



# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability

## USO DE POLÍMERO TRITURADO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAUDO DO CONCRETO

*Glauber Oliveira Cunha<sup>1</sup>*

### RESUMO

A sustentabilidade deixou de ser tratada como tendência e atuando de forma decisiva no ambiente corporativo e no cotidiano das pessoas, onde têm-se buscado estratégias, atitudes ecológicas e economia sustentável a fim de garantir a permanência dos recursos ambientais. Muitas empresas têm investido tempo e dinheiro a fim de retornar ao meio ambiente benefícios retirados durante a produção de suas manufaturas. A engenharia civil tem um papel fundamental na busca e auxílio de inovações e aproveitamento de produtos descartados pela sociedade e caracterizados como "lixo", sobretudo os materiais produzidos através dos polímeros, visto que vários estudos comprovam que o reaproveitamento deste material junto a construção civil contribui para a redução do descarte incorreto, a geração de emprego e redução de custos.

Este trabalho tem o objetivo de verificar a viabilidade do uso de material polimérico reciclado triturado junto ao concreto, sendo analisado as propriedades mecânicas de resistência a compressão. Foi adicionado ao traço polímero de PP (polipropileno) triturado em porcentagens de 10%, 20% e 30% sobre a retirada do volume do agregado graúdo e analisando a resistência das peças produzidas a fim comprovar a viabilidade e resistência deste material junto ao concreto.

Palavra-Chave: polímero, reciclagem, inovação.

### ABSTRACT

Sustainability is no longer treated as a trend and acting decisively in the corporate environment and in the daily lives of people, where strategies, ecological attitudes and sustainable economics have been sought in order to ensure the permanence of resources Environmental. Many companies have invested time and money in order to return to the environment benefits withdrawn during the production of their manufactures. Civil engineering plays a key role in the search for and assistance of innovations and the use of products discarded by society and characterized as "rubbish", especially the materials produced through polymers, since several studies prove that the Reuse of this material together with civil construction contributes to the reduction of incorrect disposal, the generation of jobs and cost reduction.

This work aims to verify the viability of the use of recycled polymeric material crushed in the concrete, analyzing the mechanical properties of resistance to compression. It was added to the trace polymer of PP (polypropylene) crushed in percentages of 10%, 20% and 30% on the withdrawal of the volume of the coarse aggregate and analyzing the resistance of the produced parts in order to prove the viability and resistance of this material along the Concrete.

Keywords: polymer, recycling, innovation.

---

<sup>1</sup> Universidade Evangélica de Goiás, UniEVANGÉLICA. E-mail: gocunha3@gmail.com



# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability

## INTRODUÇÃO

A crescente demanda do setor produtivo de bens e serviços vem intensificando o uso do material polimérico em suas produções e aumentando o número de empresas beneficiadoras do produto no Brasil. Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico – ABIPLAST, em seu relatório de atividades do ano de 2017, foi contabilizado a quantidade de 12.539 empresas que trabalham no setor de transformação e reciclagem de materiais poliméricos e empregando 332.679 trabalhadores.

O aumento expressivo de indústrias que utilizam o polímero em suas produções se deve ao custo inferior deste produto tendo como parâmetros outras matérias primas e sua versatilidade de beneficiamento. Outro ponto facilitador para o aumento é a busca constante de novas tecnologias inseridas no setor produtivo, a quarta revolução industrial, ou como é divulgada, a indústria 4.0. Com ela as indústrias buscam aplicar seu material em soluções inovadoras, produtos com aplicações a internet das coisas - IOT, impressões 3D, Drones, home robots, realidades aumentadas e virtuais.

Com a crescente demanda do mercado as indústrias beneficiadoras deste material vêm produzindo um grande número de produtos para atender os consumidores, sendo que as embalagens são descartadas pela população de forma aleatória e não através da seleção de produtos (coleta seletiva) que podem ser reciclados; diante desta realidade nos deparamos com acúmulo de grandioso de resíduos poliméricos em aterros sanitários.

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO 92) foi debatido situações para minimizar o impacto dos resíduos no meio ambiente, sendo aliado a 179 países ações de “proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica” e criando a expressão dos 3R’s - Reduzir, Reutilizar e Reciclar sendo aplicados ações práticas visando sempre a conscientização e preservação do meio ambiente.

Diante deste cenário, o acúmulo de resíduos poliméricos, identifica-se a necessidade de uma política para o reaproveitamento deste material descartado pelo consumidor, e planejando ações semelhante ao princípio da Lei da Conservação das Massas ou como é conhecida, Lei de Lavoisier, de 1789, que diz: “Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”.

Para Marangon (2004) ao utilizar o PET (Polietileno tereftalato) triturado junto ao concreto diminui-se a quantidade de materiais ao traço e conseqüentemente a redução dos custos de



produção. Contribui com o meio ambiente evitando o descarte de maneira incorreta e favorece com aspectos positivos de resistência à compressão, retração plástica e durabilidade da peça de concreto.

Com base nos dados da ABIPLAST(2017), a produção anual de polímeros é de 5,8 milhões de toneladas e que após o uso será descartado no meio ambiente, propõe-se com este trabalho a reutilização destes materiais sendo aplicado na engenharia civil, através da construção de Placas e Vigas estruturais tendo como um dos agregados o polímero de polipropileno (PP) triturado, que contribuirá para a redução dos danos causados pelo descarte incorreto na natureza e a opção de utilização de outro agregado incorporado ao concreto para obtenção de material construtivo resistente e com baixo custo.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### A matéria prima – Polímero

Segundo Canevarolo (2006) a palavra polímero é originária do grego, sendo que poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Portanto, o polímero é uma macromolécula composta milhões de unidades que se repetem e sendo denominadas meros, ligadas por ligação covalente. A matéria prima que dá origem ao polímero são os manômeros, uma unidade de repetição nas ligações, e de acordo com a quantidade de meros ou tipo de ligação, podemos dividir os polímeros são classificados como termoplásticos (plásticos), termofixos, borrachas e fibras. O termo plástico tem origem no grego, plastikos, que significa material adequado à moldagem. Os plásticos são materiais que, sólidos à temperatura ambiente em seu estado final, quando aquecidos a alta temperatura tornam-se fluidos e passíveis de moldagem (pelo calor ou pressão).

Grippi (2001) coloca que a variação climática, tempestades e erosões contribuíram para o soterramento de sedimentos de animais e plantas depositados a milhares de anos no fundo dos oceanos e criando camadas de sedimentos que resultou mais tarde no aparecimento de um óleo de pedra escuro, conhecido como Petróleo.

Os polímeros industrializados têm o peso molecular entre 10.000 e 1.000.000 e sendo considerados materiais de engenharia. Em alguns produtos de origem natural, o peso molecular pode atingir valores muito altos, de 100.000.000 ou mais. Os de baixo peso molecular são

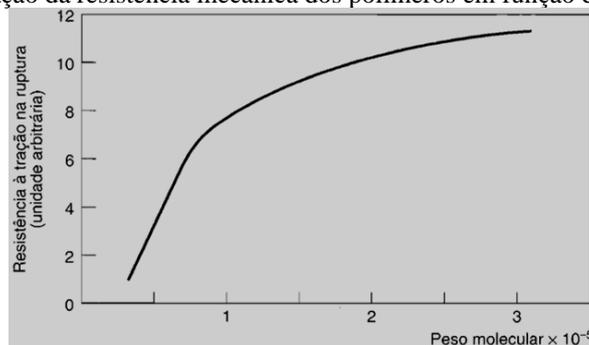


denominados oligômeros (do grego oligomers: poucas partes); Oligômeros são geralmente viscosos, de peso molecular de  $10^3$ .

O termo resina foi inicialmente aplicado a destilação de plantas, que se encontram sob a forma de gotas sólidas ou como líquidos viscosos, de cor amarelada e encontradas nos troncos de árvores como: o pinheiro, o cajueiro, a mangueira, etc. São materiais solúveis e fusíveis, de peso molecular intermediário a alto, que amolecem gradualmente por aquecimento e são insolúveis em água, porém solúveis em alguns solventes orgânicos.

Na figura 1 é possível observar a variação da interferência do peso molecular sobre a propriedades do material. Quando se tem o peso molecular baixo, a tendência da curva é ser acentuada e com variação. A proporção que o peso molecular aumenta, a curva tende a se estabilizar, mostrando assim que não haverá influência quando o tamanho molecular se tornar grande.

Figura 1 - Variação da resistência mecânica dos polímeros em função do peso molecular

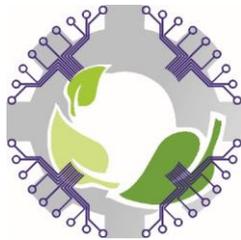


Fonte Canevarolo (2002)

## A indústria e o material polímero

Diariamente utilizamos produtos que estão diretamente ligados a indústria beneficiadora de material polimérico, seja pela embalagem, pelo rótulo ou pela composição em sua fabricação.

Bauer (2012) define Polímero plástico como os materiais artificiais formados pela associação do carbono com oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, elementos orgânicos e inorgânicos que podem ser moldados formação desejada. O que torna o Polímero diferente dos demais materiais (aço, vidro e borracha) que podem ser moldados é o termo



artificial, visto que é uma combinação de produtos que dão origem a um novo elemento sendo moldado por compressão, injeção e por extrusão, sendo que todos têm em sua aplicação o calor e pressão.

Em 1980 a produção do Polímero superou a de aço e sendo denominada a era dos materiais poliméricos; esta fase fica evidenciada na frase de Stephen Fenichell (consultor de negócios e autor do livro “Plastic the Making of Synthetic Century”) “Nós moldamos o plástico e ele nos molda”.

Ao longo dos vários anos de produção, os materiais poliméricos vêm transformando e revolucionando a indústria ao proporcionar possibilidades de consumos de produtos antes não possíveis e inacessíveis a uma população desfavorecida da sociedade.

Spinacé e Paoli (2004) revelam que um brasileiro consome em média 30 quilos de “plástico” em suas mais variadas formas, isso deve em grande parte as resinas de Polietileno (PE) e Polietileno Tereftalato (PET) que dobra sua quantidade ao entrar para a linha de produção.

Dados do IBGE (2016) demonstram que cada milhão de reais investido na produção de material polimérico, gera 29 empregos e retorno de 3,35 milhões no próprio setor. A ABIPLAST (2017) publicou em seu relatório anual que produção média anual do setor é de 5,8 milhões de toneladas de artefatos, sendo 12.539 empresas no setor de transformação e empregando 332.679 trabalhadores.

## **O descarte do material polimérico**

Em recente relatório publicado pela United Nations Environment Programme – Unep (2014), seu diretor executivo, Achim Steiner, fez a seguinte declaração: “Plásticos possuem um papel crucial na vida moderna, mas os impactos ambientais de seu uso não podem ser ignorados”. A crescente demanda para utilização dos materiais de polímeros tem aumentado e com ela os prejuízos ambientais gerados pelos descartes irregulares e pela falta de políticas públicas que incentive o descarte e o reaproveitamento destes materiais.



Segundo o relatório Valuing Plastics (2014) os gastos financeiros causados ao meio ambiente ultrapassam US\$ 75 bilhões ano, destes 30% vem das emissões de gases do efeito estufa oriundos das empresas beneficiadoras do material polimérico durante sua produção. O ecossistema marinho é quem mais sofre com os descartes incorretos destes produtos, visto que a morte de animais é avassaladora devido a ingestão ou ficar preso aos resíduos; tal ação tem gerado um prejuízo de US\$ 13 bilhões ano para o setor turístico. Estimam que existam bilhões de resíduos poliméricos flutuando nos oceanos. O relatório ainda classifica as empresas que utilizam esta matéria prima e que causam mais impactos ao meio ambiente, sendo em primeiro lugar as alimentícias com 23% e em segundo as bebidas com 12%.

Canellas e D'abreu (2005) descreve que os resíduos domésticos no mundo vêm aumentando três vezes mais do que o número da população nos últimos 30 anos. No Brasil a média de produção de “resíduos plásticos” é de 1kg/hab. dia, sendo descartados 180.000 mil toneladas dia, pelo menos parte em local não adequado. Deste número, ao menos 76% acabam em “lixões” (depósito dos resíduos urbanos para tratamento) e ocasionando a contaminação do solo e os mananciais.

## **O processo de reciclagem**

O processo de reciclagem é essencial para minimizar os impactos ambientais do planeta, pois gera uma economia nos recursos naturais não renováveis, contribui para a geração de empregos e o acúmulo de materiais nos aterros sanitários e/ou descartados de forma irregular na natureza.

Para Valle (1995) é necessário trabalhar a reciclagem perfazendo o ciclo, ou seja, permitir que o material volte à sua origem, porém na forma de matéria-prima. Para que possam participar deste ciclo os materiais devem estar compreendidos dentro da classificação de não se degradar facilmente, pode ser reprocessado e mantendo suas características básicas.

É necessário intensificar o sistema de coleta seletiva, onde há a separação do lixo reciclável ou não reciclado; Como facilitador na separação do lixo reciclado foi adotado



cores para identificação, sendo amarelo para os metais, verde para os vidros, azul para os papéis e vermelho para os polímeros e aliado às cores temos os símbolos em suas respectivas cores intensificando o destino do material.

Dados do Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico - IBGE revelam que cerca de 90% da população tem coleta residencial de lixo e somente 15% da população brasileira têm acesso a coleta seletiva de lixo.

A Associação Brasileira de Indústria PET (Polietileno tereftalato) - ABIPET destaca que o processo de reciclagem do material PET no Brasil é um dos mais desenvolvidos do mundo, pois conta com alto índice de reciclagem e enorme cadeia de aplicação do material reciclado, gerando assim uma demanda garantida.

Em seu último censo da reciclagem no Brasil elaborado no ano de 2016, a ABIPET divulgou que cerca de 331 mil toneladas de embalagens PET foram recolhidas e encaminhadas para a reciclagem o que garantirá a produção de novos produtos e a geração de empregos.

Na contramão deste censo temos o descarte de resíduos poliméricos no Rio Tiete (SP) de cerca de 590 toneladas/dia conforme destaca Malu Ribeiro, coordenadora do Projeto Água da SOS Mata Atlântica, contribuindo para a morte do rio, ou seja, a inexistência de qualquer ser aquático ao longo do leito deste rio.

Grande aliado ao processo de reciclagem dos materiais poliméricos são as cooperativas de reciclagens que fazem o trabalho de coletar, separar e encaminhar as empresas beneficiadoras do material a fim de originar nova matéria-prima.

A criação das cooperativas é uma estratégia para retirar os trabalhadores informais dos "lixões", contribuir com o resgate da dignidade humana e a valorização pessoal. Outro fator de relevância é o serviço ambiental, pois minimiza a quantidade de materiais descartados nos terrenos, rios e outros locais inadequados, redução de lixo no aterro sanitário das cidades e o principal a destinação específica para os resíduos.

A vantagem para os trabalhadores é reduzir o trabalho insalubre nos aterros sanitários e a renda econômica, está ainda muita singela devido ser pouco apoiado e incentivado pelas políticas públicas do Brasil e ser muito discriminado pela sociedade brasileira.



# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability

## MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) descreve que o concreto é um dos produtos mais utilizados e comercializados no mundo e atraindo inúmeros pesquisadores deste produto e ainda contribuindo para o desenvolvimento tecnológico da construção civil. As vantagens do baixo custo e a capacidade de adequar as inúmeras condições de produção e formas de moldagem, são fatores que contribuem para o cimento receber o título de produto mais vendido.

Um critério muito observado nos produtos e a durabilidade, e no trabalhando a viabilidade de reaproveitamento dos polímeros no concreto é necessário analisar e comparar este material junto ao artefato construído. Segundo a NBR 6118/2001, a vida útil é de, no mínimo, 50 anos para materiais de construção. Os materiais que utilizam em sua composição os polímeros ou fibras é necessário avaliar seu desempenho ao longo do tempo.

Pelisser (2003), destacou em seu estudo com fibras PET junto ao concreto e obteve um número grande de tenacidade aos 35 dias de idade, porém os valores diminuíram rapidamente aos 150 dias de idade, o que pode ser explicado pela degradação do polímero dentro do concreto. Para Johnston (1994) a durabilidade das fibras sintéticas, como poliéster e PET demonstram deterioração definida, sendo a perda de resistência da fibra no cimento causado pela hidrólise e dissolução alcalino. As fibras de polipropileno não são afetadas pela água durante sua exposição ou durante sua mistura na confecção de concreto; são resistentes a ácidos e álcalis.

Segundo Ferreira, 2010 descreve Tecnologia como Teoria ou análise organizada das técnicas, procedimentos e métodos e afim de experienciar o estudo em relação ao concreto foi proposto a substituição, em porcentagem, do material polimérico de Polipropileno (PP) pelo agregado graúdo.

O polímero proposto para este trabalho é o Polipropileno – PP, em especial trabalharemos com a cadeira branca, visto que é um material resistente, de fácil incorporação e o material que melhor se comportou durante as análises dos traços de concreto, devido à resistência ficar próxima do traço referência e melhor trabalhabilidade durante a confecção dos corpos de prova. Este material é beneficiado por uma empresa que trabalha com produtos recicláveis, sendo que recebe os produtos e faz a separação para na sequência iniciar o processo de trituração. Os polímeros são



comercializados somente na forma triturado e vendidos para empresas que trabalham com o material a fim de reutilizar e dar origem a outro material.

Na figura 2 é possível observar o Polipropileno (PP), triturado, utilizado na composição do concreto.

Figura 2 - Cadeira polimerica de polipropileno – PP triturado



Fonte: Próprios autores

Os materiais utilizados foram todos ensaiados no centro tecnológico da UniEvangélica, na cidade de Anápolis-Go, e sendo utilizados como agregados areia, brita 0, cadeira branca de polipropileno -PP triturada e o aglomerante, cimento Portland tipo II composto por escória com classe de resistência de 32MPa aos 28 dias, CP II-Z-32, utilizados durante a produção do concreto para moldagem dos corpos de prova e submetidos a ensaio respeitando o período de cura conforme a NBR 5738, Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, que estabelece o tamanho das formas, o procedimento de moldagem, o adensamento e cura para enfim rompe-los na prensa, através do ensaio de resistência a compressão axial.

Os materiais utilizados na confecção dos corpos prova foram todos submetidos a caracterização a fim de se encontrar a maior precisão e confiabilidade nos resultados. A determinação da massa específica do cimento Portland CP II-Z-32 foi realizada conforme NBR NM 23:2000, da areia conforme a NBR 9776:1987 e do agregado graúdo segundo a NBR NM 53:2003. Na tabela 1 é possível verificar as características físicas dos materiais obtidas na caracterização dos materiais.

Tabela 1 - Características físicas dos agregados utilizados na confecção dos corpos de prova.

Material	Massa Específica - (Kg/m <sup>3</sup> )	Massa unitária compactada - (Kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Finura - MF	Dimensão Máxima Característica - D <sub>máx</sub> (mm)
Cimento	3,10	-	-	-
Areia	2,54	1,55	2,54	-



Brita 0	2,67	1,72	2,4	9,5
Polímero de Polipropileno (PP)	2,85	1,80	3,0	9,5

Fonte: Próprios autores.

Os traços confeccionados foram produzidos com os mesmos parâmetros a fim de que os resultados produzidos pudessem ser comparados. O processo de dosagem pode ser conferido na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de Dosagem

Parâmetro de Dosagem	
Fck	25 Mpa
Fcj	32 Mpa
Relação Água cimento – a/c	0,49
Desvio Padrão - Sd - (NBR 12655)	4,0
Consumo de água (tabela)	230
Condição de exposição (NBR 6118)	Urbana

Fonte: Próprios autores.

O traço de concreto referência utilizado no trabalho foi adquirido através do método de dosagem ACI/ABCP, onde o consumo de água é adquirido na tabela consumo de água aproximado (com base no diâmetro máximo do agregado graúdo); o consumo do cimento (cc) foi dividido pela relação água cimento (a/c); a brita foi multiplicado o volume aparente pela massa unitária e a areia foi calculado o volume da areia e multiplicado pelo módulo de finura. Na tabela 3 é possível acompanhar todos os cálculos do traço referência.

Tabela 3 – Cálculo do traço referência

Traço Referência		
Material	Cálculo	Resultado
Consumo de Cimento (cc)	$(C_w) / (a/c) - (230/0,49)$	469,38 kg/m <sup>3</sup>
Volume de Areia	$1 \times ((469,4/3100) + (937,8/2670) + (230/1000))$	0,27
Consumo de Areia	$2540 \times 0,27$	685,8 kg/m <sup>3</sup>
Consumo de Brita	$0,605 \times 1550$	937,8 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Próprios autores.

De acordo com os resultados encontrados foi 469,38kg/m<sup>3</sup> de cimento, 685,8 kg/m<sup>3</sup> de areia, 937,8 kg/m<sup>3</sup> de brita e consumo de água 230l/m<sup>3</sup>; portanto  $(469,38/469,38) : (685,8/469,38) : (937,8/469,38) : 0,49$ , logo encontra-se o traço referência que é 1 : 1,46 : 2 : 0,49.



Foi experienciado a substituição do volume do agregado graúdo por cadeira brana de polipropileno triturado. Durante a execução do primeiro traço foi retirado 10% do volume de agregado graúdo (em relação ao traço referência) e adicionado 10% de Polipropileno triturado (cadeira branca) na proporção do volume do traço referência e sendo moldado 9 corpos de prova; para a execução do segundo traço foi retirado 20% do volume de agregado graúdo (em relação ao traço referência) e adicionado 20% de Polipropileno triturado (cadeira branca) na proporção do volume do traço referência e sendo moldado 9 corpos de prova e por fim o terceiro traço foi retirado 30% do volume de agregado graúdo (em relação ao traço referência) e adicionado 30% de Polipropileno triturado (cadeira branca) na proporção do volume do traço referência e sendo moldado 9 corpos de prova.

Os corpos de prova foram preparados seguindo a normativa da ABNT NBR 5739/15, sendo três corpos de prova rompidos com a idade de três dias, outros três corpos de prova rompidos com a idade de sete dias e por fim mais três corpos de provas rompidos com a idade de vinte e oito dias. O rompimento das amostras foi realizado por compreensão de acordo com a norma ABNT NBR 7215/96 que define a idade de rompimento bem como a tolerância de tempo para a ruptura.

## RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos foi considerada de forma qualitativa, tendo como parâmetro os índices de perda a resistência do material incorporado ao concreto e o comportamento destes durante o processo de rompimento a compreensão. Foram confeccionados a totalidade de 36 corpos de provas de 10cm x 20cm, sendo que 9 (nove) para o traço de referência que foram submetidos ao rompimento por compressão com idade de 3 dias, 7 dias e 28 dias; outros 9 (nove) corpos de prova com a retirada de 10% do volume de brita 0, sobre o traço referência, e acréscimo de 10% de cadeira branca de polipropileno triturado, sobre o volume do traço referência, com o rompimento por compreensão com idade de 3 dias, 7 dias e 28 dias; outros 9 nove corpos de prova com a



retirada de 20% do volume brita 0, sobre o traço referência, e acréscimo de 20% de cadeira branca de polipropileno triturado, sobre o volume do traço referência, com o rompimento por compreensão com idade de 3 dias, 7 dias e 28 dias; e por fim 9 nove corpos de prova com a retirada de 30% do volume de brita 0, sobre o traço de referência, e acréscimo de 30% de cadeira branca de Polipropileno triturado, sobre o volume do traço referência, com o rompimento por compreensão com idade de 3 dias, 7 dias e 28 dias;

A fim de mensurar a trabalhabilidade dos traços foi utilizado o ensaio de consistência pelo abatimento tronco cone, conhecido como Slump teste, normatizado pela NBR MN 67/16 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. A trabalhabilidade foi obtida pelo abatimento do concreto em seu próprio peso, sendo medido a consistência e garantindo a relação água/cimento. Foi realizado o slimp test para todos os traços, conforme normatização da ABNT NBR 7215/96 e sendo encontrado os seguintes resultados para os abatimento; para o traço de referência foi verificado o valor 65 mm e para os traços com acréscimo de polipropileno triturado, 10% do volume do traço referência o valor de 60 mm, para 20% de polipropileno triturado sobre o volume do traço referência, foi verificado o valor de 58 mm e para 30% de polipropileno triturado sobre o volume do traço referência foi verificado o valor de 55mm.

Diante das leituras do slump test é possível concluir que o traço referência e o traço com retirada de 10% do volume de agregado graúdo e acréscimo de 10% de polipropileno triturado sobre o volume do traço referência ficou dentro do esperado e calculado no consumo de água aproximado que foi de 60 a 80 mm, já os traços com a retirada de 20% e 30% do volume do agregado graúdo e acréscimo de polipropileno triturado ficou abaixo do calculado comprovando que a trabalhabilidade e consistência destes traços devem ser revistos e analisados.

É possível observar na tabela 4 os valores de resistência obtidos através do rompimento de compreensão com as idades de três, sete e vinte e vinte oito dias para o traço de referência.

Tabela 4 – Resultados da resistência a compreensão, Traço Referência

Traço - 1 : 1,46 : 2 : 0,49



Idade	Resultado (MPa)
3	11,9
3	12,3
3	12,4
7	14,9
7	16,9
7	16,2
28	22
28	21,3
28	21,1

Fonte: Próprios autores.

As tabelas 5, 6 e 7 demonstram os valores de resistência obtidos através do rompimento de compreensão dos traços com acréscimo de 10%, 20% e 30% de cadeira branca de Polipropileno triturado sobre o volume do traço referência, respectivamente, e retirada de 10%, 20% e 30% sobre o volume do agregado graúdo, com base no traço referência, respectivamente com as idades de três, sete e vinte e vinte oito dias.

Tabela 5 – Resultados da resistência a compreensão, traço com 10% de Polipropileno triturado

Traço - 1 : 1,46 : 2 : 0,49 (com 10% de cadeira de PP)	
Idade	Resultado (MPa)
3	8,7
3	10,7
3	10,1
7	9,9
7	11,7
7	11,4
28	16,2
28	15,4
28	13,9

Fonte: Próprios autores.

Tabela 6 - Resultados da resistência a compreensão, traço com 20% de Polipropileno triturado

Traço - 1 : 1,46 : 2 : 0,49 (com 20% de cadeira de PP)	
Idade	Resultado (MPa)
3	9,1
3	8,9
3	9,3
7	11
7	12,8
7	10,9
28	14,2
28	16
28	14,3

Fonte: Próprios autores.



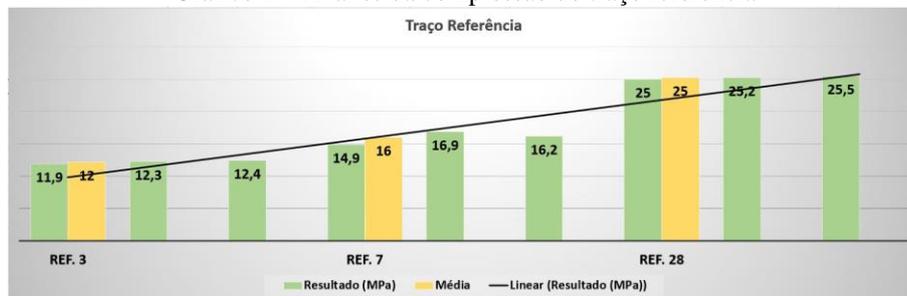
Tabela 7 - Resultados da resistência a compressão, traço com 30% de Polipropileno triturado

Traço - 1 : 1,46 : 2 : 0,49 (com 30% de cadeira de PP)	
Idade	Resultado (MPa)
3	7,4
3	7,5
3	6,8
7	9,3
7	9,9
7	9,3
28	9,6
28	12,6
28	10,7

Fonte: Próprios autores.

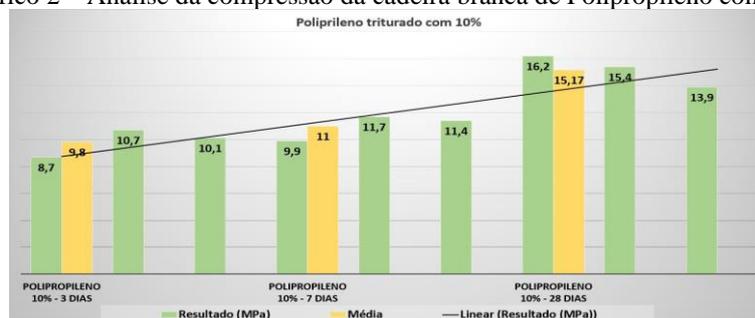
Através dos gráficos 1, 2 e 3 é possível ter uma visão mais ampla do comportamento dos traços durante a realização dos ensaios de compressão com as idades de 3, 7 e 28 dias dos corpos de prova moldados.

Gráfico 1 – Análise da compressão do traço referência



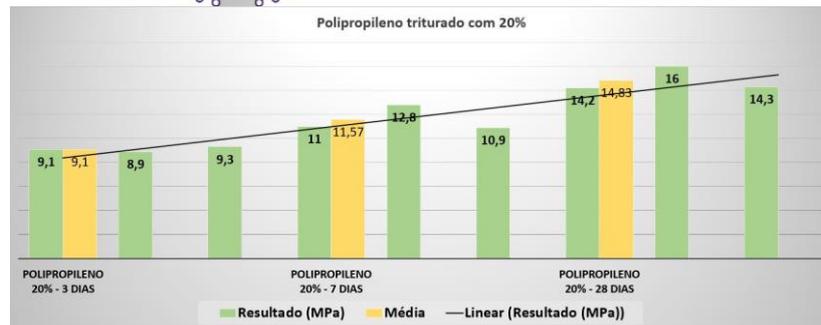
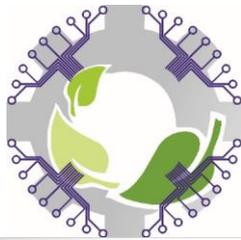
Fonte: Próprios autores.

Gráfico 2 – Análise da compressão da cadeira branca de Polipropileno com 10%



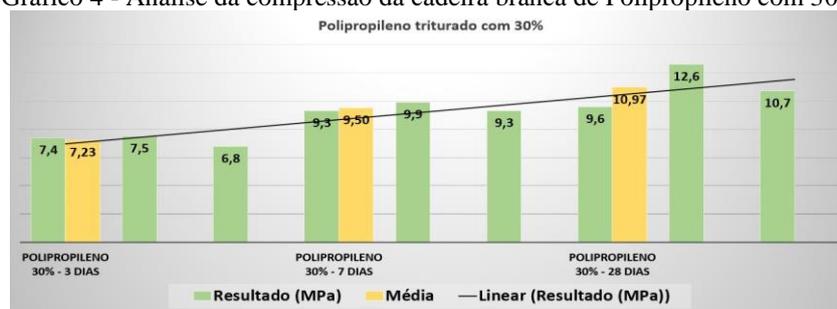
Fonte: Próprios autores.

Gráfico 3 – Análise da compressão da cadeira branca de Polipropileno com 20%



Fonte: Próprios autores.

Gráfico 4 - Análise da compressão da cadeira branca de Polipropileno com 30%



Fonte: Próprios autores.

Em análise aos resultados obtidos pela resistência a compressão dos traços de referência e com cadeira branca de Polipropileno triturado observa-se que os resultados se mantiveram paralelos e uma diferença pequena, na média  $\leq 2,3$  Mpa. Tal resultado nos apresenta que a adição de material polimérico, Polipropileno – PP, há perdas na resistência a compressão simples, porém não significantes o que nos incentiva a utilização deste material junto ao concreto.

## CONCLUSÃO

É possível concluir do trabalho desenvolvido utilizando como agregado o material polimérico de polipropileno que sua utilização em proporções convenientes ao traço calculado não afeta a resistência à compressão, sendo que é necessário aprimorar os estudos para a utilização com a finalidade de não ter perda de resistência em relação ao traço característico.

O presente trabalho deixa várias vertentes abertas a fim de progredir com os estudos. Uma possibilidade é trabalhar o material utilizado, cadeira branca de Polipropileno



triturado, realizando o polimento a fim de retirar o verniz ou o material aplicado sobre o produto final; tal ação fará com que o Polímero triturado tenha maior aderência ao concreto e sua aplicação no traço contribua para maior resistência. Triturar em tamanhos menores a fim de classificar o material Polímero utilizado como agregado miúdo e analisar o comportamento do mesmo junto ao concreto e tendo sempre como objetivo a substituição do agregado usualmente utilizado na mistura do concreto pelo material polimérico a fim de reduzir custos na preparação do concreto e também contribuir com a política de reciclagem, reaproveitamento e evitando o descarte descontrolado e irregular.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira Da Indústria Do Plástico. Relatório de atividades de 2017.

\_\_\_\_\_. - Associação Brasileira Da Indústria Do Plástico. Relatório de atividades de 2016.

ANÁPOLIS: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Anápolis, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. NBR 5738/15: Concreto. Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5739/94: Concreto. Ensaio de compressão de corpos de prova. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. NBR 7215/96: Cimento Portland. Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 67/96: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 6118/2001 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

BAUER, L.A. Falcão. Materiais de construção, vol. 2, 5<sup>o</sup> ed. LTC, Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 275, DOU, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2001.

BORGES, A. N. Curso Prático de Cálculo em Concreto Armado, Rio de Janeiro, Imperial Novo Milênio, 2010.

CANELLAS, S.S. e D'ABREU, J.C. Reciclagem de pet, visando a substituição de agregado miúdo em argamassa. XXI ENTMME, Rio Grande do Norte, 2005.

CANEVAROLO Jr., Sebasuão V. Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Miniaurélio: o dicionário da língua portuguesa. 8. ed. Curitiba: Positivo, 2010.



# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability

- GRIPPI, Sidney. Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras, Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- HELMAN, Hélio. ABIPLAST: há 50 anos transformando a indústria do plástico no Brasil, 1º ed. Editora Definição, São Paulo, 2017.
- ISAIA, G.C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais, 2ª ed, São Paulo, IBRACON, 2010.
- JOHNSTON, C. D. Fiber-reinforced cements and concretes. Vol. 3. Canada: V. M. Malhotra, 2001.
- MANO, Eloisa Biasotto e MENDES, Luís Cláudio. Introdução a polímeros. - 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- MARANGON, Ederli. Aspectos Do Comportamento E Da Degradação De Matrizes De Concreto De Cimento Portland Reforçados Com Fibras Provenientes Da Reciclagem De Garrafa Pet. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.
- PELISSER, F. Avaliação do desempenho de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato. 2002. Dissertação (Mestrado em Construção Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PEREIRA, Lauro Charlet e GOMES, Marco Antônio Ferreira. 4 R's da Sustentabilidade: Repensar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar, 2017.
- PLASTIVIDA/ABIQUIM. Plásticos em Foco. São Paulo, Fevereiro, 1997.
- SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva e DE PAOLI, Marco Aurélio. A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros, Quim. Nova, Campinas, 2005.
- UNEP - Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry, 2014.
- VALLE, Cyro Eyer do. Qualidade Ambiental: Como ser competitivo protegendo o meio ambiente: (como se prepara para as normas ISSO 14000), São Paulo, Pioneira, 1995.
- WALMART BRASIL. Saiba como colocar em prática os 4 Rs da sustentabilidade: o Dicionário da língua portuguesa, 8º ed. rev. atual, Curitiba, 2010.