

PRODUÇÃO DE PRANCHETAS ESCOLARES A PARTIR DA RECICLAGEM DE COPOS DESCARTÁVEIS DE POLIPROPILENO, UTILIZANDO COMO CARGA O CARBONATO DE CÁLCIO (CaCO₃)

Ariany Bertoncello (IC) e Nilson Casimiro Pereira (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO:

Reciclagem nada mais é do que o processo que visa transformar materiais usados em novos produtos com vista a sua reutilização. Por este processo, materiais que seriam destinados ao aterro sanitário, podem ser reaproveitados. É um termo que tem sido cada vez mais utilizado como alerta para a importância da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. O projeto se iniciou com a finalidade de reaproveitamento de copos descartáveis de polipropileno (PP), que eram descartados no campus da UPM, sem destino útil. A Universidade Presbiteriana Mackenzie, colaborou com a separação dos copos utilizados, e durante esse processo foram separadas também pastas de polipropileno as quais foram inclusas nos estudos. A partir disso, os materiais passaram por toda uma análise de caracterização, e sendo primeiramente processados para então serem estudados por ensaios mecânicos de resistência ao impacto, e dureza; por medidas de índice de fluidez, análise dinâmico-mecânica, determinar a temperatura de deflexão térmica e temperatura de amolecimento. Para uma melhor rigidez das pranchetas escolares, foi acrescentado carbonato de cálcio em sua composição. **Palavras-chave:** Polipropileno, carbonato de cálcio, reciclagem.

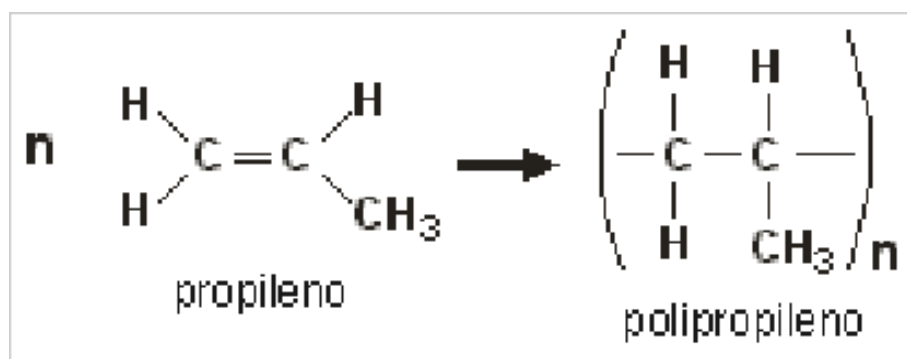
ABSTRACT:

Recycling is nothing more than the process that aims to turn used materials into new products with a view to reuse. By this process, materials that were trash and can be reused. It is a term that has been increasingly used as a warning to the importance of preserving natural resources and the environment. The project was initiated for the purpose of reuse of disposable cups of polypropylene (PP), which were discarded without useful purpose. The Mackenzie Presbyterian University, collaborated with the separation of used plastic cup, and during this process were also separate polypropylene folders which were included in the studies. From this, the material underwent a whole analysis de characterization, and first processed to then be studied by testing mechanical impact resistance, and hardness; by fluidity index measurements, dynamic mechanical analysis, to determine the heat deflection temperature and softening temperature. For a better rigidity of school clipboards, it was added calcium carbonate in its composition. **Keywords:** polypropylene, calcium carbonate, recycling.

INTRODUÇÃO

Polímeros são materiais que se diferenciam de muitos outros materiais por apresentarem moléculas gigantes, ou seja, macromoléculas formadas pela reação de moléculas simples, chamadas monômeros, por ligações covalentes (Poli significa muitos, e mero significa partes). Os polímeros são classificados como termoplásticos (plásticos), termo fixos, borrachas e fibras. O termo plástico vem do grego, plastikus, que significa material adequado à moldagem [Monteiro,2001].

Existem algumas individualidades dos polímeros que devem ser consideradas, como o composto químico muito importante, o monômero, que reage para formar polímeros. O mero é a unidade repetitiva para o composto de alta massa molecular ser criada. Um Oligômero, que significa poucas partes, é um polímero com no máximo 10 unidades repetidas, é considerado com baixa massa molecular. A Polimerização, é a reação dos monômeros para formar um polímeros, e nela entra o Grau de Polimerização, que seria o número de meros na cadeia [Monteiro, 2001].



Fonte: Quimikaires

Quanto à classificação dos polímeros:

A classificação feita quanto à ocorrência, pode ser visto como: Existem os polímeros sintéticos e naturais. Os sintéticos são os produzidos de forma artificial, ou seja, industrialmente, e geralmente a partir de moléculas de baixa massa molecular. Encontram-se aplicados em produtos, que no cotidiano formam os tecidos, os elastômeros como silicones. As indústrias petroquímicas contribuem nesse processo, a partir da produção dos monômeros. Os polímeros naturais encontram-se na natureza e são mais complexos. Exemplos de polímeros ou macromoléculas encontradas, são: proteínas, polinucleotídeos, polissacarídeos, gomas, resinas, elastômeros (obtido pelo látex extraído das seringueiras e outras espécies de vegetais que produzem látex), e também encontrado em madeiras [Monteiro. 2001].

As principais características dos polímeros, são os baixos custos, baixa reatividade, alta resistência elétrica, baixa condutividade elétrica, e baixa densidade quando comparados com outros materiais, há muita diferença. Alguns exemplos de diferenças de densidades são: Aço: 8 g/cm³, Alumínio: 2,7 g/cm³, Vidro: 2,6 g/cm³, POLÍMEROS: 0,9 - 1,5 g/cm³ [Monteiro,2001].

Quanto ao desenvolvimento científico e tecnológico:

Para os polímeros chegarem no desenvolvimento que se encontram hoje, houve um longo processo de estudos.

J. W. Hyatt, usou cânfora como plastificador do nitrato de celulose produziu a celulóide, isso veio com sua busca por sintetizar um substituto para o marfim, e ser usado para fabricar bolar de bilhar. A celulóide tornou-se então um sucesso comercial e controlou o mercado durante aproximadamente 30 anos. O material tendo uma alta inflamabilidade, gerou uma procura por materiais alternativos mais estáveis. Essa foi a primeira experiência comercial bem sucedida na área de polímeros. A partir desse fato, desencadeou-se outras séries de pesquisas e inovações, como plásticos baseados em acetato de celulose e cafeína, comercializou-se o "bakelite" um polímero ainda utilizado em caixas e ligações elétricas, e com o passar do tempo a falta de matéria-prima fez os químicos alemães desenvolverem uma borracha sintética a partir do dimetilbutadieno que era um produto bem mais inferior á borracha natural, serviu como um ponto de partida para a indústria de borracha artificial sintética [Oliveira, 2013].

Até a década de 20, não foi possível um desenvolvimento maior na área, pela falta de experiências com os materiais poliméricos. Em 1953, Staudinger desenvolveu a ciência dos polímeros, que foi firmemente implantada com as indústrias desse ramo. Com o passar de tantos estudos no material, atualmente poliuretanos (1937), os epóxidos (1939), o poli(tetrafluoroetileno) (1941), os silicones (1942), as resinas de poliéster insaturadas (1946), o policarbonato (1956) e as poliamidas (descobertas em 1964), fazem parte de 90% dos plásticos utilizados [Oliveira, 2013].

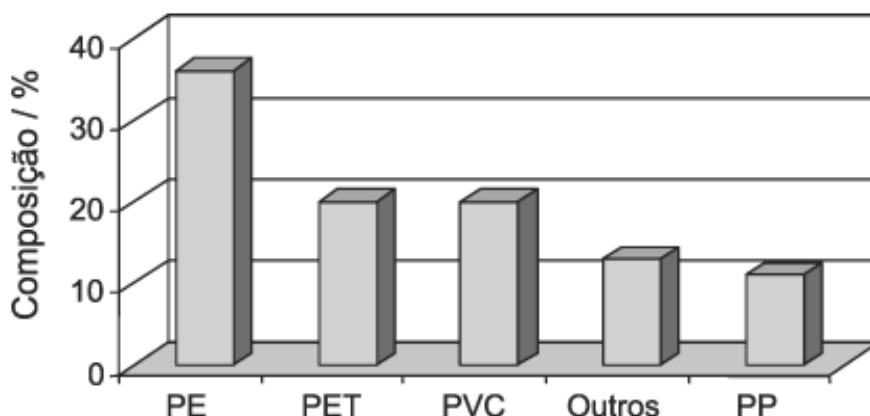
Com o grande desenvolvimento dos polímeros, foi possível a utilização de um novo material, como alternativa a outros materiais, como vidro, cerâmica, aço, e outros. Hoje são substitutos de diversos materiais devido à sua versatilidade, menor massa, maior facilidade de manuseamento, menor custo de produção e outros, cumprem com maior eficácia a substituição dos outros materiais [Oliveira,2013].

Atualmente, existem centenas de tipos de plásticos utilizados para os mais variados fins, como para a produção de fibras e novos materiais para a indústria têxtil, para a construção de materiais de construção civil com melhores desempenhos e menores custos

que os materiais tradicionais, para a indústria dos transportes, da qual se destaca a indústria automotiva, na indústria farmacêutica, para a produção de embalagens, electrodomésticos, etc.

Deve-se considerar que a elevada produção de materiais plásticos gera elevada quantidade de produtos descartados no Meio Ambiente. Como os materiais plásticos são de difícil decomposição no solo, torna-se importante o cuidado com esses materiais. Então, a reciclagem dos materiais descartados, agora denominado resíduos sólidos, torna-se uma alternativa aos destino desses materiais, diminuindo seu descarte em aterros sanitários [Piva e Wiebeck, 2004].

Os termoplásticos mais encontrados nos resíduos sólidos urbanos brasileiros são mostrados no gráfico a seguir:



Fonte: Scielo.

Onde: PP é o polipropileno, PET é o poli(tereftalato de etileno), PE é o polietileno, PVC é o poli(cloreto de vinila) [Aparecida, 2005].

Quanto à reciclagem dos Polímeros:

Pelos motivos apresentados, há uma necessidade enorme em reciclar os resíduos descartados, que, de modo geral, são produzidos pelas indústrias, e pela sociedade, após processamento, ou após uso, de embalagens e peças automotivas.

Reciclagem nada mais é do que o processo que visa transformar materiais usados em novos produtos com vista a sua reutilização. Por este processo, materiais que seriam destinados ao lixo permanente podem ser reaproveitados. É um termo que tem sido cada vez mais utilizado como alerta para a importância da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente [Paoli, 2005].

É possível reciclar materiais diversos, como vidro, plástico, papel ou alumínio. A reciclagem desses materiais proporciona uma utilização mais racional de recursos naturais não renováveis e uma redução na poluição da água, do ar e do solo. Para a indústria, a reciclagem tem muitas vezes a vantagem de diminuir os custos de produção, quando esse materiais entram novamente no processo produtivo [Paoli, 2005].

Entre os polímeros recicláveis, o PET se destaca pela quantidade reaproveitada em um curto período. Nos anos 80 nos Estados Unidos e no Canadá, reciclavam o PET para fazer enchimentos de almofadas, e com o aperfeiçoamento desse processo, surgiram aplicações importantes em tecidos, e recipientes para produtos não alimentícios. Assim, foram desenvolvidas tecnologias conhecidas como "bottle-to-bottle" que envolvem etapas de lavagem, descontaminação, cristalização, pós-condensação no estado sólido e extrusão do PET [Paoli, 2005].

Sendo o polipropileno um dos polímeros mais consumidos no mundo, por consequência torna-se também um dos mais descartados na forma de resíduos. O polipropileno é uma resina de baixa densidade que traz um bom equilíbrio de propriedades térmicas, químicas e elétricas. A resistência pode ser melhorada através da incorporação da fibra de vidro, o que não é muito comum nesse polímero, pois quando esse processo é utilizado torna-se necessário partir para um plástico de engenharia como as poliamidas, por exemplo. Uma das cargas mais utilizadas é o talco, que confere estabilidade dimensional, atua como agente nucleante (melhorando a fluidez do polímero) e melhora o aspecto superficial da peça [Tietz, 2010].

Uma propriedade do polipropileno é seu efeito dobradiço, ou seja, podemos fazer peças com dobras do próprio material (tampas dobráveis de frascos, estojo para óculos). Uma grande desvantagem do polipropileno é sua baixa resistência as intempéries, ou seja, peças expostas ao sol ficarão manchadas e provavelmente haverá uma perda nas propriedades do material. Nesse caso é necessário o uso de um antioxidante e um estabilizante ultravioleta. As características desse material, são: baixo custo, elevada resistência química, fácil moldagem, fácil coloração, atóxico, alta resistência á fratura por flexão, boa resistência ao impacto acima de 15°C, baixa absorção de umidade e sensível aos raios UV e agentes oxidantes . E algumas aplicações são: tubulações para produtos químicos, brinquedos, caixas para bebidas, e outros [Tietz, 2010].

A reciclagem dos polímeros pode ser classificada em quatro partes. A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, o que diferencia uma da outra é que na primária utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária, pós-

consumo. A reciclagem terciária também é chamada de química e a quaternária de energética [Aparecida, 2005].

O motivo que chama a atenção para o desenvolvimento desse projeto, é o fator ambiental, que caracteriza o polipropileno como um polímero ou plástico, derivado do propeno ou propileno e reciclável. Suas aplicações podem ser feitas em pranchetas copos descartáveis, brinquedos, seringas de injeção e outros. Inicialmente o PP não sendo reciclado, seu descarte na natureza provocava muita sujeira e poluição ambiental. Uma das vantagens de se trabalhar com esse material, é o fato de que pode ser moldado usando apenas aquecimento, ou seja, é um termoplástico.

Polímeros são materiais que se diferenciam de muitos outros materiais por apresentarem moléculas gigantes, ou seja, macromoléculas formadas pela reação de moléculas simples, chamadas monômeros, por ligações covalentes (Poli significa muitos, e mero significa partes). Os polímeros são classificados como termoplásticos (plásticos), termo fixos, borrachas e fibras. O termo plástico vem do grego, plastikus, que significa material adequado à moldagem [Monteiro,2001].

METODOLOGIA

O desenvolvimento do Projeto de Pesquisa abrangeu inicialmente a etapa de coleta. A Universidade Presbiteriana Mackenzie ficou responsável em coletar todo o material utilizado, ou seja, os copos e pastas de polipropileno.

Após coleta seletiva, os copos coletados passaram por secagem em estufa com circulação de ar, do Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais, da Engenharia de Materiais da UPM. Para uma economia de água, foi decidido que apenas os copos que teriam sido utilizados para beber água seriam usados, para um menor desperdício. Em relação às pastas, elas já estavam em condições favoráveis para serem processadas, sem ter uma necessidade de limpeza.

Todo o material coletado foi aglutinado. O aglutinador consiste em um equipamento que se apresenta geralmente na forma de um tubo, onde um motor elétrico fornece força para o giro de um eixo dotado de facas dentro desse tubo, afim de cisalhar o material e aquecê-lo por atrito com as próprias facas e paredes do equipamento.



Visão interna de um aglutinador

Fonte: Tudo sobre plástico

Material aglutinado



Após a aglutinação, o material foi levado para o moinho de faca, onde ficou no formato como mostra a imagem:



Esse material então foi extrusado e passado no moinho de faca novamente, para facilitar a preparação dos compósitos com a adição de 10, 20 e 30 partes de carbonato de cálcio, por 100 partes de polipropileno reciclado, em misturador de alta velocidade.

Os compósitos foram processados em moldagem por injeção, para obtenção de corpos de prova. Então, foi feito o Índice de Fuidez cada porcentagem do material com carbonato de cálcio e puro, tanto para os copos, como para as pastas.

Os compósitos também foram caracterizados por ensaios de resistência ao impacto.

O Ensaio de Dureza foi realizado com Shore D, pois o material estudado é um termoplástico.

Os compósitos foram caracterizados também por ensaios mecânicos de análise dinâmico-mecânica, HDT e Vicat.

Após caracterização, foi escolhida a melhor formulação de compósito para a produção das pranchetas escolares, em processamento de Moldagem por Injeção, com o aproveitamento de molde disponível no Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ensaio de Dureza
Para as pastas:

Material	Resultado em média (Shore D)
Puro	72,2
10% de CaCO_3	72,8
20% de CaCO_3	71,7
30% de CaCO_3	71,9

Para os copos:

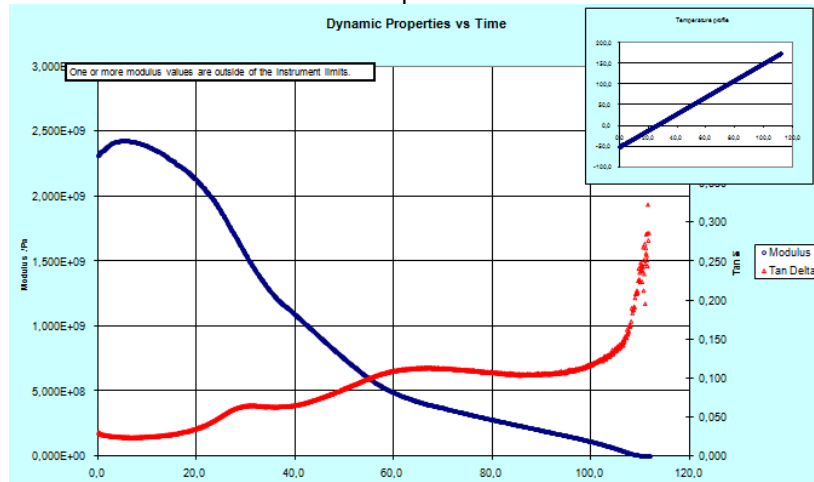
Material	Resultado em Média (Shore D)
Puro	69,8
10% de CaCO_3	72
20% de CaCO_3	71,5
30% de CaCO_3	73,1

Os resultados obtidos nesse teste são medidas úteis da resistência relativa à endentação para várias gamas de polímeros. Entretanto, o teste de dureza Shore, não serve

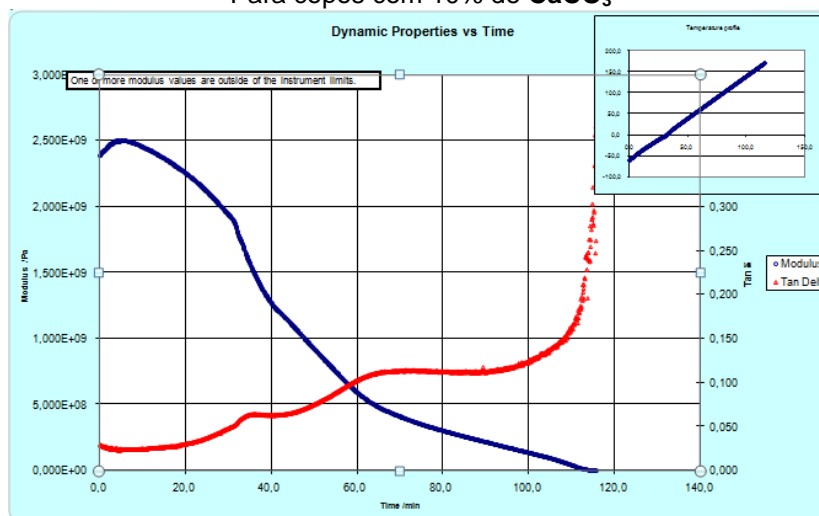
para prever outras propriedades como resistência, abrasão ou desgaste, e não deve ser usado sozinho para especificação de projeto de produto.

Análise dinâmico-mecânica:

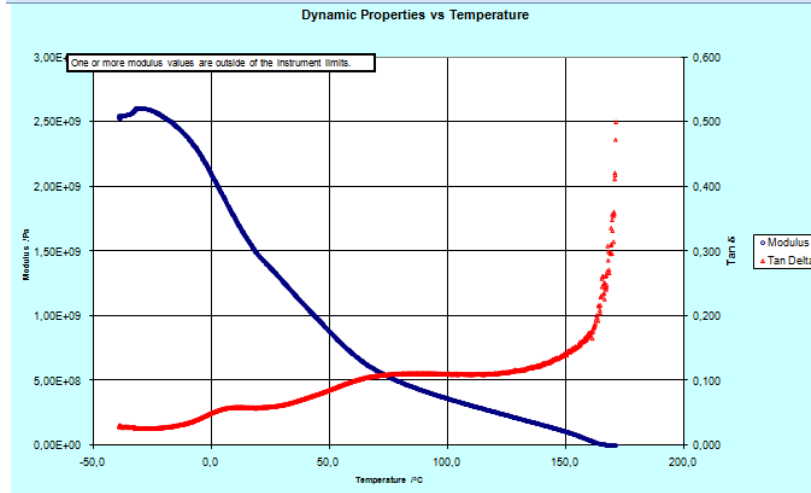
Para copos Puros



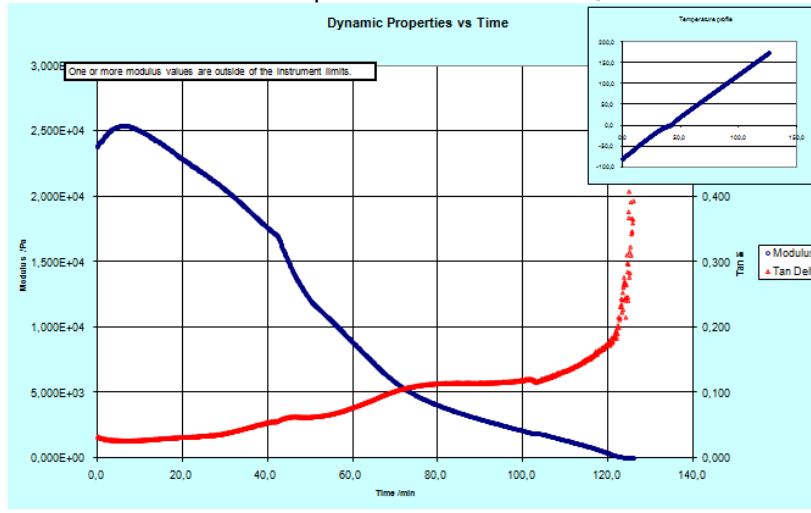
Para copos com 10% de CaCO_3



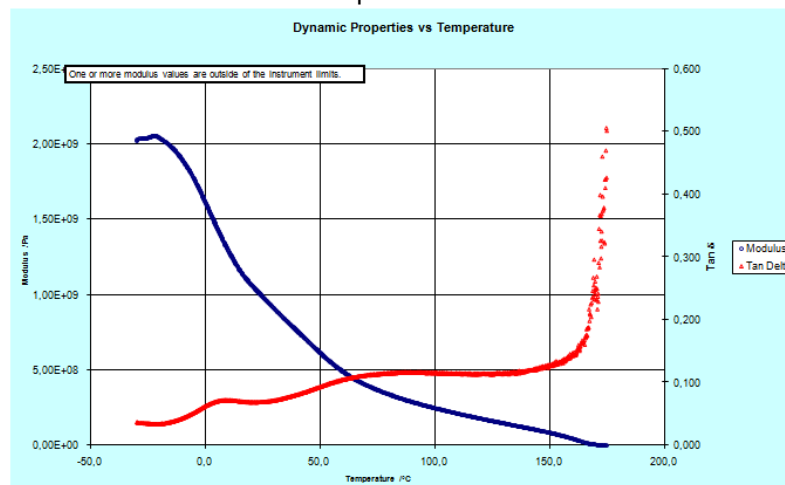
Para copos com 20% de CaCO_3



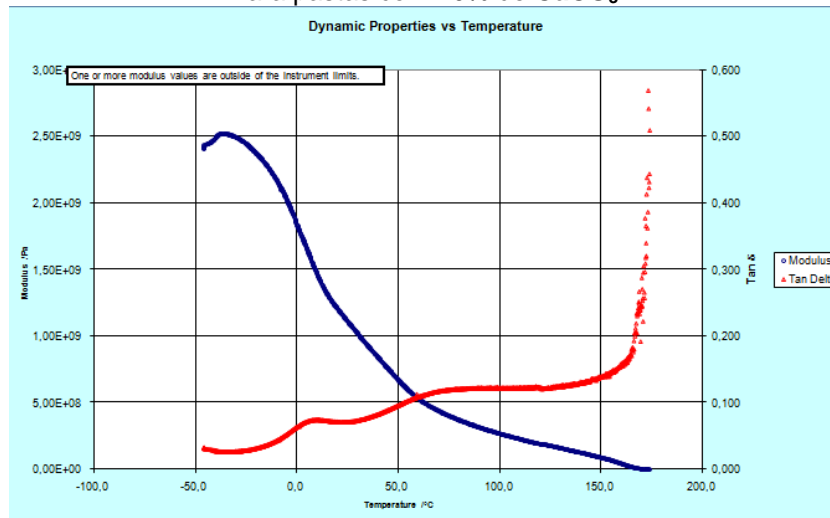
Para copos com 30% de CaCO_3



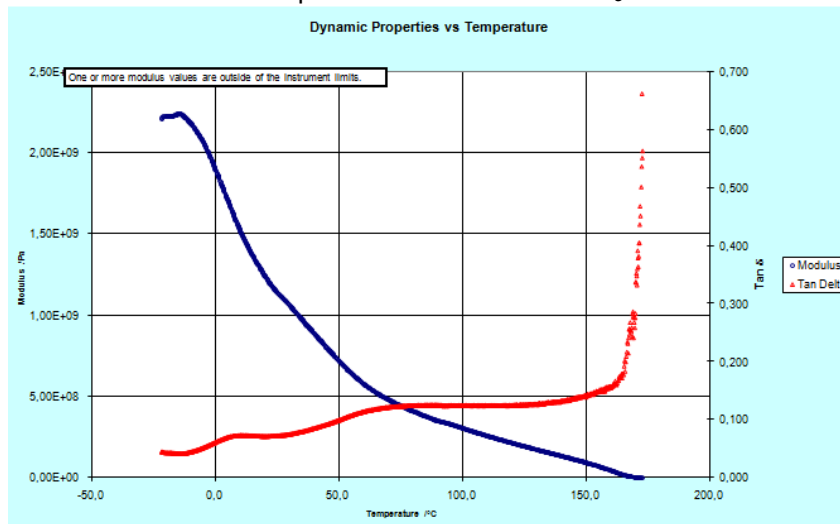
Para pastas Puras



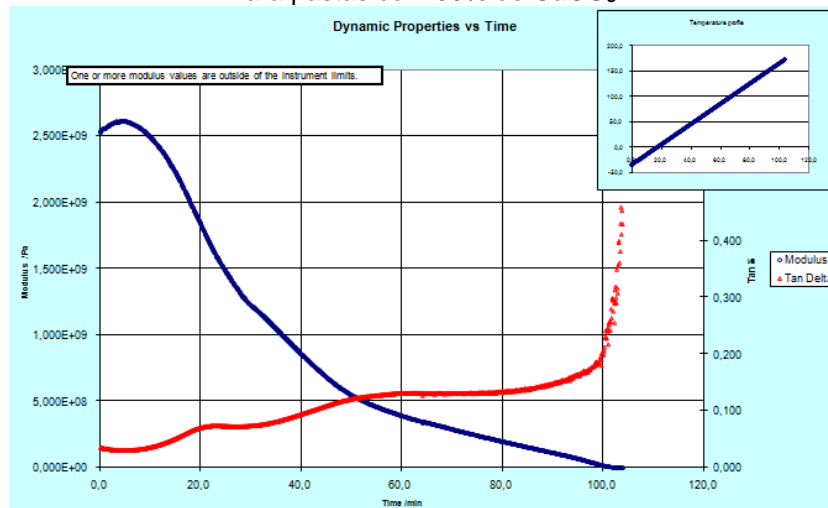
Para pastas com 10% de CaCO_3



Para pastas com 20% de CaCO_3



Para pastas com 30% de CaCO_3



A análise Dinâmico-Mecânica (DMA), consiste na avaliação dos módulos de perda ou armazenamento, elástico de compressão ou de cisalhamento em função da temperatura quando a amostra é submetida a um programa de temperatura.

Em materiais poliméricos, além da temperatura de transição vítrea, pode-se avaliar o comportamento mecânico em função da temperatura. É especialmente utilizado para monitoramento das propriedades mecânicas, como resistência mecânica, queda do módulo, tensão de ruptura, etc.

Ensaio de Impacto:

Esse ensaio tem o objetivo de determinar a tenacidade do material, ou seja, a energia que ele consegue absorver antes de romper. Primeiramente os corpos de prova foram levados por um entalhamento, que serve para criar um caminho para a ruptura.

A tabela a seguir mostra os resultados obtidos.

Material	Média de Energia (J/m)
Copos puros	20,74
Pastas puras	56,99
Copos 10% de CaCO₃	24,97
Pastas 10 % de CaCO₃	54,19
Copos 20% de CaCO₃	23,47
Pastas 20% de CaCO₃	51,07
Copos 30% de CaCO₃	25,96
Pastas 30% de CaCO₃	42,30

HDT e Vicat:

HDT é feito para determinar a temperatura de deflexão térmica, e Vicat temperatura de amolecimento. O material nesse ensaio, é colocado em um banho de silicone, pois o silicone é inerte e tem estabilidade térmica. Sobre o polímero, é colocado apenas uma carga mecânica. Obs.: Quanto maior a temperatura, maior a deformação, devido a quebra de resistência mecânica.

Material	Média HDT (°C)	Média Vicat (°C)
Copos puros	129,32	160,16
Pastas puras	120,82	159,02
Copos 10% de CaCO₃	123,18	160,26
Pastas 10 % de CaCO₃	117,08	159,28
Copos 20% de CaCO₃	124,66	159,74
Pastas 20% d CaCO₃	121,82	159,46
Copos 30% de CaCO₃	125,94	160,36
Pastas 30% de CaCO₃	121,14	159,36

Índice de Fluidez:

É verificado em um aparelho chamado plastômetro, o resultado dessa análise serve para o controle de qualidade e como orientação para o processo em que o plástico será destinado, sendo que polímeros com baixa fluidez são utilizados para o processo de extrusão, enquanto os de média e alta são direcionados para moldagem por injeção.

Resultado do Índice de fluidez para as pastas:

Material	Peso (gramas)	Resultado (g/10 min)
Puro	0,593	2,372
10% de CaCO₃	0,6314	2,524
20% de CaCO₃	1,3505	5,402
30% de CaCO₃	0,5606	2,242

Resultado do Índice de Fluidez para os copos:

Material	Peso (gramas)	Resultado (g/10 min)
Puro	1,502	6,008
10% de CaCO₃	1,913	7,652
20% de CaCO₃	1,752	7,008
30% de CaCO₃	1,375	5,500

Os resultados mostraram que os melhores compósitos para a injeção, nas pastas foi 20% de CaCO_3 e para os copos foi 10% de CaCO_3 .

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O objetivo do projeto foi realizar um estudo de caracterização aprofundado sobre os processos de reciclagem, e ainda proporcionar um destino útil para materiais que seriam destinados ao aterro sanitário, ou lixão

Um terceiro tópico importante são os resultados do índice de fluidez, que mostraram eu mesmo sendo valores considerados muito baixos para injeção, foi possível realizar a produção das pranchetas escolares a partir da reciclagem de polipropileno, utilizando como carga o carbonato de cálcio.

REFERÊNCIAS

Monteiro, Elizabeth C.E. Caracterização de Polímeros: Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica. Rio de Janeiro: Editora E-papers, 2001 - 366 páginas.

Oliveira, Michelle. Polímeros: O que são, suas aplicações e áreas de formações técnicas e acadêmicas. 2013. 42 slides. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Macromoléculas IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Aparecida, Márcia S.S. Química Nova vol. 28 no. 1: A Tecnologia da reciclagem de polímeros . São Paulo: de Química UNICAMP, Jan./Feb. 2005.

Caram, Rubens. Estrutura e Propriedades dos materiais. In: Materiais Poliméricos, 2005.

Souza, Larissa. Relatório de Química Analítica experimental. In: Arquivado no curso de Química Industrial UFPE, 2006. Editora: Ebah, 50f.

Franchetti S.M.; Marconato J.C., Polímeros Biodegradáveis – Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos Resíduos Plásticos, Quim. Nova, 2006

Tietz, Daniel R. Fluidez e Viscosidade. Polipropileno. In: tudo sobre plásticos, 2010/2011.

Contatos: arianybertoncello@hotmail.com e nilson.pereira@mackenzie.br

