

Desenvolvimento de compósitos poliméricos baseados em polipropileno reciclado visando o uso como placas absorvedoras de energia solar

*Leonardo Azevedo Massulo¹
Adriane de Assis Lawisch Rodriguez²
Cláudia Mendes Mählmann³*

RESUMO

Devido à crescente demanda por energias sustentáveis, gestão de resíduos e o uso de materiais recicláveis, o presente trabalho objetivou o desenvolvimento de compósitos poliméricos de matriz de polipropileno reciclado visando o uso como placas absorvedoras de energia solar. Nessa matriz polimérica adicionou-se como fase dispersa um resíduo do tabaco (pó de fumo) empregando teores de 10%, 15%, 20%, 25% e 30%, em massa. Além disso, estudou-se a adição de negro de fumo junto ao pó de fumo, utilizando teores de 6% e 10% de cada fase dispersa. As formulações foram misturadas em homogeneizador de laboratório, moídas em moinhos de facas e processadas por moldagem por compressão a 180°C, obtendo-se placas com dimensões de 400x400mm e espessura de 4 mm, as quais, foram caracterizadas e avaliadas em testes de absorção de calor, tração, flexão, dureza e densidade. Os resultados indicaram potencial de aplicação no sistema de aquecimento solar de água devido aos resultados de absorção térmica. Também, a utilização do negro de fumo como fase dispersa mostrou-se uma grande contribuição para as características mecânicas do material. Outro importante resultado diz respeito a possibilidade de se estar usando um polímero reciclado e um resíduo industrial gerado em grande quantidade, tal como é o pó de fumo, na produção das placas caracterizando assim um ganho ambiental.

Palavras-chave: Compósitos. Coletor de Energia Solar. Polipropileno Reciclado. Resíduos.

ABSTRACT

Due of the growing demand for sustainable energy, waste management and the use of recyclable materials, this study aimed to the development of polymeric composites from recycled polypropylene matrix intending to the use as absorbing solar energy plates. On this polymeric matrix was added as a dispersed phase of a tobacco residue (tobacco powder) using contents of 10%, 15%, 20%, 25% and 30% (w/w). Furthermore, was studied the addition of carbon black with the tobacco powder, using contents of 6% and 10% of each dispersed phase. The formulations were mixed in a laboratory homogenizer, grinded in a knives mill and processed by compression molding at 180°C, obtaining slaps of 400mm by 400mm and thickness of 4mm, which were evaluated in tests of heat absorption, traction, flection, toughness and density. The results indicate potential application in the solar hot water system due to heat absorption results. In addition, the use of the carbon black as dispersed phase has shown a great contribution to the mechanical characteristics of the material. Another important result concerns about the possibility to be using a recycled polymer and an industrial waste generated in large quantities, such as the tobacco powder, in the production of the plates characterizing an environmental gain.

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

² Professora do Departamento de Arquitetura, Engenharias e Ciências Agrárias na Universidade de Santa Cruz do Sul.

³ Professora do Departamento de Química e Física na Universidade de Santa Cruz do Sul. <mclaudia@unisc.br>

Keywords: Composites. Solar energy collector. Recycled polypropylene. Waste.

1 INTRODUÇÃO

Com o exponencial aumento do uso da energia e a preocupação em relação a atitudes ecologicamente sustentáveis, nota-se a crescente necessidade do desenvolvimento de energias limpas. Diante do fato de o Brasil possuir uma grande extensão territorial, este recebe anualmente uma grande quantidade de energia solar, devido a esse potencial, a energia solar aparenta ser uma boa opção de energia limpa a ser desenvolvida no país.

Esse tipo de energia consiste na conversão da radiação solar incidida sobre uma área em eletricidade, através da geração fotovoltaica, ou em energia térmica. Esta última vem sendo cada vez mais estudada e utilizada em residências, devido a ser mais acessível que a fotovoltaica. Um dos tipos de energia térmica é a de baixa temperatura, utilizada em aquecimento de piscinas, usos domésticos e para algumas aplicações industriais. Nesta aplicação da energia solar usam-se geralmente coletores solares, ressalta-se que o mais importante componente desse sistema é a placa absorvente, pois é o elemento que absorve a energia solar e transmite-a para o líquido que flui através dos tubos, sendo sua principal característica a alta absorção solar e a baixa emissão térmica.

Além disso, surgiu nas últimas décadas devido ao aumento do consumo, a necessidade de administração dos resíduos sólidos, tanto os que podem ser reciclados quanto os que não podem.

Diante desses problemas, esta pesquisa buscou o desenvolvimento e avaliação de compósitos poliméricos formulados a partir de matriz de polipropileno reciclado, proveniente de embalagens de água mineral, com resíduo da indústria de tabaco (pó de fumo) com a adição de negro de fumo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Compósitos Poliméricos

Compósitos são materiais multifásicos que apresentam uma relevância significativa das propriedades das partes que o constituem com o objetivo de formar novos materiais a partir de componentes unitários, e que estes novos materiais apresentem propriedades superiores aos dos componentes sozinhos, ou que pelo menos algumas propriedades sejam

melhoradas em relação a um dos componentes, dependendo da aplicação que este material terá. Geralmente a matriz polimérica é um polímero ou uma blenda que irá formar a base do compósito. Já a fase dispersa irá dar propriedades específicas ao compósito, assim como elevar outras. (ALLCOCK, 1990)

2.2 Matriz Polimérica

O Polipropileno (PP) é um dos polímeros derivados do petróleo mais utilizados e seus usos são bem diversificados. Contudo, por ser muito utilizado e não possuir boa degradação acaba por ser um problema para o meio ambiente quando seu descarte é feito inadequadamente. Por ser um termoplástico, o PP permite a sua reciclagem, podendo ser fundido novamente e reconformado em formas e geometrias novas. (CALLISTER, 2002)

A matriz do compósito estudado nessa pesquisa foi o PP reciclado, proveniente de embalagens de água mineral.

2.3 Fases dispersas

Nas indústrias processadoras de tabaco um dos resíduos com o maior volume gerado é pó de fumo, tornando assim um problema quanto a sua destinação.

Segundo WINCK (2011), o pó de fumo já vem sendo empregado para a geração de energia térmica em caldeiras, diminuindo cerca de 3000 toneladas de lenhas consumidas ao ano.

Outra fase dispersa com potencial para a energia térmica estudada nessa pesquisa é o negro de fumo, sendo este um pigmento preto, com composição de 99,5% de carbono amorfo tendo propriedades de absorção UV, e uma boa condução térmica e elétrica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os compósitos poliméricos foram elaborados com matriz de PP reciclado. Esse PP pós-consumo proveniente de embalagens de água mineral foi moído em moinhos de facas (MECANOFAR – MF 300), e em seguida realizou-se através de homogeneização a mistura com os componentes da fase dispersa, sendo estes o pó de fumo e o negro de fumo (furnex N-762).

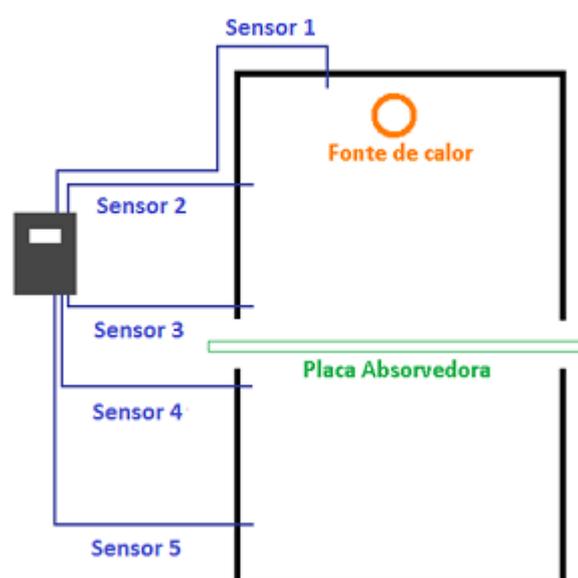
Os teores das formulações estudadas são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Teores das formulações estudadas

Amostra - Sigla	Teor de PP (%)	Teor de pó de fumo (%)	Teor de negro de fumo (%)
PP Puro	100	-	-
PP + 10% PF	90	10	-
PP + 15% PF	85	15	-
PP + 20% PF	80	20	-
PP + 25% PF	75	25	-
PP + 30% PF	70	30	-
PP + 6% PF + 6% NF	88	6	6
PP + 10% PF + 10% NF	80	10	10

A partir de cada uma das formulações estudadas, apresentadas na Tabela 1, foram desenvolvidas placas com dimensões de 400x400 mm e com espessura de 4 mm cada, as quais foram obtidas através de moldagem por compressão (180°C) em prensa de placas paralelas (MH EQUIPAMENTOS).

Após prontas, realizou o ensaio de determinação da variação de temperatura causada pela absorção de calor pelas placas, sendo realizado em um experimento de bancada conforme mostra o esquema do aparato na Figura 1, obtendo-se as temperaturas em diferentes distâncias a partir da fonte de calor.

Figura 1 – Esquema do aparato experimental

No equipamento apresentado na Figura 1 é possível mensurar as temperaturas a partir da fonte de calor até o sensor mais distante, avaliando assim a absorção de calor pelo gradiente de temperatura verificado. Os sensores são dispostos nas distâncias que seguem, a partir da fonte de calor: Sensor (spindle) 1 – 116,6 mm (distância horizontal) e 0 mm (distância vertical); Sensor (spindle) 2 – 138,3 mm (distância vertical); Sensor (spindle) 3 – 209,3 mm (distância vertical); Sensor (spindle) 4 – 249,6 mm (distância vertical); Sensor (spindle) 5 – 365,8 mm (distância vertical). Ressalta-se que a placa fica entre os sensores 3 e 4 a cerca de 20 mm em relação a cada um destes sensores.

As medidas de temperatura foram realizadas com termômetro digital portátil de 5 sensores (Penta III Full Gauge), além disso, foram avaliados em diferentes potências das fontes de calor (25W, 45W, 60W e 100W) e tempo (1h, 2h e 3h).

Além da absorção de calor, as propriedades mecânicas dos materiais desenvolvidos foram avaliadas utilizando-se os ensaios de:

Tração: foi realizado seguindo o procedimento descrito na norma ASTM D638. Os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaio EMIC DL 10.000, com velocidade do ensaio de 5 mm min⁻¹.

Flexão: foi realizado seguindo o procedimento descrito na norma ASTM D790, na máquina universal de ensaio EMIC DL 10.000, com velocidade do ensaio de 5 mm min⁻¹.

Determinação de dureza Shore D: foi realizado conforme o procedimento descrito na norma ASTM-D2240, com tempo de medida de 4s no equipamento Durômetro Shore GSD – 702 Teclock Politest, realizado em triplicata.

Densidade: foi realizado conforme descrito na norma ASTM D1895 em triplicata.

4 RESULTADOS

4.1 Absorção de Calor

Realizou-se o ensaio de aplicação simulada para demonstrar a influência da composição de cada placa na absorção de energia térmica

Os ensaios no aparato experimental foram realizados em todas as placas e também sem placa, onde notou-se uma perda de 5% de calor entre os sensores 3 e 4. Os resultados obtidos possibilitaram também visualizar o gradiente de temperatura ocorrido devido a absorção de cada placa conforme sua composição nas potências de 25W, 40W, 60W e 100W e em 1,2 e 3 horas.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 são apresentados a porcentagem da diferença de calor entre os sensores 3 e 4, isso é, o quanto de calor cada placa absorveu nas diferentes fontes de potência e nos diferentes tempos de ensaio.

Figura 2 - Diminuição de temperatura entre os sensores 3 e 4 com 25W de potência da fonte de aquecimento.

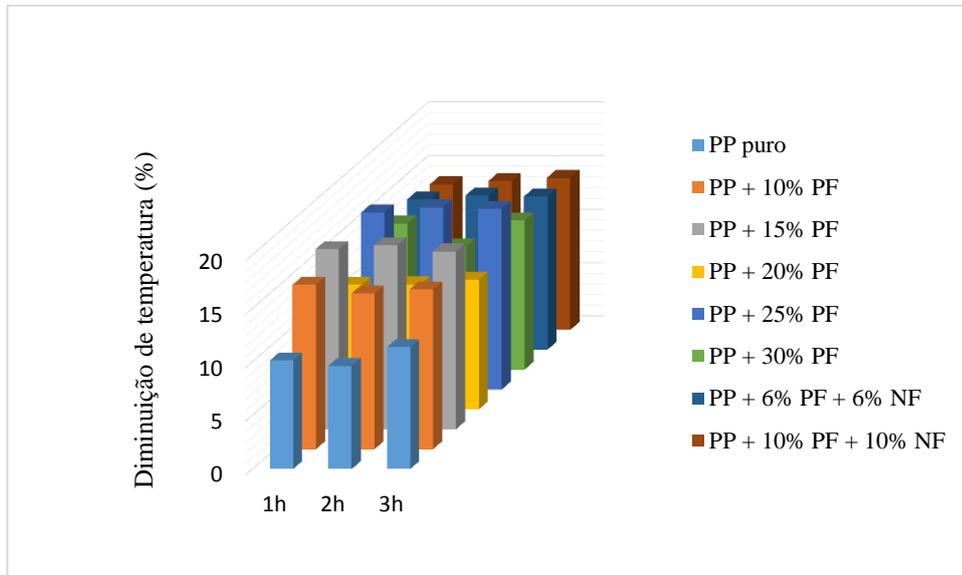


Figura 3 - Diminuição de temperatura entre os sensores 3 e 4 com 40W de potência da fonte de aquecimento.

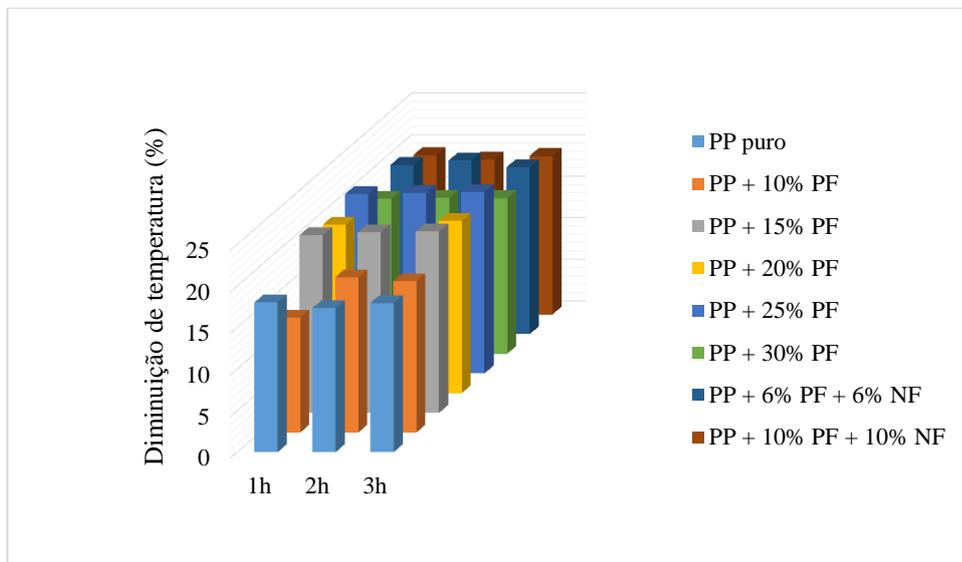


Figura 4 - Diminuição de temperatura entre os sensores 3 e 4 com 60W de potência da fonte de aquecimento.

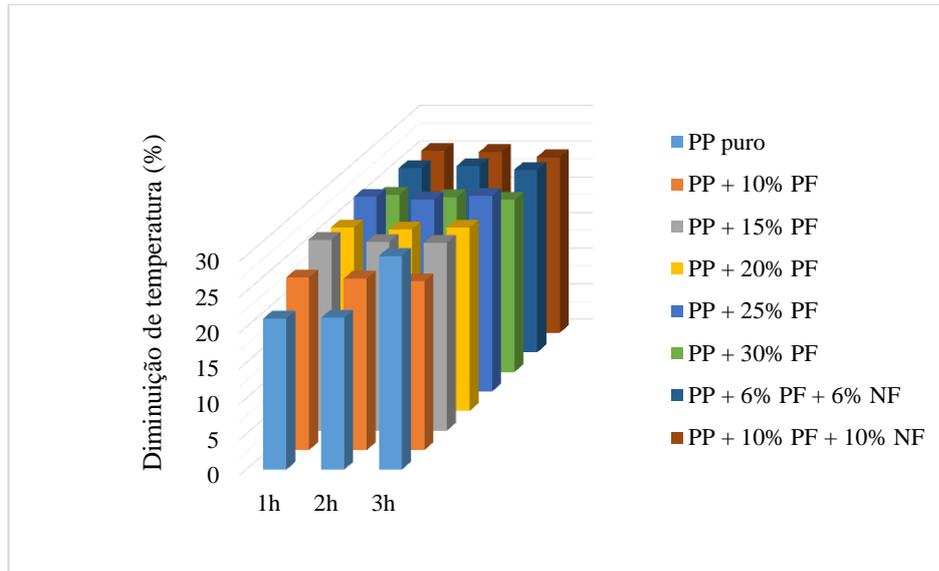
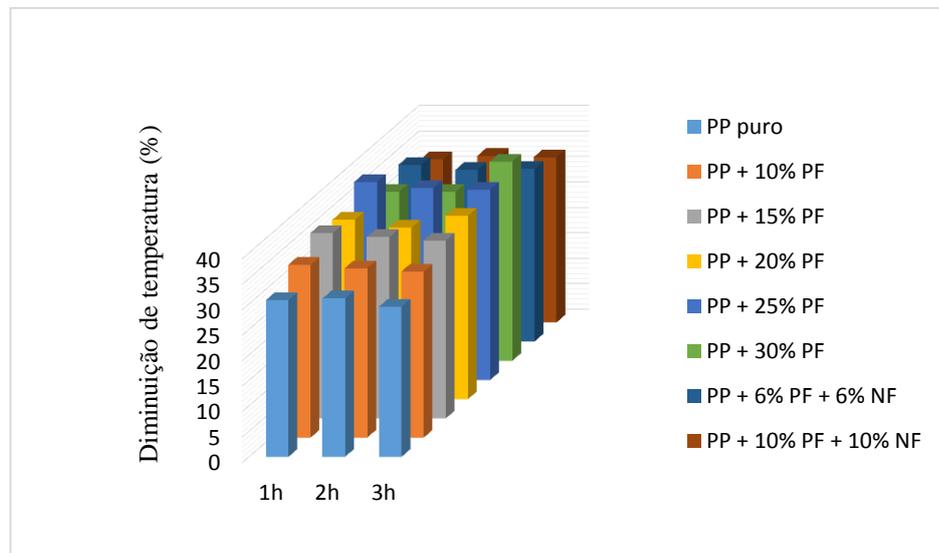


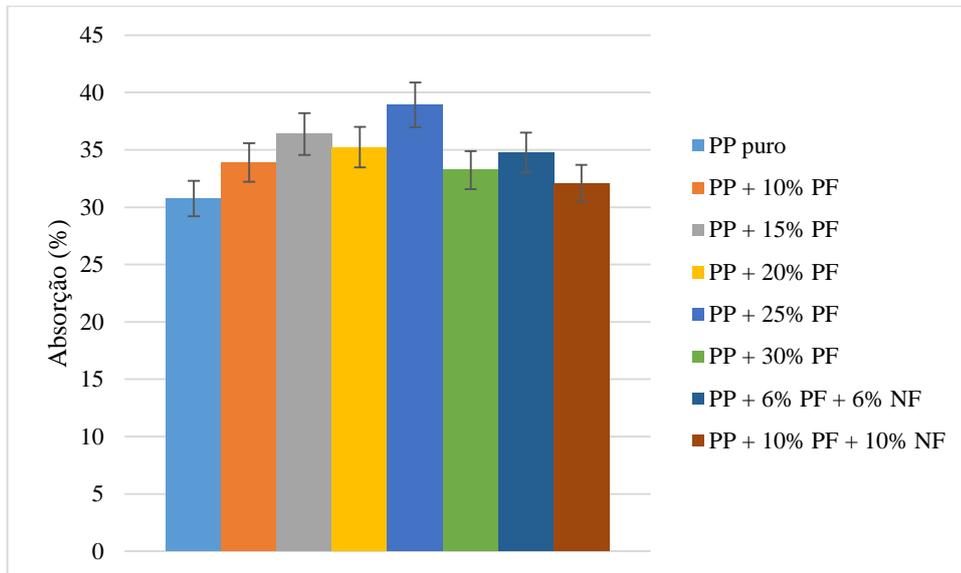
Figura 5 - Diminuição de temperatura entre os sensores 3 e 4 com 100W de potência da fonte de aquecimento.



Observou-se que o tempo não foi determinante para causar variações de temperatura diferenciadas, exceto para a amostra de PP na potência de 60W e na amostra de PP + 20% PF na potência de 40W, nestes casos, as diferenças medidas podem ter sido causadas por variações da temperatura ambiente.

Diante disso, para uma análise mais clara dos resultados avaliou-se os resultados em 1 hora de ensaio e em fonte de potência de 100W, onde o gradiente de temperatura entre os sensores 3 e 4 foram maiores. Os resultados obtidos são exibidos na Figura 6.

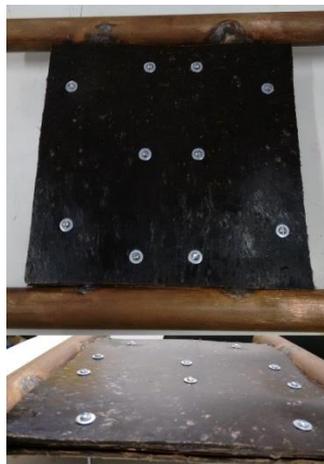
Figura 6 - Absorção térmica das placas na fonte de potência de 100W



Os resultados mostraram que os compósitos têm grande potencial para serem usados quanto a sua absorção térmica, assim como suas fases de dispersas que mostraram um aumento de ganho energético em relação ao PP puro, em especial a formulação com 25% de pó de fumo que mostrou um aumento de cerca de 9%.

Portanto, fabricou-se um protótipo para aplicação no coletor solar em escala reduzida com a formulação de 25% de pó de fumo, conforme apresentado nas fotos da Figura 7.

Figura 7 - Protótipo de placa absorvente para aplicação

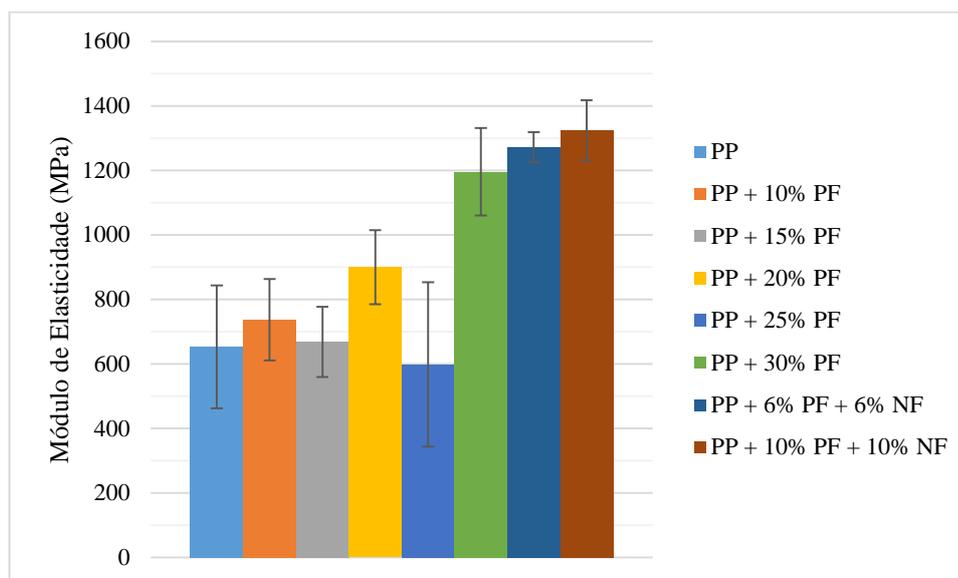


4.2 Ensaio de Tração

Um dos parâmetros dos materiais que o ensaio nos permite analisar é o módulo de elasticidade, isso é, uma medida de rigidez do material.

Os resultados dos compósitos e do PP puro são apresentados na Figura 8.

Figura 8 - Módulo de elasticidade em tração

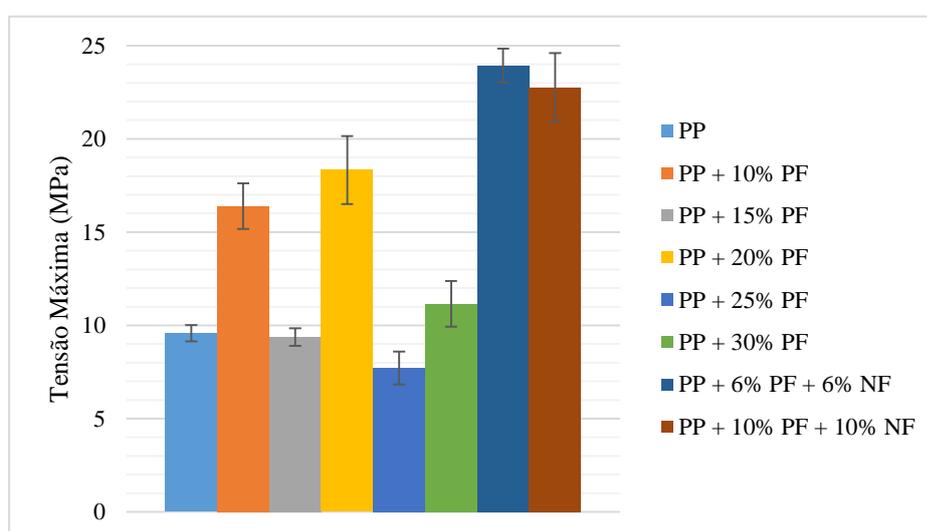


As formulações com negro de fumo tornaram-se mais rígidas que as demais, assim como a formulação com 30% de pó de fumo.

Outro parâmetro analisado quanto ao ensaio de tração é a tensão na força máxima, ou seja, a resistência mecânica do material quando solicitado a esse tipo de esforço.

Os resultados dos compósitos e do PP puro são apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Tensão na força máxima em tração



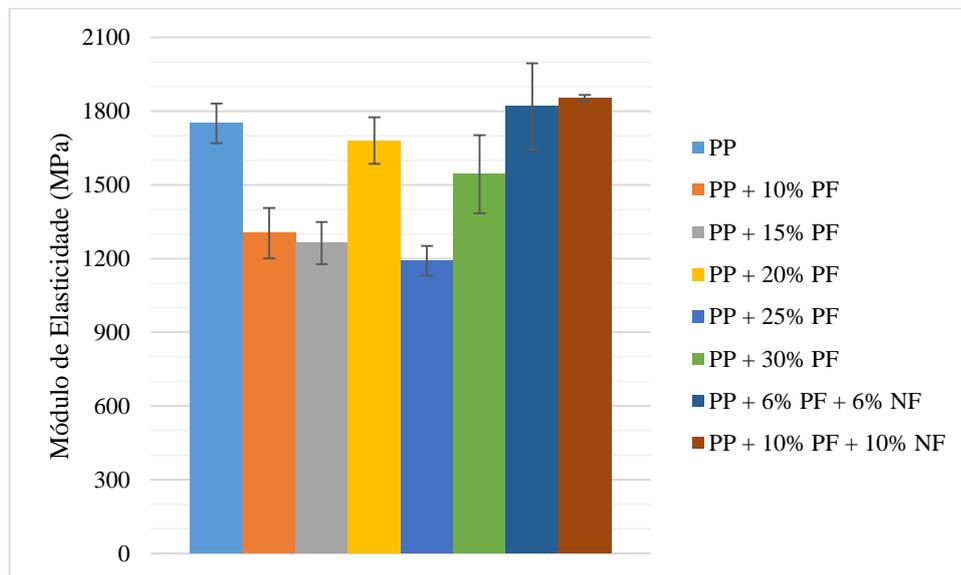
Os resultados indicaram maior resistência mecânica dos compósitos com negro de fumo e apenas os com 15% e 25% de pó de fumo não se tornaram mais resistentes em comparação ao PP puro.

4.3 Ensaio de Flexão

Um dos parâmetros dos materiais que este ensaio permite analisar é o módulo de elasticidade, isso é, uma medida de rigidez do material quando submetido à flexão.

Os resultados dos compósitos e do PP puro são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Módulo de elasticidade em flexão

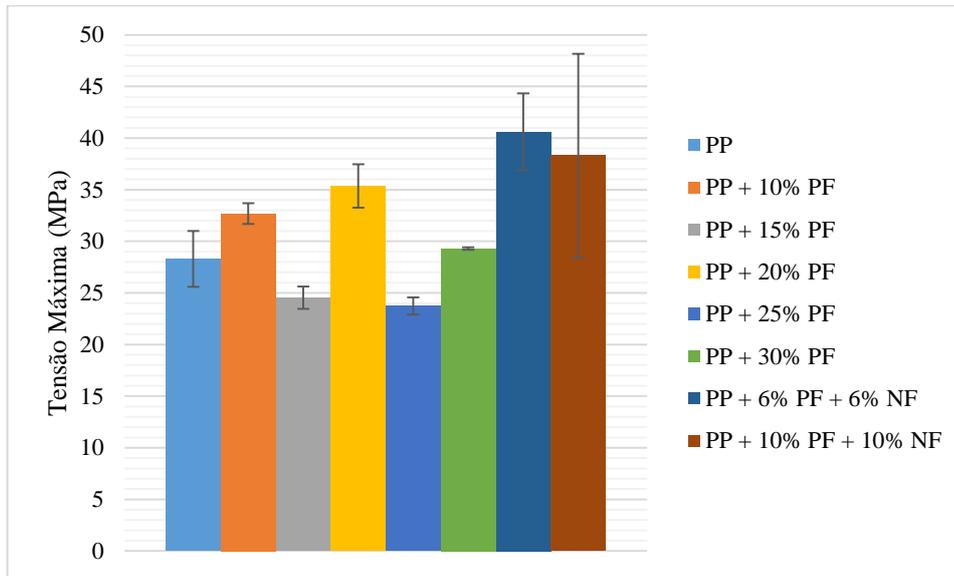


Através dos resultados foi possível visualizar que apenas as formulações com negro de fumo tornaram-se mais rígidas que o PP puro, e que todas as outras formulações se tornaram mais flexíveis.

Outro parâmetro analisado quanto ao ensaio de flexão é a tensão na força máxima, ou seja, a resistência mecânica do material quando solicitado a esse tipo de esforço.

Os resultados dos compósitos e do PP puro são apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Tensão na força máxima em flexão

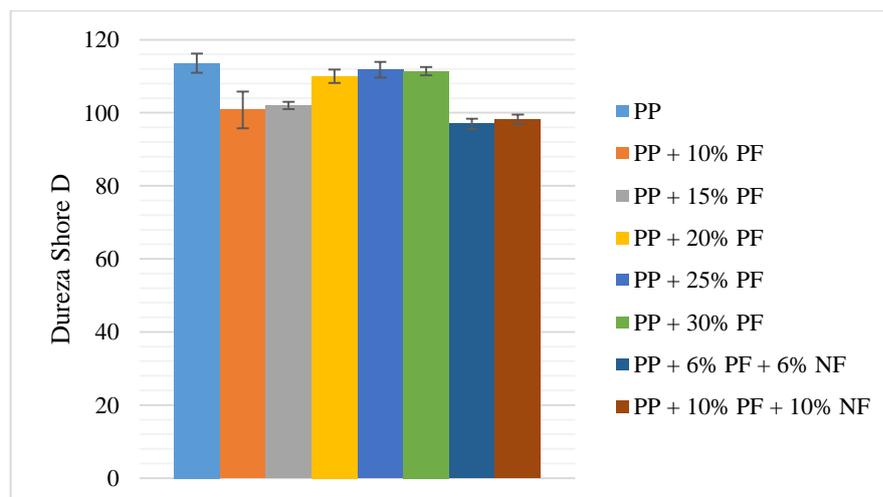


Os resultados indicaram maior resistência mecânica dos compósitos com negro de fumo e apenas os com 15% e 25% de pó de fumo não se tornaram mais resistentes em comparação ao PP puro.

4.4 Dureza Shore D

A dureza Shore D nos mostra a dureza superficial do material. Na figura 12 são apresentados os resultados dos compósitos no teste.

Figura 12 - Dureza Shore D

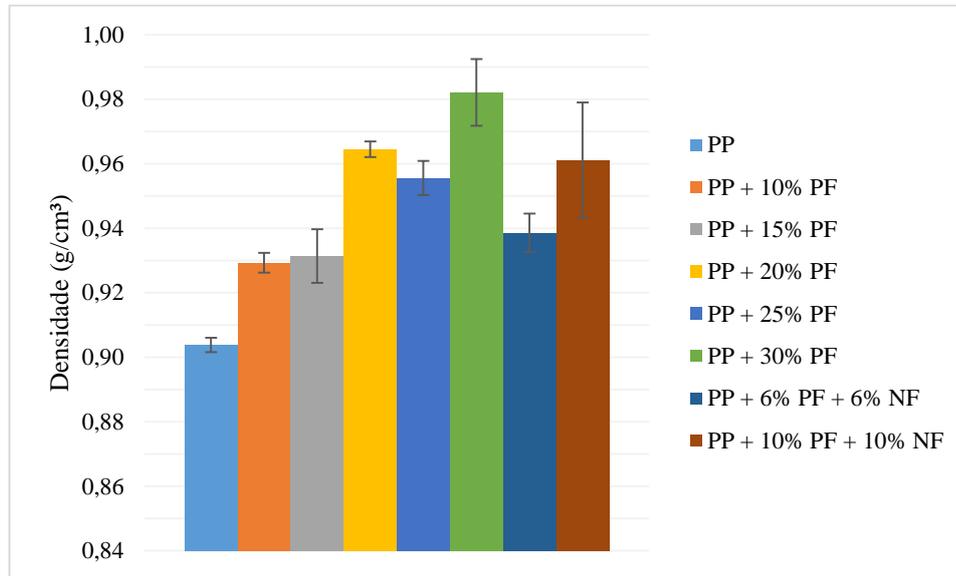


Os resultados mostram que em relação ao PP puro os compósitos estudados se tornaram menos duro, contudo notou-se que conforme adicionar fase dispersa a dureza superficial do material aumenta, em especial em relação ao pó de fumo.

4.5 Densidade

Os resultados dos ensaios de densidade para os compósitos e o polipropileno puro são apresentados na figura 13.

Figura 13 - Densidade



Os resultados mostraram que em geral conforme se adiciona fase dispersa, aumenta-se a densidade dos compósitos e que o negro de fumo não interfere tão quanto o pó de fumo nessa propriedade. Ainda assim, todos os compósitos apresentam densidade abaixo de 1g/cm^3 mantendo, portanto, a vantagem de ser um material leve.

5 CONCLUSÃO

No geral os compósitos mostraram densidade baixa, grande potencial para aplicação no coletor solar e uma adesão fibra/matriz satisfatória, contudo, algumas proporções, como os de 15% e 25% de pó de fumo, tornaram-se mais fracos mecanicamente. De outro modo, essas formulações foram as que apresentaram os maiores gradientes térmicos de absorção, tornando essas formulações as mais interessantes para a aplicação no coletor.

Além disso, percebeu-se que o negro de fumo melhora significativamente as propriedades mecânicas dos materiais, tornando-se uma opção interessante. Ainda, pode-se complementar a importância de uso deste aditivo uma vez que ele contribui para a não ocorrência de degradação do material, e substitui parte do polímero empregado no produto, diminuindo o custo deste.

Logo, em vista das preocupações ambientais e em busca de alternativas para os atuais materiais utilizados para as placas absorventes, os compósitos destacam-se pela facilidade de manipulação devido a sua densidade e pelos bons resultados quanto à absorção térmica.

REFERÊNCIAS

ALLCOCK, H. R.; LAMPE, F. W. *Contemporary Polymer Chemistry*. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990.

CALLISTER, W. D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2002.

KUDISH, A. et. al. Simulation study of a solar collector with a selective coated polymeric double walled absorber plate. *Energy Conversion and Management*, v. 43, p. 651-671, 2002.

Standard Test Methods for Apparent Density, Bulk Factor, and Pourability of Plastic Materials. *American Society for Testing and Materials*, ASTM D1895 – 96 - United States: ASTM, 1996.

Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness, *American Society for Testing and Materials*, ASTM D2240 – 05, United States: ASTM, 2005.

Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, *American Society for Testing and Materials*, ASTM D638 - 08, United States: ASTM, 2008.

Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, *American Society for Testing and Materials*, ASTM D790-07- United States: ASTM, 2007.

WINCK, P. R; *Estudo de viabilidade técnica da queima de resíduos gerados em uma indústria de tabaco para obtenção de energia térmica a ser aproveitada em uma caldeira geradora de vapor*, 2011. 49f; Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

Como citar este documento:

MASSULO, Leonardo Azevedo; RODRIGUEZ, Adriane de Assis Lawisch; MÄHLMANN, Cláudia Mendes. Desenvolvimento de compósitos poliméricos baseados em polipropileno reciclado visando o uso como placas absorvedoras de energia solar. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 6, n. 1, jun. 2016. ISSN 2237-048X. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/7293>>. Acesso em: ... doi:<http://dx.doi.org/10.17058/rjp.v6i1.7293>.