

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**“ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE ACABAMENTOS  
ACRÍLICOS PARA PISOS”**

**Carlos Alberto Caressato Jr.\***

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE PROFISSIONAL EM QUÍMICA, área de concentração QUÍMICA TECNOLÓGICA.

**Orientador: Prof. Dr. Caio M. Paranhos da Silva**

**\* 3M do Brasil Ltda**

**São Carlos - SP**  
**2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C271e Caressato Junior, Carlos Alberto  
Estudo e caracterização de acabamentos acrílicos  
para pisos / Carlos Alberto Caressato Junior. -- São  
Carlos : UFSCar, 2016.  
43 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de  
São Carlos, 2016.

1. Acabamentos acrílicos. 2. Revestimento de  
pisos. I. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Química

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Carlos Alberto Caressato Junior, realizada em 29/07/2016:

---

Prof. Dr. Caio Marcio Paranhos da Silva  
UFSCar

---

Profa. Dra. Sandra Andrea Cruz  
UFSCar

---

Prof. Dr. Paulo Rodrigo Alves Bernardo  
UNICASTELO

*“À medida que nossos negócios crescem,  
torna-se necessário delegar  
responsabilidades e encorajar todo homem  
ou mulher a exercer suas iniciativas.  
Isso exige tolerância considerável. Aqueles  
homens e mulheres a quem delegarmos  
autoridade e responsabilidade, se forem  
boas pessoas, irão querer fazer os seus  
trabalhos à sua maneira.*

*Erros serão cometidos. Porém, se uma pessoa está essencialmente  
certa, os erros que ela ou ele cometerem não serão tão graves como  
os erros que o gerenciamento cometer se disserem àqueles a quem a  
autoridade foi delegada, como fazer os seus trabalhos.*

*A gerência que é destrutivamente crítica frente a erros cometidos,  
mata a iniciativa. E, é essencial que tenhamos pessoas com iniciativa  
se quisermos continuar a crescer.”*

*Willian L. McKnight*

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos aos dois líderes que tive na 3M durante o período em que desenvolvi esta dissertação de mestrado profissional. Obrigado **Constance J. Nelson** e **Paulo R. Gandolfi** pelo apoio, liberdade e autonomia que me deram para realizar este trabalho e aumentar meus conhecimentos sobre o assunto.

Aos meus pais, **Carlos A. Caressato** e **Ap. da Penha P. Caressato**, que desde muito cedo me incentivaram a aprender, estudar e sempre serviram de exemplo de dedicação. Amo vocês!

Agradecimento especial à minha esposa **Marina S. Tonoli** e ao pequeno **Pedro T. Caressato**, nosso querido filho, que inundam meu dia-a-dia de alegria e me deram muita força para não desistir dos planos traçados. Meus companheiros!

Aos colegas de laboratório no Grupo de Polímeros do DQ – UFSCar que me receberam muito bem e me ajudaram muitas vezes com equipamentos, ferramentas e boas conversas.

Por fim, gostaria de agradecer imensamente ao **Prof. Dr. Caio Paranhos** pela paciência, orientação, discussões técnicas, conversas e cafés que tomamos. Me fez lembrar do sentido da palavra “professor”.

## **TABELAS**

Tabela 1.1 – Formulação padrão de acabamentos acrílicos.....	3
--	---

## FIGURAS

FIGURA 1.1 - Polimerização do etileno na fabricação das ceras de polietileno sob condições especiais em altas ou baixas pressões controlando peso molecular. .....	2
FIGURA 1.2 – Polimerização dos polimetacrilatos e poliacrilatos.....	2
FIGURA 1.3 – Formulação de acabamento acrílico baseada em crosslink metálico – Zn.....	4
FIGURA 1.4 – Exemplo de polímero com estrutura crosslink.....	4
FIGURA 3.1 – Placas de PVC onde os acabamentos acrílicos foram aplicados.	6
FIGURA 3.2 – Medidor de brilho Elcometer Rhopoint IQ.....	7
FIGURA 3.3 – Tabber Abraser modelo Martindale.....	7
FIGURA 3.4 – Mantas abrasivas utilizadas para simulação de tráfego e desgaste acelerado.....	8
FIGURA 3.5 – Goniômetro Ramé-Hart, modelo 260 com câmera.....	9
FIGURA 3.6 – Célula de pesagem (Copo de Payne) para as medidas de transporte de vapor d’água. 1) borda interna para selagem do filme polimérico; 2) anéis de borracha; 3) anel de alumínio; 4) tampa do copo.....	11
FIGURA 3.7 – Copos de Payne, montados com os filmes livres, dentro do dessecador.....	11
FIGURA 3.8 – Filme livre, à direita, produzido dentro de placa de petri.....	12
FIGURA 3.9 – Esquema de funcionamento de equipamento de infravermelho com ATR.....	13
FIGURA 4.1 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SBN.....	15
FIGURA 4.2 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SBT.....	15
FIGURA 4.3 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SG.....	16
FIGURA 4.4 – Brilho após desgaste acelerado para SBN, SBT e SG.....	16
FIGURA 4.5 – Tensão superficial dos filmes poliméricos SBN, SBT e SG em água e contaminantes propostos.....	19
FIGURA 4.6 – Exemplo de WVT do SBN.....	19
FIGURA 4.7 – Exemplo de WVT do SBT.....	20

FIGURA 4.8 – Exemplo de WVT do SG. ....	20
FIGURA 4.9 – WVT médio dos acabamentos SBN, SBT e SG. ....	21
FIGURA 4.10 – Relação entre resistência ao desgaste mecânico e a permeação dos filmes. ....	22
FIGURA 4.11 – Relação entre desgaste mecânico e sorção em água. ....	24
FIGURA 4.12 – Relação entre sorção de água e ângulo de contato.....	24
FIGURA 4.13 – Espectro de Infravermelho dos acabamentos SBN, SBT e SG no tempo 0, antes da secagem e cura. ....	26
FIGURA 4.14 – Espectro de Infravermelho do acabamento SBN comparando $t_0$ e $t_{24h}$ . ....	26
FIGURA 4.15 – Espectro de Infravermelho do acabamento SBT comparando $t_0$ e $t_{24h}$ . ....	27
FIGURA 4.16 – Espectro de Infravermelho do acabamento SG comparando $t_0$ e $t_{24h}$ . ....	27
FIGURA 4.17 – Espectro de Infravermelho do contaminante álcool etílico 70%. ....	28
FIGURA 4.18 – Espectro de Infravermelho do contaminante desinfetante comercial quaternário de amônio. ....	29
FIGURA 4.19 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por álcool etílico 70%. ....	30
FIGURA 4.20 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por álcool etílico 70%. ....	30
FIGURA 4.21 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por álcool etílico 70%. ....	31
FIGURA 4.22 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio. ....	32
FIGURA 4.23 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio. ....	32



FIGURA 4.24 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio.....	33
FIGURA 4.25 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.....	34
FIGURA 4.26 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.....	34
FIGURA 4.27 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.....	35
FIGURA 4.28 – Curva de DSC de Acabamento SBN.....	36
FIGURA 4.29 – Curva de DSC de Acabamento SBT.....	36
FIGURA 4.30 – Curva de DSC de Acabamento SG.....	37
FIGURA 4.31 – Curva de energia de ativação por picos máximos à mesma taxa de aquecimento dos acabamentos SBN, SBT e SG.....	37
FIGURA 4.32 – Curvas das análises termogravimétrica para SBN, SBT e SG.....	38
FIGURA 4.33 – Derivadas das curvas de TGA.....	39

## Resumo

**ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE ACABAMENTOS ACRÍLICOS PARA PISOS.** Neste trabalho, foram desenvolvidas análises comparativas para acabamentos acrílicos que são utilizados no revestimento de pisos resilientes, principalmente. O objetivo é tornar as avaliações de desempenho dos acabamentos acrílicos menos subjetivas e poder contar com sustentação científica para comparar os três produtos comerciais aqui estudados. Através de alguns métodos analíticos, como desgaste mecânico, tensão superficial, infravermelho (ATR), análises térmicas por DSC e TGA, permeação do vapor de água e sorção em água, foi possível entender melhor os comportamentos de cura e resistência físico-química destes acabamentos, bem como será útil para futuros desenvolvimentos de novos produtos.

## **ABSTRACT**

### **STUDY AND CHARACTERIZATION OF ACRYLIC FLOOR COATINGS.**

Through this work, it was possible to develop comparative analysis for acrylic floor coatings mainly used for resilient floors. The objective here was to make the performance evaluations less subjective and also create scientific arguments to compare the three commercially available products evaluated in this study. Some analytical methods, such as mechanic wear, infrared (ATR), thermal analysis like DSC and TGA, water vapor permeation and sorption in water, made it possible to understand better the behaviors like cure and physical-chemical resistance of these floor coatings, as well as it will be useful for future new product developments.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	IV
TABELAS.....	V
FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Formulações básicas de acabamentos acrílicos .....	2
1.2 O uso do crosslink metálico .....	3
2. OBJETIVOS .....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	6
3.1 Desgaste mecânico acelerado por abrasão.....	6
3.2 Medidas de tensão superficial.....	8
3.3 Resistência à permeação do vapor de água e sorção em água.....	9
3.4 Análises de infravermelho (ATR).....	12
3.5 Análises térmicas (TGA / DSC) .....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	14
4.1 Desgaste mecânico acelerado por abrasão e tensão superficial dos filmes poliméricos .....	14
4.2 Resistência a permeação do vapor de água e sorção em água.....	19
4.3 Análises de infravermelho (ATR).....	25
4.3.1 Comportamento estrutural após processo de cura dos acabamentos...	25

4.3.2	Comportamento estrutural após contato prolongado com contaminantes.....	28
4.3.2.1	Contato prolongado com o contaminante álcool etílico 70% .....	29
4.3.2.2	Contato prolongado com o contaminante desinfetante comercial quaternário de amônio.....	31
4.3.2.3	Contato prolongado com o contaminante desinfetante comercial hipoclorito de sódio.....	33
4.4	Análises térmicas (DSC e TGA).....	35
5.	CONCLUSÕES .....	40
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros produtos aplicados para acabamento de piso foram as ceras naturais, que por sua vez têm aplicações desde o Egito Antigo no processo de mumificação.

O nome em inglês para cera é *wax*, que deriva da palavra anglo-saxônica *weax*, que era o nome dado ao material extraído do favo de colméias.

As funções das ceras como acabamento de piso envolvem desde a melhoria do brilho e estética da superfície até a facilidade da limpeza e redução do alojamento de microorganismos e pragas, aumentando a vida útil do piso.

Existem basicamente três tipos de acabamentos naturais para pisos:

Minerais: derivadas do carvão mineral e petróleo. Ex.: parafina.

Animais: produzidas naturalmente por carneiros, abelhas, etc. Ex.: cera de abelha tem cor clara e oferece filmes de excelente brilho.

Vegetais: são substâncias produzidas pelas folhas, frutos e tronco a fim de proteger e reter a umidade nas plantas, por exemplo carnaúba. <sup>[1]</sup>

Com o passar do tempo, as opções de acabamento e revestimentos passaram do simples uso destas ceras naturais (carnaúba, principalmente) ao emprego de compostos com cura mais complexa e melhor desempenho, como os acabamentos de origem sintética, produzidos em laboratório, com o uso de polímeros como o polietileno. <sup>[2]</sup>

Este tipo de produto é constituído de cadeias poliméricas menores, que interagem melhor entre si, formando filmes mais uniformes e compactos. Estes revestimentos são conhecidos como acabamentos acrílicos e serão o foco deste trabalho, tendo sua resistência química e mecânica caracterizada através de métodos físico-químicos.

## 1.1 Formulações básicas de acabamentos acrílicos

Os acabamentos acrílicos são produtos à base de emulsão de polietileno e outros polímeros acrílicos. As ceras de polietileno são produzidas com peso molecular normalmente abaixo de 10.000 (figura 1.1), e apresentam como principal função na mistura, o aumento da adesão aos substratos polares, compatibilidade com outros componentes polares e melhor dispersão em água. <sup>[1]</sup>

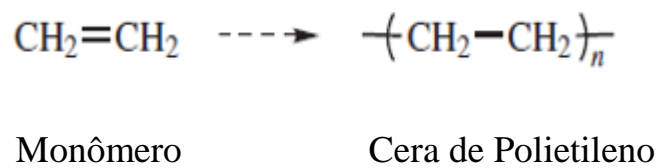


FIGURA 1.1 - Polimerização do etileno na fabricação das ceras de polietileno sob condições especiais em altas ou baixas pressões controlando peso molecular.

Já os polímeros acrílicos, como visto na figura 1.2, são em sua grande maioria copolímeros que contêm diversas misturas de monômeros acrilatos e/ou metacrilatos, incluindo combinações de monômeros ésteres e ácidos. <sup>[3]</sup>



FIGURA 1.2 – Polimerização dos polimetacrilatos e poliácrlatos.

À seguir, na tabela 1.1, pode-se ver um exemplo de formulação tradicional de acabamentos acrílicos usados na função de revestimento de pisos.

TABELA 1.1 – Formulação padrão de acabamentos acrílicos

<b>Nome do componente</b>	<b>Nº CAS</b>	<b>Porcentagem</b>	<b>Função</b>
Água	7732-18-5	40 – 70	Veículo
Emulsão de Polímero Acrílico	25085-34-1	10 – 30	Agente formador de filme
Poliétileno	68441-17-8	1 – 5	Agente formador de filme
Fosfato de Tris (2-butoxietila)	78-51-3	1 – 5	Plastificante
Éter Monoetílico do Dietileno Glicol	111-90-0	1 – 5	Solvente
Resina Acrílica Alkali Solúvel	Segredo Comercial	1 – 5	Agente de Nivelamento
Outros	-----	0,1 – 1	Fragrância, Biocida, Antiespumante

## 1.2 O uso do crosslink metálico

A maior resistência química e mecânica está boa parte relacionada à ocorrência de *crosslink* metálico com íons de Zinco que interagem com o grupo carboxila da cadeia do polímero.<sup>[4],[5]</sup>



O uso de complexo de tetramina de zinco com os polímeros contendo grupos amina primária e ácido carboxílico aumentam a força do *crosslink*, como pode ser representado pela figura 1.3. [4]

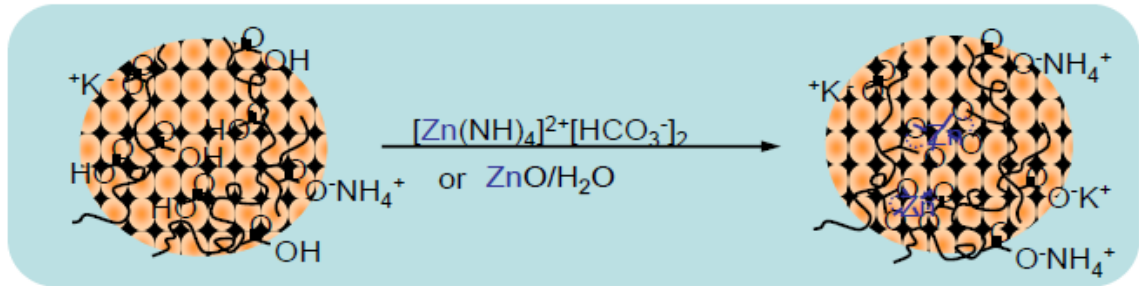


FIGURA 1.3 – Formulação de acabamento acrílico baseada em crosslink metálico – Zn.

O conceito do *crosslink* explica-se pela ligação das cadeias poliméricas umas nas outras e a consequente formação de uma rede polimérica mais resistente ao deslizamento das cadeias, com menor fluidez quando aquecida. Quando a quantidade de *crosslink* aumenta a ponto de tornar a estrutura tridimensional, formam-se redes espaciais, onde todas as cadeias poliméricas estão ligadas entre si, formando uma enorme molécula, conforme figura 1.4. [6],[7]

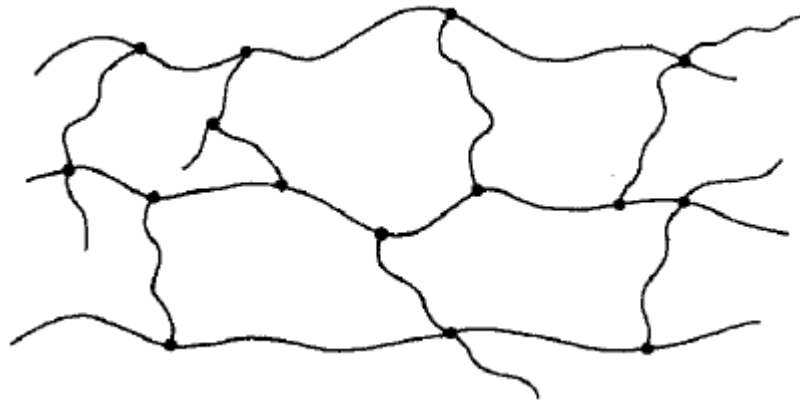


FIGURA 1.4 – Exemplo de polímero com estrutura crosslink.

## 2. OBJETIVOS

Em paralelo à grande evolução nos últimos anos dos acabamentos e revestimentos de piso, observa-se a cada dia que mais empresas iniciam a fabricação de formulações próprias.

Desta forma, o aumento das opções deste tipo de produto disponíveis no mercado traz a diversidade de qualidade e desempenho. Estas características podem ser traduzidas em resistência limitada tanto à ação mecânica de abrasão (tráfego de pessoas) como a resistência química (permeabilidade a certas substâncias químicas).

O objetivo deste trabalho foi definir métodos de caracterização para estes materiais poliméricos, tanto para a resistência química como mecânica, e desta forma criar análises comparativas com base científica, e menos avaliações subjetivas e visuais para os produtos disponíveis no mercado. Estas análises comparativas sustentadas por métodos analíticos permitirão também entender melhor alguns comportamentos dos revestimentos, além de permitir melhor planejamento de manutenção ao longo da vida útil do produto aplicado.

Como existem diversas categorias de acabamentos/revestimentos para piso, o foco deste projeto foi na categoria conhecida como acabamento acrílico que é a mais relevante comercialmente e que permite a formação de filmes que foram estudados através das metodologias propostas no Capítulo 3.

Três produtos comerciais (com formulações próprias) foram definidos para passarem pelas avaliações propostas, e foram chamados pelos códigos SBN, SBT e SG. Estas avaliações estão baseadas em:

- Desgaste mecânico (abrasão) acelerado e medidas de tensão superficial;
- Resistência a permeação do vapor de água e sorção em água;
- Análises de infravermelho (ATR);

- Análises térmicas (TGA / DSC).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes e análises comparativas ocorreram tanto nos laboratórios da 3M do Brasil em Sumaré como no Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos.

#### 3.1 Desgaste mecânico acelerado por abrasão

Estas análises foram conduzidas utilizando a norma ASTM D1436-97 para preparação dos substratos, que podem ser placas de PVC do tipo Paviflex<sup>®</sup> ou placas de Teflon<sup>®</sup> (conforme Figura 3.1), revestidos com os filmes poliméricos em estudo (SBN, SBT e SG). Utilizou-se um medidor de brilho Elcometer Rhopoint IQ (conforme Figura 3.2) para avaliar o desgaste mecânico dos filmes, através de diferença de brilho antes e depois dos filmes serem submetidos à simulação de tráfego.

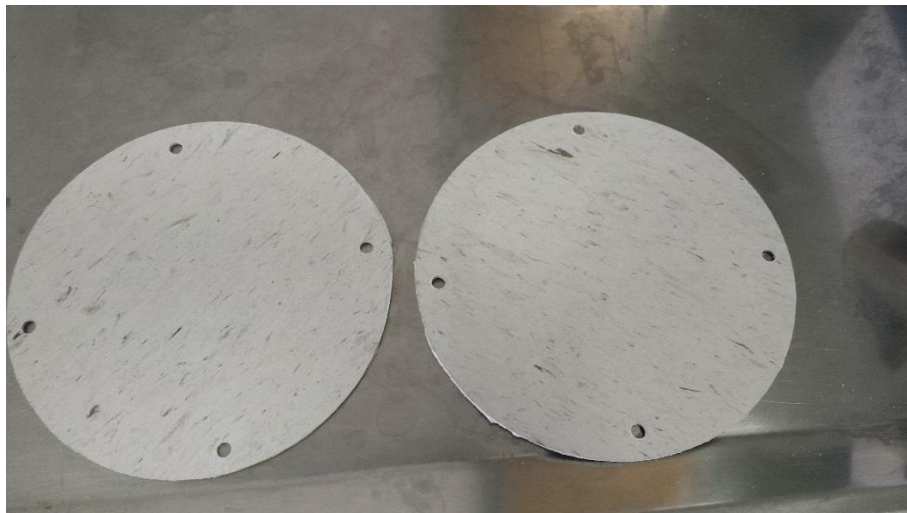


FIGURA 3.1 – Placas de PVC onde os acabamentos acrílicos foram aplicados.



FIGURA 3.2 – Medidor de brilho Elcometer Rhopoint IQ.

Para simular o desgaste proveniente do tráfego de pessoas foi utilizado o equipamento tipo *Tabber Abraser* modelo Martindale (conforme Figura 3.3) com manta abrasiva composta por fibra de poliéster, resina fenólica e mineral abrasivo óxido de alumínio (conforme Figura 3.4).

O brilho dos filmes aplicados sobre o substrato foi medido a cada 250 ciclos de desgaste, até um total de 1250 ciclos. A medição é realizada desligando-se o equipamento de abrasão, limpando a superfície do filme aplicado com um pano seco (para remover o pó formado) e então utiliza-se o medidor de brilho. O processo todo leva em torno de 45 minutos.



FIGURA 3.3 – Tabber Abraser modelo Martindale.



FIGURA 3.4 – Mantas abrasivas utilizadas para simulação de tráfego e desgaste acelerado.

### 3.2 Medidas de tensão superficial

Para realizar estas análises (ângulo de contato estático), utilizamos um goniômetro Ramé-Hart, modelo 260 conectado a uma câmera.

Foram medidos os ângulos de contato em duas regiões do filme e considerada a média da região mais estável, para água, desinfetante comercial quaternário de amônio, desinfetante comercial hipoclorito de sódio e álcool em gel 70%.

Através destas medidas foi possível entender a interação da superfície de cada filme polimérico com a água e os contaminantes propostos e depois correlacionar seus resultados com as análises de abrasão superficial, além das análises de *bulk* medidas pela técnica de sorção em água.



FIGURA 3.5 – Goniômetro Ramé-Hart, modelo 260 com câmera.

### **3.3 Resistência à permeação do vapor de água e sorção em água**

Mesmo com todo o avanço na fabricação dos acabamentos e revestimentos para pisos, ainda existem oportunidades para aumento de desempenho, do ponto de vista da resistência mecânica e química.

O estudo da permeabilidade dos filmes poliméricos se mostra um dos métodos mais apropriados para se atingir melhorias significativas na área de acabamentos e revestimentos de piso.

Até o fim do século 20, muita atenção foi depositada no campo da difusão, absorção e permeabilidade, pois estes fenômenos básicos têm papel fundamental para indústrias de revestimentos, como tintas e vernizes, relacionando solubilidade e transporte em membranas poliméricas, às propriedades moleculares, natureza dos penetrantes e morfologia dos polímeros. <sup>[8]</sup>

Outra forma viável para análise de comportamento dos filmes poliméricos frente aos ataques químicos é através do uso da norma ASTM (D 543-95) que

determina o tempo padronizado de cura em condições padrão de umidade e temperatura, com posterior exposição do filme às substâncias químicas desejadas por tempo determinado. [10]

A resistência química de um material polimérico está relacionada com a capacidade deste material resistir ao ataque com mínimas mudanças de massa, aparência, dimensões e propriedades mecânicas por um determinado período de tempo. Fatores que podem influenciar diretamente a resistência química do filme polimérico são: aumento da massa molar (diminui solubilidade e resistência melhorada), maior similaridade química entre soluto e solvente (aumento da solubilidade) e maior reticulação (diminuição da solubilidade do filme polimérico). [8]

Tanto a permeabilidade do filme polimérico como a absorção de água por este, pode ser estudada pela técnica de sorção, que consiste na determinação do coeficiente de difusão da água no estado estacionário, onde a variação da quantidade da massa é acompanhada gravimetricamente. [6] Esta situação pode ser descrita pela Segunda Lei de Fick (equação 1):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D \frac{\partial C}{\partial x} \right] \quad (1)$$

onde C é a concentração da espécie e D é o coeficiente de difusão da espécie.

Para este estudo utilizou-se a norma ASTM D543-95, que trata da resistência de plásticos em geral (inclusive filmes) a reagentes químicos. [6]

O estudo de permeabilidade será realizado com equipamento montado no próprio laboratório e técnicas de copo de Payne (conforme Figura 3.5 e 3.6) e ampola de vidro. Os filmes livres foram produzidos dentro de placas de petri e posteriormente removidos com auxílio de espátula (conforme Figura 3.7). Os filmes livres foram recortados com tesoura para se ajustarem ao diâmetro de

abertura do copo de Payne, e posicionados entre os anéis de borracha, com posterior fechamento do copo pela tampa.

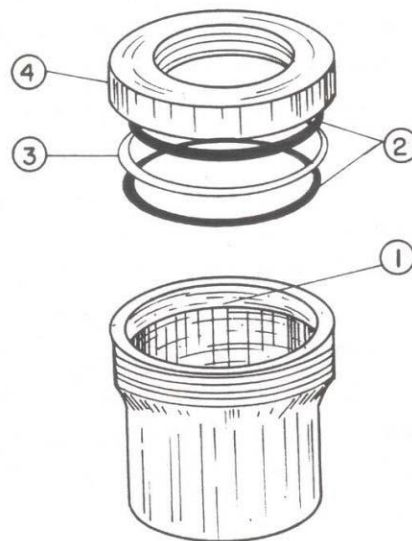


FIGURA 3.6 – Célula de pesagem (Copo de Payne) para as medidas de transporte de vapor d'água. 1) borda interna para selagem do filme polimérico; 2) anéis de borracha; 3) anel de alumínio; 4) tampa do copo.

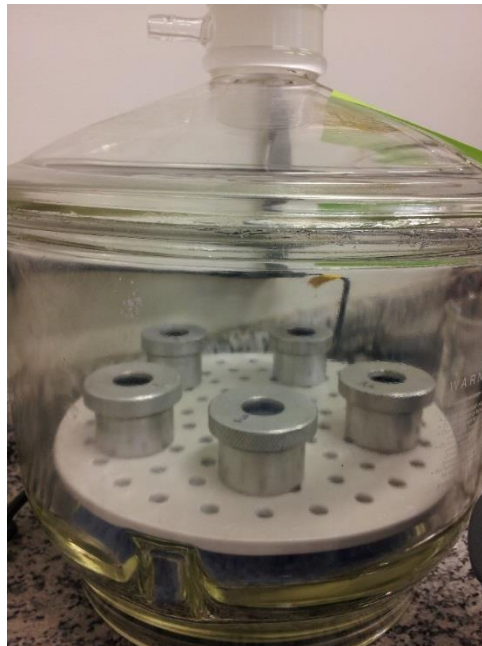


FIGURA 3.7 – Copos de Payne, montados com os filmes livres, dentro do dessecador.





FIGURA 3.8 – Filme livre, à direita, produzido dentro de placa de petri.

Foi possível também uma análise da reticulação do polímero através da técnica de imersão (sorção). Assim, possibilitou-se o estudo tanto da densidade como dos parâmetros de rede.<sup>[11]</sup>

As análises de sorção foram realizadas em água deionizada a 23°C, com as amostras de 1cm<sup>2</sup> imersas em água durante 60h. O cálculo do grau de sorção foi feito pela equação:

$$\text{Intumescimento (\%)} = (\text{massa final}/\text{massa inicial})/\text{massa inicial} \times 100.$$

### 3.4 Análises de infravermelho (ATR)

O uso da técnica de espectrometria de infravermelho possibilitou identificar alterações moleculares após a cura das resinas, bem como após contato prolongado com uma série de contaminantes: álcool etílico 70%, desinfetante comercial à base de quaternário de amônio e desinfetante comercial à base de hipoclorito de sódio.

A escolha pela reflectância total atenuada se deve ao fato desta ser uma técnica de contato muito usada para a análise de superfícies de polímeros. Utiliza um

crystal com um índice de refração muito elevado (superior ao da amostra) e baixa absorção na região do infravermelho.

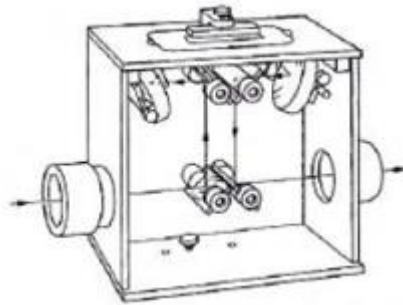


FIGURA 3.9 – Esquema de funcionamento de equipamento de infravermelho com ATR.

### 3.5 Análises térmicas (TGA / DSC)

A técnica de DSC mede a quantidade de energia recebida (endotérmica) ou liberada (exotérmica) pelo material em função da temperatura ou tempo.

O termograma, desta forma, apresenta a temperatura dos eventos térmicos (por exemplo, transição vítrea, cristalização, fusão, oxidação e degradação) que ocorrem ao longo do aquecimento da amostra e da referência, que são mantidas nas mesmas condições.

Para este estudo foi utilizado um calorímetro de varredura diferencial em equipamento modelo Q2000, *TA Instruments*.

Resumidamente, o que se busca deste estudo é aquecer as amostras a uma taxa constante ( $\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) e se determinar qual a temperatura em que ocorre o máximo do pico endotérmico (que equivale ao máximo de cura naquela taxa). Na sequência, uma vez conhecida a temperatura, são feitas varreduras a diferentes taxas de aquecimento (1, 2, 10, 20 e  $50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , p.ex.) e como para cada taxa a temperatura do pico se altera (em função da inércia térmica), é possível utilizando-

se a eq, de Arrhenius (equação 2) calcular a energia de ativação do processo de cura e a partir disso, estabelecer outros parâmetros cinéticos da cura.

$$k = A_0 \cdot \exp \left( - \frac{Ea}{RT} \right) \quad (2)$$

Pela análise termogravimétrica (TGA) foi possível observar o comportamento das amostras, em termos de variação de massa, em função da temperatura. Através deste estudo poderemos entender melhor a composição dos acabamentos e a influência de seus componentes nas aplicações dos produtos.

Para tal, utilizou-se um equipamento Netzsch, modelo F3 Tarsus. Varredura de temperatura de 40°C a 800°C, taxa de aquecimento de 20°C/min, sob purga de nitrogênio a 100 mL/min e amostras com cerca de 5 mg.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação dos resultados foi dividida por tipo de análise, mas também compreende avaliações relacionando duas ou mais análises, e ainda observações de campo e uso dos produtos.

### 4.1 Desgaste mecânico acelerado por abrasão e tensão superficial dos filmes poliméricos

O desgaste acelerado foi realizado através de ciclos de abrasão e o brilho das placas, revestidas sempre com um dos três acabamentos, medido à 60° e em intervalos de 250 ciclos.

À seguir os gráficos de cada análise realizada em duplicata (com o uso da média dos resultados) para cada um dos acabamentos.

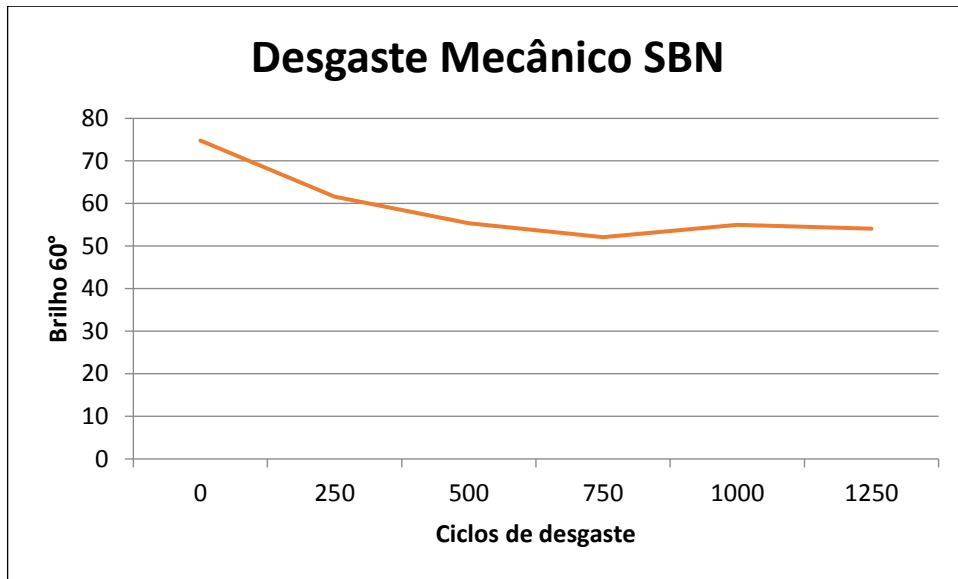


FIGURA 4.1 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SBN. Desvio padrão de 5,3 pontos de brilho.

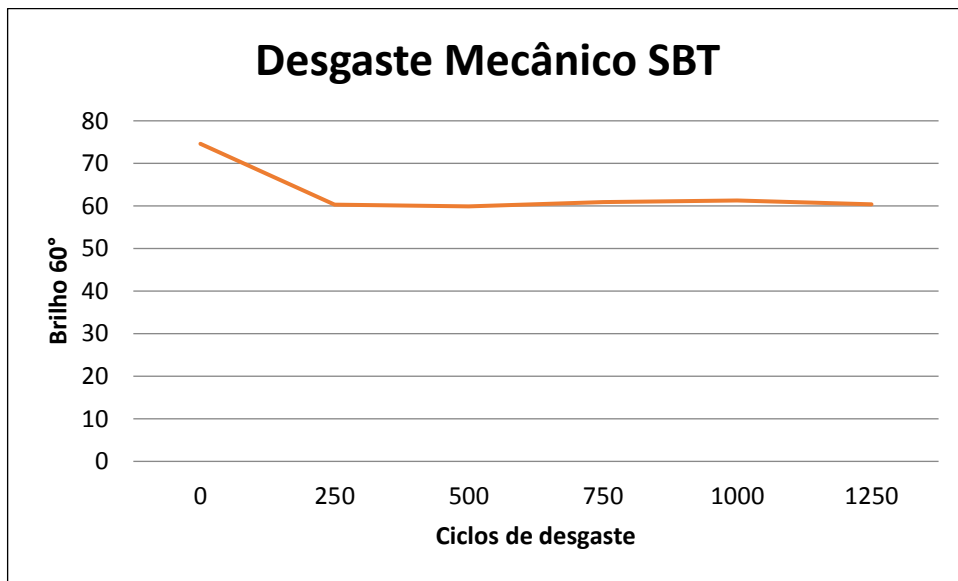


FIGURA 4.2 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SBT. Desvio padrão de 8,9 pontos de brilho.

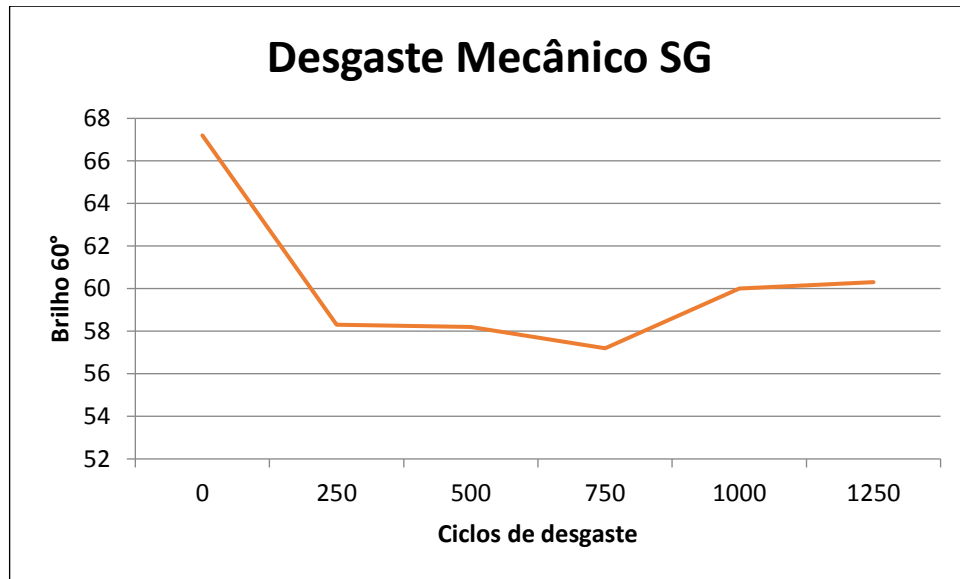


FIGURA 4.3 – Brilho após desgaste acelerado para o acabamento SG. Desvio padrão de 1,6 pontos de brilho.

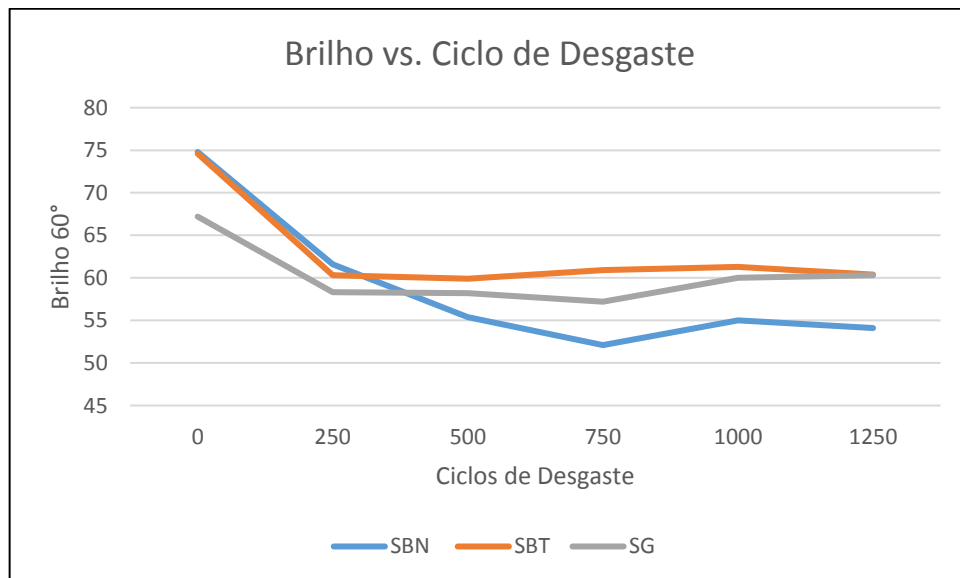


FIGURA 4.4 – Brilho após desgaste acelerado para SBN, SBT e SG.

Analisando os gráficos individualmente, nota-se que o brilho das placas cai conforme é realizado o desgaste, mas por volta dos 750 ciclos o brilho volta a subir levemente, e depois cai novamente lentamente. Esse fenômeno pode estar relacionado ao polimento que ocorre pela própria abrasão, uma vez que os micro picos e vales formados na superfície pela abrasão inicial têm a tendência de serem removidos conforme ocorre a ação mecânica, com redução momentânea da rugosidade.

O gráfico 4.4, por sua vez, mostra claramente o comportamento dos três acabamentos comparativamente, e reflete muito do que de fato acontece nas aplicações em campo. Pode-se dividir a análise do gráfico 4.4 em três variáveis: brilho inicial, resistência ao desgaste e resposta ao polimento. Outro ponto importante da análise é a diferença de brilho entre o  $t_0$  e o  $t_{1250}$ , e esta relação também está descrita abaixo.

Acabamento SBN – Ótimo recobrimento da superfície, o que leva à alto brilho inicial, resistência média ao desgaste e baixa resposta ao polimento.  $t_{1250}/t_0 = 0,72$ .

Acabamento SBT – Ótimo recobrimento da superfície, o que leva à alto brilho inicial, resistência média ao desgaste e alta resposta ao polimento.  $t_{1250}/t_0 = 0,81$ .

Acabamento SG – Médio recobrimento da superfície, o que leva à médio brilho inicial, resistência alta ao desgaste e média-alta resposta ao polimento.  $t_{1250}/t_0 = 0,90$ .

Este tipo de análise permite direcionar melhor o uso comercial de cada um dos acabamentos, permitindo a melhor performance possível em diferentes ambientes e condições. Por exemplo, clientes que exigem maior brilho inicial e têm condições de realizar processo de polimento rotineiramente – como shopping centers – devem escolher o acabamento SBT. Enquanto, clientes que não desejam alto brilho inicial e não podem fazer processos de manutenção como o polimento rotineiramente – como hospitais – devem escolher o produto denominado SG.

As medidas de ângulo de contato mostram que o acabamento SG é aquele com menor afinidade com água, seguido pelo acabamento SBT e SBN. Uma menor tensão superficial do acabamento pode refletir a maior susceptibilidade ao ataque e penetração de água e contaminantes no filme, levando à um desgaste mais rápido.

Quando submetidos ao contato com os contaminantes, notou-se que os acabamentos sofrem um ataque superficial quase que imediato, que acaba por influenciar na medida do ângulo de contato das gotas sobre o filme. Tal efeito pode ser observado pela Figura 4.5.

O contato com o álcool etílico 70%, provavelmente por ser um contaminante em gel e “molhar” menos a superfície, não apresenta este tipo de desvio e mostra a mesma tendência observada no contato com água, mostrando que temos o SG como o acabamento mais resistente ao ataque inicial deste contaminante, o que era esperado. Contudo, ao analisarmos o resultado para o desinfetante quaternário de amônio, notamos que a tendência se inverte, e isto pode estar relacionado à presença de tensoativos (destinados à limpeza das superfícies) neste produto comercial. Tais tensoativos favorecem a molhabilidade, entretanto não se espera que ocorra considerável desgaste químico nos acabamentos. Essa análise será comprovada mais à frente quando da análise de infravermelho dos acabamentos submetidos ao contato prolongado com os contaminantes.

Já a análise de ângulo de contato com o contaminante desinfetante hipoclorito de sódio traz uma distorção ainda maior da medida, já que tende a atacar quase que imediatamente o acabamento SBT, não permitindo a formação de gota.

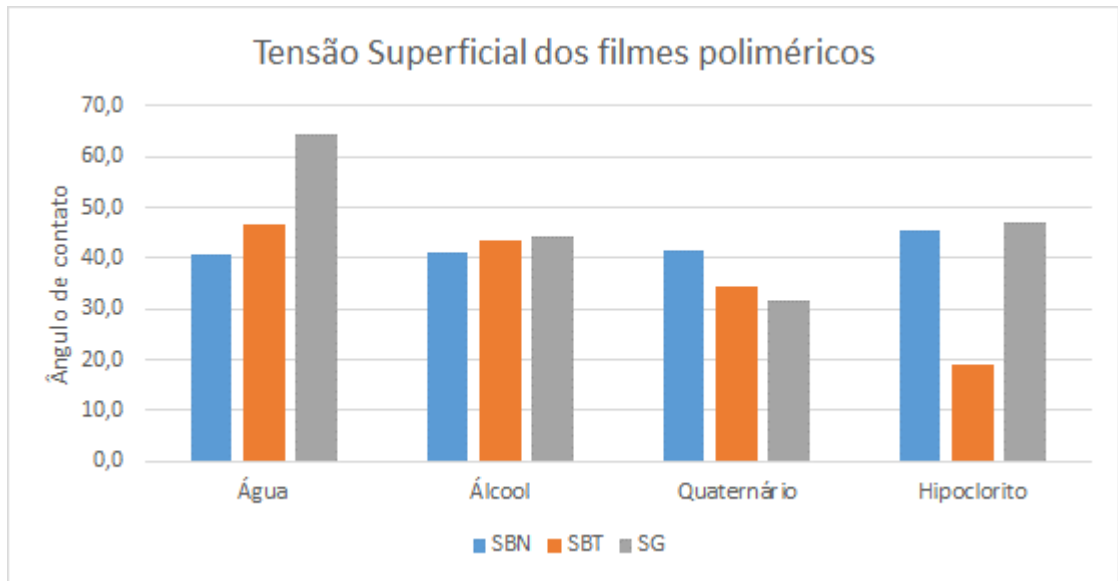


FIGURA 4.5 – Tensão superficial dos filmes poliméricos SBN, SBT e SG em água e contaminantes propostos.

#### 4.2 Resistência a permeação do vapor de água e sorção em água

Neste ensaio utilizou-se os cálculos de WVT para os três acabamentos, sendo que cada um deles foi submetido à 5 diferentes copos de Payne – em triplicata para cada copo – com diferentes massas, áreas de abertura e espessura de filme. A análise normalizou os resultados, e os gráficos 4.6, 4.7 e 4.8 são exemplos destas medições.

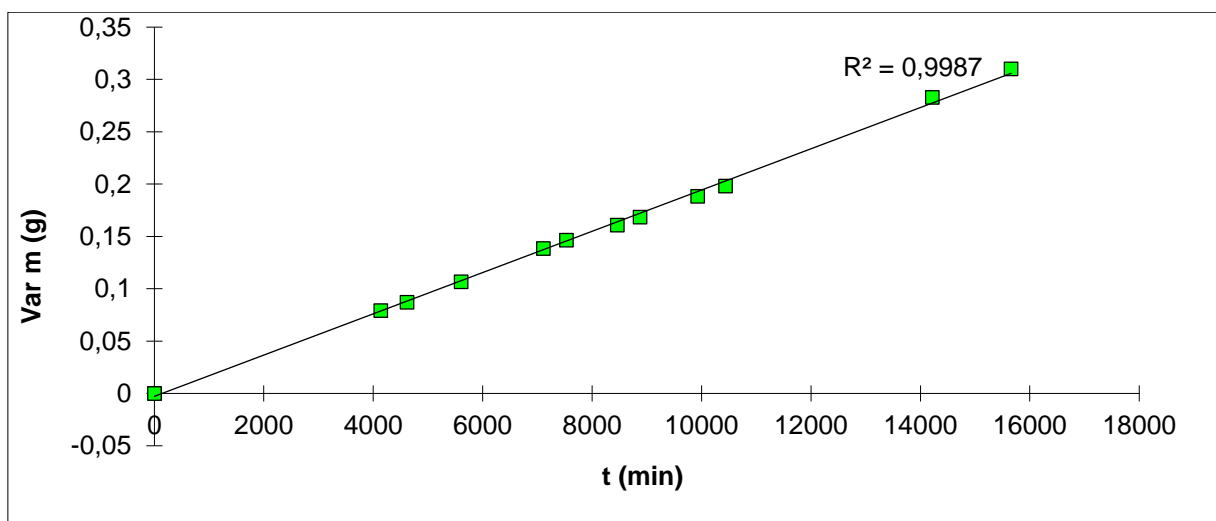


FIGURA 4.6 – Exemplo de WVT do SBN.



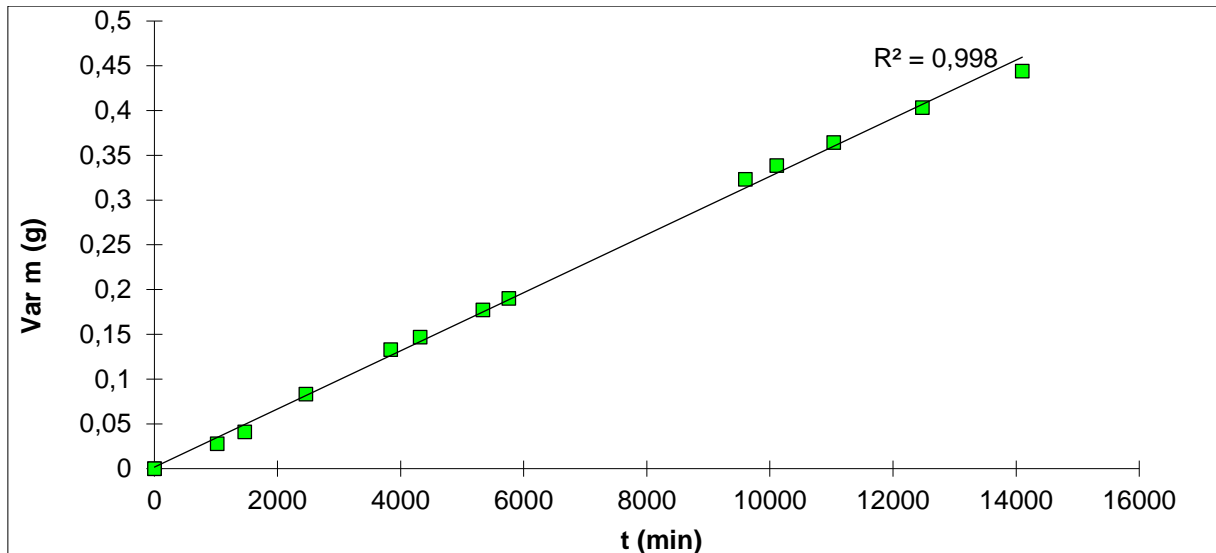


FIGURA 4.7 – Exemplo de WVT do SBT.

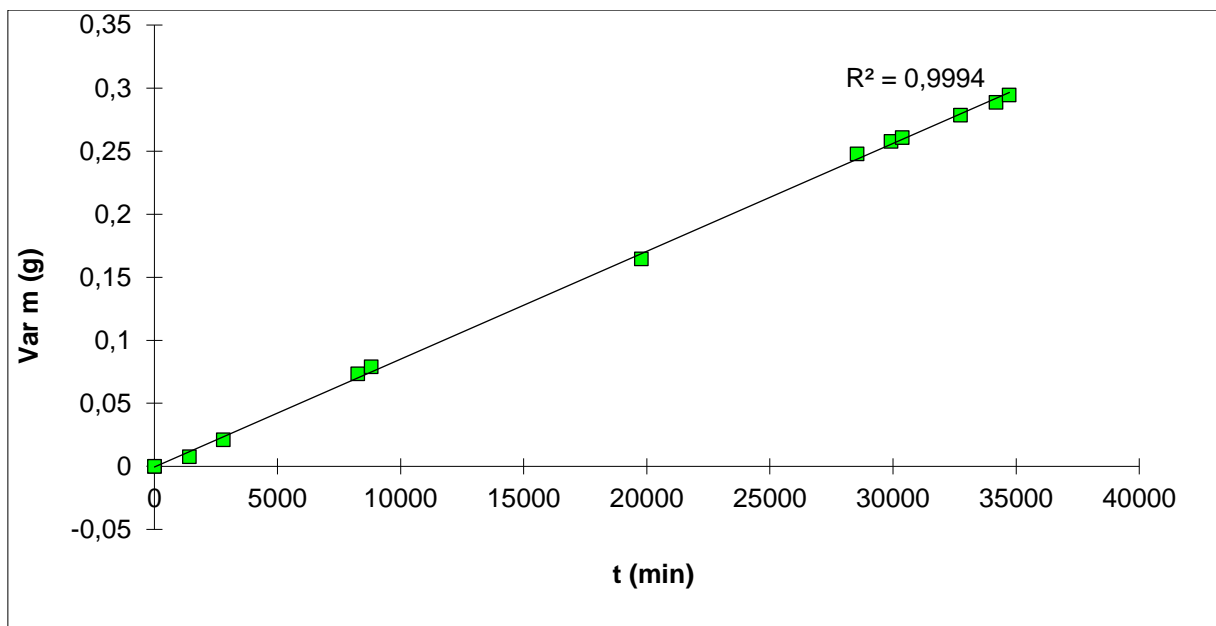


FIGURA 4.8 – Exemplo de WVT do SG.

A consolidação dos resultados de WVT dos acabamentos traz informações coerentes com a realidade da aplicação dos produtos e confirma alguns comportamentos já esperados para cada uma das amostras, conforme discutido abaixo.

A figura 4.8 mostra que a permeação de vapor de água ocorre de fato em maior grau no acabamento com menor empacotamento das cadeias poliméricas – também conhecido no meio comercial como acabamento “mole”, e este é o caso do acabamento SBT.

Por outro lado, os acabamentos conhecidos no mercado como “duros”, sugerem um maior empacotamento das cadeias poliméricas, e desta forma demonstram uma maior resistência a permeação do vapor de água.

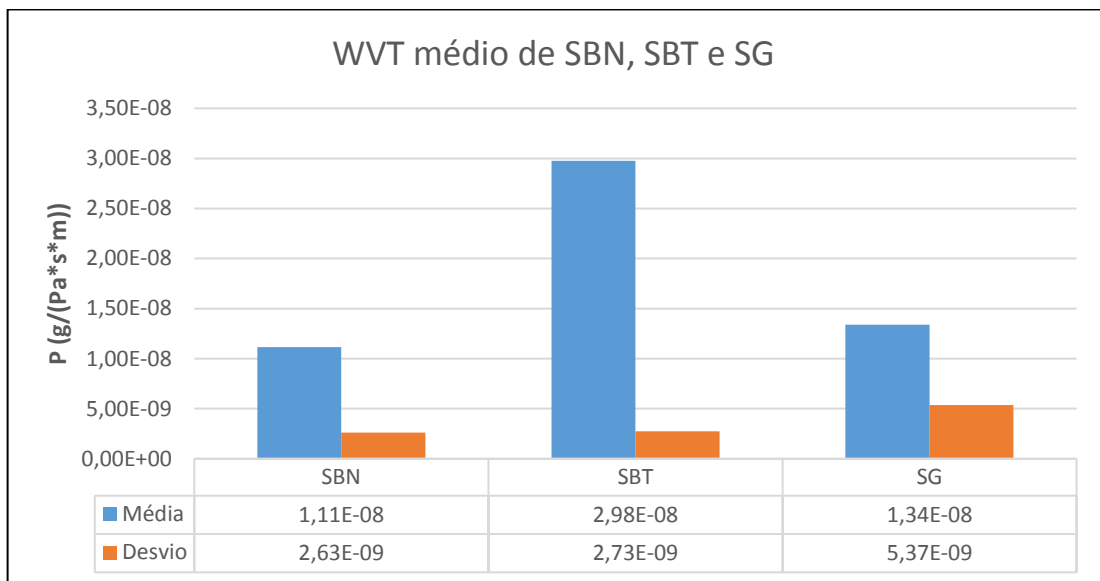


FIGURA 4.9 – WVT médio dos acabamentos SBN, SBT e SG.

O maior empacotamento das cadeias poliméricas sugere que o acabamento terá uma resposta ruim ao processo de polimento, enquanto o menor empacotamento deve favorecer a movimentação das cadeias durante o mesmo processo de polimento, onde ocorre aquecimento e nivelamento do revestimento aplicado sobre o piso.

Os acabamentos SBN e SBT apresentam comportamentos exatamente opostos quando avaliados por esta perspectiva. Já o acabamento SG, reúne características tanto de SBN como de SBT, mas com mais semelhanças com o SBN – conforme figura 4.8.

Acabamento SBN – Alto empacotamento de cadeias, baixa permeação de vapor de água e resposta ruim ao processo de polimento.

Acabamento SBT – Baixo empacotamento de cadeias, alta permeação de vapor de água e resposta ótima ao processo de polimento.

Acabamento SG – Médio empacotamento de cadeias, média permeação de vapor de água e resposta média – boa ao processo de polimento.

Uma análise complementar onde se correlaciona os ensaios de WVT com os ensaios de desgaste mecânico reforça a discussão acima e pode ser vista na Figura 4.9. Esta análise foi possível cruzando o índice de permeação de cada acabamento com sua perda de brilho entre  $t_0$  e  $t_{750}$ . A diferença de brilho foi considerada somente até 750 ciclos de desgaste, pois é à partir deste ponto que começa a ocorrer resposta ao polimento, e o que buscava-se era mostrar a relação entre resistência ao desgaste e permeação, ou seja, a influência do empacotamento das cadeias nestas duas atividades, sem a influência do polimento.

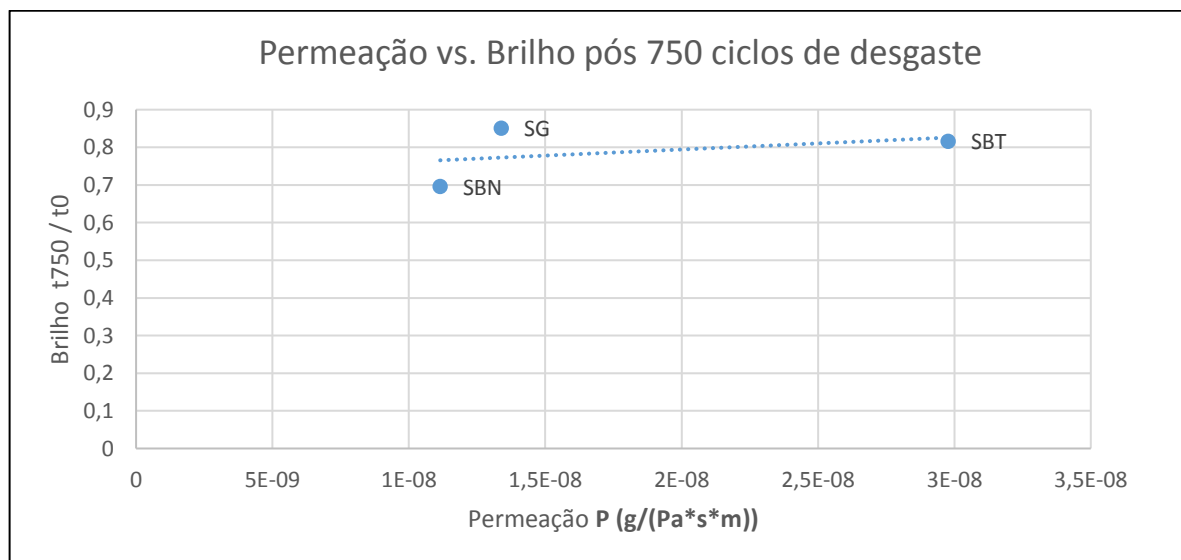


FIGURA 4.10 – Relação entre resistência ao desgaste mecânico e a permeação dos filmes.

A análise conjunta dos fenômenos de abrasão e permeação, permitem verificar comportamentos muitas vezes distintos quando se compara a superfície do acabamento aplicado e seu interior (entre camadas). Isso fica evidente ao notar-se que o Acabamento SBN tem uma baixa permeação ao vapor (o que considera toda a extensão das camadas aplicadas), e baixa resistência à abrasão (o que considera somente a superfície das camadas superiores aplicadas).

O comportamento distinto entre superfície e interior das camadas pode estar relacionado à componente estrutural do produto, mas também à componente processo de aplicação. Isto porque aplicações que ocorrem muito rápido, ou seja, sem respeitar o intervalo de cura de cada camada aplicada, tendem a formar interiores de camadas mais desorganizados e com menor empacotamento. A aplicação de camadas sobrepostas, antes de estarem totalmente curadas, levam ao aumento de viscosidade no interior das camadas, prejudicando a evaporação e consequente cura do acabamento. Tal fenômeno sugere a ocorrência de Convecção de Bérnard-Rayleigh<sup>[12]</sup>.

A análise de sorção em água traz informações sobre a reticulação do polímero e pelo resultado visto na figura 4.11, temos que o acabamento SBN é o menos reticulado e, portanto, incha mais. Seu menor índice de cura favorece a formação de mais espaços entre as cadeias poliméricas, enquanto no acabamento SG aparentemente temos cadeias mais próximas umas das outras, deixando poucos espaços para a sorção da água.

Uma correlação interessante pode ser vista na figura 4.11, onde observa-se que os acabamentos com maior sorção são justamente aqueles com a maior taxa de desgaste mecânico por abrasão, sugerindo que o desgaste mecânico provoca a remoção de cadeias maiores de dentro do bulk, devido principalmente ao fato destes acabamentos serem pouco reticulados.

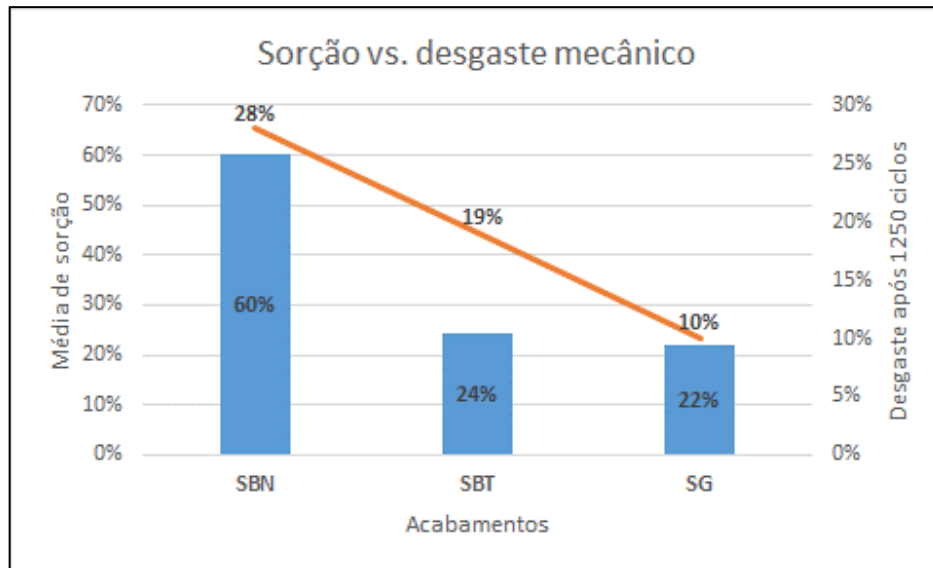


FIGURA 4.11 – Relação entre desgaste mecânico e sorção em água.

Os resultados de sorção ainda sustentam a análise prévia feita de ângulo de contato, onde se pode notar que, quando a tensão superficial é pequena, a penetração de água ocorre mais facilmente a favorece a sorção desta pelas cadeias poliméricas pouco reticuladas, como é o caso do acabamento SBN. A figura 4.12 mostra esta tendência.

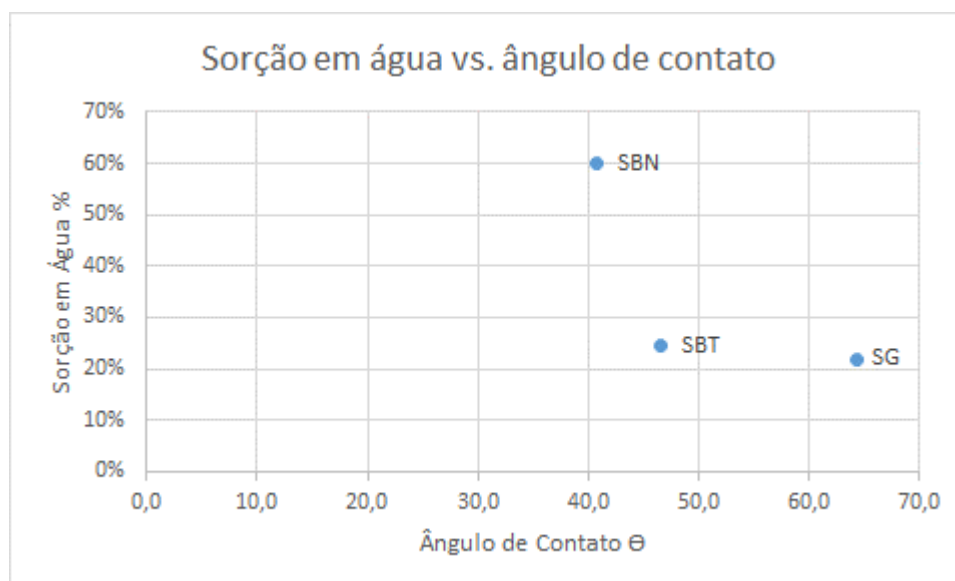


FIGURA 4.12 – Relação entre sorção de água e ângulo de contato.

### **4.3 Análises de infravermelho (ATR)**

Com a técnica de infravermelho buscou-se demonstrar possíveis alterações de estrutura molecular nos três acabamentos em estudo, quando:

- Acabamento é deixado 24 horas para secagem e cura, e;
- Acabamento, já curado, é deixado 24 horas em contato com contaminantes: álcool etílico 70%, desinfetante comercial quaternário de amônio e desinfetante comercial hipoclorito de sódio.

#### **4.3.1 Comportamento estrutural após processo de cura dos acabamentos**

Primeiramente comparou-se os espectros dos três acabamentos antes do processo de secagem e cura. O resultado, na Figura 4.13, mostra que os três possuem características estruturais muito próximas, exceto nas regiões de  $3500 - 3100\text{cm}^{-1}$  e  $1650 - 1500\text{cm}^{-1}$ , onde o acabamento SG apresenta alguma diferença significativa, sugerindo deformações axiais (nas frequências mais altas) e angulares (nas frequências mais baixas) de hidroxilas e ligação hidrogênio intermolecular. A absorção larga de  $3333\text{cm}^{-1}$  origina-se de estruturas associadas (“poliméricas”).<sup>[12]</sup>

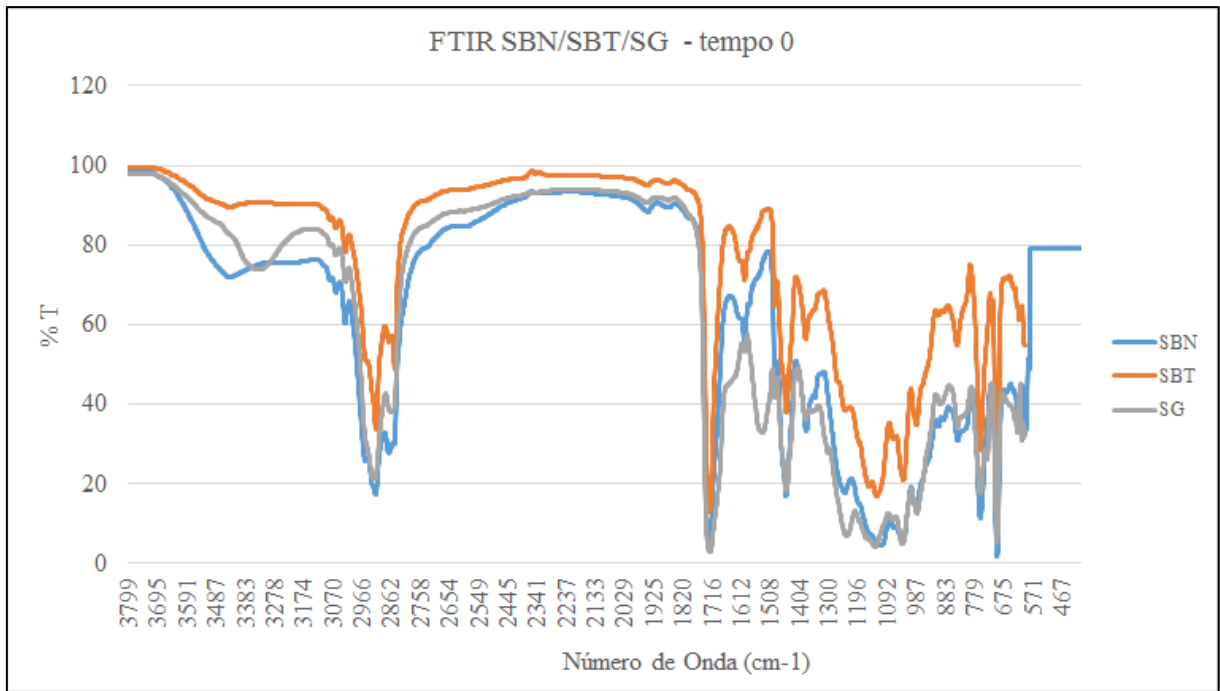


FIGURA 4.13 – Espectro de Infravermelho dos acabamentos SBN, SBT e SG no tempo 0, antes da secagem e cura.

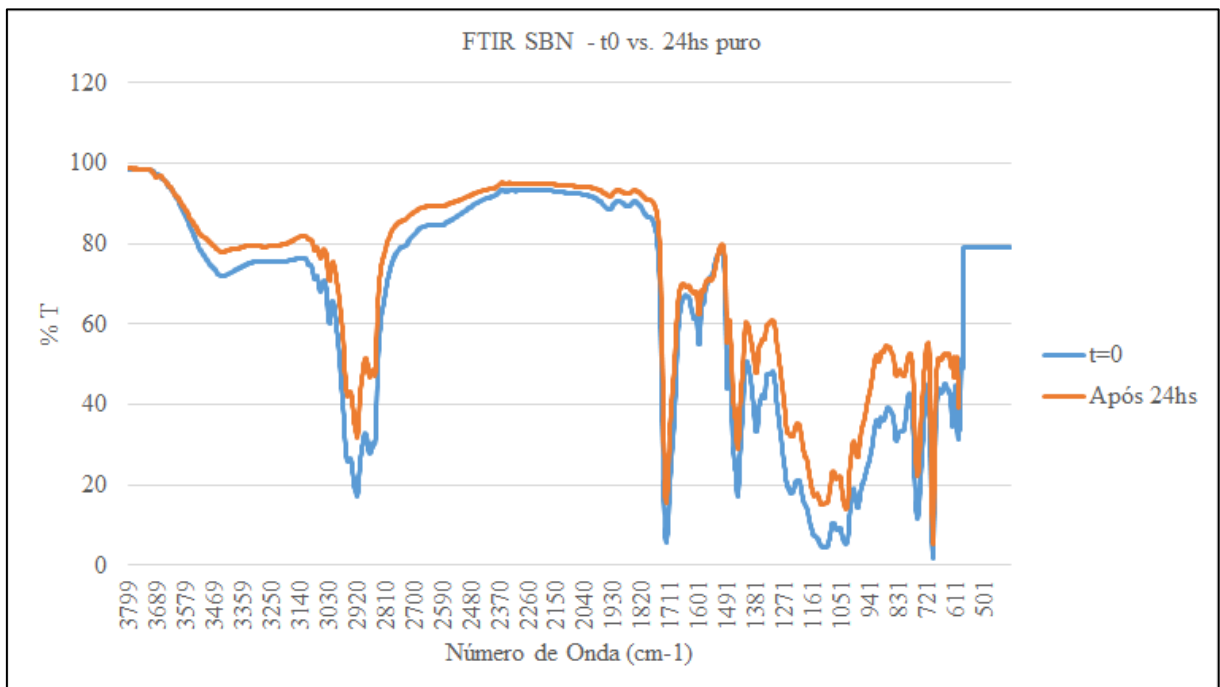


FIGURA 4.14 – Espectro de Infravermelho do acabamento SBN comparando  $t_0$  e  $t_{24h}$ .

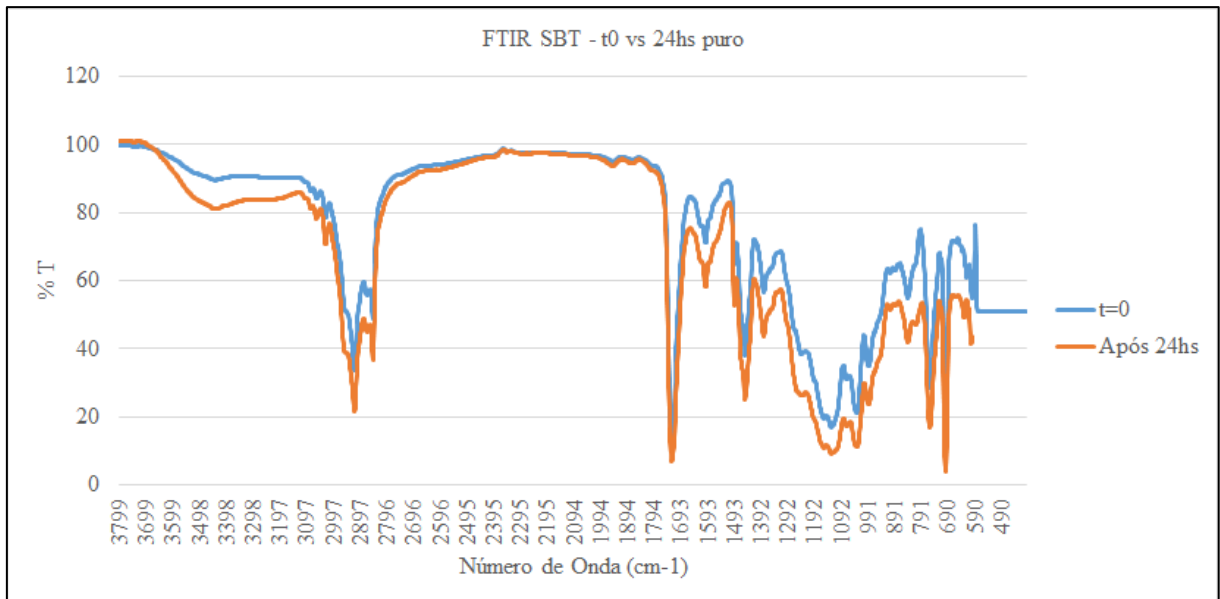


FIGURA 4.15 – Espectro de Infravermelho do acabamento SBT comparando  $t_0$  e  $t_{24h}$ .

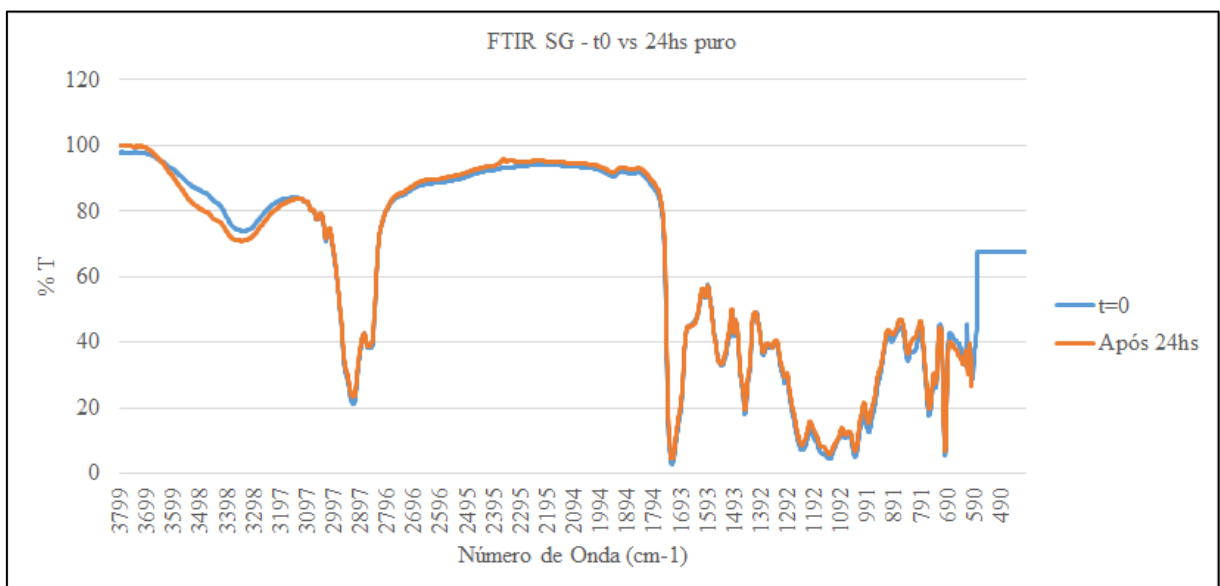


FIGURA 4.16 – Espectro de Infravermelho do acabamento SG comparando  $t_0$  e  $t_{24h}$ .

Analisando-se cada espectro que compara  $t_0$  com  $t_{24h}$  temos a informação sobre alterações estruturais após a secagem e cura (Figuras 4.14, 4.15 e 4.16).



Nota-se que, após o processo de secagem e cura, não ocorre alterações significativas nas estruturas dos acabamentos, o que sugere que este processo envolve somente o empacotamento dos polímeros sem a criação de novas ligações ou interações intermoleculares.

#### 4.3.2 Comportamento estrutural após contato prolongado com contaminantes.

Neste ponto avaliou-se as alterações ocorridas na estrutura molecular dos acabamentos após estes terem sido submetidos à interação por 24 horas com os contaminantes álcool etílico 70%, desinfetante comercial quaternário de amônio e desinfetante comercial hipoclorito de sódio, que são substâncias utilizadas em ambientes onde os acabamentos são aplicados, seja para assepsia das mãos ou higienização de pisos.

Os espectros de infravermelho dos contaminantes isolados encontram-se na Figura 4.17 e 4.18, contudo não foi possível encontrar na literatura o espectro de infravermelho do hipoclorito de sódio.

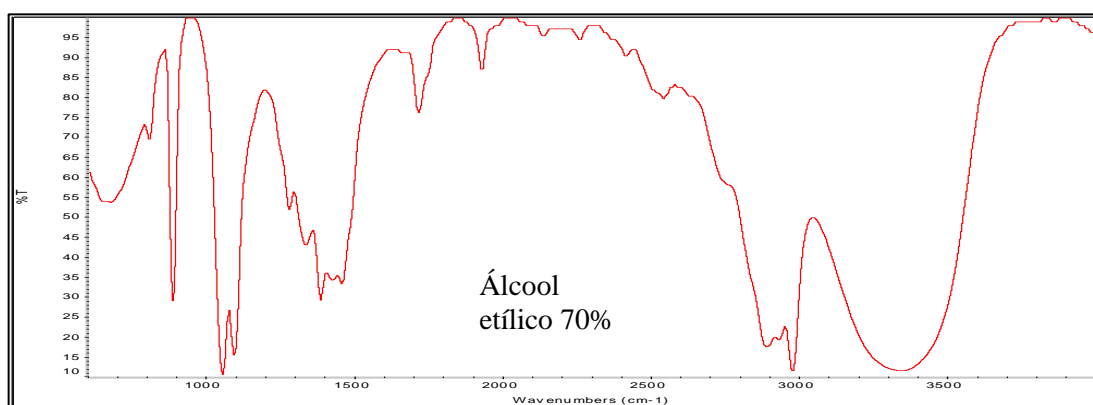


FIGURA 4.17 – Espectro de Infravermelho do contaminante álcool etílico 70%.

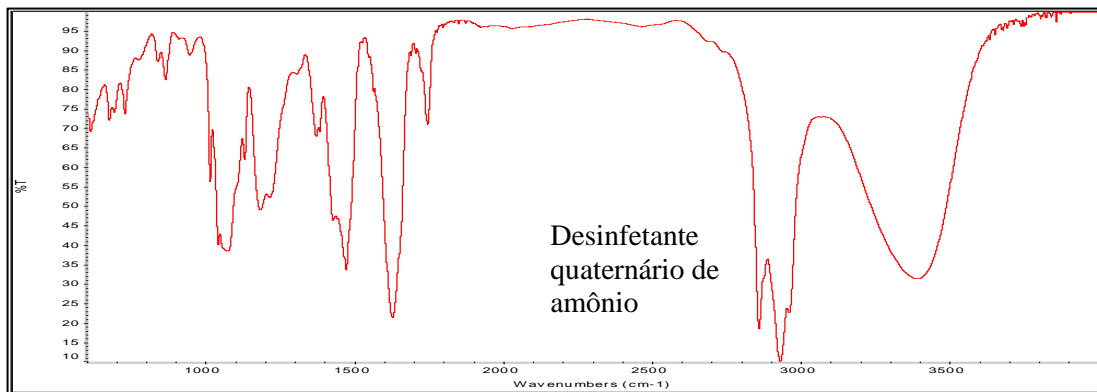


FIGURA 4.18 – Espectro de Infravermelho do contaminante desinfetante comercial quaternário de amônio.

#### 4.3.2.1 Contato prolongado com o contaminante álcool etílico 70%

O álcool etílico 70%, popularmente conhecido como álcool 70% em líquido ou gel, é comumente utilizado para assepsia das mãos e, pelo movimento de se esfregar uma mão na outra, normalmente uma parte do produto acaba respingando sobre o piso. Este produto sabidamente ataca o acabamento acrílico aplicado sobre o piso, tornando-o opaco e frágil.

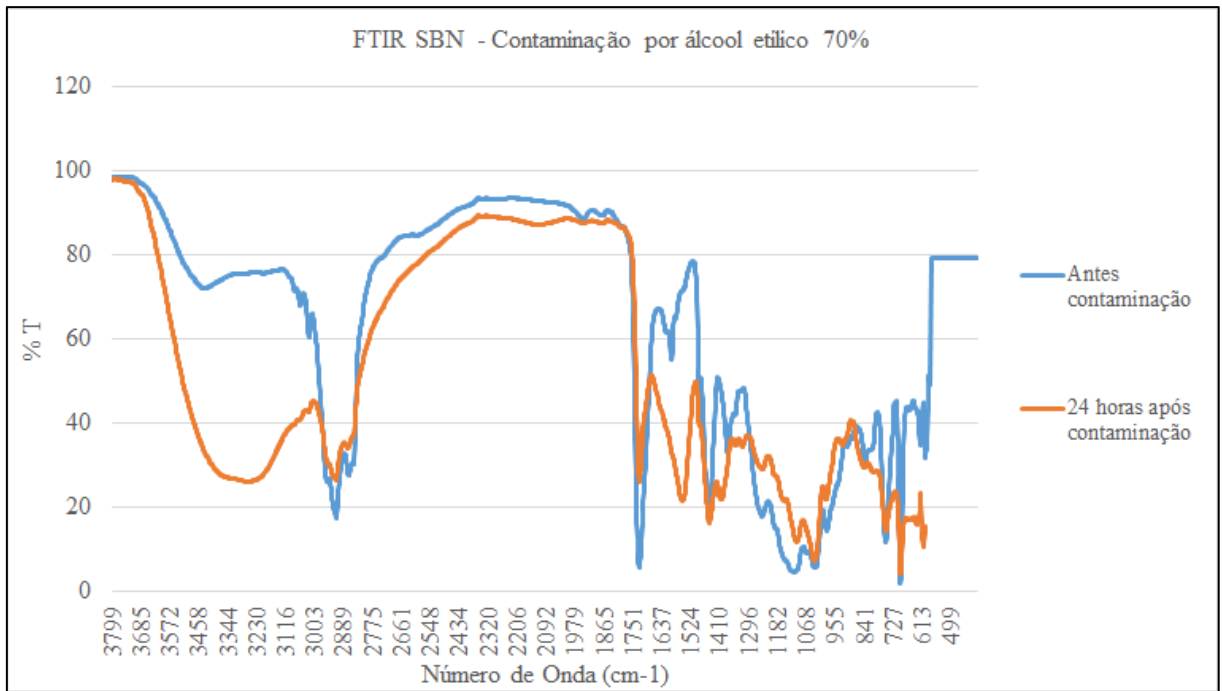


FIGURA 4.19 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por álcool etílico 70%.

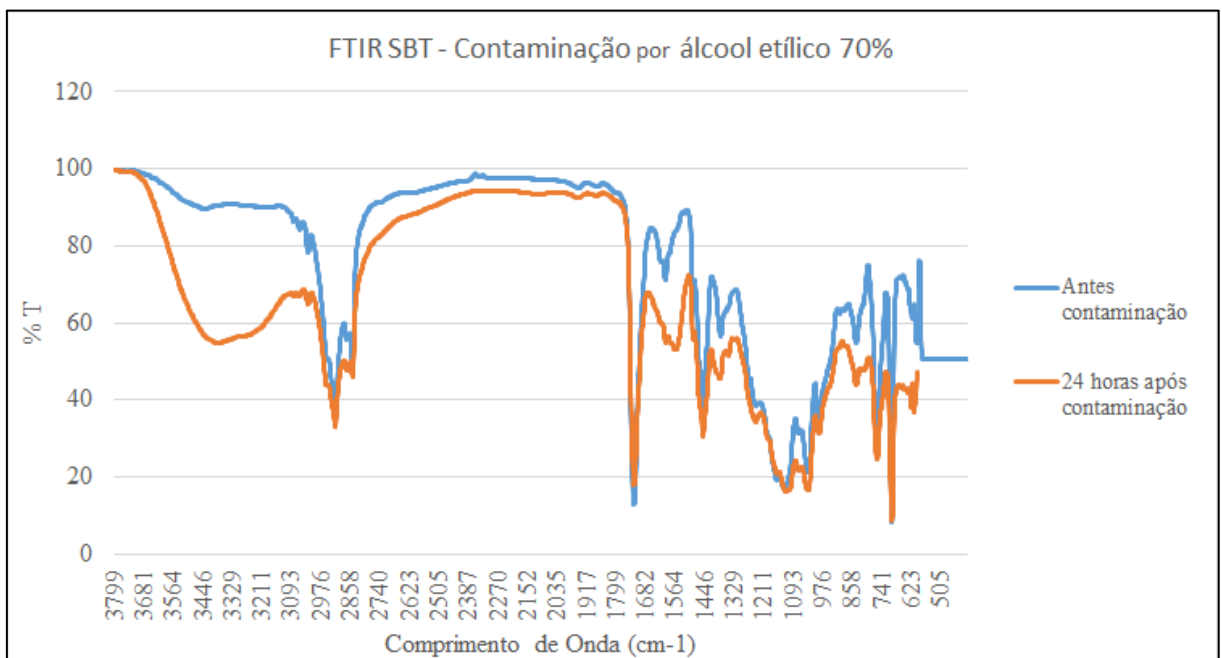


FIGURA 4.20 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por álcool etílico 70%.

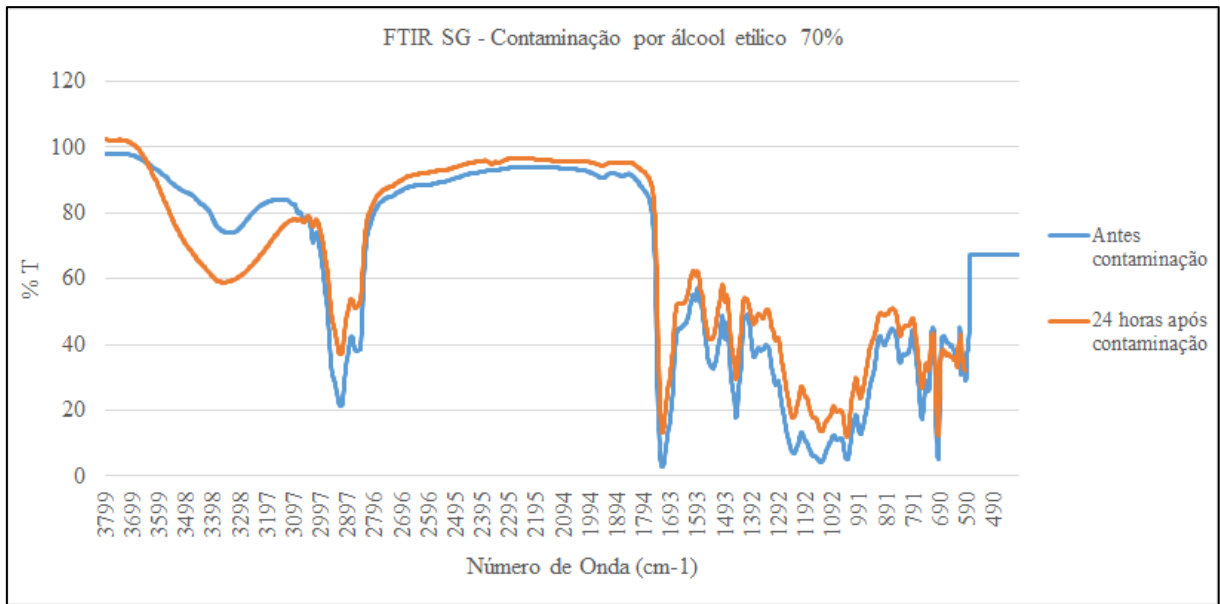


FIGURA 4.21 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por álcool etílico 70%.

#### 4.3.2.2 Contato prolongado com o contaminante desinfetante comercial quaternário de amônio

O princípio ativo mais comumente utilizado como desinfetante, tanto para uso doméstico como profissional, é o quaternário de amônio. Produtos desta natureza normalmente são misturas de quaternários, mas em sua grande maioria contém o cloreto de benzalcônio na composição. Este produto é indicado para desinfecção de pisos tratados com acabamentos acrílicos, por ser pouco agressivo ao filme de tratamento, porém pode causar opacidade quando usado por tempo prolongado.

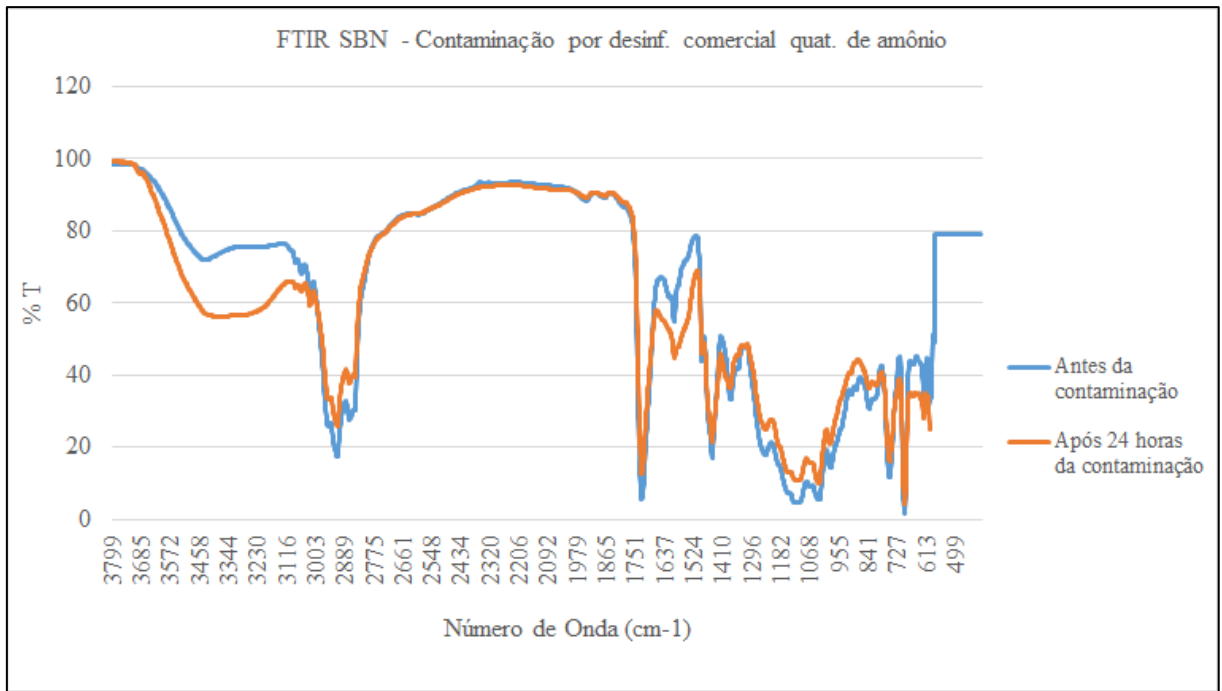


FIGURA 4.22 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio.

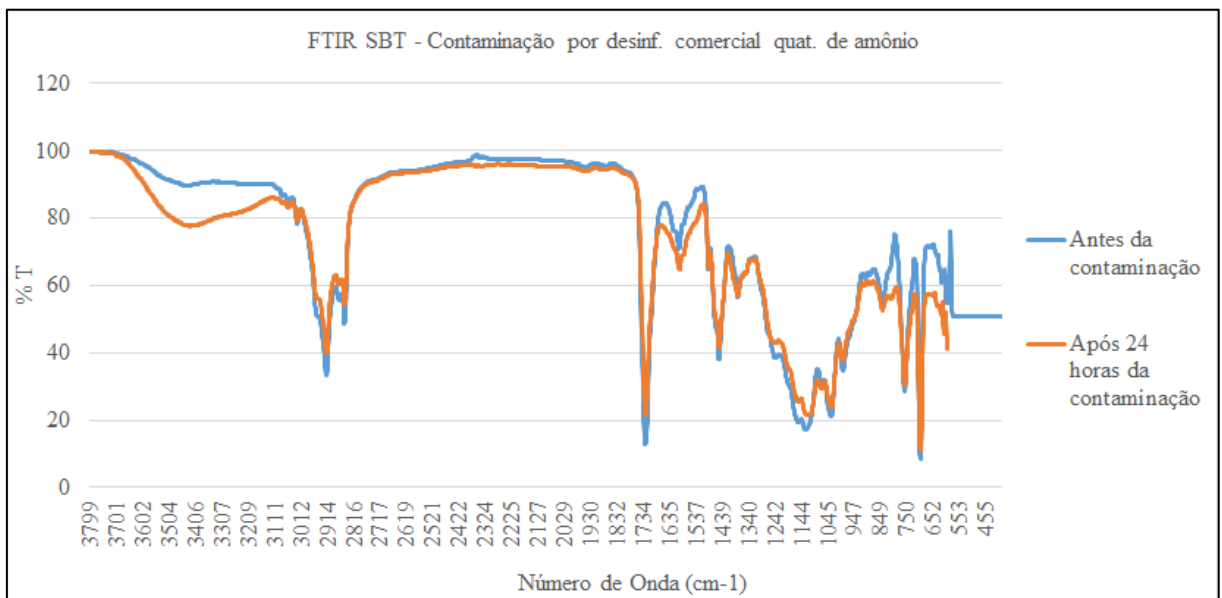


FIGURA 4.23 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio.

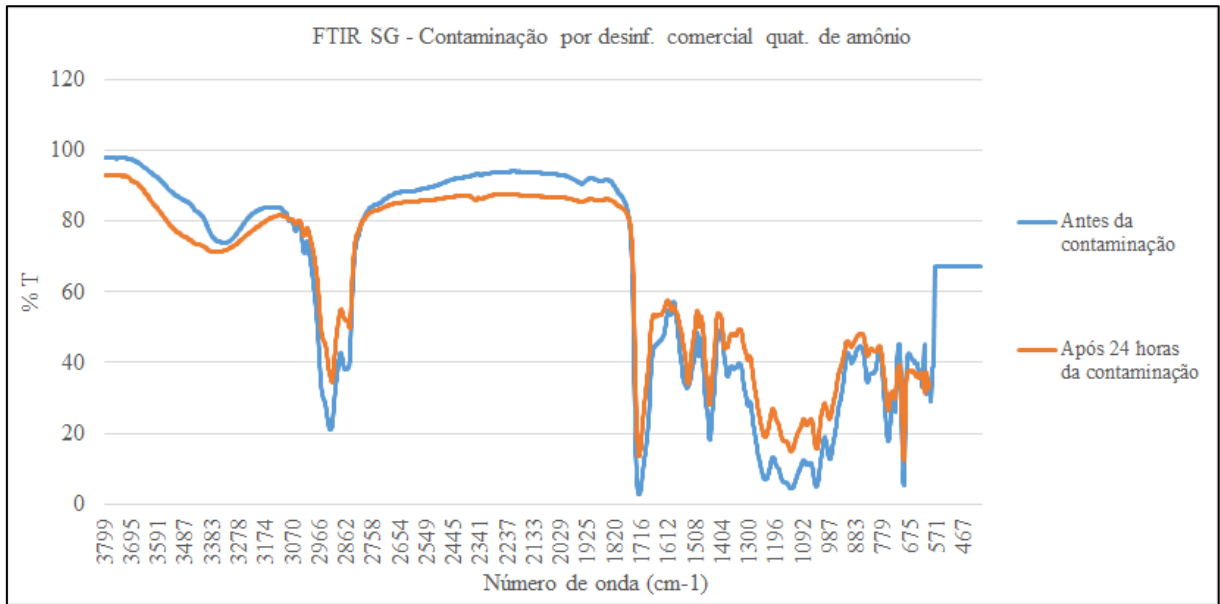


FIGURA 4.24 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por desinfetante comercial quaternário de amônio.

#### 4.3.2.3 Contato prolongado com o contaminante desinfetante comercial hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio é um princípio ativo largamente utilizado, com aplicações que vão desde desinfecção de água até higienização de banheiros em residências e prédios comerciais. Sua concentração varia conforme a aplicação, e neste experimento utilizou-se concentração de 500ppm v/v, pois trata-se do padrão adotado para desinfecção de superfícies nos ambientes de limpeza profissional, com eficácia comprovada contra largo espectro de microorganismos. Apesar de não ser recomendado para uso em pisos tratados com acabamento acrílico, muitas vezes acaba sendo aplicado de maneira generalizada.

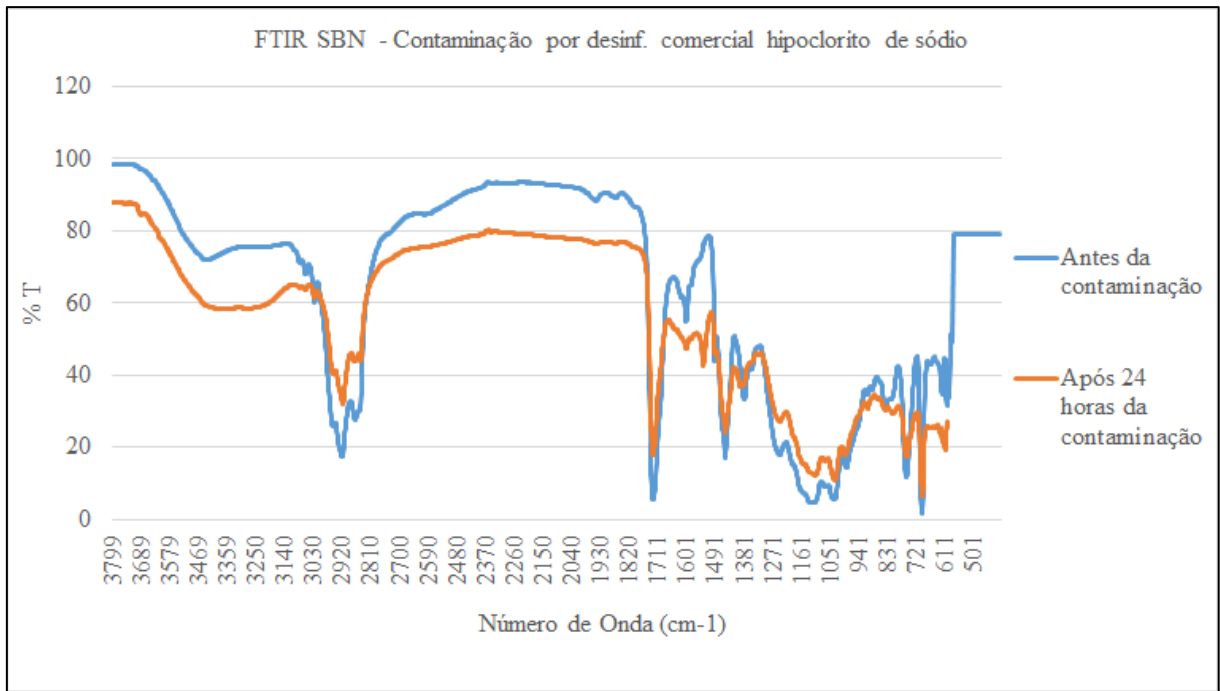


FIGURA 4.25 – Espectro de infravermelho do acabamento SBN antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.

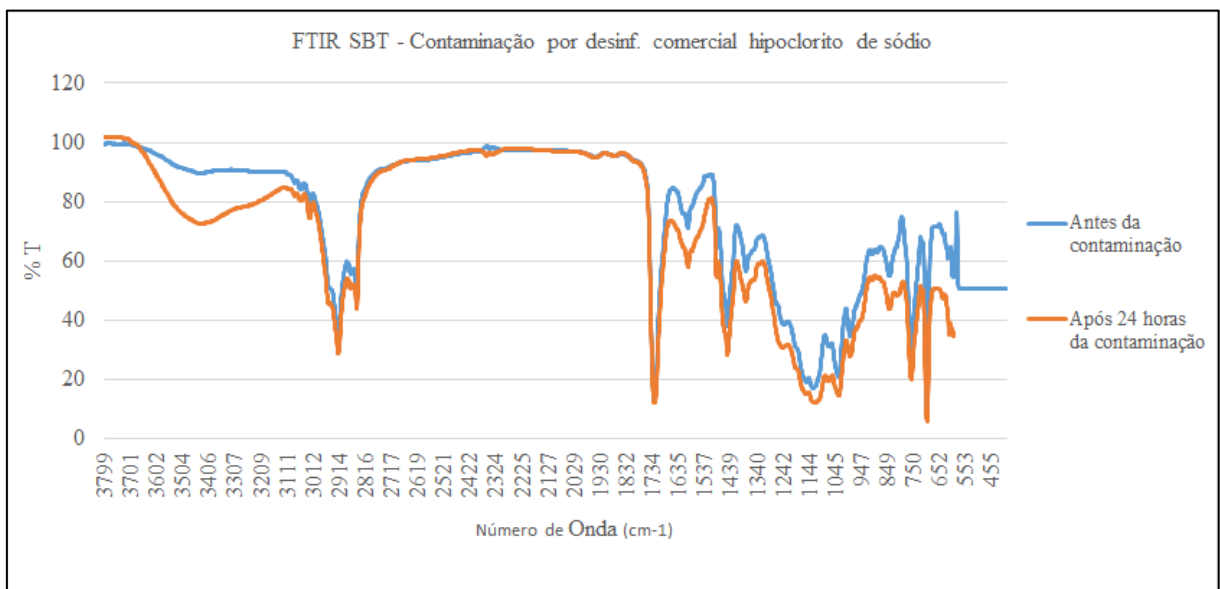


FIGURA 4.26 – Espectro de infravermelho do acabamento SBT antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.

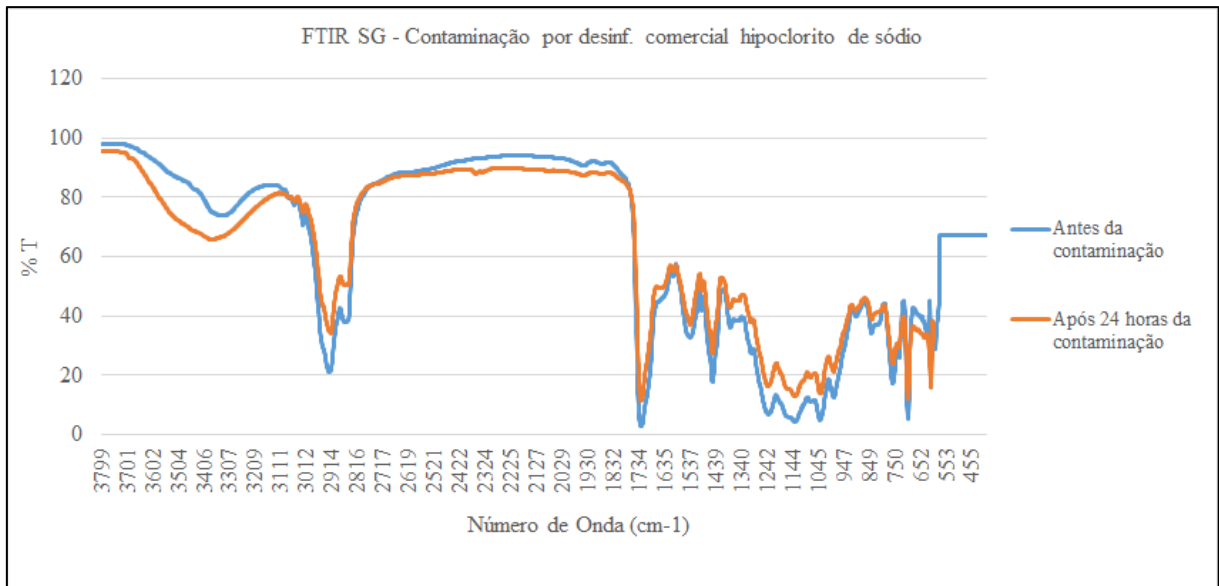


FIGURA 4.27 – Espectro de infravermelho do acabamento SG antes e após contaminação por desinfetante comercial hipoclorito de sódio.

#### 4.4 Análises térmicas (DSC e TGA)

Com estas análises foi possível determinar parâmetros que servem de comparação entre as formulações do ponto de vista de formulação.

Para a mesma taxa de aquecimento ( $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ), notou-se que as temperaturas dos picos máximos são diferentes (Figuras 4.28, 4.29 e 4.30). Existe, porém, uma tendência principalmente quando se compara à energia de ativação.

Temos assim uma evidência de que a composição tem um papel importante na caracterização térmica do material, além de influenciar no próprio processo de aplicação do produto, uma vez que é possível ter variações de temperatura de região para região do país, bem como de estação para estação do ano.

A energia de ativação calculada mostra semelhanças entre as formulações, porém também destaca algumas diferenças, provavelmente pela existência de componentes que interagem de maneira diferente, devido a diferente natureza química destas resinas e/ou diferença na quantidade de água de cada formulação



(SBN possui menos água, pro exemplo), o que é um fato previamente conhecido (Figura 4.31).

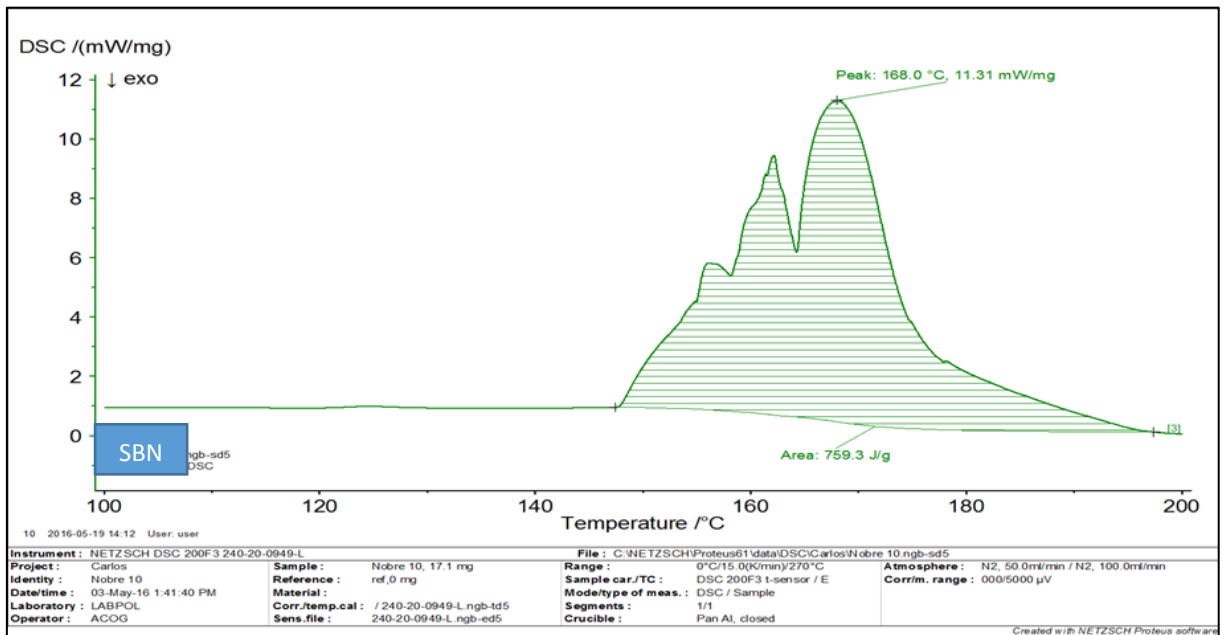


FIGURA 4.28 – Curva de DSC de Acabamento SBN.

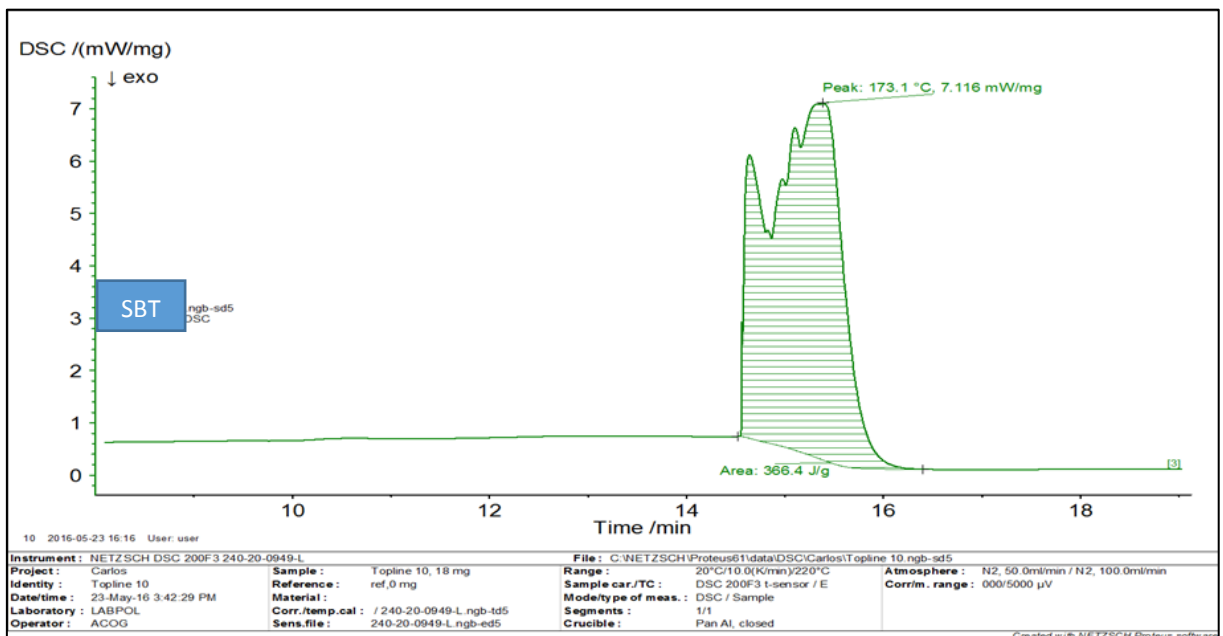


FIGURA 4.29 – Curva de DSC de Acabamento SBT.

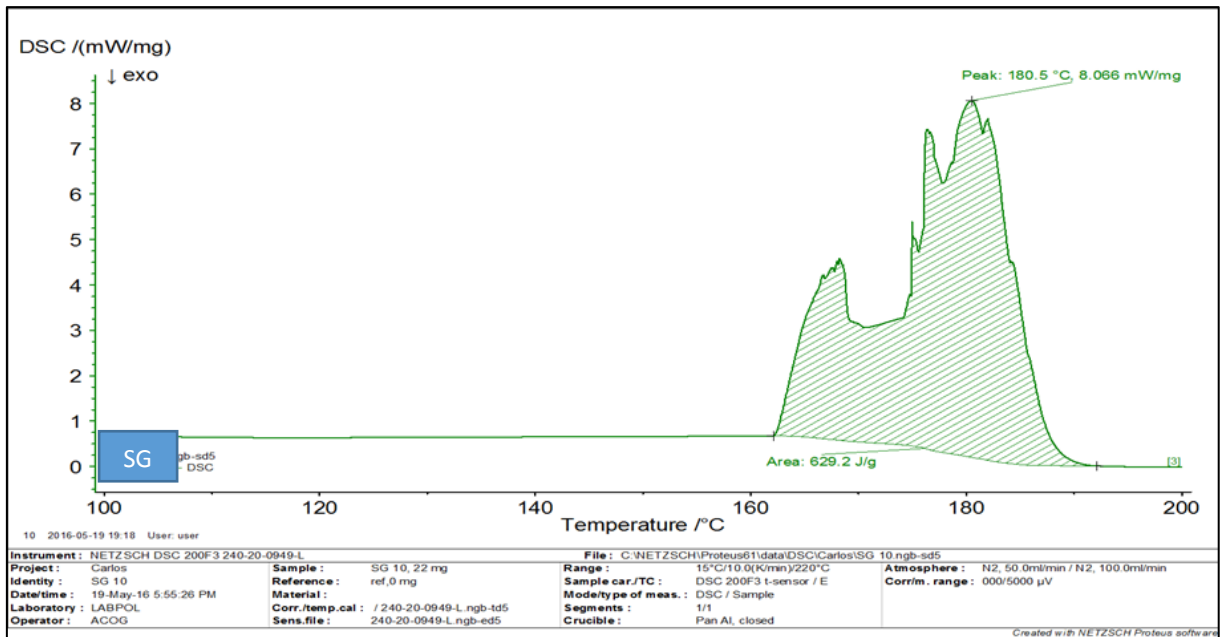


FIGURA 4.30 – Curva de DSC de Acabamento SG.

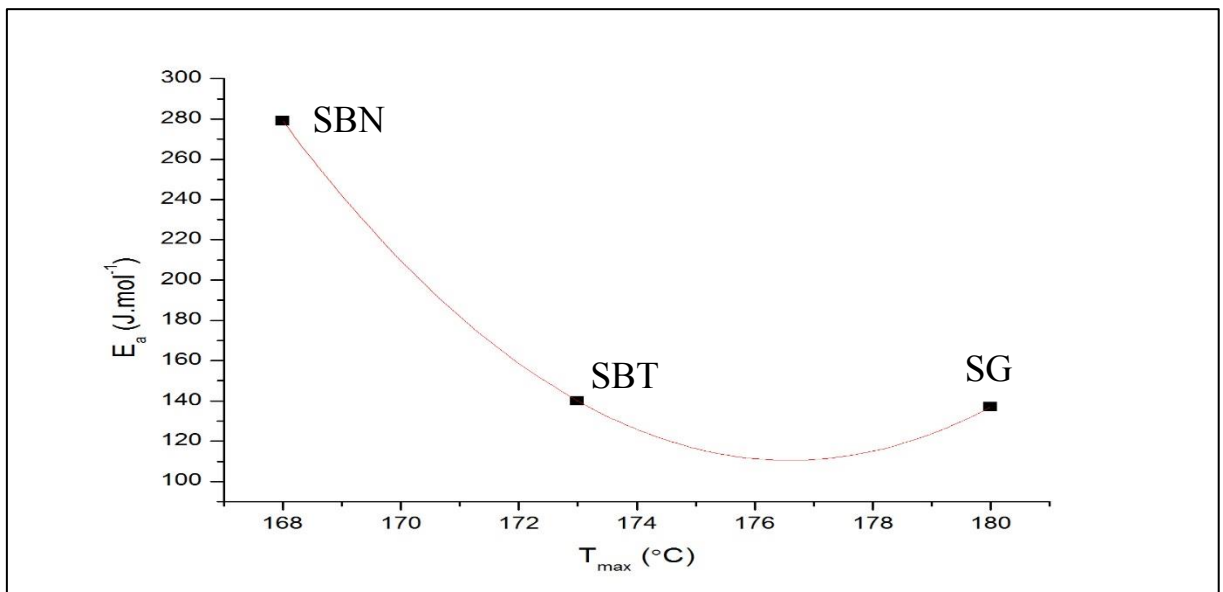


FIGURA 4.31 – Curva de energia de ativação por picos máximos à mesma taxa de aquecimento dos acabamentos SBN, SBT e SG.

Os resultados de TGA complementam as análises térmicas, trazendo informações relevantes do ponto de vista das formulações também. A Figura 4.33,

que traz as derivadas das curvas de TGA, mostra claramente que próximo a 100°C há a eliminação de diferentes solventes, dependendo da amostra, e uma decomposição provavelmente da parcela acrílica do polímero próximo a 400°C. Nota-se também um maior residual, após processo de aquecimento, para o acabamento SG, provavelmente proveniente de Sílica presente na formulação.

Ao final, podemos tirar três aprendizados:

- Os três acabamentos fazem parte realmente de uma mesma classe química, ainda que;
- Tenham formulações bastante diferentes, que incluem componentes específicos, como;
- Compostos inorgânicos, provavelmente Sílica, no caso do Acabamento SG.

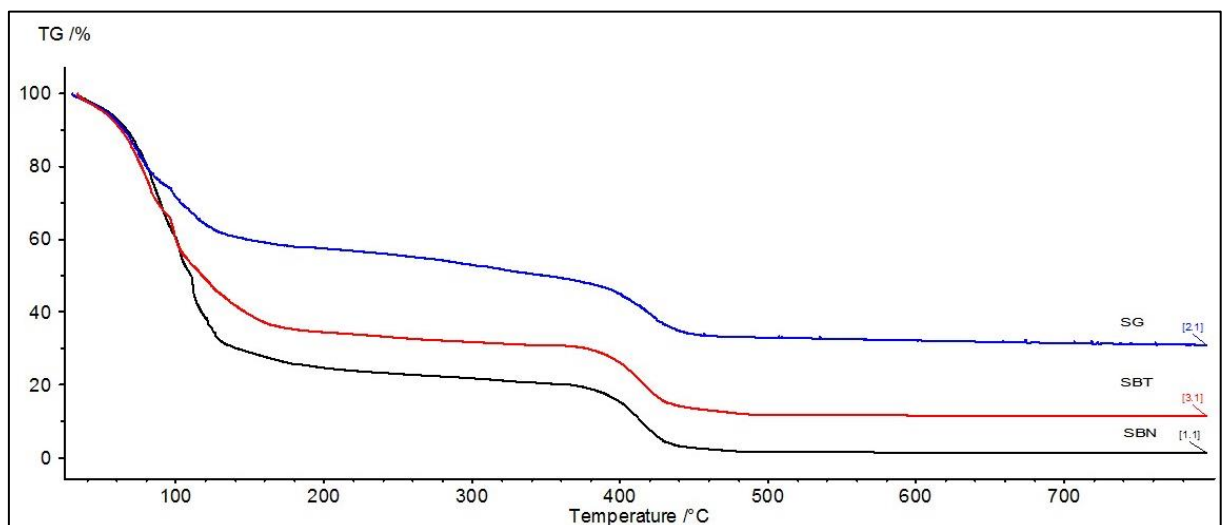


FIGURA 4.32 – Curvas das análises termogravimétrica para SBN, SBT e SG.

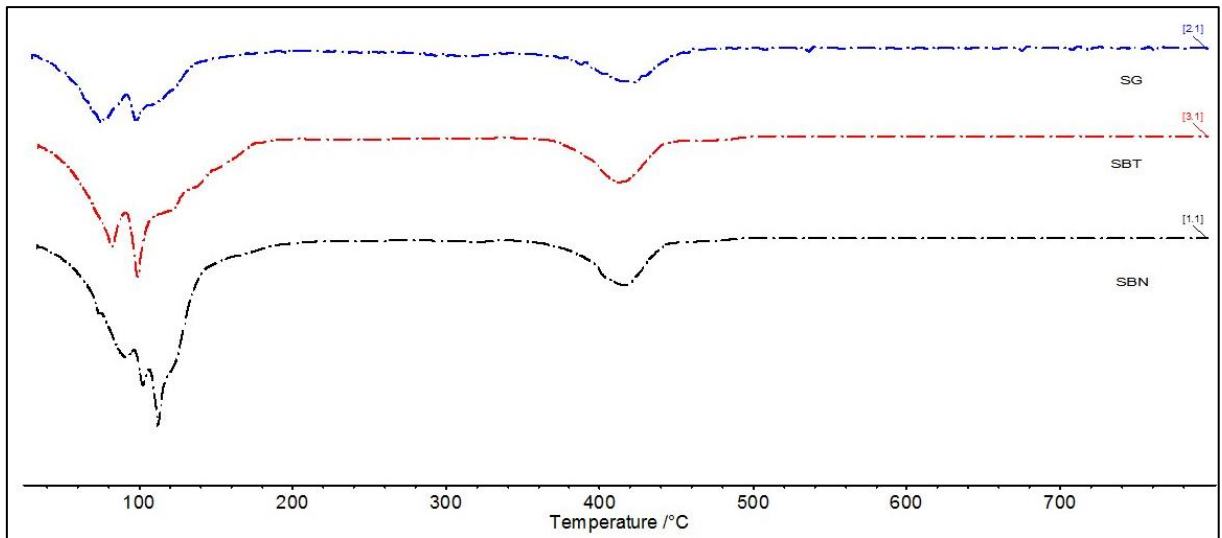


FIGURA 4.33 – Derivadas das curvas de TGA.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu agregar análises científicas ao entendimento do comportamento de algumas das formulações de acabamentos acrílicos do *portfolio* 3M. Com o uso das técnicas propostas foi possível tanto confirmar algumas características observadas empiricamente como entender novos aspectos das formulações e seus desempenhos em aplicações.

As características físico-químicas da superfície do filme de acabamento aplicado são diferentes da região interna das camadas. A resistência mecânica na superfície não está diretamente ligada a compactação das cadeias no interior do filme de acabamento, pois a cura ocorre de maneira diferente nestes dois pontos. Porém, a reticulação das cadeias poliméricas dentro do bulk interfere no nível de desgaste mecânico superficial, uma vez que altas taxas de reticulação tendem a reduzir o tamanho das cadeias removidas durante o processo de abrasão.

Acabamentos indicados para locais onde se realiza processos de polimento, como o SBT, possuem uma menor compactação das cadeias e consequente maior mobilidade (também proveniente de outras características da composição do acabamento), levando à reorganização das camadas durante o processo de polimento, o que leva a um maior brilho.

Acabamentos não indicados para polimento, apresentam maior rigidez da superfície à região interna das camadas, como o SBN, apesar da baixa reticulação.

Os espectros de infravermelho demonstram que o processo de cura dos acabamentos envolve somente a compactação das cadeias poliméricas e não a criação de novas ligações. A menor diferença de intensidade de bandas na região de  $3300 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  quando comparados os espectros antes e depois da cura, encontrado para o acabamento SG, comprova sua secagem mais rápida, observada durante a aplicação.

Foi possível comprovar que o acabamento SG é o que sofre menor agressão por parte do contaminante álcool etílico 70%, e por isso é o mais indicado para

uso em hospitais, onde a presença deste contaminante é rotineira. Esta resistência pode estar diretamente ligada a presença de mais hidroxilas (bandas intensas em  $3300\text{cm}^{-1}$  antes da contaminação) que podem solvatar o álcool etílico, e proteger o acabamento do ataque – evidenciada pela banda nesta região de  $3300\text{cm}^{-1}$  menos pronunciada em comparação com os outros acabamentos atacados por este contaminante.

Com esta análise comprovou-se que realmente o desinfetante comercial quaternário de amônio é o mais indicado para uso em pisos tratados com acabamentos acrílicos, pois foi aquele que provocou menor alteração na estrutura molecular dos acabamentos.

As análises de DSC/TGA mostram que a resistência térmica dos três acabamentos é diferente, e isso pode influenciar diretamente no processo de aplicação e seu desempenho de acordo com a variação de temperatura ambiente.

As energias de ativação baixas e próximas para os acabamentos SBT e SG comprovam que estes acabamentos são os que respondem melhor ao processo de polimento em alta rotação. Tal processo gera atrito e conseqüentemente calor, que leva as cadeias poliméricas a se acomodarem novamente e, desta forma, aumentar o brilho da superfície.

A presença de compostos inorgânicos, provavelmente sílica, no acabamento SG, evidenciado pela análise termogravimétrica, pode explicar a maior resistência ao amarelamento apresentada por este acabamento. Destaca-se também a diferença de quantidade de solventes orgânicos presentes nas formulações. Tais solventes são evaporados durante a aplicação dos acabamentos e por muitas vezes são motivo de reclamação dos envolvidos no processo: o acabamento SG mostra-se, mais uma vez, mais amigável neste quesito.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leray, C. Waxes. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 26, 5<sup>a</sup> ed., Wiley, Hoboken, NJ, 2007, p. 203-226.
2. GM Ceras Comércio de Ceras e Derivados Ltda, História das Ceras, Cera de Carnaúba, Disponível em: < <http://www.gmceras.com.br/cera-de-carnauba.html> >
3. Odian, G. Principles of Polymerization, 4<sup>a</sup> ed. College of Staten Island, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., 2004, p. 307.
4. ROGERS, J.R.; RANDALL, F.J., Zinc-containing floor polishes, American Chemical Society, Polymer Preprints, Division of Polymer Chemistry 1988, p. 432.
5. Sperling, L. H. Introduction to Physical Polymer Science, 4<sup>a</sup> ed., Lehigh University, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
6. GRAY, R.; OWENS, J.; KILLAM, H. Metal Free Emulsion Polymers for High Performance Aqueous Coatings. U.S. Patent 5,574,090, 1996.
7. TYSAK, T. Polish Maintenance for Fun and “Profit”, Technology of Floor Maintenance and Current Trends, ASTM STP 1448, W.J. Schalitz, Ed. ASTM International West Conshocken PA, 2003.
8. MATSUMOTO, E. K. Físico-química de Filmes Livres de Resina Alquídic. São Carlos-SP, Programa de Pós-Graduação em Química - UFSCar, 1988. Dissertação de Mestrado, 20 p.
9. COSTA, A. P. O. Estudo do Comportamento Cinético Mecânico-Dinâmico de Resinas Epóxi a Base de Óleo de Soja Epoxidado, Porto Alegre-RS, Programa de Pós-Graduação em Química - UFRGS, 2001. Dissertação de Mestrado, 107 p.
10. GEORGE, S.; THOMAS, S. Transport phenomena through polymeric systems, Progress in Polymer Science, Elsevier, 26 (2001) 985 – 1017.

11. SILVA, C. M. P. Preparo e Caracterização de Propriedades de Hidrogéis Nanocompósitos Baseados em Poli (Álcool Vinílico), Rio de Janeiro – RJ, Programa de Pós-Graduação em Química - UFRJ Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros, 34p.
12. GETLING, A. V. Rayleigh-Béarnard Convection: Structures and Dynamics, Advanced Series in Nonlinear Dynamics, Volume 11, World Scientific Publishing Co. Pte Ltd., 1998.
13. SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos, 6<sup>a</sup> Ed. LTC Editora, 2000, p 67 – 135.