

RECICLAGEM DE NÃOTECIDOS DE POLIPROPILENO PROVENIENTES DE HOSPITAIS DA REGIÃO DE JOINVILLE/SC

Graziele Salette Batistella ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária, UNIVILLE; Tecnóloga de Segurança do Trabalho e em Processos Gerenciais, UNIASSELVI; Técnica em Segurança do Trabalho, Escola Técnica TUPY.

Ana Paula Testa Pezzin ⁽²⁾

Licenciada em Química, Mestre em Engenharia Química e Doutora em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Pós-Doutorado na Université Pierre et Marie Curie, em Paris/França. Professora dos Departamentos de Engenharia Química, Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo e Mestrado em Engenharia de Processos, UNIVILLE.

Ana Paula Kurek ⁽³⁾

Química Industrial e Mestre em Engenharia de Processos, UNIVILLE; Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e pós-doutorado no Mestrado em Engenharia de Processos, UNIVILLE.

Endereço⁽¹⁾: R. Paulo Malschitzki, 10, Zona Industrial Norte, CEP 89219-710, Joinville/SC, Brasil; Tel: (47) 3461-9000; e-mail: anapkurek@gmail

RESUMO

O uso de materiais poliméricos faz parte da economia mundial, bem como o impacto que eles causam quando são descartados no meio ambiente. Os nãotecidos de polipropileno (PP), também conhecidos como mantas SMS (*spunbonded-meltblown-spunboded*) são usados como embalagem de instrumentais cirúrgicos para esterilização, nas áreas de saúde humana e animal. Após o uso, estes materiais são descartados em aterro sanitário. Neste trabalho, foi avaliada a reciclagem do nãotecido SMS pelos processos de fusão/moagem/injeção e aglutinação/extrusão/injeção. Dos resultados, verificou-se que foi possível o reaproveitamento deste material pelos processos empregados, recuperando seu valor econômico e contribuindo com a redução do volume de resíduos dispostos em aterros, bem como ao desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Polipropileno, reciclar, SMS.

INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2017, o Brasil gerou 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que a disposição final destes resíduos enviados para os aterros sanitários foi de 59,1%. O mesmo levantamento aponta que cada pessoa gerou cerca de 378 kg de resíduo por ano.

Pinto *et al.* (2017), relataram a importância de modelo econômico linear de extração, transformação e descarte, de todos os tipos de materiais, de forma eficiente, recolocando-os para produção de novos produtos, sem perder a qualidade. Estudo equivalente foi apresentado por Foster *et al.* (2016), que propõe a economia circular, reinserindo os resíduos no ciclo produtivo, visando minimizar a deposição no ambiente e consequentemente evitando a geração de impactos ambientais negativos. Dentre os resíduos gerados que podem ser inseridos na economia circular, estão os materiais plásticos. De acordo com Neto (2019), os tipos de polímeros mais consumidos para fabricação de plásticos descartáveis são o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poli (cloreto de vinila) (PVC) e o poli (tereftalato de etileno) (PET). Devido à grande produção e aplicação dos materiais plásticos, estima-se que apenas 25% destes materiais são reciclados, o restante desse volume é enviado para aterro sanitário ou ainda descartado de forma direta no meio ambiente, inclusive em corpos d'água e oceano (BRUCK, 2018).

Conforme Souza (2015), o PP é produzido a partir do gás propileno, um subproduto do refino do petróleo. A resina é semi-translúcida e leitosa e pode ser processada por diversos processos, como: injeção, moldagem,

sopro ou extrusão. Tanto as resinas destinadas a moldagens quanto as destinadas para extrusão podem ser pigmentadas e aditivadas por qualquer processo convencional (SMITH e HASHEMI, 2012). As principais características deste polímero estão relacionadas à sua leveza, baixa absorção de água e boa resistência química, exceto na presença de alguns solventes clorados, gasolina e xileno que podem afetar sua estrutura (HARPER, 2000).

De acordo com Benvegnú (2016), as principais aplicações do PP são mantas (não tecidos), embalagens, rótulos, fibras para tecidos, peças automotivas, utensílios domésticos, móveis, copos e objetos diversos. Dentre esses, os não tecidos de PP, conhecidos comercialmente como SMS (*spunbonded – meltblown – spunboded*), são usados principalmente nos estabelecimentos de saúde, como: hospitais, clínicas (de atendimento humano e/ou animal, de saúde bucal) e em salões de beleza, como embalagens para garantir a esterilidade dos instrumentais cirúrgicos, alicates de unha, entre outros (MARCONDES e MONTANARI, 2020).

Os não tecidos SMS após usados, são descartados como resíduo comum e encaminhados para o aterro sanitário. Por serem produzidos de PP, estes materiais podem ser reciclados, sendo que este polímero tem a possibilidade de ser reprocessado por mais de dez vezes sem perder as propriedades mecânicas com significância, formando novos produtos (DE PAOLI e SPINACÉ).

O descarte e a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos sólidos são constantemente debatidos em todas as nações do mundo, especialmente aqueles em que a matéria-prima é finita, como os polímeros. Leitão (2015), descreve que esta problemática vem sendo tratada desde a Conferência Rio-92, com abordagens à limitação de uso de recursos e novas formas de descartar os resíduos.

Devido ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de reciclagem do não tecido SMS proveniente dos hospitais da região de Joinville/SC, pelo processamento em escala industrial formando novos produtos.

METODOLOGIA

Para realizar o processo de reciclagem do não tecido SMS, foi necessário estimar o quantitativo gerado nos estabelecimentos da cidade de Joinville/SC que fazem uso deste material. Na Figura 1 é apresentado um fluxograma com as etapas realizadas neste trabalho.

PARCERIA COM HOSPITAL HANS DIETER SCHMIDT

Para garantir o fornecimento de não tecido SMS para realizar os testes, foi necessário firmar uma parceria com o hospital Hans Dieter Schmidt, que atende 24 h por dia e realiza cirurgias eletivas (agendadas) e de emergência, de vários tipos (cardiovascular, bariátrica, endovascular, entre outras). Em média, são realizadas 340 cirurgias por mês, atendendo o público de Joinville e região. Além do centro cirúrgico, o hospital também realiza diversos procedimentos médicos, utilizando material esterilizado envolto em não tecidos SMS.

Para este estudo, foram usados não tecidos SMS provenientes das salas do centro cirúrgico do hospital. A segregação foi realizada diretamente nas salas de cirurgias, onde após retirados os materiais cirúrgicos, os não tecidos foram acondicionadas em sacos plásticos para transporte. As coletas foram realizadas semanalmente, durante quatro meses.



Figura 1: Fluxograma das etapas realizadas neste trabalho

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DOS NÃOTECIDOS SMS

Os nãotecidos foram retirados dos sacos plásticos e removidas as fitas de micropore que são usadas para fechar os pacotes (Figura 2).



Figura 2: Nãotecidos SMS

PROCESSAMENTO POR FUSÃO, MOAGEM E INJEÇÃO

Foram usados 2 kg de nãotecidos SMS, acondicionados em formas de alumínio e aquecidos em estufa (marca Odontobrás, potência de 465 W) sob temperatura de 160 °C por 40 min. Em seguida, o material foi mantido a temperatura ambiente (25 °C) por \pm 5 min para solidificar, conforme a Figura 3.

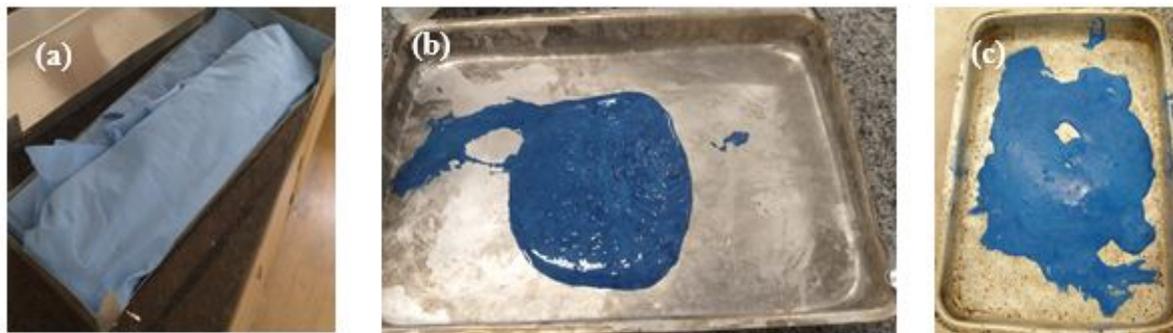


Figura 3: Material fundido em estufa, (a) nãotecido SMS preparado para fusão, (b) material fundido e (c) material solidificado

Posteriormente, o material foi moído, utilizando um moinho de facas da marca Shini Plastics Technologies, Inc., com capacidade de 32 kg/min.

Para a injeção de novas peças com o material moído, foi utilizada uma máquina injetora da marca FCS, modelo FL 140, N° de Série FD 14062, potência instalada de 11.45 kW, motor de 18,5 HP, pressão da bomba de 130 HP/cm². Os parâmetros de injeção empregados, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do processo de injeção

Parâmetros de injeção		
Pressão de injeção (bar)		52
Pressão de recalque (bar)		35
Tempo de injeção (s)		09
Tempo de resfriamento (s)		09
Temperatura (°C)	Zona 1	120
	Zona 2	110
	Zona 3	100
	Zona 4	90

O molde usado no processamento por injeção, era constituído de doze cavidades. As peças injetadas neste molde são comercialmente denominadas de “espaçadores” e aplicadas na área da construção civil, como guia para assentamentos de pisos.

O moinho, a máquina injetora e o molde foram cedidos pela empresa Plastibel Indústria de Plásticos Ltda. (Joinville/SC).

PROCESSAMENTO POR AGLUTINAMENTO, EXTRUSÃO E INJEÇÃO

Para triturar os nãotecidos foi utilizado um aglutinador (modelo Fantor F600), com 4 lâminas rotativas e capacidade para 600 kg/h de material. Os SMS foram colocados aos poucos no aglutinador juntamente com água (conforme prevê o manual do equipamento). Este processo foi realizado na empresa Vilare Indústria Plástica, situada na cidade de Araquari/SC.

Após aglutinado, o material foi extrudado em uma extrusora da marca Cascata, com rosca de 100 mm e redutora Cestari. Neste processo, o material foi derretido e forçado à passagem por meio de um orifício na máquina extrusora formando grânulos. Os parâmetros do processo de extrusão não foram informados pela empresa que cedeu os equipamentos, foi permitido apenas o acompanhamento do processo. Posteriormente, foi realizada a injeção dos grânulos de PP obtidos, seguindo o mesmo processo do material preparado na etapa de fusão e moagem.

Para avaliar a qualidade das peças produzidas, foi necessário realizar um teste, com base no protocolo da empresa, que consiste em avaliar uma amostragem do primeiro lote de peças injetadas. O teste é feito pelo operador, que segura a base superior da peça com três dedos, dois deles no verso e outro na frente empurrando a peça. Para aprovação das peças produzidas, as mesmas não podem quebrar facilmente, se isto acontecer, as peças e o material são descartados.

CARACTERIZAÇÃO DAS PEÇAS PRODUZIDAS COM O NÃOTECIDO SMS

A influência da reciclagem nas propriedades químicas e térmica das peças produzidas como o não tecido SMS pelos processos de extrusão e injeção, foram avaliadas pelas análises descritas a seguir. Uma amostra do não tecido SMS também foi analisada para comparativo.

- **Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier - Reflexão total atenuada (FTIR/ATR):** Para a análise dos grupos químicos da superfície das amostras foram obtidos espectros FTIR/ATR por um espectrofotômetro, do Laboratório de Materiais da Univille, equipado com acessório ATR, com cristal de seleneto de zinco (ZnSe), marca Bruker, modelo Tensor 27. A faixa de análise foi de 4000 a 600 cm^{-1} , ângulo de incidência de 45°, resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras por amostra.
- **Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC):** A análise de DSC foi empregada para avaliar os eventos térmicos ocorridos nas amostras em função da temperatura, bem como as alterações nas propriedades térmicas, ocasionadas pelo reprocessamento. As curvas de DSC foram obtidas em um módulo calorimétrico exploratório diferencial de marca *TA Instruments*, modelo Q20, equipado com um sistema de resfriamento tipo LNCA (resfriamento com nitrogênio líquido). A taxa de aquecimento foi de 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 25 $^{\circ}\text{C}$ a 200 $^{\circ}\text{C}$, isoterma de 1 min, resfriamento rápido (*jumping*) até -90 $^{\circ}\text{C}$, isoterma de 1 min e novo aquecimento até 200 $^{\circ}\text{C}$. Atmosfera inerte (N_2), 50 mL/min. O ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais da Univille.

Na análise de DSC foi possível obter as temperaturas de transição vítrea (T_g) e de fusão (T_m), a entalpia de fusão (ΔH_m) e o grau de cristalinidade que é calculado a partir da equação 1, onde o valor de ΔH_m (100%) para o PP teoricamente 100% cristalino é 207 J/g (CANEVAROLO, 1991).

$$\text{Grau de cristalinidade (\%)} = \frac{\Delta H_m \text{ amostra}}{\Delta H_m (100\%)} \cdot 100 \quad \text{Equação (1)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

QUANTIDADE DESCARTADA DE NÃOTECIDO SMS

Em Joinville, há atualmente sete hospitais de grande porte, que são: Unimed Joinville – Cooperativa de Trabalho Médico, Hans Dieter Schmidt, São José, Maternidade Darcy Vargas, Hospital Infantil Dr. Jeser Amarante Faria, Dona Helena, Hospital Geral Joinville, realizando diariamente cirurgias eletivas e de emergência, em diversas áreas de atendimento.

Com base no histórico de cirurgias realizadas, estima-se que cada hospital de Joinville/SC realiza 70 cirurgias por dia, em 22 dias do mês, usando 2 pacotes cirúrgicos, com não tecidos de gramatura média, pesando 26 g cada. Na Tabela 2, estão apresentados os cálculos de uma estimativa de consumo mensal.

Tabela 2: Cálculo estimado de descarte de SMS/2019

Período	Nº de hospitais	Nº de cirurgias	Kg do SMS	Total
Diariamente	7	70	0,026	25,48 kg
Mensalmente	7	70 x 22	0,026	560,56 kg
Anualmente	7	70 x 22 x 12	0,026	6.726,72 kg

Os dados estimados apresentados na Tabela 2, são baseados com o quantitativo que foi coletado no hospital parceiro. O hospital destinava para a realização deste projeto em torno de 25 kg por semana de SMS, oriundos apenas do centro cirúrgico.

A massa apresentada na Tabela 2 tende a ser maior, pois foi contabilizado apenas uma gramatura do material, não está calculado o SMS que é usado em pequenos pacotes para procedimentos simples (curativos, retirada de pontos, etc.), também não compõe o cálculo o SMS usado nas cirurgias realizadas nos finais de semana (partos, emergência). Se considerar as clínicas de saúde humana e de animal que realizam procedimentos, há alta probabilidade de que a quantidade descartada seja maior.

Urioste (2018) realizou o levantamento do quantitativo de resíduos gerados num hospital público de São Paulo, dentre os resíduos estão os não tecidos SMS. O autor concluiu que 19% dos resíduos gerados são do não tecido SMS e são descartados como resíduo infectante, este dado foi corroborado com o estudo realizado por Pinter e Jardim (2014). Urioste (2018) também realizou a pesagem dos resíduos gerados no centro cirúrgico durante os meses de abril a junho/2018, sendo a média de 10 kg por cirurgia, incluindo os resíduos recicláveis. Ou seja, 1,9 kg por cirurgia são de não tecidos SMS que passam por tratamento específico antes de serem colocados no aterro sanitário ou são incinerados, piorando os indicadores de descarte estimados neste trabalho.

Por se tratar de matéria-prima finita, no caso de um polímero termoplástico, os resíduos inevitavelmente gerados podem ser usados para confecção de diversos produtos e/ou na industrialização produzindo peças ou usando como agregado.

POSSIBILIDADES DE PARCERIAS PARA A RECICLAGEM DO NÃO TECIDO SMS

Durante a execução deste trabalho, foram visitadas cinco cooperativas de reciclagem com a finalidade de propor a coleta e/ou o recebimento do não tecido SMS, para reciclar juntamente com os demais materiais plásticos. Também foram visitadas empresas de grande e pequeno porte (fabricantes de tubos e conexões, fábrica de peças de PP, recicladoras, fábrica de sacos para lixo), com o objetivo de firmar parceria para a realização de testes de trituração, moagem, aglutinação e extrusão do SMS em pequena e/ou grande escala. Porém, pelo fato do não tecido SMS ser um resíduo de origem hospitalar, houve resistência por parte das empresas e cooperativas em reciclá-lo.

PROCESSAMENTO POR FUSÃO, MOAGEM E INJEÇÃO

O processo de fusão do não tecido SMS, demandou um tempo maior comparado aos demais processos, pois foi usada uma estufa de pequeno porte. Para trabalhos de fusão em grande escala, é possível colocá-los em fornos maiores ou outra tecnologia que apresente menor consumo energético. Após a fusão, o material foi encaminhado para o processo de moagem e injeção.

Neste processo, foram produzidas 128 peças injetadas como apresentado na Figura 4. O material foi utilizado puro, ou seja, sem a adição de qualquer aditivo ou outro polímero, e a injeção ocorreu sem intercorrências, como: trancamento de canal, rebarbas em excesso, recheu, entre outros.



Figura 4: Peças injetadas: (a) fixadas ao canal de injeção e (b) sem o canal de injeção

As peças produzidas, são conhecidas comercialmente como clips nivelador ou espaçador. Este item de grande importância na área da construção civil, sendo usados para nivelar pisos e azulejos durante a colocação.

A produção de peças poderia ter sido maior, caso o molde tivesse dimensionamento menor do canal. A “galhada” representa 50% da massa total, gerando novo resíduo.

Costa (2019), escreveu que o processo de moldagem por injeção é a técnica mais importante para a transformação de produtos plásticos, devido à possibilidade de reprodução em grande quantidade e informa que o processo de injeção é o segundo mais usado no Brasil.

Diversos são os benefícios sócioambientais consequentes da implantação de reciclagem de polímeros. Santi e Correa (2018) identificaram algumas consequências positivas na reciclagem de materiais plásticos, como por exemplo, o aumento do tempo de vida útil dos aterros sanitários, economia dos recursos naturais usados como matéria-prima (petróleo), economia de energia (material plástico reciclado consome menos energia do que a mesma produzida a partir de resina virgem do processo todo), a solidificação das cooperativas de catadores dos municípios da região, parcerias com universidades e empresas da região para promover pesquisas na área de reciclagem e meio ambiente, entre outras.

PROCESSAMENTO POR AGLUTINAMENTO, EXTRUSÃO E INJEÇÃO

Nesta etapa, foram aglutinados 20 kg de material, sendo o mínimo necessário para realizar o processo. A Figura 5 apresenta, (a) vista superior do *bag* com aproximadamente 20 kg de não tecido SMS sendo aglutinado para a realização dos testes, e a Figura 5 (b) o não tecido SMS após o processo de aglutinamento.

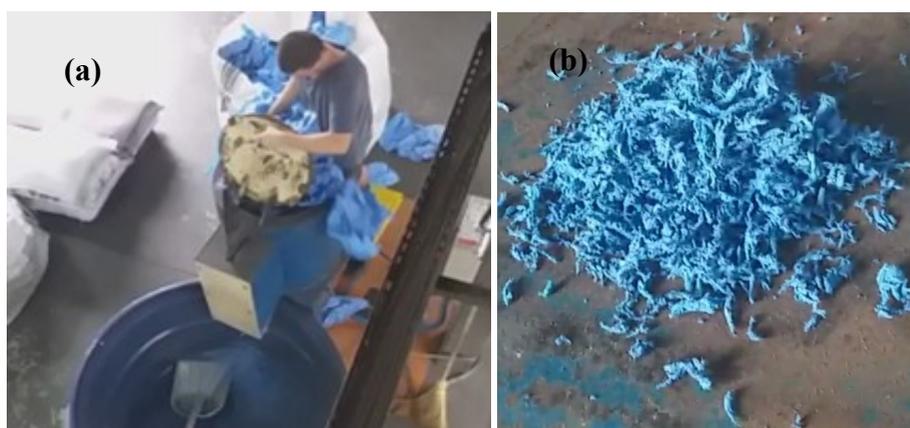


Figura 5: (a) Não tecido SMS no processo de aglutinagem e (b) após o processo

Durante o aglutinamento foi adicionado água, observou-se que a amostra do não tecido SMS aglutinado, está livre de umidade, pois ocorre evaporação durante o processo devido ao aquecimento gerado pela turbulência do material.

A etapa de extrusão foi necessária, pois o material é muito leve para colocá-lo diretamente na injetora. O processamento por extrusão é uma técnica muito utilizada, que consiste em passar a massa polimérica por um cilindro aquecido, por meio de ação bombeadora de rosca sem fim, promovendo o cisalhamento e homogeneização do material, passando de forma contínua, por uma matriz com o perfil desejado ou cortado em grânulos com uma faca rotativa (PETRY, 2011).

De acordo com Ligowski *et al.* (2015), a extrusora é um equipamento capaz de fornecer pressão contínua e uniforme ao material extrudado e pode possuir várias zonas de aquecimento. O processo de extrusão é um dos métodos mais adequados para a obtenção de materiais compósitos, consistindo basicamente numa conversão de matéria-prima em um determinado produto.

Este processo, pode ser verificado na Figura 6, (a) onde a massa polimérica fundida passa pelo cilindro aquecido, (b) posteriormente adquire o formato de fio contínuo, (c) para serem cortados em grânulos.

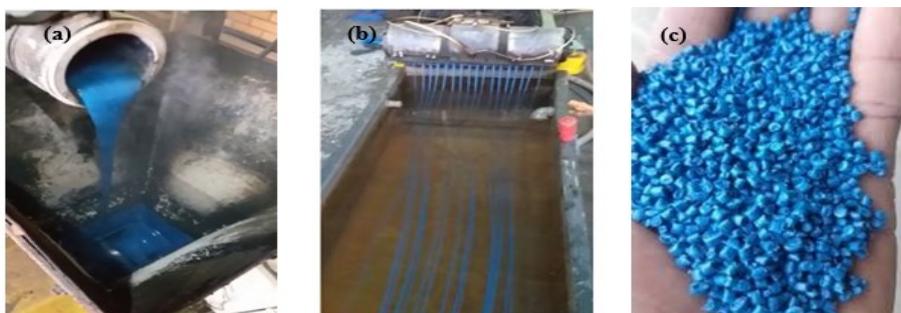


Figura 6: Processo de extrusão: (a) material fundido, (b) formato de fio contínuo e (c) grânulos

Os grânulos produzidos pelo processo de extrusão, também foram injetados, e seguiram os mesmos parâmetros citados no processo anterior.

O reprocessamento físico (etapas de fusão, extrusão e injeção) e mecânico (aglutinação) do não tecido SMS, ocasiona alterações no PP, conforme Pelegrini *et al.* (2018), que realizaram a avaliação do comportamento químico, térmico e mecânico do PP após múltiplos processamentos, com e sem aditivos, os autores concluíram que as propriedades químicas apresentaram poucas alterações. Já as propriedades térmicas apresentaram aumento na cristalinidade. Em relação às propriedades mecânicas, em todos os estágios do reprocessamento o material apresentou decréscimo significativo.

As características físico-químicas dos plásticos aumentam seu potencial de reciclagem, bem como de impacto no meio ambiente quando descartados. De acordo com Xavier *et al.* (2005), as propriedades tornam o material plástico atraente e adaptável a diferentes formas de consumo, considerando os diferentes interesses, influências econômicas, sociais, culturais e políticas.

As peças produzidas com o resíduo de não tecido SMS, tanto pelo processo de extrusão como o de injeção, passaram pelo teste de qualidade e foram aprovadas, ou seja, não apresentaram quebra, podendo ser comercializadas. A Figura 7, ilustra o teste de qualidade da peça.



Figura 7: Teste de qualidade do espaçador de piso

Considerando que o item produzido é uma peça utilizada para nivelar pisos e azulejos, e se a haste superior não quebrar facilmente durante o teste de qualidade, este produto é considerado aprovado para o uso, pois este item não é utilizado em uma aplicação nobre, que exija solicitação mecânica.

CARACTERIZAÇÃO DAS PEÇAS PRODUZIDAS COM O NÃOTECIDO SMS

Os espectros de FTIR/ATR das amostras estão apresentados na Figura 8.

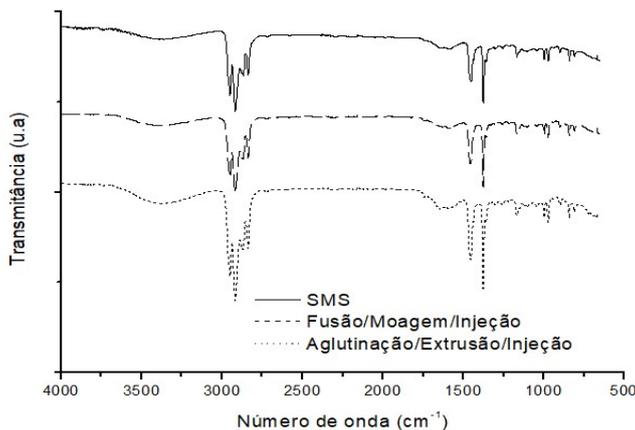


Figura 8: Espectros FTIR/ATR das amostras de nãotecido SMS e após a reciclagem pelos processo de extrusão e injeção

Os espectros de FTIR/ATR das amostras avaliadas revelam as bandas de absorção típicas de ligações C-H presentes no PP, ou seja, estiramento de grupos CH/CH₂/CH₃ entre 2850 e 2980 cm⁻¹, deformação angular de grupos CH₃ em 1354 e 1460 cm⁻¹, estiramento de ligações C-C em 1167 cm⁻¹ e deformação angular dos grupos C-H em 890 cm⁻¹. Após a reciclagem pelos diferentes processos, não foram observadas alterações nos espectros das amostras.

Benvegnú (2016), avaliou a estrutura de dois tipos de nãotecido SMS por FTIR, sendo um hidrofílico e outro hidrofóbico, ambas virgens, o autor observou os mesmo picos apresentados na Figura 8. As absorções presentes nas regiões citadas corroboram com os valores encontrados na literatura para o PP virgem (SANTHOSKUMAR, 2010).

As curvas de DSC, obtidas do segundo aquecimento das amostras, estão apresentadas na Figura 9.

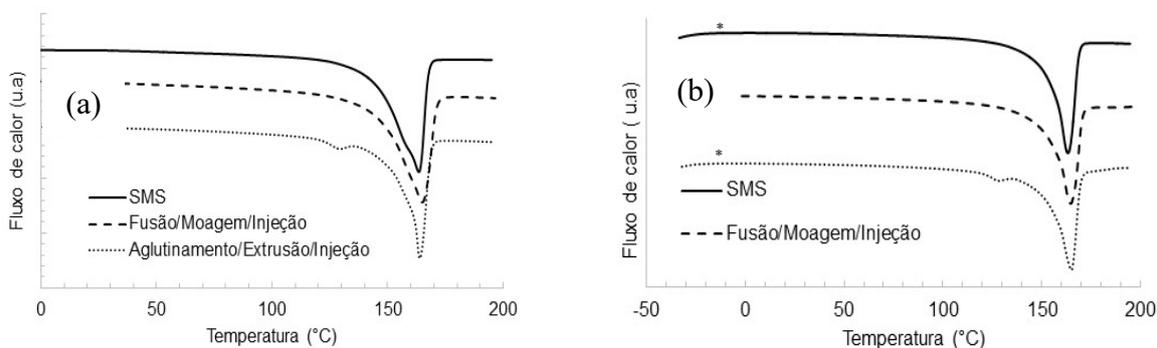


Figura 9: Curvas de DSC das amostras de nãotecido SMS e após a reciclagem pelos processos de extrusão e injeção, (a) 1º aquecimento e (b) 2º aquecimento

Por meio das curvas de DSC foram determinadas as temperaturas de transição vítrea e de fusão, entalpia de fusão e o grau de cristalinidade. No primeiro aquecimento foram obtidos dos dados da temperatura de fusão e

o grau de cristalinidade (Figura 9a) e do segundo aquecimento foi obtida a T_g (Figura 9b) e os dados estão organizados na Tabela 3.

Tabela 3: Dados de temperatura de fusão (T_m), entalpia de fusão (ΔH_m), grau de cristalinidade e temperatura de transição vítrea

Amostras	T_m (°C)	ΔH_m (J/g)	Grau de cristalinidade (%)	T_g (°C)
SMS	163,2	98,2	47,4	-22
Fusão/Moagem/Injeção	164,7	99,2	47,9	-21
Aglutinação/Extrusão/Injeção	164,9	99,0	47,8	-21

Observa-se um pico endotérmico em 163,2 °C para a amostra de SMS, que se manteve constante para as amostras reprocessadas por injeção e extrusão, sendo de 164,7 e 164,9 °C, respectivamente.

Para a entalpia de fusão o resultado foi de aproximadamente 99 J/g para todas as amostras avaliadas e o grau de cristalinidade calculado de aproximadamente 47% que se manteve constante para as demais amostras.

Dos resultados observou-se que amostras não apresentaram diferenças significativas entre si, apenas a amostra que foi extrudada pode-se verificar um pico próximo de 125 °C, possivelmente por contaminação durante o processo de extrusão.

Souza (2015), analisou por DSC a reciclagem primária de não tecido SMS, as amostras foram de material moído e regranulado. O autor concluiu que ocorreu um sutil decréscimo na temperatura de fusão (de 166 para 164 °C), e portanto um aumento da entalpia e grau de cristalinidade (de 44,8 para 53,3%), o que poderia indicar que houve cisão de cadeias do PP, favorecendo a formação de maior quantidade de fases cristalinas de menor tamanho. A diferença entre os resultados obtidos por Souza (2015) e os desse trabalho podem ser justificados pelo tipo de nãotecido analisado, visto que a gramatura, marca, entre outras características que os diferem.

Como o PP apresenta alto grau de cristalinidade, é difícil determinar sua T_g . Dessa forma, foi realizado um tratamento térmico por meio de um resfriamento rápido do tipo “*jumping*” com as amostras com objetivo de melhorar a visualização da T_g . Entretanto, mesmo com o tratamento térmico, ainda foi difícil visualizar as T_g s dos materiais, devido ao fato do tratamento não ter sido eficiente para tornar as amostras amorfas, pois no 2º aquecimento foi observado novamente o pico de fusão. Se as amostras tivessem se tornado amorfas, o pico endotérmico não teria aparecido e a T_g teria se tornado mais visível, pois essa transição está relacionada com a parte amorfa do polímero, isso seria possível utilizando um resfriamento mais brusco do tipo “*quenching*”, realizado geralmente com nitrogênio líquido. No entanto, por meio do uso do software da *TA Instrumentos* foi selecionado o intervalo de - 30 a 0 °C e calculada as T_g s, conforme ilustrado na Tabela 3, visto que a T_g do PP encontrada na literatura é de: - 13 a - 23 °C (LOPES, 2012). Os valores de T_g para o SMS foram de - 22 °C, enquanto as amostras injetadas foram de - 21 °C. Observa-se que os valores obtidos na tabela, foram próximos aos valores citados na literatura característicos para o PP, porém é necessário considerar a presença de aditivos, estabilizantes, cristalinidade, entre outros.

CONCLUSÃO

A reciclagem de polímeros é uma alternativa viável para minimizar o impacto ambiental causado pela disposição destes materiais em aterros sanitários, sobrecarregando os mesmos. Este tema vem se tornando cada vez mais importante pois, além dos interesses ambientais e econômicos, começam a surgir legislações cada vez mais rígidas no sentido de minimizar e/ou disciplinar o descarte dos resíduos sólidos.

O reprocessamento do nãotecido SMS é um dos recursos que pode ser iniciado por qualquer empreendedor devido à disponibilidade deste material na região e o mesmo é segregado diretamente na fonte, ou seja, nas salas cirúrgicas dos hospitais não necessitando de mão de obra para a separação, comparando com os demais resíduos.

Para a fabricação das peças apresentadas neste estudo, a qualidade das mesmas foi aprovada pela empresa que cedeu a máquina injetora, concluindo que o material usado, o PP, é de qualidade equivalente ao adquirido pela empresa.

É importante ressaltar que dificilmente o material tem contato com fonte biológica, sendo este um dos principais receios das empresas recicladoras, ou seja, de expor seus funcionários ao risco, sendo este, o principal motivo de dificuldade em firmar parceria para a realização deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Ao hospital Regional Hans Dieter Schmidt pela doação dos não tecidos SMS e às empresas Plastibel Indústria de Plásticos Ltda e Vilare Indústria Plástica pelo auxílio nos experimentos e empréstimo dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

1. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2017**. [Acesso em: 08 de mar. 2019]. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>.
2. BENVEGNÚ, T.C. **Estudo das propriedades estruturais, mecânicas, hidrofílicas e de permeabilidade de não tecidos Spunbonded e SMS**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2016.
3. BRUCK, S. C. **Desenvolvendo a conscientização ambiental de estudantes em relação ao descarte correto de plásticos**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Exatas, habilitação em Química), Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2018.
4. CANEVAROLO, J. S. **Análise Dinâmico-Mecânica para Sistemas Poliméricos**. 1991.
5. COSTA, L. R. **Análise do desempenho de inserto de PETG em moldes híbridos na injeção de peças em PP**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Automotiva). Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2019.
6. DE PAOLI, M. A.; SPINACÉ, M. A. S.. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*. v. 28, n. 1.
7. FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia Circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre eficiência ambiental e econômica. In: *Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente*, São Paulo, Brasil, 2016, p. 2.
8. Fundação Getúlio Vargas - FGV. **Iniciativa compras sustentáveis & grandes eventos – Estudo de pegada de carbono: sacola plástica**. Período 2015-2015. Relatório parcial. Estado de São Paulo. São Paulo; 2015.
9. HARPER, C.A. **Modern Plastics Handbook**. New York, McGraw-Hill, 2000.
10. LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. *Portuguese journal of finance, management and accounting*, v. 1, n. 2, p. 149–171.
11. LIGOWSKI, E.; DOS SANTOS, C. B.; FUJIWARA, S. T. Materiais compósitos a base de fibras de cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 25, n. 1, p. 70–75.
12. LOPES, S. A. Estudos de Propriedades de Não Tecidos de Polipropileno Tratados por Descarga Corona e Plasma de Rádio Frequência. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2012.
13. MARCONDES, M. M. S; MONTANARI, D.C.P. Esterilização e medidas de biossegurança. 2020.
14. NETO, M., A. **Os canudos plásticos e suas políticas públicas de regulamentação nos países americanos**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
15. PELEGRINI, K.; BRANDALISE, R. N.; PIAZZA, D. Avaliação do comportamento químico, térmico e mecânico do polipropileno após múltiplos processamentos. In: *28º CBECIMat*, Foz do Iguaçu, Brasil, 2018, p. 7995.
16. PETRY, A. **Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no setor automobilístico**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

17. PINTER, M. G.; JARDIM, D. P. Segregação e diminuição de resíduos sólidos no bloco cirúrgico: uma experiência bem-sucedida. *Revista SOBECC*, v. 19, n. 4, p. 226-232.
18. PINTO, S. L. U.; SENA, P. M. B.; EHLERS, A. C. S. T.; TEIXEIRA, C. S. Fab city com enfoque em economia circular. In: *2º Congresso nacional de inovação e tecnologia*, São Bento do Sul, 2017, p. 01.
19. SANTI DE, C. R.; CORREA, C. A. Identificação de oportunidades de negócio na cadeia de valor dos resíduos plásticos de fontes pós-consumo através da reciclagem. *Unisanta BioScience*, v. 7, n. 6, p. 144-156.
20. SANTHOSKUMAR, AU. Comparison of biological activity transition metal 12 hydroxy oleate on photodegradation of plastics. *Journal of Bioremed & Biodegrad*, v. 1, n. 2, p. 1-8.
21. SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5 ed., Rio de Janeiro, Mcgraw Hill Brasil, 2012.
22. SOUZA, S.G.B. **Reciclagem Primária de Não tecidos de Polipropileno**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS), Porto Alegre, 2015.
23. URIOSTE, A. **Avaliação de riscos ambientais no gerenciamento de resíduos em setores assistenciais de um hospital público na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade), Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2019.
24. XAVIER, L. H.; GALLETI, L.; CARDOSO, R. Gestão ambiental da cadeia de suprimentos: estudo de caso das embalagens plásticas. *Spolim*, v. 1, n. 74, p. 652-662.