utilizados. Grande causa desse fenômeno é a presença de raios UV prejudiciais. Nos materiais poliméricos, as ondas UV podem deteriorar suas cadeias e causar perda de propriedades, como coloração, transparência e capacidade de proteção solar.

Desse modo, é importante analisar as mudanças com o tempo de exposição de películas poliméricos a meios hostis, afim de analisar seu desempenho. Tais meios podem ser tanto um local típico no qual o material é normalmente utilizado, quanto um ambiente de envelhecimento acelerado gerado por instrumento.

Assim, o envelhecimento pode ser avaliado em ensaios de campo ou acelerado. No envelhecimento em campo, o material é exposto ao meio, sofrendo com o intemperismo e adversidades normais do local de utilização. No envelhecimento acelerado, o intemperismo é simulado por instrumento através de dois métodos principais:

O teste de *Salt Spray*, um teste no qual as amostras são submetidas a uma névoa salina altamente agressiva, principalmente a metais, sendo uma simulação de ambientes que possam ter maresia como localidades litorâneas, avaliando a possível presença de metais na composição da película analisando se as películas possuem metais em sua composição e a qualidade de seu adesivo.

A máquina Weather O'meter simula ambientes com altos níveis de radiação UV e chuvas, em ciclos, acelerando o intemperismo. Esse teste permite observar a degradação das propriedades, principalmente de materiais poliméricos.

4 METODOLOGIA

No presente estudo foram realizados dois tipos principais de análises: de características físico-químicas das películas e da receptibilidade dos aplicadores autorizados ao testarem o produto por um período de 2 meses.

4.1 Películas utilizadas

No trabalho foram utilizadas amostras de películas de uma nova linha de produto a ser lançada, denominada “Nova”, e de uma película da linha FX com VLT de 20%, denominada “FX20”. As películas novas são denominadas “Nova20” e “Nova76”, correspondendo a VLT de 20 e 76%, respectivamente.

4.2 Caracterizações físico-químicas das películas

Uma análise das características físico-químicas das películas foi realizada através de dois métodos: inspeção visual da aparência geral do material e determinação dos parâmetros importantes para o estudo, a saber, VLT, UVT, IRT e SHGC, por meio do equipamento *Window Energy Profiler (WP4500)* fabricado pela empresa americana *EDTM*.

4.2.1 Preparação de amostras

Foram montadas nove amostras em vidros planos, três amostras de película em vidro para cada tipo de película em análise. A aplicação das películas foi realizada de forma igual em todos os vidros. Foram realizadas operações de limpeza com raspador de lâmina metálica, lavagem com uma solução de água com detergente de pH neutro (Xampu Johnson & Johnson Baby), aplicada através de um borrifador, e pressão com uma espátula BlueMax, mostrados na Figura 5.



Figura 5 - Equipamentos utilizados para corte e aplicação das películas

4.2.2 Processos de Envelhecimento

Foram utilizados três métodos de envelhecimento, sendo esses os envelhecimentos em campo, na máquina Weather O'meter e em névoa salina.

4.2.2.1 Envelhecimento em campo

As três amostras de vidro com película devidamente aplicada foram posicionadas para um teste em campo em uma mesa de exposição ao sol na área da planta da 3M em Sumaré, São Paulo como mostrado na Figura 5.



Figura 6 - Amostras em envelhecimento em campo

As amostras foram deixadas durante um período de 82 dias na variação climática diária, submetido ao intemperismo local. As películas ficaram expostas entre os dias 11/08/2016 e 31/10/2016.

4.2.2.2 Envelhecimento na Weather O'meter

Para a realização do envelhecimento acelerado das películas aplicadas aos vidros, as amostras tiveram parte de sua superfície coberta por fita isolante 33+ da 3M para proteção e manutenção das propriedades primárias e posterior comparação e foram colocados no suporte da máquina como observado na Figura 7.



Figura 7 - Película aplicada sobre vidro para teste no equipamento Weather O'Meter.

Foram realizados dois ciclos de 150 horas para cada amostra no intuito de analisar o histórico de deterioração da película. O equipamento ATLAS Ci5000 – Xenon Light foi ajustado segundo a norma *ASTM G155 – 13 Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials*. No interior do equipamento, as amostras são submetidas a raios UV por incidência direta de uma luz de xenônio e simulações de precipitação de chuva. A Figura 8 mostra o equipamento que foi utilizado.



Figura 8 – Weather O'meter Atlas Ci5000 – Xenon Light

4.2.2.3 Envelhecimento em ambiente de névoa salina

Amostras preparadas de forma similar as anteriores foram submetidas a um ambiente de névoa salina com concentração de 5% de cloreto de sódio (NaCl , sal de cozinha), em massa, em água. Também durante 82 dias as amostras foram mantidas a esse ambiente e posteriormente inspecionadas para a verificação da alteração das propriedades visuais e de controle solar. Utilizou-se um equipamento da *Equilam – Salt Spray* (Figura 9) configurado para operar conforme a norma *ASTM B117 – 11 Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*.



Figura 9 – Equipamento Equilam Salt Spray (Site:Equilamna)

4.2.3 Métodos para inspeção das propriedades de transmissão de energia

As amostras, antes e depois de cada processo de envelhecimento, foram inspecionadas afim de observar sua aparência e também de suas propriedades de controle solar. Para isso, foram utilizados os métodos de inspeção visual e o uso do equipamento *Window Energy Profiler* da empresa EDTM, para medição dos valores de UVT, IRT, VLT e SHGC.

Na inspeção visual foram avaliadas as mudanças na película tais como opacidade (aspecto leitoso), perda e mudança de coloração.

Para as medidas de transmissão foi utilizado o *Window Energy Profiler* da EDTM. Esse equipamento é formado por três pequenas lâmpadas e detectores. Cada lâmpada emite radiação com diferentes comprimentos de ondas: infravermelho, luz visível e UV.

A quantidade de radiação que atinge o detector, passando através da amostra, é medida em porcentagem da radiação incidente e mostrada no display do equipamento. Os comprimentos de onda emitidos para cada faixa de luz são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Tipos de radiação e comprimentos de ondas emitidas pelo Window Energy Profiler (EDTM - <https://www.edtm.com>)

Tipo de radiação	Comprimento de onda (λ) [nm]
UV	365
Luz Visível	400 – 700
IR	950

O aparelho em funcionamento é mostrado na Figura 10.



Figura 10 – Window Energy Profiler em funcionamento.

4.3 Pesquisa de opinião submetida a aplicadores

Os aplicadores autorizados já possuem uma grande experiência na aplicação das películas que constam atualmente no portfólio da 3M, da linha FX. Tendo isso em vista, amostras da nova película foram enviadas junto com um formulário para preenchimento pelos aplicadores relatarem sobre suas experiências com a película. Os valores foram medidos de 1 a 5, sendo 5 uma nota excelente e 1 não aceitável. Uma imagem do formulário é apresentada na Figura 11.

Teste de Película Automotiva da 3M			
POR FAVOR, COMPLETE AS INFORMAÇÕES ABAIXO			
Nome da Empresa		Nome do Instalador	
Data da Instalação		Anos de Experiência	
Cidade		Experiência em Instalação Autos (anos)	
Marca do Carro		Modelo e Ano do Carro	
Temperatura no dia da Instalação(°C)			
COMPARANDO O FILME INSTALADO COM A INSTALAÇÃO DA PELÍCULA FX - PELÍCULA PARA VIDROS DA 3M			
Usando a escala numérica na célula, por favor, circule o valor que você acha que corresponde sempre comparando com a Película FX			
Aplicação:		Classificação:	Comentários
Corte do Produto/Fora da Caixa		Valor relativo	
Corte do Molde		Valor relativo	
Moldagem		Valor relativo	
Remoção do Liner		Valor relativo	
Aderência Inicial		Valor relativo	
Aderência no vidro		Valor relativo	
Aderência no desembacador		Valor relativo	
Facilidade de aplicação		Valor relativo	
Aderência Final		Valor relativo	
Limpeza e remoção do filme (após 2 semanas)		Valor relativo	
Das propriedades avaliadas, cite as três mais importantes para você e por quê?			
Selecione um			
Selecione um			
Selecione um			
Das propriedades avaliadas, cite as três menos importantes para você e por que?			
Selecione um			
Selecione um			
Selecione um			

Figura 11 – Questionário enviado para os instaladores.

Quinze aplicadores autorizados para vidros automotivos testaram a película e responderam à pesquisa de opinião, permitindo obter uma visão geral do instalador sobre a película testada. Também foi permitido aos instaladores fazer comentários livres sobre sua experiências com a nova película.

5 RESULTADOS E ANÁLISE

5.1 Resultados das propriedades técnicas

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos por meio de observação visual e por meio do uso do *Window Energy Profiler* após exposição às diferentes condições de envelhecimento.

5.1.1 Envelhecimento em campo

Inicialmente foram medidas as propriedades do vidro sem a película aplicada; com a película aplicada e após 82 dias de exposição. Os resultados são mostrados na Tabela 4 e nas Figuras de 12 a 14.

.

Tabela 4 - Resultados obtidos a partir do equipamento o Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento em campo

Tipo de tratamento	Película aplicada	UVT	VLT	IRT	SHGC
Vidro Sem Película	Nenhuma	73	90	77	0,85
		72	90	78	0,86
		72	90	78	0,86
Antes da exposição em campo	Nova20	27	20	78	0,55
	Nova76	20	76	77	0,7
	FX20	27	18	76	0,52
Após exposição durante 82 dias em campo	Nova20	28	20	79	0,55
	Nova76	24	76	79	0,72
	FX20	28	18	77	0,53

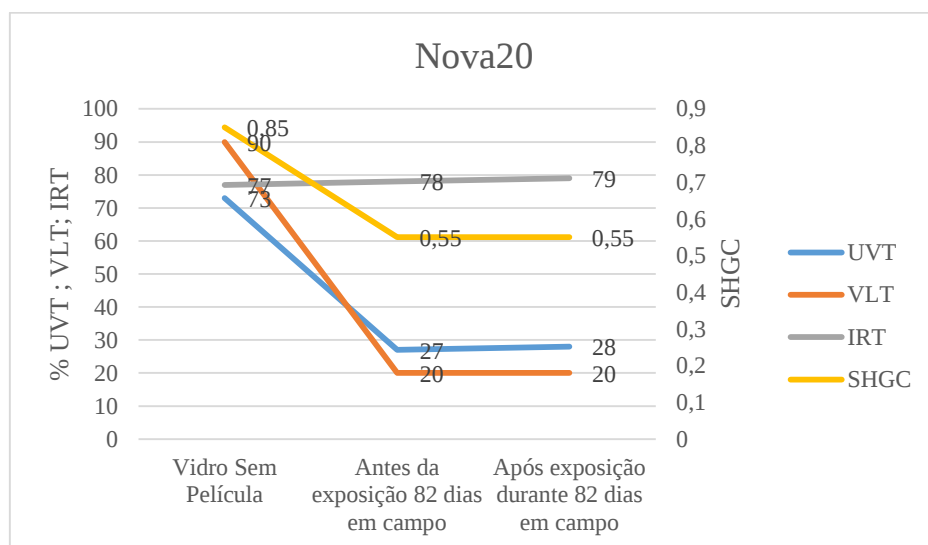


Figura 12 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película Nova20.

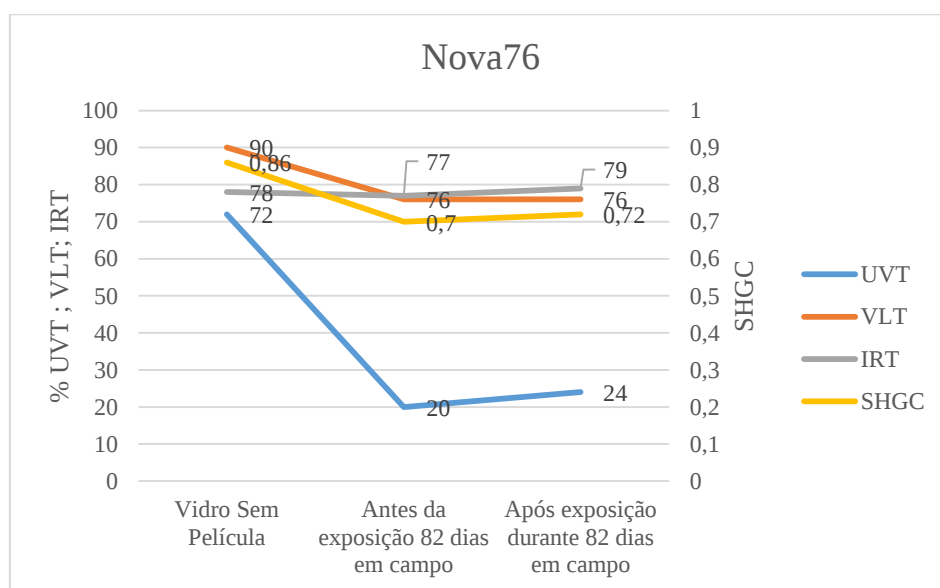


Figura 13 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película Nova76.

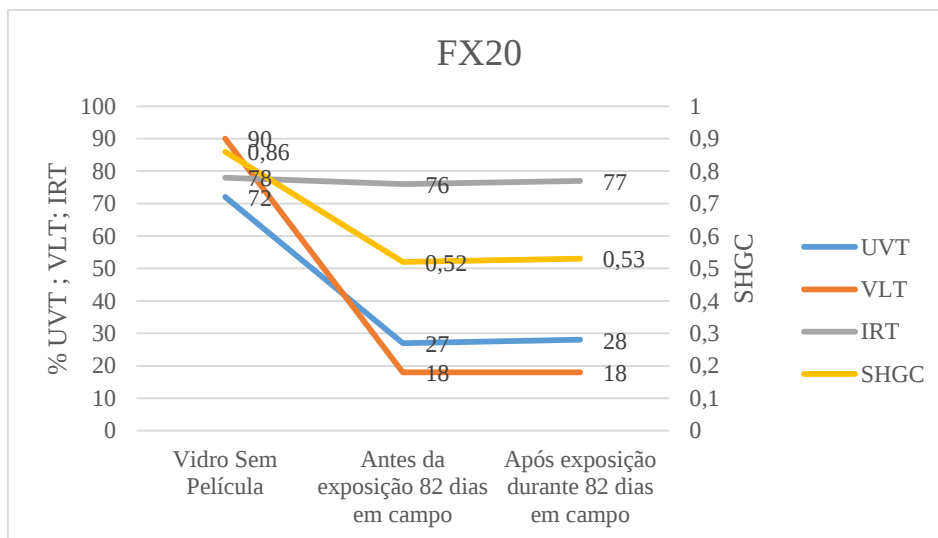


Figura 14 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em campo para a película FX20.

Foi possível também realizar análise visual do antes e depois de cada película, conforme mostrado na Figura 15.

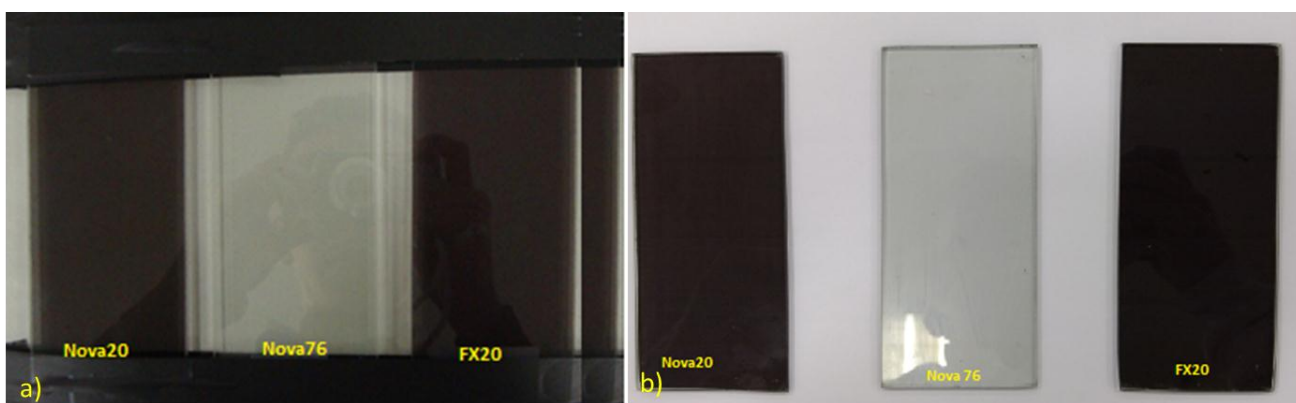


Figura 15 – Vidros com a película aplicada a) antes e b) depois da exposição em campo

Após analisar os dados de transmitância e a aparência das películas, pode-se verificar que mesmo ocorrendo uma leve variação das propriedades, as películas a serem lançadas para comercialização apresentaram resultados satisfatórios e esperado para as películas da 3M, devido à excelente e durabilidade das películas não demonstrando mudanças significativas em suas propriedades tanto visuais quanto de proteção solar. As variações observadas podem ter ocorrido devido à variação estatística de medição do equipamento ou preparação das amostras. Por inspeção visual não foi possível observar diferenças na aparência geral da película, tanto

em imagens antes como depois da exposição em campo, em relação à parte das amostras protegida pela fita isolante.

Assim, no tempo analisado, não houve diferença de performance entre as películas da linha “Nova” e a da linha “FX”.

5.1.2 Envelhecimento em névoa salina

De maneira análoga as amostras envelhecidas em campo, amostras foram expostas à nevoa salina durante 82 dias para verificação da corrosão da película na presença de metal e a deterioração de seu adesivo. As propriedades medidas pelo equipamento *Window Energy Profiler* (WEP) são apresentadas na Tabela 5 e nas Figuras 16 a 18.

Tabela 5 – Resultados obtidos com o equipamento Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento em névoa Salina

Tipo de tratamento	Película aplicada	UVT	VLT	IRT	SHGC
Vidro Sem Película	Nenhuma	74	91	80	0,86
		73	90	80	0,86
		73	90	80	0,86
Antes da exposição em névoa salina	Nova20	28	20	79	0,55
	Nova76	24	77	88	0,72
	FX20	28	18	78	0,52
Após exposição durante 82 névoa salina	Nova20	28	20	79	0,56
	Nova76	24	76	88	0,72
	FX20	28	19	78	0,53

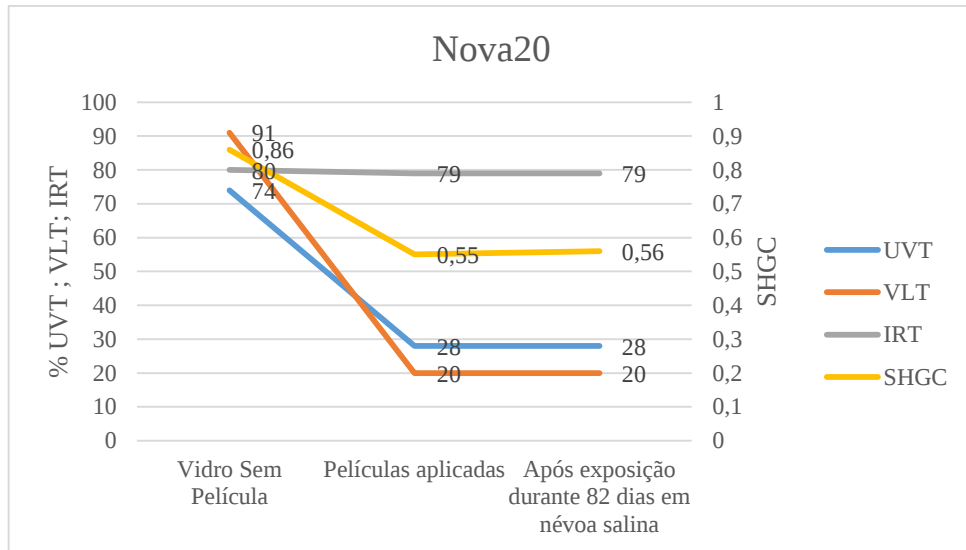


Figura 16 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película Nova20.

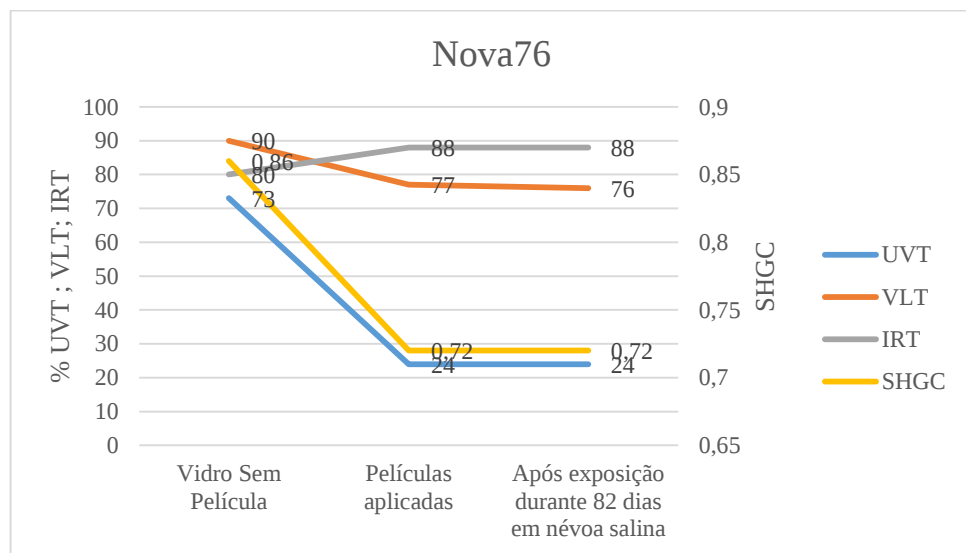


Figura 17 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película Nova76.

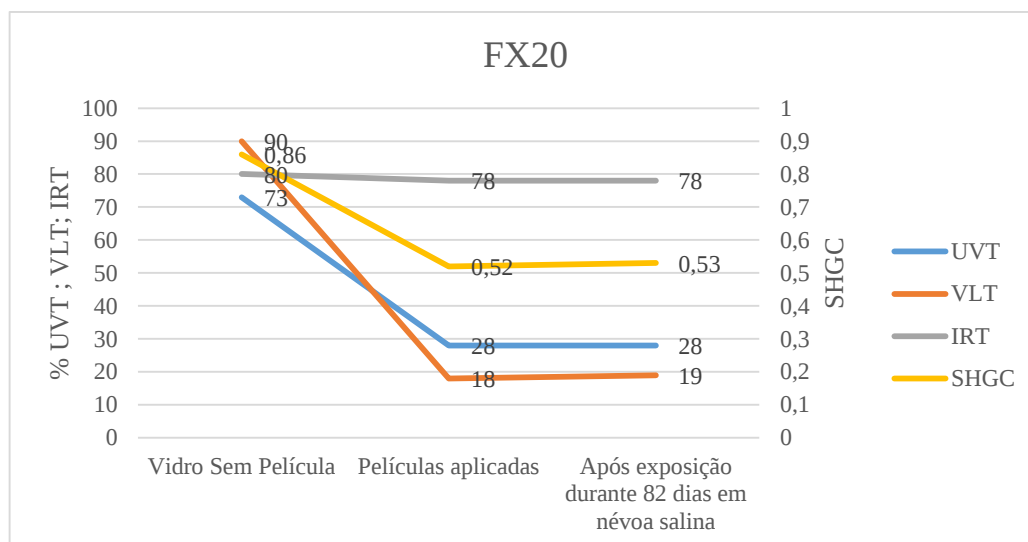


Figura 18 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio em névoa salina para a película FX20.

A análise visual das películas também foi possível ser realizada observando a Figura 19.

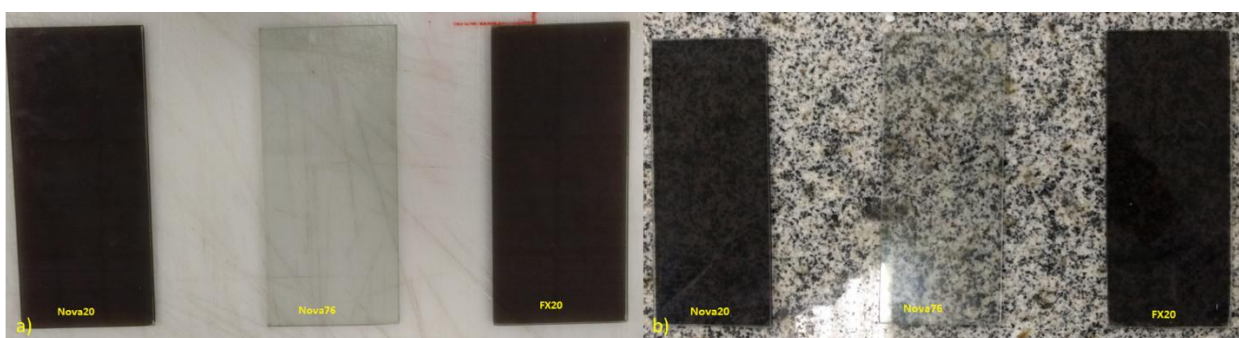


Figura 19 – Vidros com a película aplicada a) antes e b) depois da exposição em névoa salina

Através dos resultados obtidos para as películas, anteriormente e posteriormente ao envelhecimento, pode-se com segurança concluir que as três películas não sofreram corrosão sensível em seu dorso e em seu adesivo, permitindo-se inferir que essas não possuem metais livres em sua microestrutura, comparadas à FX, que comprovadamente não possui. O adesivo das películas manteve a qualidade dos adesivos que a empresa oferece, os quais são referências mundiais.

5.1.3 Envelhecimento na Weather O'meter

Com o envelhecimento no equipamento de Weather O'meter por raios UV providos da luz de xenônio, é possível verificar o efeito da exposição continua das películas em ambientes agressivos por radiação solar e chuvas.

Inicialmente foi planejada uma série de ciclos, 6 ciclos de 150 horas cada com exposição contínua ao ambiente hostil do equipamento, porém, o equipamento do Laboratório Analítico Corporativo da 3M, Sumaré, que seria utilizado apresentou problemas técnicos e o teste teve que ser interrompido. Contudo, foi possível realizar um ensaio das amostras em dois ciclos de 150 horas. Os resultados são observados na Tabela 6 e nas Figuras 20 a 22.

Tabela 6 – Resultados obtidos com o Window Energy Profiler para o teste de envelhecimento no equipamento Weather O'meter

Tipo de tratamento	Película aplicada	UVT	VLT	IRT	SHGC
Vidro Sem Película	Nenhuma	76	91	82	0,87
		76	91	83	0,86
		79	91	83	0,87
Películas aplicadas	Nova20	30	20	81	0,56
	Nova76	28	78	83	0,72
	FX20	33	18	81	0,53
Após 150 horas na Wather O'meter	Nova20	35	20	83	0,56
	Nova76	29	77	84	0,72
	FX20	33	18	82	0,54
Após 300 horas na Wather O'meter	Nova20	35	20	83	0,56
	Nova76	29	77	84	0,72
	FX20	33	18	81	0,53

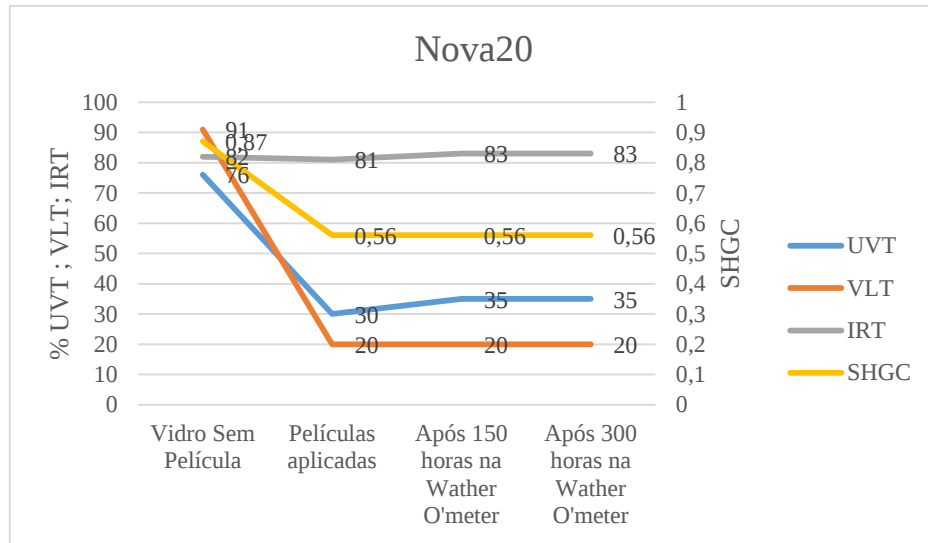


Figura 20 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película Nova20.

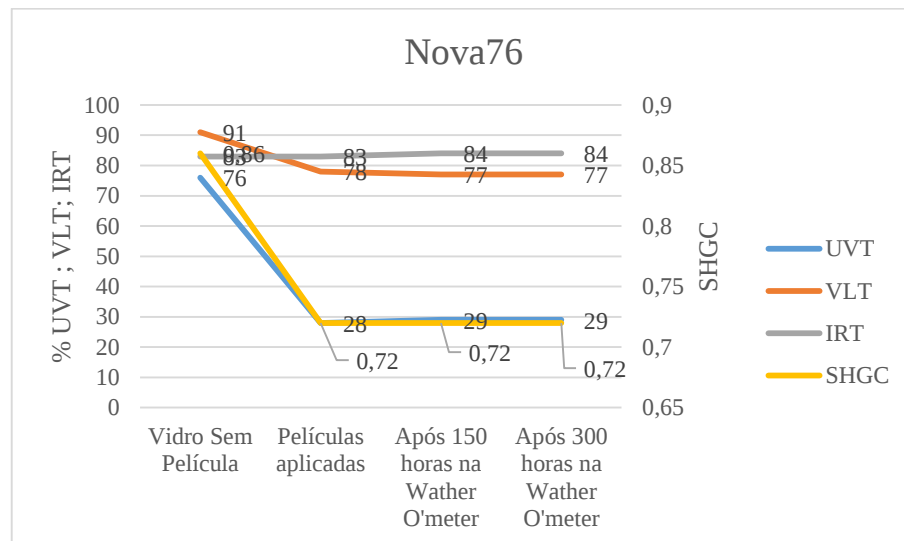


Figura 21 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película Nova76.

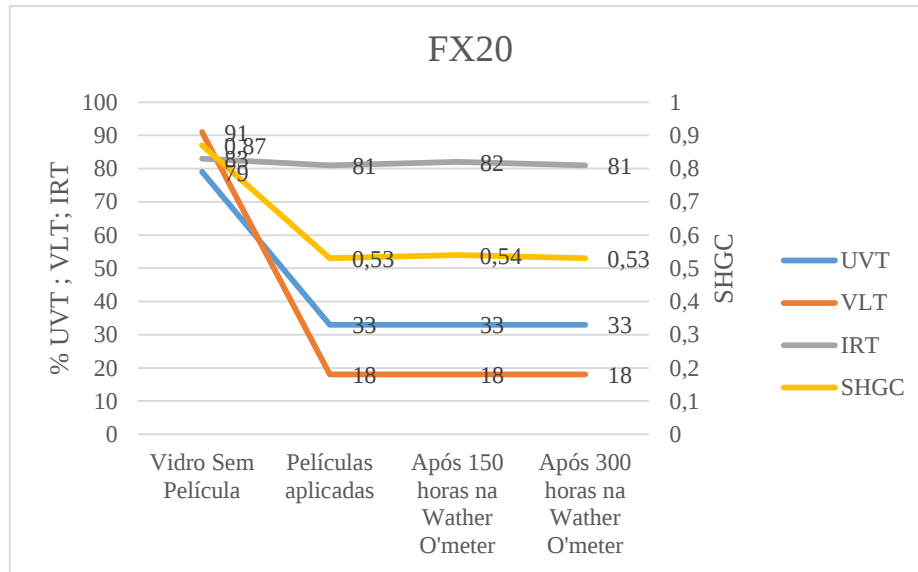


Figura 22 – Dados das propriedades ópticas obtidas antes e após o ensaio no equipamento Weather O'meter para a película FX20.

A análise visual pode ser feita pela Figura 23.

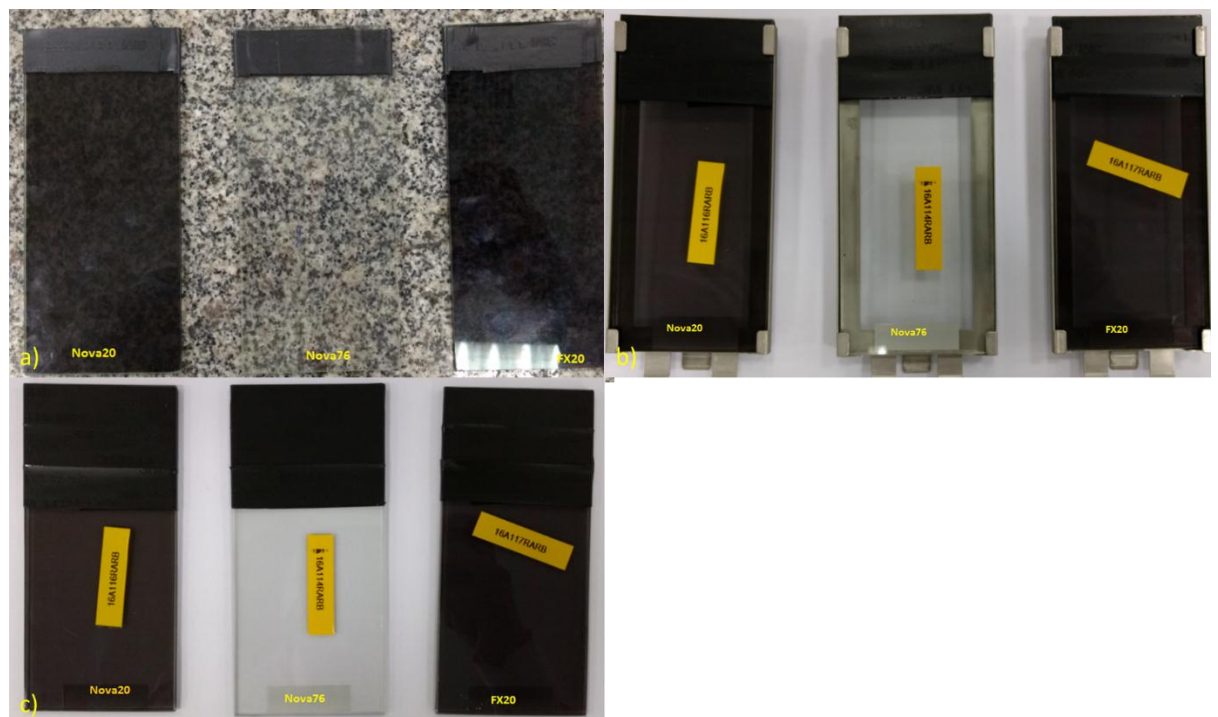


Figura 23 - Vidros com a película aplicada a) antes; b) exposição durante 150 horas e c) exposição durante 300 horas na Weather O'meter

Neste caso não foram observadas mudanças visuais a olho nu, porém nota-se uma mudança significativa no valor da proteção UV da película Nova20 após 150 e 300 horas de envelhecimento acelerado, o que sugere que essa película degradou-se durante esse período. Para a confirmação dos resultados, é então importante que os ciclos de envelhecimento no equipamento sejam realizados mais vezes, mas o cenário presente possibilita ter uma ideia de que a película Nova20 apresenta menor durabilidade devido a sua possível fabricação mais simples, e que facilita sua produção e reduz seu preço final.

5.2 Pesquisa de opinião submetida aos aplicadores

A pesquisa foi realizada com operadores de experiência de 5 a 26 anos no ramo de aplicação de películas automotivas, um total de 15 aplicadores, como mostra a Figura 24.

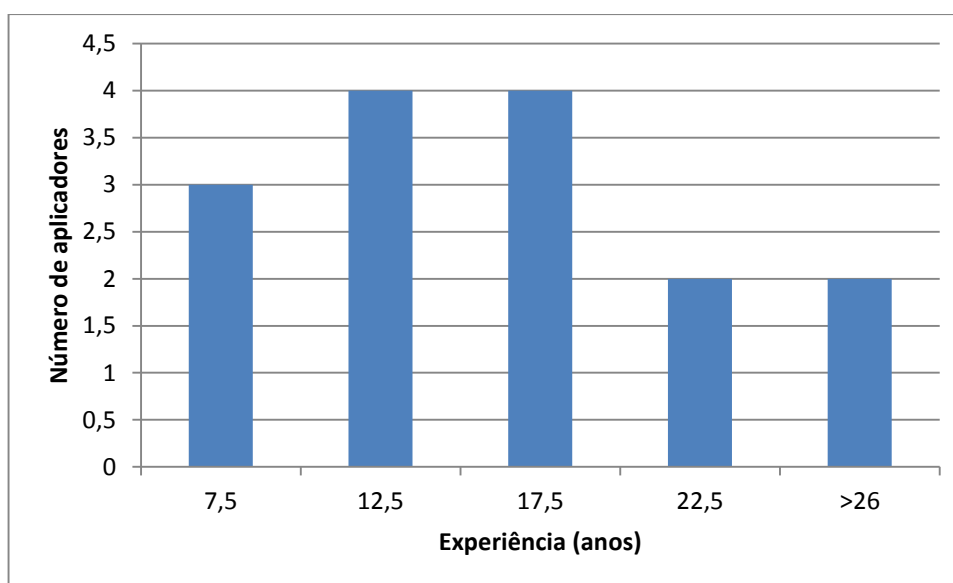


Figura 24 – Faixas de anos de experiência e quantidade de aplicadores

As Figuras de 25 a 34 mostram as notas dadas pelos aplicadores para cada fator de aplicação.

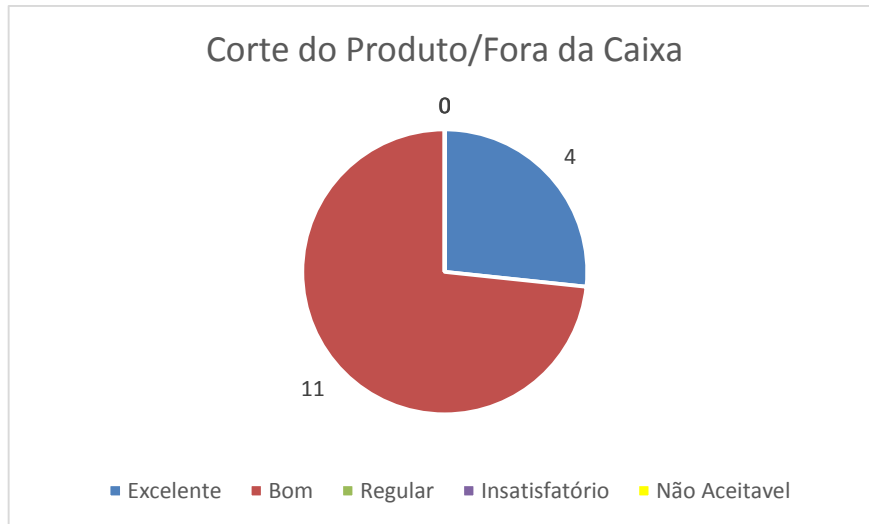


Figura 25 – Conceitos para o item Corte do Produto/Fora da Caixa

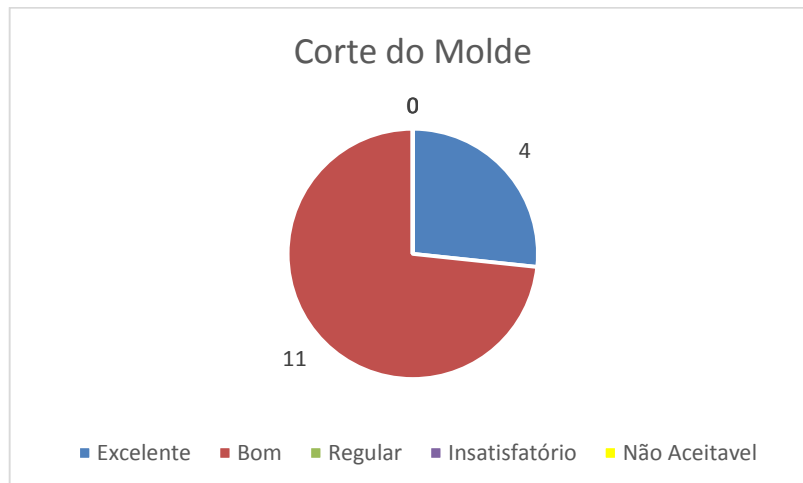


Figura 26 - Conceitos para o item Corte do Molde

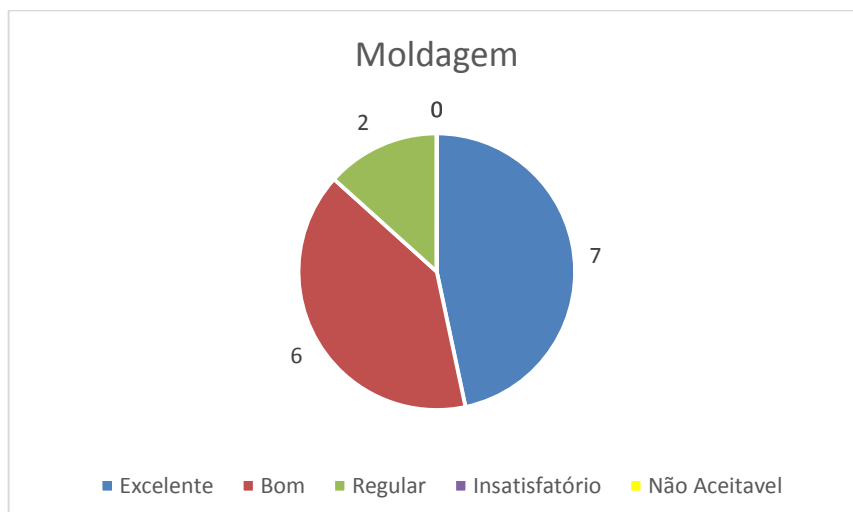


Figura 27 - Conceitos para o item Moldagem

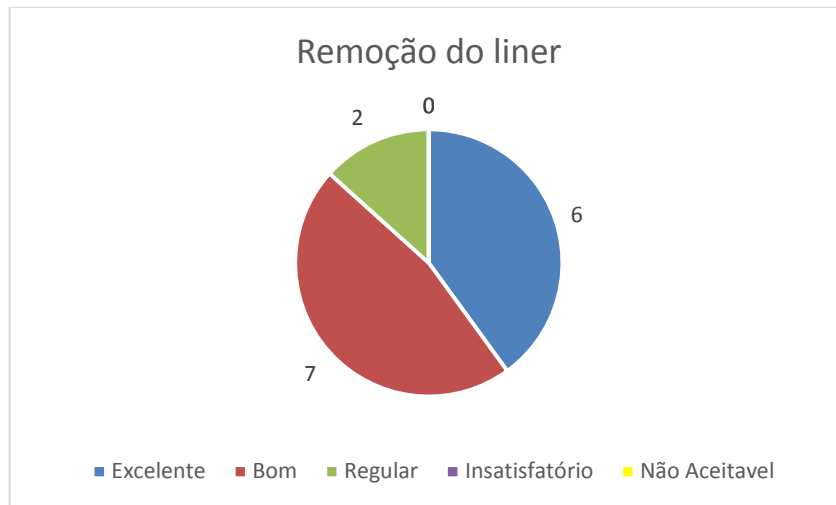


Figura 28 - Conceitos para o item Remoção do liner

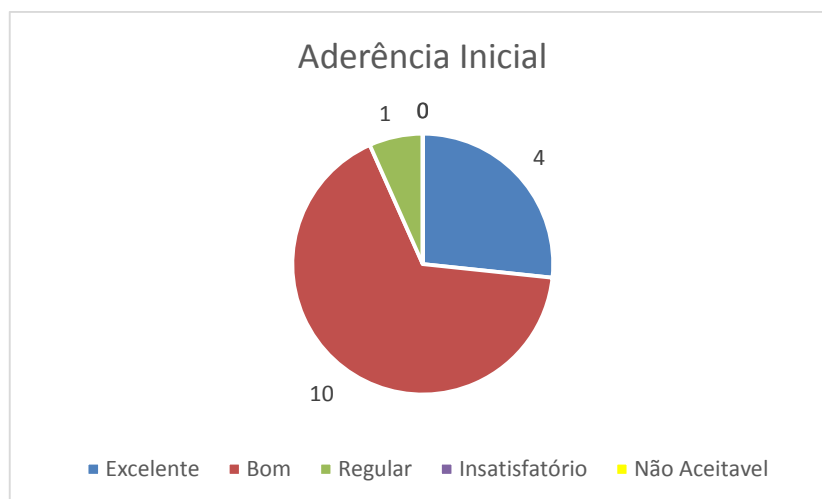


Figura 29 - Conceitos para o item Aderência Inicial

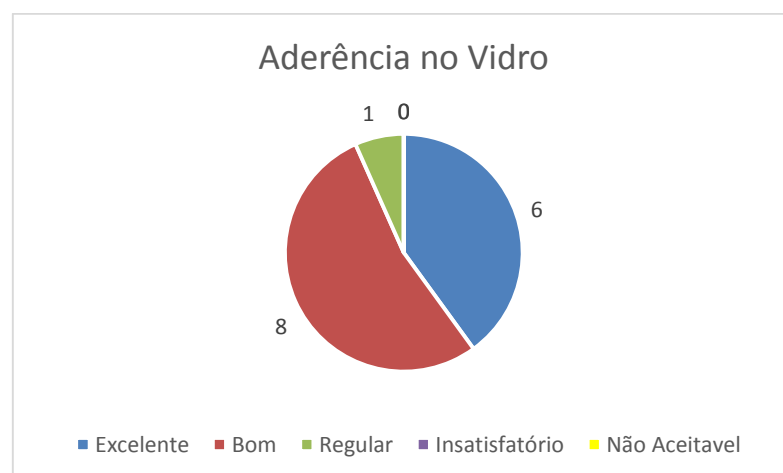


Figura 30 - Conceitos para o item Aderência no vidro

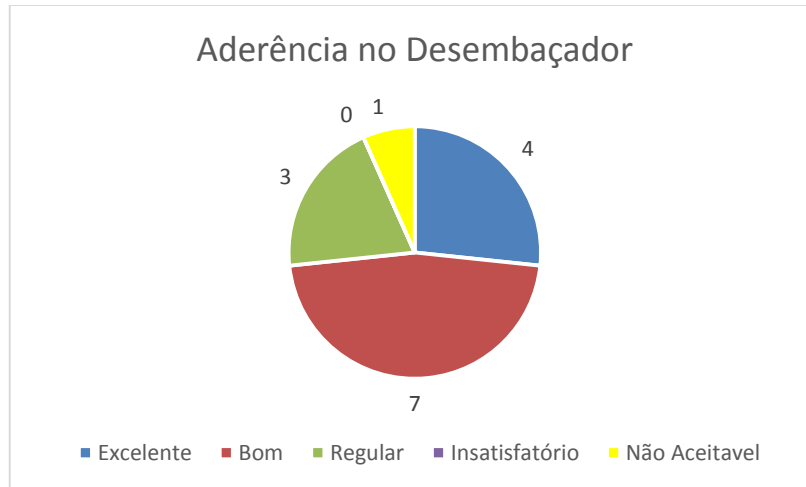


Figura 31 - Conceitos para o item Aderência no desmbaçador

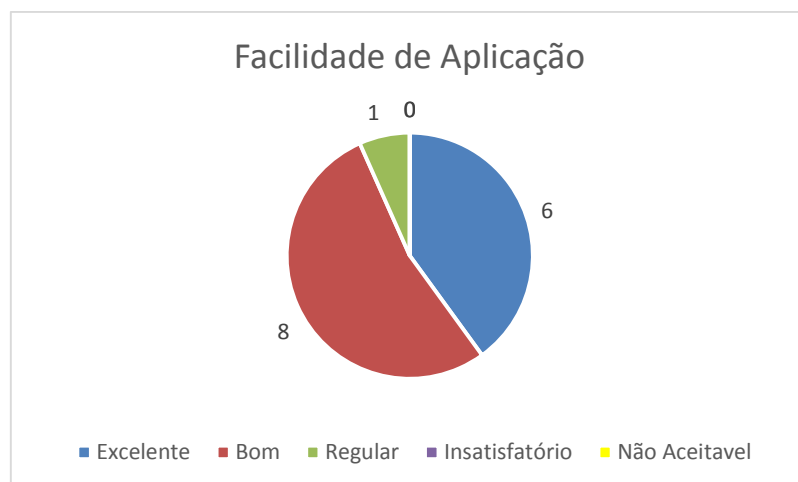


Figura 32 - Conceitos para o item Facilidade de Aplicação

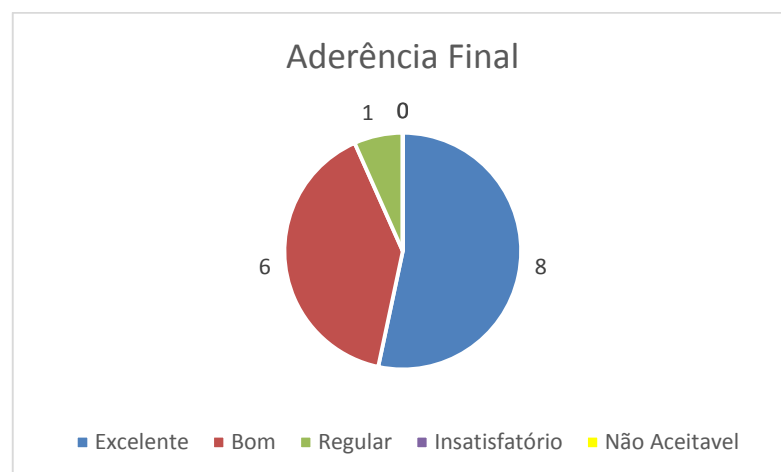


Figura 33 - Conceitos para o item Aderência Final

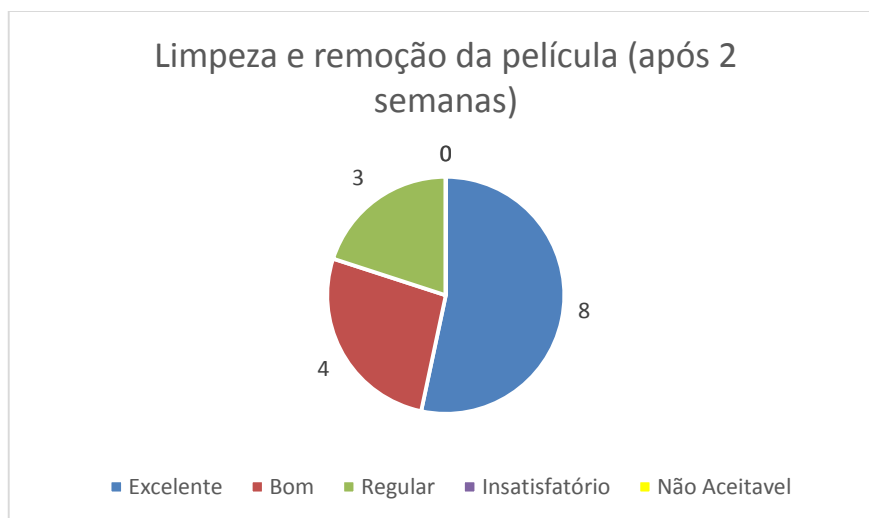


Figura 34 - Conceitos para o item Limpeza e remoção da película (após 2 semanas)

Observando os resultados obtidos é possível concluir que em geral a película teve boa receptibilidade pelos aplicadores no mercado, porém, é importante ressaltar o resultado não aceitável obtido para a aderência no desembalador por um dos instaladores consultados. Tal opinião pode ser devido a inúmeros fatores: o modelo do veículo utilizado no teste, a expertise do aplicador que tem 5 anos de experiência (relativamente baixa em comparação aos demais), mas também não se pode descartar problemas com a película de uma maneira geral.

Além desses resultados, alguns aplicadores fizeram comentários sobre as películas e tais resultados estão divididos entre positivos, medianos e negativos na Tabela 7:

Tabela 7 – Comentários dos aplicadores distribuídas em positivos, medianos ou negativos.

Positivos	Medianos	Negativos
“Excelente película no meu ponto de vista”	“Película excelente, porém poderia ter uma proteção aos raios infravermelhos maior”	“A película tem uma coloração roxa”
“Material muito bom, melhor que alguns produtos de entrada no mercado, eu gostei”		
“Eu gostaria de vender esse produto”		
“Eu espero que esse produto seja um produto de entrada, será de fácil venda devido ao preço acessível e qualidade 3M”		
“Será um produto excelente para o mercado dependendo do preço”	“Película muito boa, porém, apresenta um tom com fundo um pouco roxo”	
“Moldagem muito fácil!”		
“Moldagem e aplicação mais fácil que do FX”		
“Película muito boa”		

Podemos notar que a principal preocupação dos aplicadores se dá devido à coloração da película ser um pouco roxa, característica normalmente atribuída à películas degradadas, normalmente. Quanto à proteção infravermelha da película, essa possui baixa tecnologia aplicada para tal fim, por ser uma película de entrada (produto que deve ser comercializado por um baixo preço), e seria inviável investir em melhor tecnologia para tal produto.

6 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pode-se ter uma visão geral das tecnologias envolvidas para a caracterização das películas e para sua colocação no mercado para aplicação em vidros, tanto arquitetônicos como automotivos, que foram o alvo do estudo apresentado.

Para avaliação de novas películas para vidros em aplicações automobilísticas, visando seu lançamento no mercado, testes físico-químicos e de satisfação do mercado foram realizados. Com esses testes, foram encontrados resultados bastante satisfatórios que motivam o prosseguimento do processo de lançamento das películas novas no mercado.

Em destaque pôde-se observar a boa durabilidade ao envelhecimento das películas, sua razoável proteção de raios ultravioleta e a melhoria da aparência dos vidros. É preciso atentar-se aos pontos negativos ressaltados pelos aplicadores que testaram a película, como a coloração um pouco roxa, é necessário verificar se isso não seria um empecilho para a comercialização do produto.

É importante ressaltar a falta sensibilidade do trabalho devido a sua insuficiência estatística não deve ser utilizada como único modo de avaliação completa das películas. No entanto este pode ser utilizado para se ter um horizonte a qual se pautar para futuros planejamentos de ensaios e testes.

Para melhor caracterização das películas, recomenda-se um estudo mais detalhado, com maior tempo de exposição a efeitos climáticos e com maior número de amostras para ter-se mais certeza e mais informações quanto a durabilidade da película, ou seja, expor as películas por mais tempo em campo, em névoa salina e no equipamento Weather O'meter e repetir as análises.

REFERÊNCIAS

3M Brasil, **História da Companhia**. Disponível em

<http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/about-3M/information/more-info/history/>

Acesso em 14 de Outubro de 2016

3M Brasil, **Películas para Vidros, Boletins Técnicos**. Disponível em

<http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/Pelicula-para-vidros/Window-Film-3M/Produtos/Automotiva/> Acesso em 04 de Outubro de 2016

Antonson, D. L. Berger, G. A. **Transparent and reflecting articles**. US Pat 3290203 A, 08 feb. 1965, 06 dec. 1966. 5p

CEBRACE, **Vidros Habitat**. Disponível em <<http://www.vidroshabitat.com.br/produtos>>

Acesso em 17 de Outubro de 2016

CONTRAN, **Resolução nº 254 modificada pela resolução de nº 580 de 24 de fevereiro de 2016**. Disponível em

<http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_CONTRAN_254.pdf> Acesso em 30 de Outubro de 2016

DEMİREL, B., YARAŞ A., ELÇİÇEK H. “**Crystallization Behavior of PET Materials**”, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 13(1) 26-35. 2011.

EDTM, **Window Energy Profiler**. Disponível em <<https://www.edtm.com/index.php/sales-tools-for-window-and-film/energy-performance-meters/window-energy-profiler-wp4500>>

Acesso em 21 de Outubro de 2016

Efficient Windows Collaborative. Disponível em

<<http://www.efficientwindows.org/shgc.php>> Acesso em 29 de Outubro de 2016

E-Física, USP, **Comprimento de onda, período e frequência.** Disponível em

<http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ondas/compr_onda_periodo_frequencia/> Acesso em 16 de Outubro de 2016

Equilamna, **Products.** Disponível em <<http://equilamna.com/equilam-na-corrosion-testing-equipment/>>. Acesso em 23 de Outubro de 2016

GESTIS, **Record of Polyethylenterephthalat, Substance Database of the IFA.** Disponível

em < [\[en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/530566.xml?f=templates\\\$fn=default.htm\\\$3.0\]\(http://en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/530566.xml?f=templates\$fn=default.htm\$3.0\)> Acesso em 14 de Outubro de 2016](http://gestis-</p></div><div data-bbox=)

InfoEscola, **Espectro eletromagnético.** Disponível em

<<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>> Acesso em 16 de Outubro de 2016

Johnson Window Films. Disponível em

<http://www.johnsonwindowfilms.com/dealer/articleView.php?ARTICLE_ID=160> Acesso em 17 de Outubro de 2016

Liew, S. C. "**Electromagnetic Waves**". Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing. Retrieved. 2006.

Mari, E. **Los Vidrios: Propiedades, tecnologías de fabricacion y aplicaciones**. Edigraf S. A. Buenos Aires. 1982.

McGurran, D., Olson, J., Schaeffer, M. **Color stable pigmented polymeric films having dyes for color adjustment**. US Pat 20030017326 A1, 23 jan. 2003. 4p.

Norma ASTM B117, 2016, “**Operating Salt Spray (Fog) Apparatus**” (Mecanismo de névoa salina), ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2016, DOI: 10.1520/B0117-16. www.astm.org.

Norma ASTM G155, 2013, “**Operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials**” (Mecanismo de iluminação por arco de xenon para exposição de materiais não metálicos), ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2016, DOI: 10.1520/G0155-13. www.astm.org.

Realtech INC, **UV Transmittance** <<http://realtechwater.com/uv-transmittance/>> Acesso em 27 de Outubro de 2016

Romão, W., Spinacé, M. A. S., De Paoli, M. A., **Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem**, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 2, p. 121-132. 2009.

Rosato, D. V., Rosato, Donald V., Rosato, Matthew, V. **Plastic product material and process selection handbook**. Elsevier. p. 85. 2004.

Speight, J. G., Lange, N. A. **Lange's handbook of chemistry** (16 ed.). McGraw-Hill p. 2.807–2.758. 2005.

Weber, M. F., Nevitt, T. J., Benoit, G. J. **Multilayer optical film with output confinement in both polar and azimuthal directions and related constructions** .US Pat 20110222295 A1, 15 sep. 2011. 19p

World Health Organization, **UV radiation**. Disponível em <
<http://www.who.int/uv/faq/whatisuv/en/index2.html>> Acesso em 16 de Outubro de 2016