ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIETILENO TEREFALATO PÓS-CONSUMO PARA A ELABORAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Larissa Moura Oliveira⁽¹⁾ (larissoliveir@gmail.com), Sahore Christina Damas de Moura⁽²⁾ (sahore.moura@hotmail.com), Luiza Pinto Coelho Franco⁽³⁾ (luiza.coelho@prof.unibh.br)

⁽¹⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

⁽²⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

⁽³⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

RESUMO: *A construção de estradas é uma das obras de engenharia mais antigas e que, de certa forma, tem sido alterada juntamente com as mudanças que rodeiam a humanidade a fim de atender as exigências ambientais inerentes ao processo de transformação como um todo. Diante disso, essa pesquisa de conclusão de curso teve o objetivo de avaliar o comportamento de concretos aplicáveis à pavimentação rígida com adição de fibras oriundas da reciclagem de garrafas de polietileno tereftalato (PET) em sua composição. Tal avaliação foi realizada mediante um estudo comparativo entre concretos sem e com a adição de fibras de PET, por meio da realização de ensaios de caracterização dos mesmos no estado fresco e endurecido, conforme a normatização desse tipo de pavimento. Com base no estudo, foi possível identificar que os corpos de prova com adição de fibras atingiram maiores valores de resistência à tração na flexão do que os sem fibras adicionadas, alcançando inclusive resultados dentro das exigências da normatização, descortinando assim, que tal emprego além de se comportar como uma nova possibilidade de aplicação de embalagens PET pós-consumo, executa um papel favorável para a melhoria das características mecânicas do concreto.*

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Fibras PET, Pavimento Rígido.

1. INTRODUÇÃO

Desde as mais remotas civilizações é possível evidenciar que a construção de estradas sempre foi alvo de grande atenção e um processo muito presente nas atividades antrópicas, seja por motivos vinculados a economia, a integração entre regiões ou até mesmo por razões militares (BALBO, 2007). Pavimento, de um modo geral, pode ser classificado como flexível, semirrígido ou rígido e definido como uma superestrutura formada por camadas sistematicamente distribuídas, de espessuras finitas, assentadas sobre uma faixa de espaço infinita, denominada subleito (DNIT, 2006). Os pavimentos rígidos ou pavimentos de concreto de cimento Portland, são aqueles cuja camada de revestimento absorve grande parte das tensões de carregamento a eles aplicadas, devido a essa camada possuir elevada capacidade de rigidez se comparada com as que compõem inferiormente o pavimento rígido (DNIT, 2006). Tal tipo de pavimento em muitos países é amplamente empregado em rodovias de primeira categoria e de alto tráfego e, no Brasil, vem ganhando espaço de forma mais intensa desde a década de 90, também com aplicação na construção de rodovias, pistas de portos e aeroportos, corredores de ônibus e na elaboração de pisos industriais (SILVA; CARNEIRO, 2014).

Um fator que favorece o uso desse tipo de pavimento é a sua vida útil, que é mais ampla se confrontada com a dos pavimentos flexíveis ou semirrígidos, possuindo um horizonte de projeto de no mínimo 20 anos (MELLO *et al.*, 2016). Além disso, o pavimento rígido é mais resistente a deformações plásticas, necessitando de recapeamentos e operações tapa-buracos com uma menor

IX COEN – Congresso de Engenharias da UFSJ
Interconexão.

frequência, podendo também ser considerado como um “pavimento verde” pelo fato de corresponder a uma alternativa indicada para o atendimento de exigências ambientais que a cada dia recebem critérios mais rigorosos de aceitação (ABCP, 2012).

Tal aumento do rigor das exigências ambientais, principalmente nas vinculadas a construção civil, se deve, em grande parte, por essa ser uma área intimamente ligada ao consumo em massa de materiais e consequentemente à geração de impactos negativos ao meio ambiente, provocados tanto nas fases de extração de matérias-primas, fabricação de materiais aplicados na construção e na execução das obras, quanto na fase de disposição dos resíduos gerados em todos esses processos. Diante dessa perspectiva, é inerente o desenvolvimento de práticas sustentáveis na construção civil que propiciem uma menor degradação ambiental, pela adoção de métodos de exploração e uso de matérias-primas alternativas, que possam promover harmonicamente a interface homem-meio ambiente (ROTH; GARCIAS, 2009).

2. OBJETIVOS

Essa pesquisa de conclusão de curso almeja verificar se o emprego de fibras oriundas da reciclagem de garrafas de polietileno tereftalato (PET) pós-consumo no concreto utilizado na elaboração de pavimentos rígidos, resulta em um compósito que atinja aos requisitos normatizados para o tipo citado, apresentando assim, uma prática alternativa com o uso de matéria-prima oriunda de resíduos em obras na construção civil. Além disso, como vários outros estudos relativos ao assunto, essa pesquisa visa obter a melhora da flexibilidade e resistência à tração na flexão do concreto, sem prévia inclusão de armaduras em sua composição e, também almeja a minimização da presença de defeitos no pavimento rígido com o aumento de sua vida útil.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pavimento Rígido

De acordo com Giublin (2002), genericamente, pavimento corresponde a uma estrutura constituída de camadas finitas dispostas sobre um semiespaço teoricamente infinito. Senço (2007), complementa tal definição, conceituando pavimento como uma estrutura construída sobre a terraplanagem, destinada de forma técnica e econômica a resistir e distribuir verticalmente as tensões oriundas do tráfego e, a resistir horizontalmente os esforços provenientes do desgaste, acarretando uma maior durabilidade da superfície de rolamento e a melhoria das condições de conforto e segurança dos usuários. Já Balbo (2007), efetua uma junção entre tais definições, simplificando o conceito de pavimento como uma estrutura não perene, composta pela sobreposição de camadas de materiais compactados sobre o subleito, construída de forma adequada ao atendimento estrutural e operacional de tráfego, da forma mais durável e com o menor custo possível.

Como já abordado, tradicionalmente os pavimentos podem ser classificados como flexíveis, semirrígidos e rígidos (DNIT, 2006). No entanto, é comum atualmente categorizar os pavimentos apenas em dois grupos principais: o de pavimentos de cimento Portland (rígidos) e o de pavimentos asfálticos (flexíveis) (DNIT, 2017). Cada tipo de pavimento possui características próprias, sendo: os flexíveis aqueles em que todas as camadas de constituição sofrem significativa deformação elástica a qual é distribuída quase que de maneira uniforme entre as camadas desse tipo de pavimento. Os

semirrígidos podem ser definidos como os que possuem a base cimentada por algum tipo de material aglutinante semelhante ao cimento e, os rígidos aqueles em que o revestimento atua como uma espécie de “escudo” de tensões para as demais camadas do pavimento (DNIT, 2006).

Com relação as exigências técnicas do pavimento rígido, o Manual de número 714 do DNIT (2005), indica que o concreto empregado na fabricação desse tipo de pavimento deve apresentar resistência à tração na flexão na ordem de 4,5 MPa ou, quando estruturalmente armado, uma resistência característica à compressão axial em torno de 30 MPa. Ainda de acordo com esse manual, é destacado que a resistência à tração na flexão estabelecida em projeto é um aspecto tecnológico de grande relevância a ser avaliado durante o controle de qualidade do concreto empregado na pavimentação rígida e, que em caso de dificuldades de execução de tal ensaio, geralmente a análise da tração do concreto é realizada indiretamente mediante a verificação da resistência à compressão do mesmo, por ser um ensaio de mais fácil realização, não estabelecendo um índice de resistência à compressão para concretos simples aplicáveis à pavimentação.

A título de orientação, outros requisitos do pavimento rígido ainda de acordo com as indicações do DNIT (2005), são: consumo mínimo de cimento de 320 kg/m³ de concreto; relação água cimento (a/c) na faixa de 0,40 a 0,56; dimensão máxima característica do agregado de 50 mm; teor de ar incorporado máximo de 0,5%; teor de argamassa (α) na faixa de 44% a 50%; teor de água (H) na faixa de 7,5% a 8,5%; e abatimento na ordem de 70 mm. Pitta (1998), reforçou tais informações, indicando que o concreto empregado para pavimentação deve ser dosado experimentalmente, considerando como requisitos básicos: a alta resistência mecânica; baixa a/c; consumo mínimo unitário do cimento; consistência seca; dimensão máxima característica do agregado; e a trabalhabilidade do concreto.

3.2 Concreto reforçado com fibras

Concreto, de forma abrangente, consiste numa mistura homogênea entre um composto aglomerante de características cimentícias, agregados miúdos e graúdos, água e, quando necessário, aditivos químicos ou adições (ABNT NBR 12655, 2015). Segundo Pedroso (2009), o concreto está presente tanto nas obras de pequeno porte quanto em grandes construções, podendo ser considerado o material construtivo mais utilizado pelo homem. Figueiredo e Salvador (2013) apontam que justamente por exercer grande presença no âmbito da construção civil, o concreto constantemente tem sido objeto de pesquisas, que a todo momento buscam maneiras de melhorar as limitações apresentadas por esse tipo de material. Como exemplo de limitações apresentadas pelo concreto, é possível destacar seu baixo poder de resistência a deformações e fissuração acelerada quando submetido a cargas tracionantes (FIGUEIREDO; SALVADOR, 2013).

O emprego de fibras na composição do concreto, visa a minimização de tais percalços e, ao longo dos anos, vem ganhando espaço na composição desse material (NUNES, 2006). As fibras diferentemente das armaduras convencionais, podem ser misturadas diretamente ao concreto durante a sua fabricação, o que acarreta em despesas menores na produção do concreto (CONSTRUQUÍMICA, 2014). Com relação a fabricação de pavimentos rígidos, no Brasil, existe uma grande variedade de tipos de tal pavimento, em função dos materiais empregados e da sua concepção estrutural, sendo um deles o pavimento rígido com fibras de aço ou sintéticas de polipropileno.

Como tipos de fibras para concreto pode-se citar fibras de aço, vidro, microfibras e macrofibras poliméricas (polipropileno, nylon e poliéster) sendo, as fibras de aço mais amplamente utilizadas e normatizadas pela ABNT NBR 15530. As fibras poliméricas, mesmo com o espaço ganho ao longo do tempo, ainda não possuem normatização técnica brasileira, o que acaba sendo um fator dificultante para um estudo mais aprimorado de seu comportamento junto ao concreto e para padronização de sua dosagem (FIGUEIREDO et al., 2002). Segundo Taylor (2000), polímeros são materiais quase sempre de origem orgânica, ou seja, oriundos do carbono, caracterizados por apresentarem baixo módulo de elasticidade, bom isolamento térmico e alta maleabilidade quando aquecidos. Além disso, é interessante ressaltar acerca dos polímeros, sua vasta gama de propriedades, que, em alguns pontos, os assemelham a outros materiais como a madeira, metais, vidros e cerâmicas. Exemplo disso, é que os polímeros podem ser: leves, isolantes e facilmente moldáveis, como as madeiras; se comportar de forma análoga aos metais, uma vez que existe a possibilidade de serem flexíveis, duros, resistentes e até mesmo condutores; transparentes, como o vidro; ou impermeáveis e quebradiços como os materiais cerâmicos (PAWLICKA et al. 2013).

As fibras, num contexto geral, quando incorporadas ao concreto podem atuar como um fator eficiente para o combate da fissuração por retração e como um parâmetro de estabilização da resistência à tração do concreto, desde que sejam distribuídas de forma homogênea no momento de fabricação do mesmo e possuam resistência mecânica à tração adequada. As fibras instituem uma espécie de micro armadura para o concreto e, à medida em que se eleva a sua resistência e o seu teor no mesmo, é conferida além de resistência ao surgimento de fissuras, maior ductilidade e consequentemente um aumento da tenacidade do concreto, ou seja, o concreto passa a suportar deformações sem perda de resistência e, passa a agir de forma contrária a propagação de fissuras, dissipando a energia de deformação (MACCAFERRI, 2008).

Outro fator importante relativo a incorporação das fibras no concreto, é que pelo fato das fibras serem distribuídas de forma aleatória no mesmo, atuam no reforço de toda a peça e não apenas de uma determinada posição (FIGUEIREDO, 2011). No entanto, quando se almeja potencializar o desempenho do compósito, é necessário direcionar as fibras em relação ao sentido de atuação das cargas tracionantes. Além disso, não é recomendado o uso de fibras muito longas para que não haja o arrancamento das mesmas da matriz, sendo indicado como comprimento mínimo, um igual ou superior ao dobro da dimensão máxima característica do agregado utilizado no concreto, para que as fibras possam atuar como ponte de transferência de tensões (FIGUEIREDO, 2000). Com relação a dosagem das fibras poliméricas no concreto, Figueiredo (2011) informa que geralmente o dispêndio das fibras é especificado pela fixação dos valores de consumo dentro da faixa de 600 g a 1000 g por metro cúbico de concreto. Em termos de aplicação de fibras poliméricas no concreto em âmbito mercadológico, tais valores de dosagem não sofrem grande variação, sendo estabelecido como valores de dosagens usuais a faixa de fibras de 600 g a 900 g por metro cúbico de concreto (CONSTRUQUÍMICA, 2016).

3.3 Aproveitamento de resíduos plásticos na construção civil

O intenso desenvolvimento dos centros urbanos, principalmente a partir da Primeira Revolução Industrial, proporcionou além do aumento da população urbana, uma série de facilidades para a mesma, pelo advento de inovações tecnológicas e pelo fenômeno da globalização. No entanto, tal desenvolvimento trouxe consigo a expansão do consumo de bens materiais, o que acarretou em

perceptíveis impactos negativos ao meio ambiente, especialmente, no que se diz respeito ao consumo exacerbado e descarte incorreto de resíduos, sobretudo, os que demoram muito tempo para se decompor, como é o caso dos resíduos plásticos que necessitam de mais de 400 anos para serem absorvidos pelo meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2013).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), o uso de embalagens tem colaborado para tais impactos, devido a sua pequena vida útil, já que grande parte das embalagens são descartadas após utilizadas uma única vez, estimando-se que 1/3 de todo o lixo doméstico seja formado por tais materiais, o que configura cerca de um quinto do lixo brasileiro. Um tipo de resíduo que possui grande participação na poluição ambiental e, que também está inserido no grupo das embalagens é o proveniente do uso de PET. Estima-se que 90% do PET produzido é destinado a fabricação de embalagens de bebidas e alimentos (ABIPET, 2013). O PET é um tipo de termoplástico produzido em grande escala no mundo, muito utilizado em embalagens de bebidas carbonatadas (refrigerantes), sucos, óleos, fibras para tecelagem e filmes biorientados (NUNES; LOPES, 2014). Mesmo que atualmente grande parte dos resíduos oriundos do PET sejam destinados ao reuso e à reciclagem, devido a sua grande produção, ainda se faz necessário sua inserção em outras cadeias produtivas como um fator minimizador de impactos negativos ao meio ambiente. Reflexo disso, é que no ano de 2011, conforme estudos da ABIPET (2013), foi registrado que 57% do volume de PET produzido, tiveram como destino final o processo de reciclagem para uso em outras cadeias produtivas, no entanto, numericamente falando, tal percentual demonstra que das 572 kt de PET produzidas, 326 foram recicladas e 246 kt não foram destinadas a tal processo, o que ainda configura um número alto.

Diante do exposto, a presente pesquisa se torna relevante pelo fato de que ao mesmo tempo em que ressalta o emprego de materiais alternativos no campo da construção, colabora com a redução de resíduos plásticos dispostos ao meio ambiente, os quais demoram muito tempo para se decompor e, compõe cerca de 14% do lixo brasileiro (CEMPRE, 2015). Além disso, justamente pela camada de revestimento do pavimento rígido necessitar resistir grandes esforços, o emprego de fibras em sua composição, pode promover maior ductilidade ao concreto, sendo eficiente no combate à fissuração e, com isso, promover melhoria na resistência a impactos e desgastes superestruturais (SILVA; CARNEIRO, 2014).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A norma 054 do DNIT (2004) define as diretrizes a serem adotadas nos processos de estudos dos traços e de caracterização de materiais constituintes de concretos para pavimentos rígidos. Tal norma serviu como base durante todo o desenvolvimento metodológico do presente trabalho, e é dividida em três assuntos principais, são eles: caracterização dos materiais constituintes do concreto, requisitos para o concreto destinado a pavimento e roteiro básico para o estudo de traço e caracterização do concreto.

4.1 Seleção e caracterização dos materiais constituintes do concreto

Para a fabricação dos concretos analisados, foram introduzidas fibras recicladas oriundas de polietileno tereftalato nas proporções de 600 g e 1000 g por metro cúbico de concreto. A estimativa da quantidade de fibras relativas a tais teores, foi elaborada considerando como densidade do concreto o valor de 2400 kg/m³, que é o valor indicado para concretos simples na ABNT NBR 6120 (1980).

De acordo com o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (2005), não são realizadas exigências especiais nem quanto ao tipo, nem quanto aos índices físicos e químicos do cimento para a elaboração de pavimentos de concreto, no entanto, para uma melhor eficiência do mesmo, são indicados cimentos que possuam tempo de endurecimento mais lento, desde que não seja demandada rapidez na liberação de tráfego. Com isso, o cimento empregado no processo de fabricação dos corpos de prova foi o classificado como Cimento Portland Pozolânico (CPIV) da linha Cauê da InterCement Brasil, resistente a sulfatos e com classe de resistência de 32 MPa. As pozolanas, que ocupam um limite de 15 a 50% da massa desse cimento, são materiais oriundos de rochas vulcânicas, da queima em elevadas temperaturas de alguns tipos de argila e das cinzas geradas com a queima de carvão mineral (DNIT, 2005).

A análise do cimento foi executada por meio do estudo teórico de suas características a partir dos limites descritos em normatização e como requisitos químicos e físicos do cimento CPIV-32-RS pode-se destacar que o mesmo deve: possuir perda do fogo (PF) inferior ou igual a 6,5; não possuir a presença de óxido de magnésio (MgO); possuir a presença de trióxido de enxofre (SO₃) inferior ou igual a 4,5; ter índice de finura (resíduo na peneira 75 µm) inferior ou igual a 8,0%; possuir tempo de pega inferior a 60 minutos; e ter expansibilidade a quente menor que 5 mm. Tal cimento deve possuir valores de resistência à compressão superiores a 10 MPa em 3 dias, maiores que 20 MPa aos 7 dias e extrapolar os 32 MPa em 28 dias de cura. Além disso, esse cimento possui como limite de massa de 45 a 85% de clínquer e sulfatos de cálcio e de 0 a 10% de material carbonático, não possuindo a presença de escória granulada de alto-forno (ABNT NBR 16697, 2018).

Conforme a ABNT NBR 7211 (2005), agregados miúdos são aqueles em que os grãos possuem dimensões menores que 4,75 mm e maiores que 150 µm, ou seja, passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e são retidos pela peneira de malha de 150 µm. Já os agregados classificados como graúdos, correspondem aos que possuem grãos de dimensões menores que 75 mm e maiores que 4,75 mm. Para a composição do concreto analisado, o tipo de agregado graúdo utilizado foi o classificado como brita 01 e o tipo de agregado miúdo foi a areia média. A areia média foi fornecida já lavada e peneirada, e é de origem da região de Esmeraldas-MG e Inhaúma-MG, possuindo granulometria inferior a 5,53 mm. A brita 01 é majoritariamente oriunda de fragmentos de Gnaiss e proveniente da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PURA SÍLICA, 2018).

O PET, material do qual provem as fibras utilizadas no concreto estudado, hoje é muito conhecido por compor garrafas plásticas e embalagens em geral, porém inicialmente foi desenvolvido para uso na indústria têxtil, sendo justamente esse setor um grande consumidor do PET reciclado (ABIPET, 2013). Trata-se de um polímero termoplástico, de origem sintética, pertencente à família dos poliésteres, obtido através da reação de transesterificação de ésteres (NUNES; SANTOS, 2015). Figueiredo (2011) indica que fibra corresponde a elementos descontínuos que possuem um comprimento muito maior que sua seção transversal. As fibras utilizadas nesse trabalho foram adquiridas na empresa TECIPAN, presente em Santa Luzia – MG, e possuem como matéria-prima principal o resultado do processo de reciclagem de garrafas plásticas de PET. De acordo com a empresa, o processo de reciclagem das garrafas PET é realizado mediante linhas de extrusão de polímeros que acarretam na formação de fibras ocas siliconizadas de grande qualidade, sendo definido por meio das seguintes etapas (TECIPAN, 2014): limpeza e prensagem das garrafas PET para disposição em fardos; trituração dos fardos de PET, resultando na fabricação de flocos de PET; extrusão dos flocos, originando grãos; e transformação dos grãos de PET em fios de poliéster. É possível observar que o processo de reciclagem do PET para a elaboração das fibras, resulta em fibras

de poliéster, ou seja, o PET após o processo de fiação “volta” a ser poliéster que é a sua família de origem. As fibras utilizadas na pesquisa, visualmente se assemelham a um “algodão”, e segundo especificações da TECIPAN (2014) possuem alta tenacidade, baixo encolhimento e taxa de absorção de umidade, sendo comumente empregadas como materiais de enchimento. A Figura 1 apresenta a visão detalhada e a olho nu das fibras utilizadas e a Tabela 1 mostra características das mesmas.

Figura 1. Vista detalhada (esquerda) e a olho nu (direita) das fibras de PET.

Tabela 1. Características das fibras de PET utilizadas.

Composição	Tipo	Cor	Título	Corte
100% Poliéster	Oca normal	Branca	11,0 dtex	64 mm

Segundo Figueiredo (2011), o comprimento e a seção transversal da fibra são fatores de grande influência no comportamento do concreto. O parâmetro que lida diretamente com tais propriedades é o intitulado fator de forma da fibra (λ), onde quanto maior for o λ , maior será a capacidade resistiva do concreto a esforços pós-fissuração. Além disso, é recomendado que o comprimento da fibra seja maior ou igual ao dobro da dimensão máxima do agregado graúdo. O λ é resultado da razão entre o comprimento da fibra em mm (l) e o diâmetro equivalente da fibra também em mm (d_e). De acordo com o fabricante, as fibras possuem seções transversais até 5 vezes menores que um fio de cabelo humano, tomando como base essa informação, pode-se estimar que tais fibras possuem em média 0,0135 mm de diâmetro e um fator de forma de aproximadamente 4740.

Outro fator importante ressaltado pela empresa, é que tal produção atua na redução da presença de embalagens PET nos aterros sanitários e dispostos no ambiente, além de executar um papel social por intermédio da reciclagem, que auxilia na renda de um vasto número de famílias, mas que, por ausência de incentivos governamentais, encontra-se enfrentando problemas de obtenção de matéria-prima para as etapas iniciais da produção. Com relação aos custos das fibras, o preço do quilo corresponde a R\$ 14,00, o que abrange um alto volume de fibra, podendo estabelecer que diante das proporções estudadas, a adição de fibras ao concreto irá basicamente aumentar seu custo em no máximo R\$ 14,00 cada metro cúbico elaborado.

4.2 Estudo do traço e caracterização do concreto

Segundo orientações da norma 054 do DNIT (2004), o estudo do traço para a composição de pavimentos rígidos envolve o cálculo analítico do traço, o preparo laboratorial do concreto e, por fim, a determinação do traço definitivo para uso na obra. Como o presente estudo não teve o intuito de abordar a aplicação do concreto em uma obra específica, foi efetuado apenas o cálculo do traço para fabricação do concreto simples para pavimentação em laboratório. Para construção dos traços do concreto estudado, foi empregado o método de dosagem denominado IPT/USP. Tal método, também

conhecido como Método Helene & Terzian, consiste em uma metodologia clara e precisa acerca da dosagem do concreto, acarretando numa maior rapidez e racionalidade do traço para atendimento às exigências do tipo de obra ou elemento estrutural (HELENE; TERZIAN, 1992).

Em linhas gerais, o método de dosagem IPT/USP permite a construção de três traços principais: um intitulado traço piloto ou normal que corresponde à uma porção de cimento para 5 de agregados (1:5), um denominado pobre em teor de cimento que consiste em uma porção de cimento para 6,5 de agregados (1:6,5) e um traço chamado de traço rico em teor de cimento com proporção de uma parte de cimento para 3,5 de agregados (1:3,5). Tal método foi empregado devido a possibilidade de análise de parâmetros como a relação água/cimento, teor de argamassa, teor de água e abatimento do concreto, no momento de elaboração do mesmo de forma mais facilitada, já que permite a fixação de a/c e do teor de argamassa do concreto.

Com relação ao processo de caracterização dos concretos, durante o preparo em laboratório, foram efetuadas as caracterizações dos concretos no estado fresco – com a realização de ensaios de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme a norma ABNT NM 67 de 1998 – e no estado endurecido, com a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão e de resistência à compressão, em conformidade com as normas ABNT NBR 12142 (2010) e ABNT NBR 5739 (2018), respectivamente.

Mesmo que o parâmetro de maior relevância para pavimentos rígidos seja a resistência à tração na flexão do concreto, pretendeu-se obter também valores satisfatórios de resistência à compressão. Levando em conta que concretos com maior consumo de cimento, em condições ideais, possuem maiores resistências, optou-se pela aplicação do traço rico em teor de cimento na pesquisa. Para início da elaboração dos traços unitários do concreto, considerou-se um teor de argamassa (α) de 47% – valor mediano da faixa para pavimentos rígidos (DNIT, 2005). A partir dele, foi possível calcular a quantidade de areia (a) e de brita (p) para a composição do traço unitário mediante a Equação 1 e a Equação 2:

$$a = \alpha (1+3,5)-1 \quad (1)$$

$$p = 3,5-a \quad (2)$$

Além disso, na primeira tentativa de homogeneização do concreto, foi considerada relação água-cimento (a/c) de 0,40 e consequentemente uma relação água mistura seca (H) de 8,89%. Quando tais valores são calculados, principalmente para correção do traço no momento da fabricação, são utilizadas as Equações 3 e 4:

$$a/c = m_a/m_c \quad (3)$$

$$H = (a/c)/1 + p + a \quad (4)$$

Para a avaliação do comportamento do concreto com adição de fibras de PET reciclado, foram elaboradas três proporções de concretos: uma sem a presença de fibra de PET reciclado (traço referencial); uma com a presença de 600 g de fibras para um m³ de concreto; uma com a presença de 1000 g de fibras para um m³ de concreto. Foram preparados 06 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, e 06 corpos de prova prismáticos com dimensões de 15 cm de altura, 15 cm de largura e 50 cm de comprimento. A Tabela 2 demonstra os valores de partida para o processo de fabricação dos concretos, ou seja, o traço unitário utilizado.

Tabela 2. Valores iniciais do traço fabricado.

α	Traço Unitário (1 : a : p)	a/c
47%	1,000 : 1,115 : 2,385	0,40

A sequência das atividades para a fabricação do traço do concreto foi a seguinte, conforme recomendações descritas por Helene e Terzian (1992): imprimação da betoneira com uma porção de concreto inferior a 6 quilos, com traço de 1:2:3 (cimento: areia: brita) e relação a/c de 0,65. O concreto excedente da imprimação, foi descartado; pesagem e separação dos materiais; introdução dos materiais na betoneira para homogeneização na seguinte ordem: 80% da água; 100% do agregado graúdo; 100% do agregado miúdo; inclusão das fibras; 100% do cimento; 20% da água; realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para verificar se a coesão e plasticidade do concreto estavam adequadas; verificação do teor ideal de argamassa do concreto com auxílio de colher de pedreiro e execução das devidas correções do traço. Caso corrigido, foi elaborado um novo teste de abatimento do concreto; e moldagem dos corpos de prova nos moldes cilíndricos e prismáticos.

O primeiro concreto elaborado foi o utilizado como referencial e, logo após o seu processo de mistura, observou-se boa consistência do mesmo, com superfície compacta, pouca incidência de vazios e boa coesão, sem o desprendimento de agregados. O abatimento obtido nos ensaios de tronco de cone foi de 80 mm. Durante a inclusão das fibras nas misturas dos concretos com proporção de 600 g/m³ e 1000 g/m³, foi observada a necessidade de maior adição de água a mistura, à medida que o teor de fibras foi aumentado, acarretando em uma relação água-cimento corrigida para 0,44 e 0,45 respectivamente, para os traços unitários. Além disso, é importante ressaltar que o processo de inclusão das fibras ocorre de forma relativamente demorada, para não acarretar a formação de “bolos” de fibras e consequentemente de vazios no concreto. A Tabela 3 indica os parâmetros obtidos nessa fase da pesquisa. Após a elaboração de cada uma das proporções de concreto, os mesmos foram inseridos em moldes cilíndricos e prismáticos e desenhados após 24 horas e 48 horas, respectivamente (Figura 2). Logo após a desforma de cada corpo de prova, eles foram imergidos em tanque para processo de cura de 21 dias que teve início em 12/11/2018.

Tabela 3. Parâmetros dos traços de concreto.

Teor de fibras	(1 : a : p : fibra)	a/c	α	H	Abatimento
600 g/m ³ de concreto	1 : 1,15 : 2,52 : 0,001235	0,44	47%	9,11%	80 mm
1000 g/m ³ de concreto	1 : 1,15 : 2,52 : 0,002058	0,45	47%	9,77%	45 mm

Figura 2. Corpos de prova cilíndricos e prismáticos.

Após o processo de cura dos corpos de prova, eles foram retirados do tanque de cura e retificados para a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão nos corpos de prova prismáticos e, execução de ensaios de resistência à compressão nos corpos de prova cilíndricos. Como

medida preliminar para os ensaios, os corpos de prova foram medidos com o auxílio de paquímetro e de trena.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A caracterização dos concretos no estado endurecido, como já abordado, foi efetuada mediante a realização de ensaios de resistência à tração na flexão e de resistência à compressão. Tais ensaios foram realizados aos 21 dias de cura dos concretos pelo fato do pouco tempo necessário para entrega dos resultados. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão estão expostos na Tabela 4 que apresentam a altura (h), diâmetro (D), relação altura/diâmetro (h/D), força máxima alcançada ($F_{máx}$) e valor de resistência à compressão (f_c) de cada corpo de prova. A ABNT NBR 5739 (2018) indica que o cálculo da f_c do concreto pode ser executado mediante aplicação da Equação 5:

$$f_c = 4F/\pi \times D^2 \quad (5)$$

Tabela 4. Resultados de resistência à compressão dos corpos de prova referenciais.

Teor de fibras	CP	h (mm)	D (mm)	(h/D)	$F_{máx}$ (N)	f_c (MPa)
Referenciais	01	200,0	100	2,000	96.007	12,224
(sem fibras)	02	200,0	100	2,000	148.571	18,917
600 g/m ³	01	200,0	100	2,000	143.079	18,217
	02	200,0	100	2,000	139.941	17,818
1000 g/m ³	01	200,0	100	2,000	123.956	15,783
	02	200,0	100	2,000	154.455	19,665

A partir dos resultados obtidos, calculados por intermédio dos valores de força fornecidos pela prensa, foi possível calcular a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) aos 28 dias, em conformidade com a ABNT NBR 12655 (2015). Tal norma indica que o cálculo do f_{ck} do concreto pode ser efetuado a partir da Equação 6, onde f_{cm} corresponde a resistência média do concreto à compressão e S_d ao desvio-padrão, ambos em MPa. Efetuando os cálculos de f_{cm} e S_d dos corpos de prova, obteve-se os valores apresentados na Tabela 5.

$$f_{ck} = f_{cm} - (1,65 \times S_d) \quad (6)$$

Tabela 5. Valores de resistência característica à compressão dos concretos.

CP	f_{cm} (MPa)	S_d (MPa)
Referencial	15,570	3,346
600 g/m ³	18,018	0,200
1000 g/m ³	17,724	1,942

Verificando os resultados, foi possível evidenciar que a proporção referencial apresentou maiores valores de desvio padrão se comparada as demais, o que pode ter sido ocasionado devido a irregularidades no processo de moldagem dos corpos de prova. No entanto, todos os valores ficaram inferiores a 4 MPa, o que configura um bom padrão na qualidade do concreto, conforme Helene e

Terzian (1992). Outro fator que pôde ter colaborado com a variabilidade dos resultados e com os baixos valores de resistência à compressão, foi o tipo de cimento empregado na elaboração dos corpos de prova ensaiados. Conforme o fabricante, o cimento CPIV-32-RS é indicado para argamassas de assentamento e revestimento, estruturas, pisos, artefatos de concreto, dentre outras aplicações, porém, tal cimento necessita de idades mais avançadas para uma maior resistência à compressão ao longo do tempo (INTERCEMENT BRASIL, 2018). Em conversa com profissionais que atuam de forma direta com concretos, foi possível identificar que tal cimento apresenta grande variação de resultados de resistência à compressão, muitas vezes não atingindo os valores normatizados para 28 dias.

De acordo com os valores de resistência à compressão obtidos, é possível classificar os concretos como de fck de 10, 17 e 14 MPa, respectivamente. Araújo (2001), aborda a divisão das classes de resistência do concreto em dois grupos principais: um com classes até fck 50 MPa e outro com classes superiores a 50 MPa, sendo o grupo II referente a concretos de alto desempenho. Ainda, a resistência à compressão do concreto depende de fatores, como: composição do concreto, tipos de agregado, condições de cura, forma de aplicação de carga, tempo de duração do carregamento, estado das tensões e forma e dimensões do corpo de prova. É importante ressaltar que os corpos de prova foram analisados aos 21 dias de cura, podendo ter os valores de resistência aumentados aos seus 28 dias de cura. Além disso, foi possível observar valores de resistência à compressão superiores nos concretos com adição das fibras se comparado aos referenciais.

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de resistência à tração na flexão dos concretos ($f_{ct,f}$) encontram-se indicados na Tabela 6, nas quais também são apresentadas a largura média do CP (b), a altura média do CP (d) e a dimensão do vão entre apoios (l). A ABNT NBR 12142 (2010) indica que a resistência à tração na flexão dos concretos pode ser obtida por intermédio da Equação 7. A Tabela 7 apresenta os valores de f_{ctm} (resistência à tração na flexão média), S_d e f_{ctk} (resistência característica à tração na flexão), obtidos aos 21 dias de cura do concreto.

$$f_{ct,f} = Fl/b \times d^2 \quad (7)$$

Tabela 6. Resultados de resistência à tração na flexão dos corpos de prova.

Teor de fibras	CP	b (mm)	d (mm)	l (mm)	F _{máx} (N)	f _{ct,f} (MPa)
Referenciais (sem fibras)	01	150,0	150,0	450,0	35.500	4,733
	02	150,0	150,0	450,0	37.265	4,969
600 g/m ³	01	150,5	150,5	450,0	40.403	5,387
	02	150,0	150,0	450,0	38.736	5,165
1000 g/m ³ .	01	150,0	150,0	450,0	41.286	5,505
	02	151,0	151,0	450,0	44.326	5,910

Tabela 7. Resultados de resistência à tração na flexão dos corpos de prova.

CP	f _{ctm} (MPa)	S _d (MPa)
Referencial	4,851	0,118
600 g/m ³	5,276	0,111
1000 g/m ³	5,707	0,203

Executando a análise de tais resultados, foi possível perceber que à medida que houve o acréscimo das fibras nas proporções, ocorreu também o aumento dos resultados de resistência à tração na flexão dos concretos, chegando a ser até 16% maior que o do corpo de prova referencial. De um modo geral os resultados atingiram o valor recomendado pelo Manual 714 do DNIT (2005) que é de 4,5 MPa. Tal aumento na resistência à tração dos concretos com adição de fibras poliméricas condiz com outros estudos encontrados na literatura como os de Júnior *et al.* (2017), que apontam um aumento de até 9,3% na resistência de concretos com adição de fibras de polipropileno.

5.1 Considerações finais

A pesquisa pretendeu avaliar o comportamento de concretos com adição de fibras provenientes da reciclagem de garrafas PET, ressaltando se tal adição configuraria em melhores resultados, principalmente, de resistência à tração na flexão dos concretos, a fim de futuramente atuar como um agente minimizador de fissuração de pavimentos. A partir de tal objetivo, foi possível identificar com a realização de ensaios que o emprego das fibras desencadeou valores satisfatórios de resistência à tração na flexão, atingido as exigências da normatização para pavimentos de concreto.

Por outro lado, de um modo geral, a resistência à compressão dos concretos não atingiu valores elevados, possuindo como maior classe de resistência aos 21 dias a de fck igual a 17 MPa. No entanto, como o intuito da pesquisa foi comparar o comportamento dos concretos com e sem a adição de fibras, foi possível evidenciar que a adição de fibras propiciou maiores valores de resistência à compressão para os concretos, chegando a ser até 76% maior que os de referência. Com isso, pode-se concluir com a pesquisa, que o emprego das fibras de PET, além de configurar uma forma de aplicação de garrafas PET pós-consumo, não agiu de forma negativa aos concretos, atuando de maneira satisfatória em seu comportamento mecânico. Para continuidade do estudo, recomenda-se a realização de análises mais aprimoradas relativas ao comportamento efetivo das fibras no concreto para pavimentação rígida, como exemplo o ensaio de tenacidade nas amostras, e com a elaboração de uma amostragem maior de corpos de prova para verificação efetiva dos resultados.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

REFERÊNCIAS

ABCP (2012). Pavimento de concreto é alternativa para melhoria das rodovias. Disponível em < <https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-de-concreto-e-alternativapara-melhoria-das-rodovias/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ABIPET. Indústria de PET no Brasil. 2013. Disponível em: < www.abipet.org.br/indexAjax.html?method=baixa_rarquivo&id=392>. Acesso em: 16 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, fev. 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, mai. 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, nov. 1980. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, ago. 2005. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, abr. 2010. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, jul. 2018. 12 p. ISBN 978-85-07-07576-9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação Procedimento. Rio de Janeiro, fev. 2015. 23 p.

ARAÚJO, José Milton. A resistência à compressão e critérios de ruptura para o concreto. 1ª ed. Rio Grande: Editora Dunas, 2001. ISSN 1519-4086.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 560 p. ISBN 978-85-86238-56-7.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Qual é o impacto das embalagens no meio ambiente?. 2018. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CEMPRE. (2015). Review 2015. Publicação CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso em: 10 set. 2018.

CONSTRUQUÍMICA. Fibras para concreto e argamassa. São Paulo: Construquímica Tecnologia para Construção Civil, 2014. Disponível em < https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/construquimica/Catalogo_Fibras_2014.pdf >. Acesso em: 20 set. 2018.

CONSTRUQUÍMICA. Ultramono: fibra para concreto. São Paulo: Construquímica Tecnologia para Construção Civil, 2016. Disponível em <<https://www.construquimica.com.br/wp-content/uploads/2016/07/ULTRAMONO-Fibra-para-Concreto.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

DNIT. (2004). Norma DNIT 054/2004 – PRO. Pavimento rígido – Estudos de traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 8 p.

DNIT. (2005). Manual de pavimentos rígidos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR – 714. Rio de Janeiro, 2005. 2ª ed. 234 p.

DNIT. (2006). Manual de pavimentação. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR – 719. Rio de Janeiro, 2006. 3ª ed. 274 p.

DNIT. (2017). Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. Manuais Técnicos – Conteúdo 02 Pavimentação / Usinagem. Brasília, 2017. 1ª ed. 54 p.

FIGUEIREDO, Antonio Domingues; TANESI, Jussara; NINCE, Andréia Azeredo. Concreto com fibras de polipropileno (CFP). Técnica, São Paulo, v. 10, n. 66, 48 – 51, 2002. ISSN 2239-0243.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. Concreto reforçado com fibras. 2011. 248 f. Tese (Livro – Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de

Construção Civil, São Paulo, 2011. Disponível em < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../TeseLivreDocenciaAntonioFigueiredo2011.pdf >. Acesso em: 10 set. 2018.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues; SALVADOR, Renan Pícolo. Análise comparativa de comportamento mecânico de concreto reforçado com macrofibra polimérica e com fibra de aço. Revista Matéria, São Paulo, v. 18, n. 2, 1273 – 1285, 2013. Disponível em < https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Figueiredo4/publication/262617485_Comparative_evaluation_of_the_mechanical_behavior_of_synthetic_and_steel_fiber-reinforced_concrete/links/0f31753b350e23eb35000000.pdf >. Acesso em: 15 set. 2018. ISSN 1517-7076.

GIUBLIN, Carlos Roberto. Diretrizes para o planejamento de canteiros de obra de pavimentação de concreto. 2002. 175 f. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: Pini, 1992. 348 p. ISBN 8572660070.

INTERCEMENT BRASIL. CAUE CPI V 32 RS. São Paulo, 2018. Disponível em <http://brasil.intercem.com/ProdutosServicos/detalhes_cimento/7>. Acesso em: 05 dez. 2018.

MACCAFERRI. Fibras como Elemento Estrutural para Reforço de Concreto – Manual Técnico. Maccaferri do Brasil. São Paulo, 2008.

MELLO, Luiz Guilherme Rodrigues; FARIAS, Márcio Muniz; PREUSSLER, Ernesto Simões; PREUSSLER, Rodrigo. Análise do impacto do período de projeto de pavimentos no custo global de obras rodoviárias. Revista Transportes. São Paulo, v. 24, n. 4, 64 – 74, 2016. Publicação da ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Disponível em <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1056>>. Acesso em: 10 set. 2018. ISSN 2237-1346.

NUNES, Edilene de Cássia Dutra; LOPES, Fábio Renato Silva. Polímeros: Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2014. 120 p. ISBN 978-85-365-2050-6.

NUNES, Edilene de Cássia Dutra Nunes; SANTOS, Leandro José. Termoplásticos: estruturas, propriedades e aplicações. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 168 p. ISBN 978-85-365-2055-1.

NUNES, Nelson Lúcio. Contribuição para a aplicação do concreto reforçado com fibras de aço em elementos de superfície restringidos. 2006. 253 f. Tese (Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04052006-170328/pt-br.php> >. Acesso em: 03 dez. 2018.

PAWLICKA, Agnieszka; FRESQUI, Maíra; TRSIC, Milan. Curso de química para Engenharia: volume II materiais. Barueri, SP: Manole, 2013. ISBN 978-85-204-3326-3.

PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto e Construções, São Paulo, v. 53, n. 53, 14 – 19, jan. fev. mar. 2009. Disponível em <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/revista_concreto_53.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018. ISSN 1809-7197.

PITTA, Márcio Rocha. Construção de pavimentos de concreto simples. 3 ed. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998. 88 p. ISBN 85-87024-05-1.

PURA SÍLICA. Areia Lavada Peneirada. Belo Horizonte: Pura Sílica, 2018. Disponível em: < <http://www.purasilica.com.br/nossosprodutos/areia-lavada-fina/> >. Acesso em: 18 nov. 2018.

PURA SÍLICA. Brita Gnaiss nº1. Belo Horizonte: Pura Sílica, 2018. Disponível em: <<http://www.purasilica.com.br/nossosprodutos/brita-gnaiss-1/>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ROTH, C. das Graças; GARCIAS, C. Mello. Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento em Questão. Rio Grande do Sul, v. 7, n. 13, 111 – 128, janeiro – junho 2009. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Ijuí, Brasil. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75212355006>>. Acesso em: 09 set. 2018. ISSN 1678-4855.

SANTOS, Gilbertância Mendonça; SILVA, Claudionor Oliveira; SILVA, Lucicleide Neves. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. Revista Eletrônica em Gestão, educação e tecnologia ambiental- REGET. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/223611708248>>. Acesso em: 16 set. 2018. ISSN 2683-2689.

SENÇO, Wlastermiller. Manual de técnicas de pavimentação: volume 1. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007. 761 p. ISBN 978-85-7266-199-7.

SILVA, José Eudes Marinho; CARNEIRO, Luiz Antonio Vieira. Pavimentos de Concreto: histórico, tipos e modelos de fadiga. Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro, v. XXXI, n. 3º Trimestre de 2014, 14 – 33, out. 2014. Disponível em < http://rmct.ime.eb.br/arquivos/revistas/RMCT_3_tri_2014.pdf >. Acesso em: 09 set. 2018. ISSN 2316-4522.

TAYLOR, G. D. Materials in Construction: An Introduction. 3 ed. Longman, 2000. 334 p. ISBN 978-0-582-36889-7.

TECIPAN. A Empresa. Santa Luzia: Tecipan Industria e Comercio de Mantas Moldadas, Fiação e Tecelagem, 2014. Disponível em <<http://tecipan.com.br/empr esa.php>>. Acesso em: 14 out. 2018.

STUDY OF THE BEHAVIOR OF CONCRETE WITH ADDITION OF POLYETHYLENE FIBERS OF POST-CONSUMPTION TEREPHTHALATE FOR THE PREPARATION OF RIGID PAVEMENT

Larissa Moura Oliveira⁽¹⁾ (larissoliveir@gmail.com), Sahore Christina Damas de Moura⁽²⁾ (sahore.moura@hotmail.com), Luiza Pinto Coelho Franco⁽³⁾ (luiza.coelho@prof.unibh.br)

⁽¹⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

⁽²⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

⁽³⁾ Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni BH) – Engenharia Civil - Av. Prof. Mário Werneck 1685, Belo Horizonte, MG

ABSTRACT: *The construction of one of the engineering works is older and in a sense, it has been altered with the change of direction to a humanity to suit processes that are inherent in the process of transformation as a whole. Therefore, the present research had the objective of evaluating the behavior of concrete applied to rigid paving with addition of fibers from the recycling of polyethylene terephthalate (PET) bottles in its composition. This evaluation was carried out through a comparative study between concretes without and with the addition of PET fibers, by means of the characterization tests of the same ones in the fresh and hardened state, according to the standardization of this type of pavement. Based on the study, it was possible to identify that the specimens with fiber addition achieved higher values of tensile strength at flexion than those without fibers added, reaching values within the requirements of the normalization, thus finding that such work besides to behave as a new possibility for the application of post-consumer PET packaging, plays a favorable role in improving the mechanical characteristics of the concrete.*

KEYWORDS: Concrete, PET Fibers, Pavement Rigid.