

OBTENÇÃO E ESTUDO DE UM COMPÓSITO COM RESINA POLIÉSTER E CARGA DE CASCA DE OVO DE GALINHA

Micaela de Freitas Andrade, freitas.micaela@gmail.com¹
Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br¹
Marcos Vinicius Sousa dos Santos, marcosv_ss@hotmail.com¹
Ivanca de Medeiros Dantas, ivancamedeiros@hotmail.com¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Natal, Brasil.

Resumo: Este trabalho apresenta o estudo e caracterização de um material compósito obtido da mistura de resina poliéster e resíduos de casca de ovo de galinha. As cascas foram coletadas, secas e quebradas para obtenção de três granulometrias. As matrizes usadas foram as resinas poliméricas ortoftálicas e tereftálicas com porcentagem de 100% de resíduo em relação a massa de matriz, em função de testes preliminares para diagnosticar a saturação. Os corpos de prova foram submetidos a testes para caracterizá-los de acordo com suas propriedades mecânicas, resistência a tração, flexão e impacto, densidade e absorção de água. Como o esperado, o compósito proposto apresentou menor resistência mecânica que a matriz, caracterizando o resíduo como carga. Nesse sentido, as formulações do compósito devem ser aplicadas em estruturas com baixa solicitação de resistência mecânica. A densidade aparente do compósito não apresentou variações significativas dessa propriedade em relação a resina. A maior qualidade deste compósito é a redução da quantidade de resina utilizada, uma vez que a carga pode chegar a 100% em relação a matriz, reduzindo o custo do material obtido.

Palavras-chave: material compósito, resíduo, casca de ovo, caracterização.

1. INTRODUÇÃO

A busca por aproveitar o máximo que a matéria-prima pode oferecer tem merecido destaque em recentes pesquisas científicas para a obtenção de materiais com propriedades mecânicas, físicas e térmicas desejadas. Com esse propósito, os compósitos têm sido utilizados em larga escala, principalmente aqueles que possuem resíduos em sua composição. Essa vertente deve-se à busca de minimizar os efeitos danosos da exposição desses resíduos na natureza (MOTA, 2016).

O apelo ecológico, a degradação ambiental pela deposição de materiais de rejeito e imensa variedade de rejeitos levaram à mudança da definição de compósito. Antes se considerava apenas a mistura de materiais que proporcionasse maior resistência mecânica e, atualmente, as cargas são incluídas como elementos formadores de compósitos. Ressalte-se, ainda, que a retirada desses materiais do meio ambiente minimiza os efeitos danosos causados à sustentabilidade do planeta (MOTA, 2016).

A industrialização de ovos (ovos em pó, líquidos, congelados, etc.) proporciona vantagens econômicas, extensão da vida útil do produto, facilidades no transporte e conservação, porém, gera um número expressivo de cascas, sendo ainda consideradas como resíduos. Sabendo-se que a casca representa 10% do peso do ovo, resíduo gerado corresponde a cerca de 5,92 milhões de toneladas por ano em todo o mundo (OLIVEIRA, BENELLI, AMANTE, 2009).

A casca do ovo é uma rica fonte de sais minerais, servindo como base para desenvolvimento de produtos na indústria cosmética, suplementos alimentares, bases biocerâmicas, fertilizantes, implantes ósseos e dentários e como agente antitártaro em cremes dentais (MURAKAMI, 2006).

O compósito objeto de estudo deste trabalho foi obtido da mistura de matriz de resina poliéster, ortoftálica e resíduos da casca de ovo, para três granulometrias. Escolheu-se o percentual de carga do resíduo correspondente a 100% em massa, em função de testes para o diagnóstico da saturação da mistura.

A caracterização do compósito foi feita obedecendo às normas pertinentes e foram avaliadas, entre outras, as propriedades térmicas, as resistências mecânicas a tração, flexão e impacto, densidade, absorção de umidade (água destilada e água do mar) e ensaio de envelhecimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

São apresentadas as descrições resumidas dos materiais, processos de fabricação e a metodologia para determinar as propriedades mecânicas, físicas e químicas do compósito obtido.

2.1. Materiais

As resinas e catalizador utilizados na fabricação dos compósitos propostos foram adquiridos diretamente de uma distribuidora Redelease de São Paulo/SP, ao custo de R\$25,00/kg (ortoftálica) e R\$21,00/Kg (tereftálica). Os resíduos utilizados como carga no compósito foram provenientes de ovos de galinha, a casca do ovo. As cascas de ovo foram doadas por uma padaria de Parnamirim/RN.

A escolha das resinas foi baseada no seu baixo custo aliado a fácil manipulação do material. A fabricação dos compósitos com resinas poliéster não necessitam da disponibilidade de grandes equipamentos, trabalhando-se em baixas temperaturas e sem risco de acidentes de trabalho.

O provedor de cura utilizado foi Butanox M50, com percentual de 2% em massa em relação a matriz, fabricado pela Redelease. O desmoldante utilizado foi a cera de carnaúba para obter-se uma superfície melhor acabada, além de facilitar a retirada dos corpos de prova do molde.

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de caracterização foram fabricados a partir de placas confeccionadas em moldes conforme as dimensões especificadas pelas normas ASTM de cada ensaio. Na fabricação dos corpos de prova para os ensaios de tração, flexão e impacto foram utilizados moldes de ferro fundido com dimensões que obedeciam às normas pertinentes.

Para a realização dos experimentos foram empregados outros materiais tais como misturadores, Baker, balança digital, alicate, espátula e outras ferramentas. A água destilada, utilizada no ensaio de absorção de água, foi produzida em um destilador solar fabricado no LMHES/UFRN. A água do mar para o mesmo ensaio foi coletada na praia de Ponta Negra, em Natal/RN. Recipientes de polietileno de baixa densidade linear (PEBDL) foram reaproveitados para misturar e manipular os materiais para a fabricação dos compósitos.

2.2. Métodos

Para obtenção e processabilidade da carga da casca de ovo e posterior fabricação do compósito foram adotados procedimentos descritos no fluxograma da Figura 1.

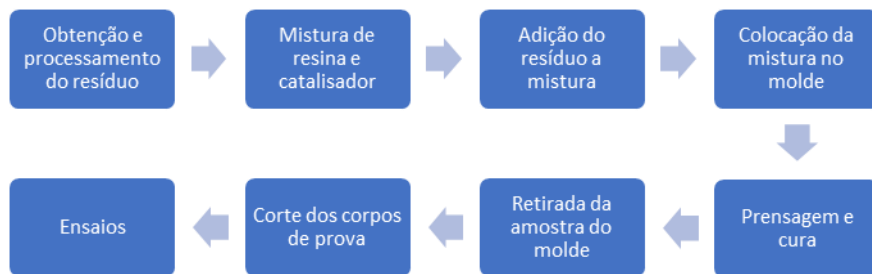


Figura 1. Fluxograma das etapas do processo de fabricação dos CPs do compósito proposto.

Após coleta, as cascas de ovos foram postas para secagem solar por um dia, sendo recolhida a noite, em um secador confeccionado a partir de sucata de tambor fabricado no LMHES da UFRN, objeto da dissertação de mestrado de Silva (2013).

A trituração do material foi realizada manualmente para obtenção das granulometrias grossa (G3) e média (G2), enquanto que um liquidificador doméstico foi usado para obtenção pó (G1). Desta forma, foram fabricados corpos de prova para as três granulometrias mostradas na Figura 2 e dimensões de grão são apresentadas na Tabela 1.



Figura 2. Diferentes granulometrias do resíduo de casca de ovo: G1, G2 e G3.

Tabela 1. Dimensões das granulometrias utilizadas.

Granulometria	Dimensão (mm)
G1	0,6 – 0,5
G2	1,20 – 1,50
G3	2 – 3,35

Antes de se iniciar o processo de fabricação dos corpos de prova foram definidas as formulações a serem estudadas. Através de testes de saturação, foi escolhido o percentual de 100% em massa de resíduo em relação às matrizes utilizadas. Desta forma, os compósitos fabricados variaram as granulometrias (G1, G2 e G3) e matrizes (resina poliéster ortoftálica e tereftálica).

O processo de fabricação dos corpos de prova utilizado foi o de moldagem e por compressão a frio. O desmoldante foi aplicado no molde para garantir uniformidade na cobertura, a fim de facilitar a retirada das placas, obtendo bom acabamento.

O processo para a fabricação do compósito foi o mesmo, independente do molde a ser utilizado. Inicialmente, o molde era preparado com a aplicação do desmoldante nas superfícies que entravam em contato com o compósito. Em seguida, utilizando uma balança de precisão eram realizadas as pesagens das quantidades de resina, catalisador e resíduo serem utilizados.

De acordo com recomendação do fabricante, era necessário o uso de 2% em massa de catalisador em relação a quantidade de resina. Após a adição do catalisador, o resíduo era adicionado de forma graduada para realizar a completa mistura entre a matriz e a carga.

Em seguida a mistura de resina e resíduo foi colocada no molde fechado e levado a prensa hidráulica da marca Marcon (capacidade máxima de até 10 toneladas), onde aplicava-se carga de 2 toneladas até a total solidificação total do material, a qual dura 12 horas. O processo de prensagem visava garantir a distribuição homogênea da mistura dentro e a diminuição da presença de bolhas e outros defeitos no interior da placa.

Após a espera do tempo de cura, as placas foram retiradas do molde cuidadosamente para não provocar danos a amostra. O processo de fabricação do compósito finalizou-se com o corte das placas, utilizando uma serra de disco de bancada, para a obtenção dos corpos de prova a serem ensaiados.

2.2.1. Levantamento das propriedades físicas

Para obtenção das propriedades mecânicas do compósito foram realizados ensaios de tração, flexão e impacto. Os ensaios de tração e flexão em três pontos mecânicos foram realizados utilizando-se uma máquina Shimadzu AG-X, com capacidade de 300kN. Foram utilizados cinco CPs para cada formulação.

O ensaio de tração seguiu a norma ASTM-638-10 e o de flexão de três pontos, a norma ASTM D-790. A Figura 14 mostra a máquina utilizada nos ensaios de tração e flexão.

Para o ensaio de Impacto Charpy foi utilizado pêndulo analógico da máquina VEB WERSTOFFMASCHINEN LEIPZIG, que indicava o valor de energia absorvida pelo material, com metodologia da ASTM E 23, utilizando cinco corpos de prova com dimensões por ela indicadas.

2.2.2. Ensaio térmico

Para levantamento das propriedades termofísicas o analisador de propriedades KD2 Pro fabricante pela Decagon Devices foi utilizado. Foram obtidas a condutividade térmica, capacidade térmica volumétrica, resistência térmica e difusividade das matrizes e das formulações do compósito.

2.2.3. Densidade aparente

Para obtenção da densidade das formulações do compósito proposto e das matrizes foi utilizado o densímetro digital do Laboratório de Mecânica dos Fluidos – LMF/UFRN, DSL 910 com repetitividade de $\pm 0,003\text{g/cm}^3$.

2.2.4. Absorção de água

As amostras e procedimentos para o ensaio de absorção de água seguiram a norma ASTM 570-98. Três amostras de dimensões 25mm x 25mm x 8mm foram submetidas de cada formulação foram imersas em dois líquidos diferentes, água destilada e água do mar.

Como a maioria dos materiais obtidos a partir de resina poliéster apresenta acabamento, tornou-se relevante a aplicação de uma película de resina nos corpos de prova, simulando tais acabamentos. Os corpos de prova foram obtidos a partir das placas de compósito para os ensaios de tração e flexão. Eles foram pesados antes da imersão, após 24 horas e semanalmente, durante 60 dias, até a estabilização.

2.2.5. Ensaio de envelhecimento

Com o passar do tempo os materiais podem sofrer degradações e ocasionar o comprometimento de suas propriedades. A degradação pode ser causada por agentes químicos, físicos ou mecânicos ou em simultaneidade. As modificações causadas ao material podem ser irreversíveis, sendo evidenciada pela deterioração progressiva de suas propriedades, incluindo o aspecto visual. Desta forma, o ensaio de envelhecimento deve ser realizado com o propósito de analisar a influência das condições naturais do meio sob o compósito estudado.

Oito corpos de prova, um de cada formulação e resinas matrizes, foram expostos a condições naturais de envelhecimento no Núcleo de Tecnologia Industrial da UFRN durante um ano. Cada amostra foi pesada e fotografada antes e após exposição, para poder comparar a mudança na aparência. As dimensões dos corpos de prova foram as mesmas dos utilizados no ensaio de tração e flexão.

2.2.6. Aplicação do compósito proposto

Observando-se a possibilidade de aplicações em peças ornamentais, o material compósito de matriz de resina poliéster ortoftálica e granulometria grossa (G3) foi utilizado na fabricação de uma bancada de pia de banheiro e um tampo de banco a fim de testar o despenho do material. A Figura 3 mostra as aplicações do compósito em fase de fabricação.



Figura 3. Bancada de pia e tampo de banco fabricados com o material compósito proposto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados dos ensaios utilizados para a caracterização do compósito proposto e estudado, a partir das matrizes poliéster tereftálica e ortoftálica e os resíduos obtidos de diferentes granulometrias da casca do ovo.

3.1. Caracterização

As resistências a tração (RT) medidas, dos corpos de prova de resina pura, foram inferiores à apresentada pelo fabricante, apresentando redução de 28,37% para a resina ortoftálica e 36,15% na resina tereftálica. Essa diferença pode estar associada aos problemas no processo de fabricação das amostras, assim como a perda de propriedades devido a mudança das condições ambientais de produção da resina até seu uso.

A resistência a flexão (RF) apresentou uma queda de 19,5% quando comparada à RF da resina ortoftálica cedida pelo fabricante. Enquanto que a resina tereftálica apresentou RF 33,8% menor do que a apontada pelo fabricante. Assim como no ensaio de tração, esses resultados podem ser justificados pela alteração de propriedades das resinas em função do transporte, mudança das condições ambientais e problemas no processo de fabricação das amostras. A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de tração e flexão para resinas e compósitos.

Tabela 2. Resultados do ensaio de resistência à tração.

Formulação (Ortoftálica)	RT (MPa)	RF (MPa)	Formulação (Tereftálica)	RT (MPa)	RF (MPa)
Resina	40,0	66,63	Resina	39,62	55,71
G1	37,33	14,82	G1	37,41	17,47
G2	28,51	14,46	G2	31,00	17,12
G3	26,93	12,57	G3	26,38	13,99

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostraram que à medida que se aumentava a granulometria havia um decréscimo da resistência mecânica do compósito.

Com os resultados do ensaio, pode-se constatar que adição do resíduo fragilizava o material, porém a menor granulometria apresentou comportamento mais próximo ao das matrizes. Esse comportamento pode ser explicado por a

menor granulometria facilitar a homogeneidade da mistura e melhorar a adesão entre as fases, diminuindo as descontinuidades que fragilizam o material.

O compósito proposto em suas três granulometrias apresentou comportamento mecânico à tração inferior ao das matrizes, resina poliéster ortoftálica e tereftálica, o que indica a fragilidade do material, caracterizando o resíduo como carga de enchimento devido sua adição diminuir a resistência mecânica a tração.

As resistências à flexão do compósito e das matrizes caíram quando comparados aos dados fornecidos pelo fabricante, porém o compósito possui melhor resistência à flexão do que tração.

Assim como na RT, houve perda de resistência à flexão à medida que aumentou os grãos, pelo fato de que as descontinuidades, geradas pela má compactação dos grãos e baixa adesão das fases, fragilizam o material.

Esses resultados não inviabilizaram o compósito nas configurações propostas, porém esse material não deve ser usado em aplicações com altas solicitações de carga.

Em relação as formulações de maior resistência mecânica, os compósitos de menor granulometria apresentaram melhor desempenho. O ensaio apontou ainda uma diferença entre as matrizes, onde a resina tereftálica obteve, em média, desempenho em RF 16% melhor do que a resina ortoftálica e na RT essa diferença cai para 14%.

3.2. Ensaio de Impacto Charpy

A Tabela 3 apresenta os resultados da energia absorvida no ensaio de impacto Charpy realizado com seis amostras de cada formulação e matriz proposta.

Tabela 3. Resultados da energia absorvida no Impacto Charpy.

Formulação (Ortoftálica)	Energia absorvida (J/cm²)	Formulação (Tereftálica)	Energia absorvida (J/cm²)
Resina	0,26	Resina	0,3
G1	0,22	G1	0,3
G2	0,12	G2	0,31
G3	0,1	G3	0,34

A capacidade de absorção de energia decresce à medida que se aumenta o tamanho do grão na resina ortoftálica. No entanto, o aumento da energia absorvida nas amostras de matriz de resina tereftálica pode-se considerar irrelevante pelo fato da mudança de granulometria ocasionar acréscimo apenas na segunda casa decimal.

3.3. Ensaio térmico

A Tabela 4 apresenta os resultados médios das propriedades da análise térmica das matrizes e das formulações estudadas do compósito.

Tabela 4. Resultados médios do ensaio térmico.

AMOSTRAS	C (MJ/m³.K)	D (mm²/s)	K (W/m.K)	°R (°C.cm/W)
Resina Ortoftálica	1,853	0,097	0,1785	562,45
G1	1,028	0,192	0,289	351,3
G2	1,6965	0,178	0,3015	337,85
G3	1,707	0,209	0,36	287,55
Resina Tereftálica	1,357	0,107	0,144	700,95
G1	1,8385	0,185	0,3385	298,1
G2	2,169	0,174	0,338	301,35
G3	2,391	0,194	0,42	242,05

O comportamento da condutividade térmica do compósito proposto foi maior em relação às matrizes utilizadas. Assim, pode-se concluir que a adição do resíduo da casca do ovo agrega ao material maior capacidade de conduzir calor, pelo fato do carbonato de cálcio (maior componente do resíduo) apresentar maior condutividade térmica do que as resinas poliéster utilizadas.

Notou-se que a condutividade térmica do compósito aumentou conforme o aumento do tamanho do grão de resíduo. Isso provavelmente aconteceu devido o maior grão não se misturar homogeneamente às matrizes, devido à baixa adesão das fases. Assim, quando o ensaio é realizado é mais provável que o sensor entre em maior contato com o resíduo (maior condutividade) do que com as resinas (menor condutividade), aumentando a condutividade relativa ao material.

O material proposto, em todas formulações, não pode ser considerado um isolante térmico por apresentar condutividade térmica superior a 0,21W/m.K, segundo Mota (2016).

Como o calor específico volumétrico representa a capacidade de o material reter calor, os ensaios mostram que a matriz de resina tereftálica apresentou aumento de retenção de calor conforme o aumento do tamanho de grão e a adição do resíduo. Entretanto, a resina ortoftálica reduziu a quantidade de calor retido com a adição do resíduo. Esses diferentes comportamentos podem ser explicados devido a diferença na polimerização das resinas.

O comportamento da difusividade térmica sofre influência da densidade aparente e calor específico, assim pode ser explicado os resultados obtidos pelas amostras de matrizes e compósitos propostos.

3.4. Absorção de água

Os métodos adotados para o ensaio de absorção de água destilada e água do mar foram estabelecidos pela norma ASTM D570-98. As amostras saturaram, em média, com 40 dias de imersão. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção de umidade.

Tabela 5. Absorção de umidade média nos diferentes meios de imersão.

AMOSTRAS	ABS. ÁGUA DESTILADA c/ PELÍCULA (%)	ABS.ÁGUA DESTILADAS/ PELÍCULA (%)	ABS. ÁGUA DO MAR (%)
Resina Ortoftálica	2,457	2,7	0
G1	2,644	3,53	0,877
G2	3,027	3,536	3,741
G3	3,986	4,346	4,835
Resina Tereftálica	1,099	2,028	2,623
G1	1,107	2,449	3,455
G2	1,360	3,028	3,942
G3	3,739	4,398	4,634

A absorção nos dois meios foi maior para os compósitos nas três granulometrias estudadas quando foram comparadas às resinas. O compósito apresenta esse comportamento devido a adição de resíduo de casca de ovo aumentar a porosidade do material, quando comparado à matriz utilizada.

Pode ser observado, ainda, o aumento percentual da absorção de umidade à medida que aumenta o tamanho do grão do resíduo. Esse comportamento se deve ao fato da casca de ovo ser mais hidrofílico que a resina e quanto menor o grão, maior a facilidade a resina apresenta de selá-lo.

Assim como esperado, a aplicação da película protetora teve efeito positivo, visto que diminuiu a absorção de umidade dos corpos de prova quando comparados a aqueles que não têm película e também foram imersos em água destilada.

Assim como obtido por Oliveira (2017), a película aplicada reduziu a absorção de água destilada e apresentou redução média de 28,4% em relação as amostras sem película.

Os corpos de prova imersos na água do mar apresentaram comportamento semelhante aos imersos em água destilada, em que a absorção de umidade cresceu conforme aumentou-se o tamanho do grão do resíduo, como mostrado na Figura 28.

Todas formulações do compósito apresentaram absorção de umidade maior do que a da resina matriz. Ao comparar a absorção em a água destilada e água do mar, nota-se que as amostras absorveram mais umidade quando imersas em água salgada. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato dos sais presentes nesse meio aquoso reagir mais com o resíduo, fazendo-o absorver maior quantidade de umidade.

Apesar de haver aumento da absorção de umidade do compósito em relação a matriz, pode-se dizer que o compósito proposto pode ser aplicado em meios aquosos tendo em vista que a absorção de umidade foi baixa e ainda foi inferior aos resultados obtidos por Oliveira (2015).

3.5. Densidade aparente

Medindo-se a densidade aparente das matrizes e dos compósitos propostos, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Densidades das matrizes e formulações estudadas.

Formulação (Ortoftálica)	Densidade Aparente (g/cm ³)	Formulação (Tereftálica)	Densidade aparente (g/cm ³)
Resina	1,306	Resina	1,279
G1	1,772	G1	1,704
G2	1,716	G2	1,653
G3	1,716	G3	1,597

Em todas formulações estudadas houve aumento da densidade aparente do compósito quando comparadas às matrizes puras. Como carga de casca de ovo apresenta densidade maior do que as matrizes utilizadas, sua adição no compósito confere ganhos no valor de densidade.

Apesar disso, a densidade do compósito decresceu à medida que se aumentou o tamanho dos grãos. Assim, os compósitos de menor densidade foram os de G3 (maior granulometria). Esse comportamento foi obtido porque o maior grão apresentava dificuldade de compactação quando comparado ao G1. Assim, é possível que nas amostras ensaiadas possua menor quantidade de resíduo à medida que se aumenta o tamanho do grão de resíduo.

A densidade pode indicar aplicações do compósito, principalmente quando busca-se fabricar estruturas leves e resistentes. Assim, quando se compara as duas matrizes, a resina tereftálica torna-se mais viável por apresentar menor densidade.

3.6. Ensaio de envelhecimento

Amostras foram expostas ao ambiente, na UFRN, Natal-RN, ficando submetidas as variações climáticas, com chuvas e níveis de radiação solar variáveis durante nove meses e dez dias. Observou-se uma mudança de coloração nas amostras, mais acentuada nas amostras de resina ortoftálica, conforme mostra as imagens da Figura 4.

**Figura 4. Amostras das formulações do compósito e das resinas testadas no ensaio de envelhecimento.**

A Tabela 7 apresenta as massas das amostras antes e após a exposição de nove meses e dez dias em Natal.

Tabela 7. Massas iniciais e finais das amostras expostas ao ambiente.

Formulação (Ortoftálica)	m _i (g)	m _f (g)	Perda de massa (%)	Formulação (Tereftálica)	m _i (g)	m _f (g)	Perda de massa (%)
Resina	43	42,8	0,47	Resina	41,9	41,8	0,24
G1	51,4	51,2	0,39	G1	65,9	65,5	0,61
G2	65,3	64,9	0,61	G2	76,4	76,1	0,39
G3	68	67,7	0,44	G3	72,7	72,4	0,41

A perda de massa das amostras foi insignificante, inferior a 1,0%, para todas as formulações testadas ao longo do período de exposição para as duas matrizes estudadas. Dessa forma, os compósitos propostos mostraram-se viáveis para aplicações em que podem ser expostos ao ambiente, onde a aparência não seja um fator muito importante.

4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

4.1. Conclusões

1. O compósito mostrou-se viável nas três granulometrias para fabricação de peças e estruturas aplicáveis a sistemas submetidos a baixos esforços mecânicos;
2. O resíduo apresentou-se como carga de enchimento, devido as propriedades mecânicas de o compósito ser inferiores às matrizes correspondentes. Em contrapartida, a adição da casca de ovo reduziu a quantidade de resina na composição do compósito, minimizando o custo de fabricação;
3. Todas as formulações do compósito apresentaram absorção de umidade superior às resinas matrizes, com crescimento da absorção à medida que se aumentava a granulometria do resíduo de casca de ovo;
4. Os compósitos que absorveram menor umidade foram os compósitos de matriz ortoftálica e tereftálica com a menor granulometria (G1) imersos em água do mar e água destilada, respectivamente;
5. Os compósitos de matriz tereftálica apresentaram resistências à tração e flexão maiores do que os de matriz ortoftálica. A formulação do compósito de maior resistência à tração e flexão foi a formulação de resina tereftálica com G1;
6. A capacidade de os compósitos absorver de energia de impacto diminuiu à medida que se aumentou a granulometria do resíduo, tendo perda significativa apenas para resina ortoftálica;
7. A perda de massa no ensaio de envelhecimento apresentou comportamento insignificante, porém a mudança de coloração após o ensaio foi maior nos compósitos com matriz de resina ortoftálica;
8. A adição do resíduo de casca de ovo provocou aumento da densidade aparente do material compósito. Entretanto, a densidade aparente dos compósitos caiu conforme o aumento da granulometria do resíduo, obtendo melhores resultados para a resina tereftálica e G3;
9. O comportamento térmico do material caiu, em relação as matrizes, com o uso do resíduo, uma vez que a condutividade do resíduo é maior do que as resinas. O compósito de melhor comportamento térmico foi o de resina ortoftálica e G1, enquanto o pior comportamento foi observado na formulação com matriz de resina tereftálica e resíduo com maior granulometria (G3);
10. A formulação de maior viabilidade foi a de resina tereftálica e G3 por apresentar as maiores propriedades mecânicas e baixa absorção de água.

5. REFERÊNCIAS

- ABPA. Relatório anual 2016. (www.abpa-br.com.br) Acesso em: 10 jan. 2017.
- Almeida, T. F.; Holanda, J. N.; Leite, F.H.G. “Caracterização de chamote e casca de ovo para produção de material cerâmico”. ACTA SCIENTIAE & TECHNICA. Vol. 3, nº2, Dec. 2015.
- Asokan, P.; Firdous, M.; Sonal, W. “Properties and Potential of Bio Fibre, Bio Binders, And Bio Composites”. V.30, p.254-261, 2012.
- Callister, W. D. – “Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada”. Ed. 8º. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- Figueira, C. H. “Aproveitamento de Casca de Ovo para Aplicações Industriais”. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Tecnologia- Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.
- Guedes, F. H. “Reaproveitamento de resíduo de casca de ovo e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmica”. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 2014.
- Leong, C. C. “Development polypropylene (PP) – modified chicken eggshell composites”. Trabalho de conclusão de curso – Faculty of Engineering and Green Technology – Universiti Tunku Rahman. May, 2016.
- Oliveira, D. A., Benelli, P., Amante, E. R. “A literature review on adding value to solid residues: egg shells”. Journal of Cleaner Production, Vol. 46, pp. 42-47. 2013.
- Silva, T. S. “Estudo de um secador solar fabricante a partir de sucata de tambor de polietileno”. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Natal, 2013.
- Silva, R. C. de S.; Macêdo, M. O. C.; Macêdo, H. R. A.; Bastos, J. S. B.; Júnior, E. A. de O.; Bradim, A. S. “Casca de ovo de galinha caipira (*Gallus gallus domesticus*), como fonte de carbonato de cálcio para produção de biomateriais”. 22º CBECiMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

OBTAINING AND STUDY A COMPOSITE WITH POLYESTER RESIN MATRIX AND LOAD OF CHICKEN EGGSHELL

Micaela de Freitas Andrade, freitas.micaela@gmail.com¹

Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br¹

Marcos Vinicius Sousa dos Santos, marcosv_ss@hotmail.com¹

Ivanca de Medeiros Dantas, ivancamedeiros@hotmail.com¹

¹Federal University of Rio Grande of North, Graduated Program in Mechanical Engineering, Natal, Brazil.

Abstract. *This work presents the study and characterization of a composite material obtained from the mixture of polyester polymeric matrix and residues of chicken eggshell. As collected shells were dried and broken to obtain three granulometries. The matrix used for the orthophthalic and terephthalic polyester resin, being chosen the percentage of residue of 100% by mass in matrix relation, as a function of preliminary tests for the diagnosis of saturation. The specimens were submitted to tests to characterize them through their mechanical properties, resistance to traction, flexion and impact, density, and moisture absorption. As expected, the proposed composite presented lower mechanical resistance than a matrix, characterizing the residue as filling load. In this way, all formulations of the composite have been applied in structures that do not require resistance to great efforts. The apparent density of composites did not show significant variation in relation to the resin. The higher quality of the composite studied was the reduction of the amount of resin to be used, since the load can reach 100% in relation to the matrix, reducing the cost of the obtained material.*

Keywords: *composite material, residues, eggshell, characterization.*