

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS À TRAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM PÓ DE CALCÁRIO

Moisés Medeiros de Lima

e-mail: moisesmdelima@hotmail.com

Paulo Francisco do Nascimento

e-mail: paulofnascimento@gmail.com

Ana Claudia de Melo Caldas Batista

e-mail: ana.batista@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Avenida Universitária Leto Fernandes, km 1, Caraúbas-RN

Resumo: Com o crescente avanço da sociedade, cada vez mais se faz necessário a otimização e preservação do ambiente e dos recursos naturais deste planeta no qual residimos. Diante disso, várias vertentes de pesquisas e trabalhos tentam sanar esse problema recorrente do homem com o meio ambiente. Em busca de uma maneira para amenizar esses impactos e ao mesmo tempo utilizar rejeitos ou materiais antes sem papel relevante, surgem os materiais compósitos, com a capacidade de combinar dois materiais distintos para obter um material novo e com propriedades aprimoradas em relação a cada constituinte isoladamente. O presente trabalho teve como objetivo produzir e analisar a influência das diferentes granulometrias nas propriedades finais de um compósito com matriz polimérica de poliéster (compósito particulado) tendo como reforço pó de calcário proveniente das pedreiras da região do alto oeste potiguar. Foram fabricados cinco conjuntos de corpos de prova para serem analisados, sendo eles: corpos de prova com 100% de resina poliéster (para efeito comparativo após a inserção do pó de calcário), e quatro conjuntos de corpos de prova particulados utilizando como matriz a resina poliéster e 10 % de calcário com diferentes granulometrias (menor que 53 μm ; entre 53 μm e 90 μm ; entre 90 μm e 180 μm ; e com granulometria igual ao adquirido, ou seja, sem controle do tamanho do grão). Para realização do trabalho foi utilizado a norma ASTM D 638 com o intuito de realizar a caracterização mecânica à tração do material produzido, como também foi utilizado a norma ASTM D 792 para determinar a densidade volumétrica do compósito. Foi constatado que a diferença de granulometria do mineral influenciou diretamente nas propriedades mecânicas do material final, destacando que o compósito de granulometria <53 μm obteve uma resistência à tração de 38,97 MPa, e o compósito com granulometria entre 90 μm e 180 μm foi o de maior rigidez, com um módulo de elasticidade de 1,09 GPa.

Palavras-chave: Meio ambiente; Compósito; Granulometria; Caracterização mecânica.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais, aliado a dificuldade de uma disposição adequada dos resíduos, convence o homem a procurar meios de efetuar a reciclagem desses dejetos urbanos por ele produzidos, consequentemente há pressão da sociedade através dos órgãos de controle ambiental para a devida otimização e utilização desses resíduos (MARTINS et al., 2016).

A atividade mineradora é um dos setores básicos da economia do país, contribui de forma significativa para o bem-estar e a melhor qualidade de vida dos indivíduos presentes, apresentando uma importância capital para o desenvolvimento de uma sociedade, contanto que seja operada com responsabilidade social, sempre prezando pelos preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002).

De acordo com Araújo et al. (2014), com todo o potencial econômico envolvido, há também os efeitos ambientais negativos da extração mineral, que estão associados às diversas fases de exploração dos bens minerais, desde a lavra até o transporte e beneficiamento do minério, podendo estender-se após o fechamento da mina ou o encerramento das atividades. Outro fator relevante é a alteração da forma substancial do meio físico, principalmente pelo acúmulo de resíduos em áreas inapropriadas, erosão, contaminação dos corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações no solo e na paisagem, além de comprometer a fauna e a flora. Afeta, também os seres humanos, no modo de viver e na qualidade de vida das populações que habitam próximo a área minerada.

Diante o exposto, muitas pesquisas e análises vem sendo feitas no que diz respeito ao cuidado com a eliminação e reaproveitamento dos resíduos provenientes dos processos produtivos, buscando métodos e meios para seu reuso.

Os graves problemas ambientais causados pela extração e acúmulo do pó de calcário em vários estados do Brasil e no mundo vem degradando cada vez mais a natureza, impactando diretamente no cotidiano da população (MINEROPAR, 2001). Na tentativa de amenizar o impacto causado pelo acúmulo do pó de calcário, a pesquisa buscará formas de

utilização do mesmo (como reforço em um compósito polimérico) para que seja reduzido o seu acúmulo no meio ambiente.

Diante do embasamento teórico acerca do assunto e toda a porção prática, o estudo proporcionará a produção de um novo material, com melhoras das suas características com base de matriz polimérica de poliéster adicionado com cargas minerais de pó de calcário, como também a análise dos efeitos e características através da influência das diversas granulometrias do material produzido.

Logo, no presente trabalho foi realizado o estudo da influência das diferentes granulometrias desta carga mineral nas propriedades mecânicas do compósito formado. Através do ensaio de tração que teve como base a norma ASTM D638 (2014) foi realizada a caracterização mecânica do material gerado. Foi feito também o ensaio de densidade baseado na norma ASTM D792 (2008) para analisar o comportamento do compósito submetido a água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais utilizados

Como reforço foram utilizadas partículas de pó de calcário. O pó foi obtido da região oeste do Rio Grande do Norte. As granulometrias adotadas foram as seguintes: $<53\ \mu\text{m}$, entre $53\ \mu\text{m}$ e $90\ \mu\text{m}$, entre $90\ \mu\text{m}$ e $180\ \mu\text{m}$, e por último foi utilizado o pó sem a realização do ensaio de granulometria (denominado o pó de calcário adquirido, ou seja, como foi obtido). A Figura 1 mostra todos os pós de calcário utilizados neste constituinte do compósito.



Figura 1. Materiais Utilizados como reforços: (a) $90\ \mu\text{m}$ - $180\ \mu\text{m}$; (b) $53\ \mu\text{m}$ - $90\ \mu\text{m}$; (c) $<53\ \mu\text{m}$ (rejeito); (d) Calcário como adquirido (Autoria Própria, 2020).

A matriz utilizada neste trabalho foi a resina poliéster Cristal, por se tratar de uma resina de fácil acesso e manuseio, tem um baixo custo e além de ser uma das mais utilizadas comercialmente.

2.2. Fabricação do molde

O compósito foi sintetizado por intermédio de um molde de vidro (como mostrado na Figura 3). O objetivo do molde foi garantir o intervalo de espessura permitido para o trabalho, de acordo com a norma ASTM D638 (2014) (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*).

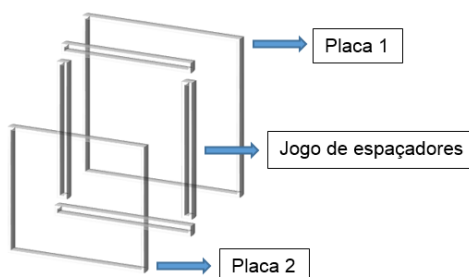


Figura 3. Ilustração do molde utilizado para confecção dos corpos de prova (Autoria Própria, 2020).

As quantidades e dimensões das placas de vidro que foram usados no molde foram:

- 02 Placas de $400\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$, com $03\ \text{mm}$ de espessura (Jogo de espaçadores);
- 02 Placa de $380\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$, com $03\ \text{mm}$ de espessura (Jogo de espaçadores);
- 01 Placa de $400\ \text{mm} \times 400\ \text{mm}$, com $08\ \text{mm}$ de espessura (Placa 1);

- 01 Placa de 350 mm x 400 mm, com 08 mm de espessura (Placa 2).

2.3. Elaboração dos corpos de prova

O primeiro material a ser confeccionado foi o que possuía a resina de poliéster pura (RP), pois a partir desta é possível ter todos os valores e características como referência, para que assim seja possível realizar a comparação com os outros materiais com a adição de 10% do pó de calcário. As etapas da confecção do corpo de prova RP se deu da seguinte forma: inicialmente realizou a pesagem da resina e o catalisador; em seguida realizou a mistura da resina e o catalisador onde foi colocado a mistura no molde; após um descanso de 10 minutos para retirada de bolhas de ar foi realizado o fechamento do molde; por fim foi realizado a desmoldagem da placa.

Após a placa de resina pura, foi confeccionado os compósitos acrescentando o pó de calcário. O processo de fabricação ocorreu semelhante as etapas citadas anteriormente na fabricação do RP, sendo acrescentado apenas o pó de calcário (10%) na mistura de resina e catalisador.

Para todas as demais granulometrias o processo ocorreu de forma semelhante com os mesmos tempos de espera e as mesmas proporções de reforço.

Após as placas finalizadas, foi realizado o corte dos corpos de prova (CP) a laser, de acordo com a norma ASTM D638 (2014), com dimensões especificadas na Figura 4, vale salientar que todas as medidas estão em milímetro. Para um melhor entendimento e facilidade foram admitidas siglas para cada CP, mostrados no Quadro 1 e a Figura 5 mostram os mesmos prontos para cada caso.

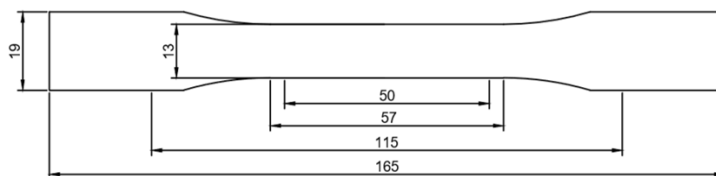


Figura 4. Dimensões dos corpos de prova (Autoria Própria, 2020).

Quadro 1. Descrição dos corpos de provas estudados (Autoria Própria, 2020).

Designação	Descrição
RP	Corpos de provas com 100 % de resina poliéster
RP + C ^{10%} _{<53µm}	Corpos de prova de poliéster com 10 % de calcário com granulometria menor que 53 µm
RP + C ^{10%} _{53µm-90µm}	Corpos de prova de poliéster com 10 % de calcário com a granulometria entre 53 µm e 90 µm
RP + C ^{10%} _{90µm-180µm}	Corpos de prova de poliéster com 10 % de granito com a granulometria entre 90 µm e 180 µm
RP + C ^{10%}	Corpos de prova de poliéster com 10 % de calcário como foi adquirido.

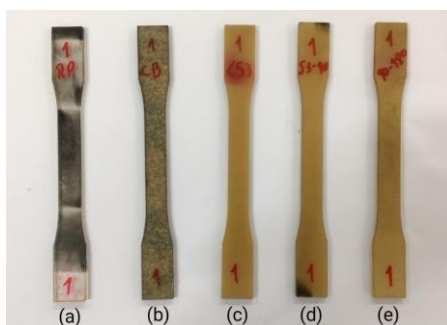


Figura 5. CPs finalizados: (a) RP; (b) RP + C^{10%}; (c) RP + C^{10%}_{<53µm}; (d) RP + C^{10%}_{53µm-90µm} e (e) RP + C^{10%}_{90µm-180µm} (Autoria Própria, 2020).

2.4. Ensaio de tração

Para os ensaios de tração foi utilizada a máquina de ensaio universal da EMIC do modelo DL-10000, com a capacidade máxima de 100 kN. A velocidade de 5 mm/min foi utilizada como sugerido na norma que foi utilizada para os testes, a ASTM D638 (2014) (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*).

2.5. Ensaio de densidade

Para a realização do ensaio de densidade volumétrica foi usada como parâmetro a norma ASTM D792 (2008), onde foram usadas cinco amostras de cada placa, de aproximadamente 25x25 mm cada, após terem sido medidas e pesadas. As amostras escolhidas foram inicialmente submetidas à estufa com temperatura controlada de 100° C, onde permaneceram durante um período de uma hora (Figura 6 a), em seguida esperou-se outra hora no dessecador para esfriar e não absorver umidade do ambiente (Figura 6 b). Este procedimento tem como objetivo justamente eliminar qualquer possível umidade que venha estar presente nos corpos de prova. Por fim é realizado o ensaio de densidade (Figura 6 c), onde por meio de equação é possível determinar a densidade do compósito.

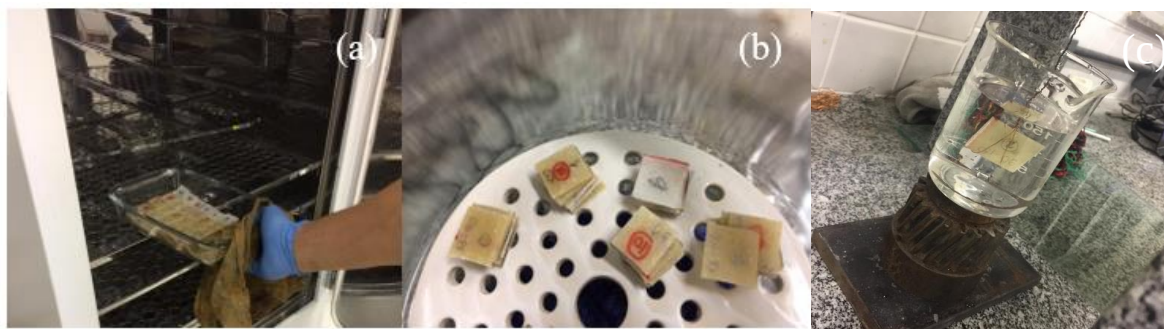


Figura 6. (a) CPs utilizados no ensaio de densidade indo para a estufa; (b) Amostras do ensaio de densidade no dessecador; (c) Realização do ensaio de densidade (Autoria Própria, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaio de densidade

Com a realização do ensaio de densidade volumétrica, para avaliar o comportamento do material submetido ao fluido, foram obtidos os dados da Tabela 1, que apresentam a densidade média na unidade g/cm³ e os respectivos desvios padrões para cada conjunto de corpo de prova ensaiado. Vale destacar que foram utilizados 5 corpos de prova para cada granulometria e a resina pura.

Tabela 1. Resultados obtidos com o ensaio de densidade volumétrica, com base na norma D792 (2008). (Autoria Própria, 2020).

Compósito	Densidade (g/cm ³)	Desvio padrão
RP	1,23	±0,00
RP + C ^{10%} _{<53µm}	1,29	±0,01
RP + C ^{10%} _{53µm - 90µm}	1,29	±0,01
RP + C ^{10%} _{90µm - 180µm}	1,29	±0,00
RP + C ^{10%}	1,29	±0,01

Analisando os resultados obtidos podemos perceber que com a adição do calcário com as diferentes granulometrias, a densidade dos compósitos foi sempre superior ao da resina pura (RP). É notável perceber também que apesar da granulometria mudar, o valor da densidade se manteve constante em todos os compósitos com o pó. Com a adição do pó de calcário a densidade aumentou em cerca de 4,88 % em relação ao da resina pura.

O valor da densidade volumétrica obtido da resina de poliéster pura (1,23 g/cm³) está de acordo com pesquisas já publicadas, como é o caso do trabalho de Silva (2010), que o mesmo obteve o valor de 1,20 g/cm³ para a resina poliéster isoftálica UCEFLEX UC ISSO 1005, da Elekeiroz.

3.2. Desempenho mecânico na tração uniaxial para os CPs de RP

O primeiro material submetido ao ensaio de tração uniaxial foi o com 100 % de resina pura (RP). A Figura 7 (a) demonstra o seu desempenho mecânico perante os testes.

Fazendo uma análise do gráfico da Figura 7 (a), é possível perceber uniformidade para as cinco curvas válidas demonstradas na propriedade módulo de elasticidade. No que se diz respeito a tensão e deformação a uniformidade é

menor nos resultados finais, fato facilmente observável por um maior desvio padrão de ambos mostrados detalhadamente na Tabela 2, onde contém a tensão máxima, a deformação é o módulo de elasticidade. A Figura 8 (a) mostra todos os corpos de provas rompidos válidos utilizados.

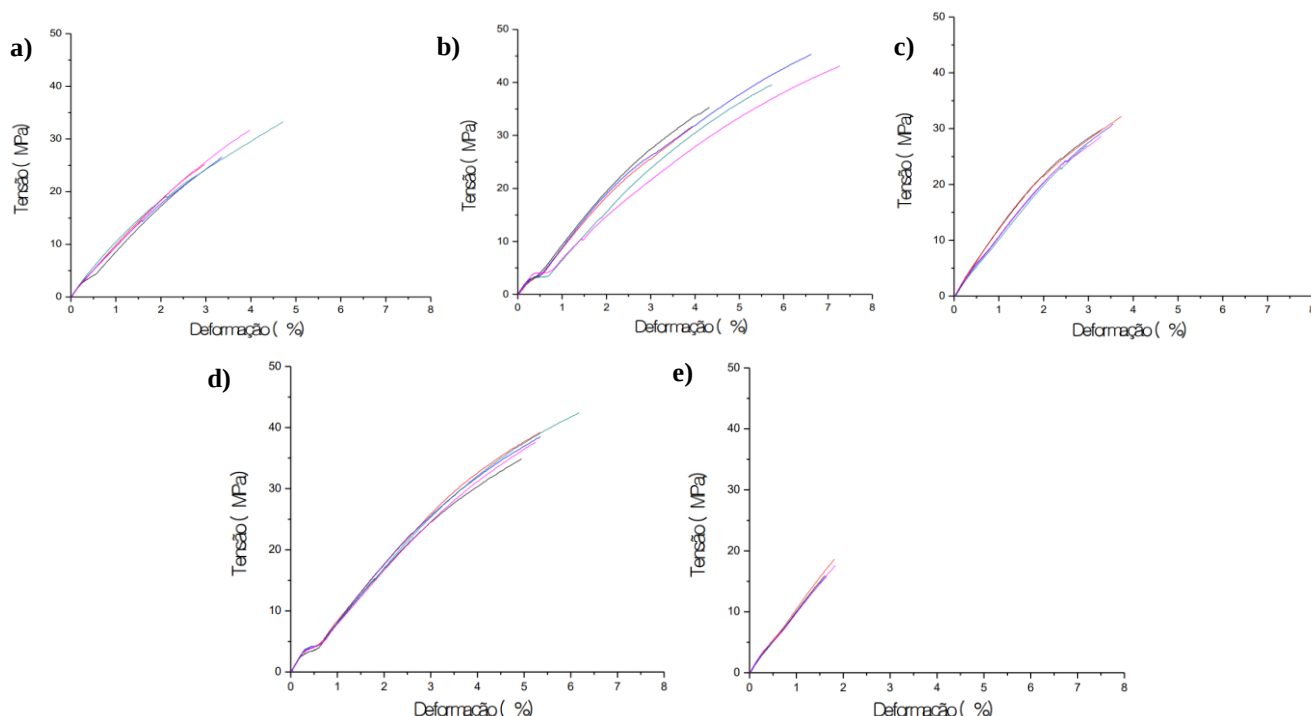


Figura 7. Gráfico Tensão x Deformação para os CPs de (a) RP, (b) RP + C^{10%}, (c) RP + C^{10%}, (d) RP + C^{10%}, (e) RP + C^{10%} (Autoria Própria, 2020).

Tabela 2. Propriedades mecânicas dos CPs de RP (Autoria Própria, 2020).

Propriedade Mecânica	Valor Médio	Desvio Padrão
Tensão Máxima (MPa)	27,95	±4,38
Deformação Normal (%)	3,56	±0,79
Módulo de Elasticidade (GPa)	0,93	±0,04

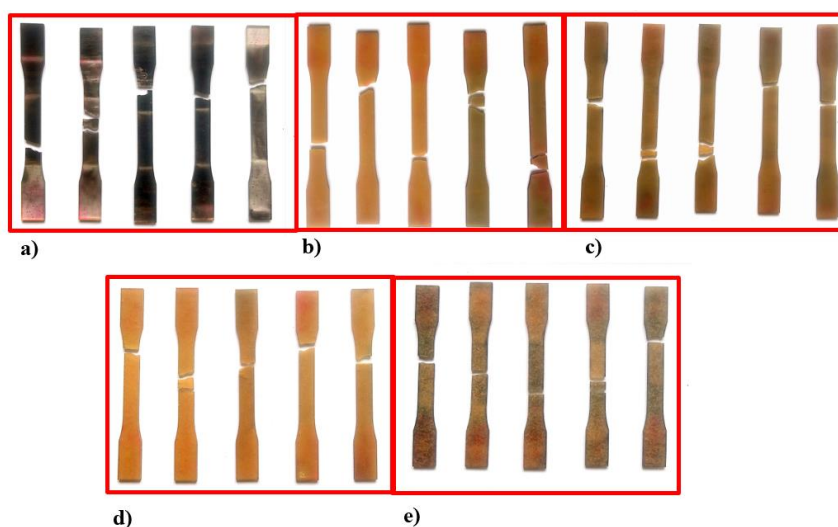


Figura 8. CPs válidos de RP, RP + C^{10%}, RP + C^{10%}, RP + C^{10%}, RP + C^{10%} rompidos (Autoria Própria, 2020).

3.3. Desempenho mecânico na tração uniaxial para os CPs de RP + C^{10%}_{<53µm}

Neste tópico serão analisados os CPs do compósito com a resina poliéster adicionada à 10% de calcário com granulometria menor que 53 µm. O gráfico Figura 7 (b) e a Tabela 3 ilustram o desempenho mecânico como também os valores obtidos pelo material, respectivamente. A Figura 8 (b) mostra os corpos de prova válidos rompidos no ensaio.

Tabela 3. Propriedades mecânicas dos CPs de RP + C^{10%}_{<53µm}.

Propriedade Mecânica	Valor Médio	Desvio Padrão
Tensão Máxima (MPa)	38,97	±5,60
Deformação Normal (%)	5,58	±1,43
Módulo de Elasticidade (GPa)	0,86	±0,1

Analisando os dados do gráfico da Figura 7 (b) e da Tabela 3, foi possível observar que a adição do pó de calcário na mistura garantiu um aumento 39,43 % na resistência mecânica final do material em comparação ao material de resina pura, obtendo um valor médio de 38,97 MPa, com um desvio padrão também maior de 5,60. Também é notório que a deformação do material obteve um ganho de 2,02 %, passando de 3,56 % da resina pura, para 5,58 % nesta granulometria. O material também apresentou uma perda de 8,14 % na sua rigidez, fato este comprovado pela diminuição do módulo de elasticidade, que caiu de 0,93 GPa para 0,86 GPa. De acordo com Silva (2014a), o ganho na resistência mecânica é decorrente da adição dos particulados, pois a matriz transfere parte da tração ao reforço, que neste caso é o pó de calcário.

3.4. Desempenho mecânico na tração uniaxial para os CPs RP + C^{10%}_{53µm-90µm}

Será analisado agora os corpos de prova de resina pura com adição de 10 % pó de calcário com granulometria entre 53 µm e 90 µm. O gráfico Tensão x Deformação ilustrado no gráfico da Figura 7 (c) demonstra o comportamento do material para as amostras válidas analisadas, bem como a Tabela 4 exibe seus valores médios e os respectivos desvios padrões para as propriedades mecânicas obtidas no ensaio. A Figura 8 (c) mostra os corpos de prova rompidos.

Tabela 4. Propriedades mecânicas dos CPs de RP + C^{10%}_{53µm-90µm}.

Propriedade Mecânica	Valor Médio	Desvio Padrão
Tensão Máxima (MPa)	38,55	±2,73
Deformação Normal (%)	5,41	±0,46
Módulo de Elasticidade (GPa)	0,86	±0,02

Analisando os dados, foi possível verificar que em relação ao compósito de resina pura com pó de calcário e granulometria <53 µm, o compósito RP + C^{10%}_{53µm-90µm} não apresentou mudanças significativas nos resultados obtidos, com valores médios de 38,55 MPa para a resistência última, 5,41 % de deformação e 0,86 GPa.

É possível verificar que o módulo de elasticidade foi o mesmo para as duas granulometrias mostradas, e os valores e resistência última e deformação foram praticamente os mesmos, então conclui-se que o aumento da granulometria não influenciou de forma significativa os resultados encontrados.

3.5. Desempenho mecânico na tração uniaxial para os CPs RP + C^{10%}_{90µm-180µm}

Nesta seção serão analisados os CPs de resina pura com a adição de 10 % de pó de calcário com granulometria entre 90 µm e 180 µm. O gráfico da Figura 7 (d) demonstra o comportamento do material, bem como a Tabela 5 suas características mecânicas e a A Figura 8 (d) seus corpos de prova rompidos após o ensaio.

Tabela 5. Propriedades mecânicas dos CPs de RP + C^{10%}_{90µm-180µm}.

Propriedade Mecânica	Valor Médio	Desvio Padrão
Tensão Máxima (MPa)	29,70	±1,99
Deformação Normal (%)	3,37	±0,29
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,09	±0,07

Diante os dados, em comparação com os compósitos que tem o calcário como reforço analisados antes. O compósito de resina adicionada ao pó de calcário com granulometria entre 90 µm e 180 µm apresentou uma perda significativa na tensão última em comparação aos outros compósitos com granulometria diferente, diminuindo de 38,55 MPa e 38,97 MPa dos compósitos RP + C^{10%}_{53µm-90µm} e RP + C^{10%}_{<53µm} respectivamente, para 29,70 MPa, apresentando uma perda de 29,80 % em relação ao compósito com de resina adicionada ao pó de calcário com granulometria entre 53 µm e

90 μm , e 31,21 % em relação ao compósito com de resina adicionada ao pó de calcário com granulometria menor que 53 μm .

A deformação do compósito foi de 3,37 %, menor do que os 5,41 % apresentados pelo compósito com granulometria entre 53 μm e 90 μm , e também inferior aos 5,58 % do compósito com granulometria menor que 53 μm . O módulo de elasticidade encontrado foi de 1,09 GPa, 26,74 % maior do que os outros compósitos analisados anteriormente, que foi de 0,86 GPa para ambos e com um comportamento superior de 17,2 % na rigidez em relação ao de resina pura.

3.6. Desempenho mecânico na tração uniaxial para os CPs RP + C^{10%}

Nesta seção serão analisados os CPs do compósito com 10 % de calcário adquirido, ou seja, o compósito com a resina adicionado ao pó de calcário sem passar pelo processo de granulometria. O gráfico da Figura 7 (e) de Tensão x Deformação ilustra o comportamento das cinco amostras, a Tabela 6 detalha os resultados obtidos de suas propriedades mecânicas e a Figura 8 (e) os CPs rompidos após o teste.

Tabela 6. Propriedades mecânicas dos CPs de RP + C^{10%}.

Propriedade Mecânica	Valor Médio	Desvio Padrão
Tensão Máxima (MPa)	16,50	$\pm 1,61$
Deformação Normal (%)	1,67	$\pm 0,14$
Módulo de Elasticidade (GPa)	0,99	$\pm 0,02$

Diante dos dados, o compósito no qual o pó de calcário não foi submetido a granulometria, apresentou a menor resistência última dentre todos os outros compósitos analisados, com um valor de 16,50 MPa, demonstrando percas de 44,4 %, 57,20 % e 57,66 % para os compósitos RP + C^{10%}_{90 μm -180 μm} , RP + C^{10%}_{53 μm -90 μm} e RP + C^{10%}_{<53 μm} respectivamente.

O compósito em questão obteve a menor deformação entre todos os outros analisados, com 1,67 % e a rigidez do material obteve uma perda de 10,10 % em relação ao compósito de granulometria entre 90 μm e 180 μm , e um ganho de 15,12 % em relação aos compósitos RP + C^{10%}_{53 μm -90 μm} e RP + C^{10%}_{<53 μm} . É possível concluir que não é interessante utilizar este material em aplicações que exijam uma resistência elevada, mas em situações que exijam boa rigidez o mesmo se torna viável.

3.7. Comparativos

Dado o exposto pelas análises feitas de todos os compósitos produzidos isoladamente, foi realizado o estudo de suas características e resultados obtidos de maneira simultânea, através de comparativos e discursões acerca dos seus números e propriedades apresentadas.

Diante o informativo de barras (Figura 9), no quesito resistência do material, os compósitos que alcançaram os melhores resultados foram os RP + C^{10%}_{<53 μm} e RP + C^{10%}_{53 μm -90 μm} (38,97 MPa e 38,55 MPa, respectivamente), com um ganho de resistência bastante relevante de 39,43 % e 37,92 % respectivamente, em comparação com o de resina pura. O compósito RP + C^{10%}_{90 μm -180 μm} não apresentou ganho de resistência relevante em comparação com o de resina pura e uma perda considerável de 31,21 % e 29,80 % em comparação aos compósitos RP + C^{10%}_{<53 μm} e RP + C^{10%}_{53 μm -90 μm} respectivamente. Por último, o compósito no qual o pó não passou pelo processo de granulometria teve uma perda brusca de resistência em relação a todos os outros compósitos analisados.

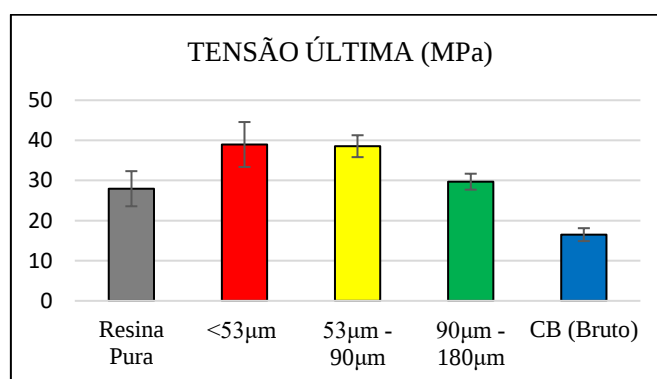


Figura 9. Gráfico comparativo de tensão para todos os CPs analisados (Autoria Própria, 2020).

Dado o exposto pelo gráfico de barras acerca da deformação normal (Figura 10), é possível observar um grande aumento da deformação dos compósitos $RP + C_{<53\mu m}^{10\%}$ e $RP + C_{53\mu m-90\mu m}^{10\%}$ (5,58 % e 5,41 %, respectivamente) em relação ao de RP (3,56 %), cerca de 2 % a mais, porém o compósito $RP + C_{<53\mu m}^{10\%}$ teve um desvio padrão bem maior que os demais. O $RP + C_{90\mu m-180\mu m}^{10\%}$ teve uma deformação praticamente igual ao da RP (3,37 %). O compósito $RP + C^{10\%}$ foi o que teve a menor deformação, 1,67 %.

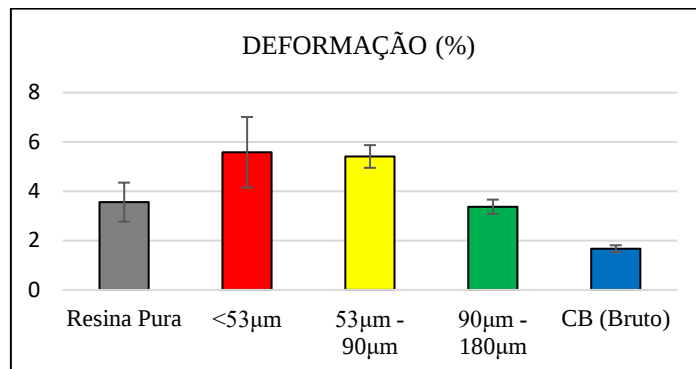


Figura 10. Gráfico comparativo de deformação para todos os CPs analisados (Autoria Própria, 2020).

Por fim, o último comparativo observado foi o do módulo de elasticidade, ilustrado pela Figura 11. Os CPs de $RP + C_{<53\mu m}^{10\%}$ e $RP + C_{53\mu m-90\mu m}^{10\%}$ apresentaram módulos iguais (0,86 GPa) e pouco menores (7,53 %) do que o de RP, enquanto que o compósito $RP + C_{90\mu m-180\mu m}^{10\%}$ foi o material com a maior rigidez entre todos, e o $RP + C^{10\%}$ apresenta módulo pouco maior que o de RP. Isso demonstra que a granulometria teve influência no módulo de elasticidade dos materiais, porque após a granulometria de 90 μm, os materiais ganharam em rigidez.

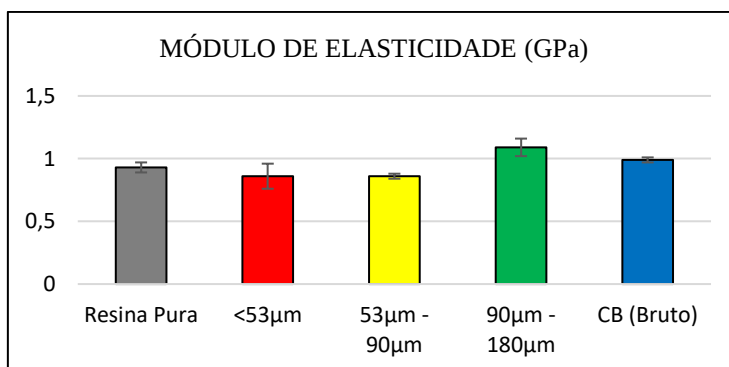


Figura 11. Gráfico comparativo de módulo de elasticidade para todos os CPs analisados (Autoria Própria, 2020).

4. CONCLUSÕES

Diante das análises e testes realizados nos corpos de prova durante todo o percurso do projeto, é certo afirmar que as diferentes granulometrias de pó de calcário inseridas em polímeros provocaram mudanças consideráveis no comportamento mecânico dos compósitos.

O objetivo de produzir um material com propriedades aprimoradas em relação ao poliéster, adicionando cargas minerais de calcário, e estudar a influência de diversas granulometrias na resistência mecânica à tração e densidade do compósito gerado em relação ao poliéster puro foi alcançado.

As propriedades testadas de acordo com as granulometrias usadas podem ser interessantes, principalmente no que se diz respeito a características mecânicas, visto que dependendo do objetivo, existe um compósito que pode atendê-lo de maneira mais otimizada.

As principais considerações acerca das propriedades mecânicas são:

- De acordo com o ensaio de densidade realizado em todos os corpos de provas com as diferentes granulometrias, foi possível notar que não houve influência significativa na densidade dos materiais nos resultados pelas diferentes granulometrias dos compósitos;
- O compósito $RP + C_{<53\mu m}^{10\%}$ produzido apresentou a maior tensão última e a maior deformação entre todos os compósitos ensaiados, com valores de 38,97 MPa e 5,58 %, respectivamente;

- Em relação ao módulo de elasticidade dos compósitos confeccionados, foi visto que os materiais com menores granulometrias, $RP + C_{<53\mu m}^{10\%}$ e $RP + C_{53\mu m-90\mu m}^{10\%}$, apresentaram menores rigidez, enquanto o de maior granulometria $RP + C_{90\mu m-180\mu m}^{10\%}$ e o compósito com o pó de calcário como foi adquirido ($RP + C^{10\%}$) mostraram os maiores valores de rigidez;
- O compósito $RP + C_{90\mu m-180\mu m}^{10\%}$ apresentou maior módulo de elasticidade, com um comportamento superior de 17,2 % na rigidez, em comparação à resina pura.

A granulometria de pó de calcário influencia diretamente nas propriedades mecânicas do compósito gerado, podendo agregar rigidez e até aumentar sua resistência em determinados materiais. Outro ponto que merece destaque é a técnica manual de produção, que se mostrou eficaz e satisfatória. Dado o exposto, o trabalho realizado se mostrou bastante relevante no que se diz respeito ao possível aproveitamento de rejeitos, pelo potencial de conseguir transformar um insumo que antes não apresenta utilidade alguma em algo com algum tipo de serventia futuramente.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. R; OLIVIERI, R. D; FERNANDES, F. R. C. **Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente**. In: ARAÚJO, E. R. CCL. Rio de Janeiro, 2014.

ASTM D 638. **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

ASTM D792. **Standard test method for density and specific gravity (Relative Density) of plastics by displacement**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. 2002. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/minera.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

MARTINS, M. A. P. M; ARAÚJO, H. N; PELLIZZARO, M. **Estudos de compósitos com produtos de reciclagem**. 2016. Disponível em: Acesso em: 14 jan. 2020.

MINEROPAR. **Diagnóstico preliminar dos impactos ambientais no Paraná**. 2001. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatorios_concluidos/06_relatorios_concluidos.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2020.

INFLUENCE OF THE GRANULOMETRY ON THE MECHANICAL PROPERTIES TO THE TENSILE IN POLYMER COMPOSITES REINFORCED WITH LIMESTONE POWDER

Moisés Medeiros de Lima

e-mail: moisesmdelima@hotmail.com

Paulo Francisco do Nascimento

e-mail: paulofnascimento@gmail.com

Ana Claudia de Melo Caldas Batista

e-mail: ana.batista@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Avenida Universitária Leto Fernandes, km 1, Caraúbas-RN

Abstract. *With the growing advance of society, it is increasingly necessary to optimize and preserve the environment and the natural resources of the planet we live on. Thus, several fields of research and work try to solve this recurring problem of man with the environment. Searching for a way to minimize these impacts and, at the same time, to use rejects and materials that previously had an irrelevant role, the composite materials appear, with the capacity of combining two distinct materials to obtain a new one with improved properties in comparison to each component isolated. The present work aimed to produce and analyze the influence of the different granulometries on the final properties of a composite with polymer matrix of polyester (particulate composite) having as reinforcement limestone powder obtained from the quarries of the western region of Rio Grande do Norte. Five sets of specimens were fabricated to be analyzed: specimens with 100% of polyester resin (for comparison after the insertion of the limestone powder), and four sets of particulate specimens using polyester resin as the matrix and 10% of limestone with different granulometries (lower than 53 μm ; between 53 μm and 90 μm ; between 90 μm and 180 μm ; and with the granulometry as obtained, in other words, without controlling the grain size). For this work, the norm ASTM D 638 was used with the purpose of performing the mechanical characterization to the tensile of the material produced. In addition, the norm ASTM D 792 was used to determine the volumetric density of the composite. It was observed that the difference of granulometry of the mineral directly influenced the mechanical properties of the final material, highlighting that the composite with granulometry <53 μm obtained tensile strength of 38,97 MPa, and the composite with granulometry between 90 μm and 180 μm was the most rigid, with an elasticity modulus of 1,09 GPa.*

Keywords: Environment; Composite; Granulometry; Mechanical characterization.