

PRODUÇÃO DE PRÓTESES MÉDICAS A PARTIR DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS FORMADOS COM RESÍDUOS DE ROCHAS E PLA

Gabriela Fernandes Lacerda

Aluno de Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro 10º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM : agosto de 2015 a julho de 2016, glacerda@cetem.gov.br

Roberto Carlos Ribeiro

Orientador, engenheiro químico.

rcarlos@cetem.gov.br

Resumo

A deficiência é um tema de direitos humanos e como tal obedece ao princípio de que todo ser humano tem o direito de desfrutar de todas as condições necessárias para o desenvolvimento de seus talentos e aspirações. Existem no mundo 650 milhões de pessoas que vivem com algum tipo de deficiência física, sendo a inclusão social dessas pessoas um grande desafio a ser enfrentado. Com o avanço da tecnologia hoje temos acesso a impressoras 3D que nos possibilitam a fabricação de diversos produtos. Baseado nisto, gerar próteses de membros humanos, a partir de um polímero por um custo bem inferior ao de uma prótese normal pode ser uma solução para sanar diversos problemas relacionados com a deficiência física. No entanto, um dos principais polímeros utilizados nesse tipo de impressão é o poliácido lático (PLA) que não apresenta propriedades mecânicas adequadas para a geração das próteses. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é a incorporação de cargas minerais, especificamente, resíduos gerados no beneficiamento de mármore, para conferir maior resistência mecânica ao compósito final. O resíduo foi caracterizado por FRX e DRX e os compósitos foram processados, com incremento de 1%, 3% e 5% de carga de resíduo, injetados e submetidos a ensaios de resistência mecânica e química. De acordo com os resultados obtidos, os resíduos gerados podem ser utilizados como carga na matriz do PLA aumentando de 1 MPa para 3 MPa o módulo de flexão. Além disso, não se observou risco à saúde humana da utilização desses resíduos, segundo especificações da US EPA.

Palavras- chave: Resíduo de rocha ornamental, compósito polimérico, prótese.

PRODUCTION OF MEDICAL IMPLANT FORMED WITH DIMENSION STONES AND PLA

Abstract

Disability is a human rights issue and as such follows the principle that every human being has the right to enjoy all the necessary conditions for the development of their talents and aspirations. The world has 650 million people living with some form of disability, and social inclusion of these people a great challenge to be faced. With the advancement of technology today have access to 3D printers that enable us to manufacture various products. Based on this, prostheses generate human members from a polymer and for a lower cost than a normal prosthesis may be a solution to solve many problems related to physical disability. However, a major polymers used in this type of

printing is lactic polyacid (PLA) which does not have adequate mechanical properties for the generation of the prosthesis. Thus, the objective of this work is the incorporation of mineral fillers, specifically, waste generated in marble processing, to provide greater mechanical strength to the final composite. The residue was characterized by XRD and XRF, and the composites were processed, an increase of 1%, 3% and 5% residual charge injected and subjected to mechanical and chemical resistance tests. According to the results, the generated waste may be used as a filler in the matrix of the PLA increasing from 1 MPa to 3 MPa flexural modulus. Furthermore, there was no risk to human health from the use of such waste, according to the US EPA specifications.

Keywords: Dimension Stone residues, polymeric composite, prostheses.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) cerca de 10% da população mundial, vive com algum tipo de deficiência, sendo que 20 % delas estão entre os países mais pobres do mundo. No Brasil, segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE,2010) temos que 1,3% da população tem algum tipo de deficiência física e quase metade desse total (46,8%) tem grau intenso ou muito intenso de limitações. A deficiência é um tema de direitos humanos e como tal obedece ao princípio de que todo ser humano tem o direito de desfrutar de todas as condições necessárias para o seu desenvolvimento. No entanto, sabemos que a maioria das pessoas portadoras de algum tipo de deficiência não possui acesso às próteses devido ao seu alto custo.

Com o avanço da tecnologia das impressões 3D hoje se pode fabricar diferentes materiais a partir de camadas sobrepostas de resina de polímeros a partir de máquinas que custam de 3 à 5 mil reais. Dessa forma, aproveitar essa tecnologia para geração de próteses humanas poderá atender a milhares de pessoas. No entanto, um dos polímeros de maior adequação às máquinas 3D é o poliácido láctico, que não apresenta propriedades mecânicas 100% adequadas para geração de próteses humanas. Com isso, torna-se necessário a inserção de cargas minerais (Lima, 2007) para que as propriedades mecânicas possam ser atingidas. Nesse contexto, aparece o setor de rochas ornamentais, onde o Brasil responde pela 4ª posição mundial de produção. Atrrelada a essa produção há uma geração de resíduos gerados desde a lavra ao beneficiamento, que correspondem a 70%, em massa de todo o material produzido para o consumo.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho incorporar resíduos gerados no beneficiamento de mármore como carga na matriz do poliácido láctico para reforçar sua estrutura e permiti a geração de próteses humanas.

3. METODOLOGIA

3.1 Características dos Materiais Utilizados

Utilizou-se resíduo de mármore branco proveniente de Cachoeiro de Itapemirim ES. (< 0,037 mm), caracterizado por FRX e DRX pela COAM do CETEM e um poliácido láctico (PLA) da Brasken. As concentrações de resíduo foam: 1%, 3% e 5%, em massa..

3.2 Preparação dos Compósitos

Para o preparo na câmara de mistura, os materiais foram previamente secos (60°C) por 24 h e as formulações foram processadas (Tabela 1) em câmara de mistura interna acoplado a um reômetro de torque Haake com rotores do tipo ROLLER contrarrotantes a uma razão de velocidade de 2:3 na temperatura de 185°C. A velocidade dos rotores foi ajustada em 60 r.p.m. O tempo total de mistura de 4 min. foi determinado a partir da curva de torque *versus* tempo, onde o torque final expresso em Nm e a energia específica estão J/Kg, respectivamente. O cálculo da massa das fibras e do polímero foi feito em relação ao volume de 69 cm³. Esse valor representa o volume livre da câmara interna equipado com os rotores do tipo ROLLER acoplados ao reômetro de torque, usando o fator de preenchimento de 70%. A concentração dos materiais foi expressa em percentagem (%). Por fim, todas as misturas foram moídas em um moinho de duas facas da marca SEIBT com velocidade de rotação de 1.150 r.p.m.

As amostras armazenadas foram moldadas por injeção em uma máquina de injeção semi-industrial Battenfeld, modelo PLUS 75 para a realização posterior dos ensaios de propriedades mecânicas. Os parâmetros de injeção foram: temperatura de 155°C, pressão entre 100 e 120 bar, velocidade máxima de injeção 85%, temperatura do molde de 30°C, pressão máxima de recalque 100bar e pressão de fechamento 120 bar..

Tabela 1: Composição dos compósitos de PLA e resíduo de mármore.

	1% de resíduo	3% de resíduo	5% de resíduo
Volume total	48,7900	48,7900	48,7900
Volume PLA	48,3021	47,3263	46,3505
Volume do resíduo	0,4879	1,4637	2,4395
Massa PLA	59,8946	58,6846	57,4746
Massa de resíduo	1,4149	4,2447	7,0746

3.3 Ensaios de resistência mecânica

Os ensaios de módulo elástico por frequência de vibração longitudinal foram realizados empregando a técnica de excitação por impulso (*Impulse Excitation Technique*) utilizando o aparelho *Sonelastic*[®] *Stand Alone* nas amostras antes e após a realização dos ensaios de resistência ao ataque químico (ABNT/NBR 13.818, anexo H) e do ensaio de degradação por raios UV (ASTM G154).

3.4 Aspectos Colorimétricos

Utilizou-se o aparelho spectro-guide 45/0 gloss para realizar as medições de cor das amostras antes e após a realização dos ensaios. O aparelho fornece os valores de L (claro-escuro); a (verde-vermelho) e b (azul-amarelo).

3.5 Avaliação de Risco à Saúde Humana

Os cálculos do risco foram realizados utilizando as planilhas da CETESB e os cálculos foram feitos com base na análise química

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise Química, Mineralógica e Avaliação de Risco à Saúde Humana

A análise química do resíduo indicou a presença de 50% de CaO, 10% de MgO e 35% de perda ao fogo, este relacionado com a presença de carbonatos. A composição mineralógica indicou picos específicos da calcita. Em relação à avaliação do risco à saúde humana, todos os elementos encontraram-se abaixo dos limites especificados pela US EPA, 2016

4.2 Módulo elástico

A Figura 1 apresenta os resultados de módulo de elasticidade das amostras antes e após a realização dos ensaios de resistência ao ataque químico e degradação UV. A partir da análise das amostras são verificadas que com o aumento do teor de carga mineral houve um aumento do módulo de elasticidade, indicando que a aplicação dessas cargas minerais aumentou a rigidez dos compósitos, tendo em vista a maior rigidez das partículas de mármore frente ao PLA. Pode-se observar também que após a exposição das amostras aos raios-UV há um aumento do módulo de elasticidade indicando que não ocorrem perdas de propriedades mecânicas, uma vez que os polímeros normalmente apresentam uma diminuição da rigidez quando expostos a degradação UV.

Quando expostas aos ensaios de resistência ao ataque químico as amostras apresentaram uma pequena diminuição no seu módulo de elasticidade, indicando a boa resistência mecânica do material produzido. Além disso, é importante ressaltar que esse polímero isento de carga mineral apresenta um valor de módulo elástico em torno de 1,0 MPa e que a adição de carga praticamente triplica os valores de resistência mecânica.

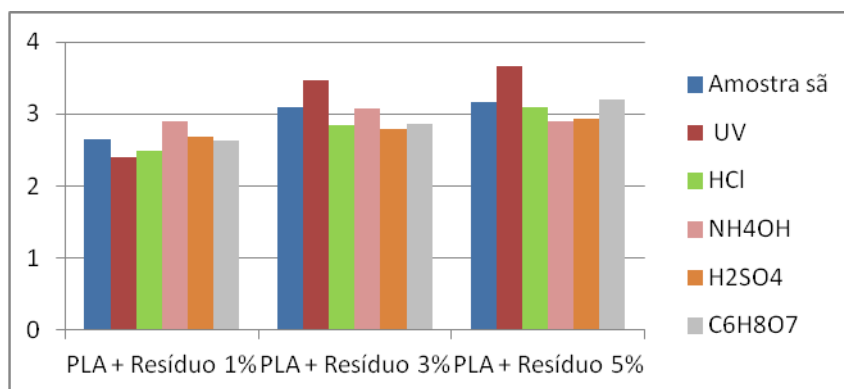


Figura 1: Módulo de elasticidade (MPa) dos compósitos nas concentrações de 1%, 3% e 5% antes e após os ensaios de intemperismo.

4.2 Aspectos colorimétricos

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de distribuição colorimétrica dos compósitos antes e após os ensaios de resistência ao ataque químico e degradação UV. No eixo L, que representa claro ($L > 50$) e escuro ($L < 50$) observam-se alterações quando as amostras foram submetidas aos ensaios de raios UV, houve diminuição de seus valores de L de 91 para 85°, o que caracteriza que as amostras ficaram mais escuras

quando submetidas à radiação UV. As amostras submetidas aos ensaios de resistência química não apresentaram diferenças colorimétricas significativas.

Tabela 1: Aspectos colorimétricos dos compósitos antes e após intemperismo.

%	Eixos	UV		HCl		C6H8O7	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
1%	L/a/b	87/1/5	85/1/4	81/1/5	82/1/6	87/1/5	88/1/5
3%	L/a/b	90/1/5	85/1/4	82/1/5	83/1/6	87/1/5	88/1/5
5%	L/a/b	91/1/5	86/1/5	82/1/5	82/1/5	89/1/5	89/1/5

%	Eixos	NH4OH		H2SO4	
		Antes	Depois	Antes	Depois
1%	L/a/b	84/1/5	85/1/5	87/1/5	89/1/5
3%	L/a/b	86/1/5	86/1/5	88/1/6	88/1/6
5%	L/a/b	84/1/5	86/1/5	86/1/6	88/1/6

5 CONCLUSÕES

A partir dos ensaios realizados pode-se concluir que a adição de teores crescentes de resíduo de mármore ao PLA contribui para o aumento da rigidez do compósito, tornando o compósito polimérico mais resistente, chegando-se a cerca de 3MPa de módulo de flexão, o que reflete um aumento de resistência mecânica de três vezes, se comparado ao polímero sem carga. Além disso, quando exposto aos ensaios de resistência ao ataque químico e aos raios-UV as amostras não sofreram alterações significativas.

6 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, à CATE, ao CETEM e ao INT pela infra-estrutura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 13818:** Placas cerâmicas para revestimento-especificação e métodos de ensaios/ Rio de Janeiro, 1997. ASTM, American Society for Testing and Materials, ASTM G 154, Operação de Equipamento de Luz Fluorescente para exposição UV de Materiais não Metálicos, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo 2010.

LIMA, A. B. T., Aplicações de Cargas Minerais em polímeros. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil). 2007.