



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA COM POLIETILENO TEREFALATO (PET)

Analysis of the properties of precast concrete elements for interlocking pavement with polyethylene terephthalate

Renata Cristina Faustino¹, Daniele Araujo Altran²

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Presidente Prudente – SP. ²Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Dourados – MS.

e-mail: renata.c.faustino@unesp.br; danielealtran@ufgd.edu.br

RESUMO - O setor industrial tem gerado um volume crescente de resíduos sólidos, cerca de 359 mil ton de Polietileno Tereftalato (PET) foram consumidas no ano de 2021 (ABIPET, 2022). Em paralelo a isso, a preocupação com o impacto gerado pela produção de resíduos provenientes da construção civil tem gerado diversos estudos referentes às possibilidades de reaproveitamento desses resíduos como agregados. O objetivo deste trabalho foi a utilização dos resíduos de PET na fabricação de peças pré-moldadas utilizadas na pavimentação intertravada para passeio público. Primeiramente, foi determinada a dosagem do concreto a partir do traço de referência. A partir deste, foi substituído o agregado miúdo natural, por resíduos de PET triturado (5%, 10%, 15% e 20%). Após os ensaios de resistência à compressão e a análise das características do concreto fresco, foi verificado que à medida que se aumenta a porcentagem de PET, menor foi o valor da resistência mecânica encontrado e menor a trabalhabilidade. O concreto com agregado reciclado obteve bons resultados até a substituição de 15% do material, obtendo-se 35,73 MPa, após 28 dias, atendendo a resistência característica à compressão.

Palavras-chave: pavimento intertravado; concreto; PET.

ABSTRACT - The industrial sector has been generating an increasing volume of solid waste. Approximately 359,000 tons of Polyethylene Terephthalate (PET) were consumed in the year 2021 (ABIPET, 2022). In parallel to this, concern about the impact generated by waste production from construction has led to various studies regarding the possibilities of reusing such waste as aggregates. The objective of this work was to use PET waste in the manufacturing of precast pieces used for interlocked pavement in public sidewalks. Initially, the concrete dosage was determined based on the reference mix. From this point, the natural fine aggregate was replaced with crushed PET waste (5%, 10%, 15%, and 20%). After conducting compression strength tests and analyzing the characteristics of fresh concrete, it was observed that as the percentage of PET increased, the mechanical strength decreased, and workability reduced. The concrete with recycled aggregate yielded good results up to a 15% replacement of the material, achieving 35.73 MPa after 28 days, meeting the characteristic compressive strength requirements.

Keywords: interlocking pavement; concrete; PET.

INTRODUÇÃO

A pavimentação intertravada por peças pré-moldadas de concreto constitui, tanto por sua versatilidade quanto por sua facilidade de execução, uma excelente alternativa técnica e apresenta-se

economicamente viável. Esta pavimentação é aplicada com os mais variados tipos de peças, as quais se diferenciam tanto pelo formato, material empregado e ainda pela coloração aplicada, sem a necessidade de argamassa ou adesivos. Os pavimentos intertravados destacam-se por suas características funcionais que propiciam simplicidade tanto no processo construtivo quanto no processo de manutenção (SIMIELE, 2010).

A preocupação com o impacto gerado pela produção de resíduos provenientes da construção civil e a perspectiva de aumento no número de demolições têm gerado estudos em vários países quanto às possibilidades de reaproveitamento desses resíduos como agregados. A substituição dos agregados convencionais por agregados reciclados apresenta diversas vantagens, como economia na aquisição de matéria-prima, diminuição da poluição gerada pela produção dos agregados e melhora na preservação das reservas naturais de matéria-prima do planeta (Pereira; Medeiros; Levy, 2012).

Hansen (1992) apresentou resultados de combinações de agregados reciclados tanto miúdos quanto graúdos. Os concretos nos quais foi usada somente a fração graúda do agregado reciclado apresentaram diminuição de apenas 5% no valor da resistência à compressão em relação ao concreto com agregados naturais. Para uma substituição total, ou seja, a utilização de frações miúda e graúda, tal redução chegou a valores entre 20% e 40%. Quando adotada uma substituição parcial, em que existe na fração miúda uma composição de 50% de material natural (areia) e 50% de agregado reciclado, a redução ficou entre 10% e 20%.

Vieira, Dal Molin e Lima (2004) verificaram que, quanto menor a relação água-cimento (a/c) e maior o percentual de substituição dos agregados graúdos reciclados, menores foram as resistências. Os autores atribuíram essa diminuição à baixa resistência e densidade dos grãos do agregado reciclado e também à maior demanda de água por parte desses agregados para obter-se determinada trabalhabilidade, sendo esse efeito mais pronunciado em agregados com baixas relações a/c.

Entre os diversos resíduos sólidos urbanos gerados destacam-se aqueles provenientes de embalagem PET (Polietileno Tereftalato). Segundo a Ambiente Brasil (2018), o ingresso da embalagem de PET no Brasil em 1988, além de trazer as indiscutíveis vantagens ao consumidor, também trouxe o desafio de sua reciclagem, que faz despertar para a questão do tratamento do lixo descartado diariamente em todo o Brasil. O PET é o melhor e mais resistente plástico para fabricação de garrafas, frascos e embalagens para refrigerantes, águas, sucos, óleos comestíveis, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, entre outros (ABIPET, 2018). O PET proporciona alta resistência mecânica (impacto) e química, suportando o contato com agentes agressivos.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET) a quantidade de embalagens de PET consumidas ao longo do ano de 2021, no Brasil, foi mais de 636.000 toneladas. Já pela 12ª Edição do Censo da reciclagem do PET no Brasil, em 2021, foram recicladas 359.000 toneladas.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo a análise das propriedades de peças pré-moldadas de concreto aplicadas em pavimentação intertravada para passeio público; realizando a substituição parcial de agregados naturais que as compõe, por agregados reciclados provindos do plástico triturado de garrafa PET. Como objetivos específicos têm-se:

1. Análise dos agregados, tais como, composição granulométrica e massa específica;
2. Moldagem de corpos de prova de concreto com substituição progressiva do agregado miúdo areia pelo PET (5%, 10%, 15% e 20%) com a utilização de aditivo plastificante;
3. Analisar o comportamento do concreto no estado fresco através do ensaio do *slump test*;
4. Analisar o comportamento do estado endurecido do concreto por meio dos ensaios de resistência a compressão, absorção de água e massa específica;
5. Classificação dos traços de concreto com agregado reciclado quanto à sua aplicação para utilização nos blocos de concreto intertravados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, será descrita fundamentação teórica para os pavimentos intertravados, PET e concreto.

PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

Segundo a ABCP (2010, p. 9): “[...] o pavimento intertravado é composto por peças de concreto, assentados sobre camada de areia e travados entre si por contenção lateral”. O intertravamento é a capacidade que os blocos adquirem de resistir a movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação a seus vizinhos. Assim, é fundamental para o desempenho e a durabilidade do pavimento. Para que se consiga o intertravamento duas condições são necessárias e indispensáveis: contenção lateral e junta preenchida com areia.

Pavimentação intertravada é quando os blocos de concreto são encaixados entre si na pavimentação, distribuindo as tensões e os carregamentos entre as peças, em um comportamento solidário. Para garantir o travamento dos blocos de concreto, é importante a existência de uma contenção lateral e do preenchimento das juntas entre as peças.

CARACTERIZAÇÃO

Segundo a Norma Técnica de peças de concreto para pavimentação, ABNT – NBR 9781:2013, a altura mínima do bloco deve ser de 6 cm e a resistência mínima é de 35 MPa. Podem ser divididos de acordo com a necessidade e situação de uso de acordo com a espessura:

- 6 cm – calçadas e passeios de pedestres, ciclovias, acessos a edifícios, locais de tráfego e estacionamento de veículos de passeio leves e médios.
- 8 cm – vias urbanas, pátios de manobras, locais de tráfego de veículos pesados (ônibus e caminhões).
- 10 cm – vias urbanas, pátios de manobras, locais de tráfego de veículos (carretas) superpesados e especiais.

A norma técnica ABNT – NBR 9781:2013 divide os blocos em duas classes de resistência: 35 MPa e 50 MPa. As peças mais encontradas no mercado são as de 35 MPa, usadas em vias de tráfego leve, médio e pesado. Os blocos de 50 MPa são recomendados para aplicações especiais em que o piso também sofre desgaste por atrito, como, por exemplo, pátios de indústrias, portos, etc.

PET (Polietileno Tereftalato)

Os resíduos gerados pelo setor construtivo no Brasil recebem a nomenclatura de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) ou simplesmente Resíduos de Construção Civil (RCC). O Art. 2, da Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) define os RCC provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

De acordo com Safiuddin *et al.* (2010 *apud* Pires, 2015), a reinserção dos resíduos na cadeia produtiva da construção além de conservar os recursos naturais, auxilia na diminuição dos custos dos materiais de construção. Estes altos custos são gerados pela alta demanda desses produtos, pelo grande consumo de matéria prima e pelo alto preço da energia necessária à sua produção. Sendo assim, a prática da reciclagem auxilia na redução dos custos de transporte, no alívio nos aterros além de contribuir para a criação de uma nova cadeia produtiva.

Com a sua vasta utilização, a embalagem PET, sendo o nome dado pela IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – União Internacional de Química Pura e Aplicada) como Poly(oxy-1,2-ethanediyloxy-carbonyl-1,4-phenylenecarbonyl), se tornou presença constante no cotidiano dos consumidores, e como resultado disso tem aumentado a quantidade e a diversidade dos resíduos urbanos. O PET é o melhor e mais resistente plástico para fabricação de garrafas, frascos e embalagens para refrigerantes, águas, sucos, óleos comestíveis, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, entre outros. O PET proporciona alta resistência mecânica (impacto) e química, suportando o contato com agentes agressivos (ABIPET, 2022).

CONCRETO

O concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, areia, brita e água, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados, formando um bloco monolítico (ABNT – NBR 12655:2022).

Requer-se atenção no preparo do concreto com relação à quantidade da água utilizada, pois ela é a responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Uma quantidade pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for superior a ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar. Esta relação entre o peso da água e do cimento, empregados na dosagem, é chamada de fator água/cimento (a/c).

A água é também responsável pelas características de trabalhabilidade que se obtém no estado fresco, Giannusso (1992, p. 34) afirma que a consistência depende principalmente da quantidade de água da mistura, assim, aumentando a quantidade de água, a mistura fresca se torna mais mole, mais plástica, mais trabalhável. A proporção entre todos os materiais que fazem parte do concreto é conhecida por traço ou dosagem, sendo que cada material utilizado na dosagem deve ser analisado, conforme normas da ABNT, a fim de verificar a qualidade e para se obter os dados necessários à elaboração do traço (massa específica, granulometria, etc.).

Pode-se obter concreto com características especiais, ao acrescentar à mistura, aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições. Depois de ser aplicado nos meios para o qual foi produzido, é importante que o concreto seja ainda submetido ao processo de chamado de “cura”. O método de cura mais utilizado em regiões de clima quente como o Brasil é o de molhagem, no qual o concreto é constantemente hidratado para evitar assim a perda de água. A ABNT – NBR 14931:2023 destaca que enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deverá ser curado e protegido contra qualquer agente que lhe possa causar danos (perda de água pela superfície exposta, por exemplo). A resistência final que o concreto adquire é classificada como sendo de baixa, moderada ou alta resistência, de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1. Classificação do concreto de acordo com sua resistência.

Classificação	Resistência à compressão
Baixa resistência	< 20 MPa
Resistência moderada	20 a 40 MPa
Alta resistência	> 40 MPa

Fonte: (Mehta; Monteiro, 2014).

DOSAGEM E PREPARO

A dosagem do concreto tem por finalidade determinar as proporções dos materiais a serem empregados para atender as condições: resistência desejada e plasticidade suficiente do concreto fresco. De acordo com Andolfato (2002) a resistência adotada como referência para dosagem é a resistência média, com 28 dias obtidas em corpos-de-prova padronizados. Desta forma, a resistência média, a ser obtida com a dosagem estudada, é estimada em função da resistência característica especificada no projeto. Neste trabalho será utilizado o traço de referência já determinado por Simiele (2010), o qual estabelece a configuração 1:m (cimento: agregados totais em massa). Desse modo, o traço piloto utilizado foi calculado com o uso de aditivo plastificante redutor de água, uma vez que este é utilizado com a função de conferir uma plastificação ao concreto, sem modificar a relação água/cimento, diminuindo significativamente as segregações dentro do concreto.

ADITIVO

O uso de aditivos tem se tornado cada vez mais difundidos às misturas de concreto, em muitos casos são considerados essenciais, uma vez que a incorporação de tais substâncias ao traço garantem características que poderiam não ser alcançáveis em condições normais de formulação e com isso permitem a utilização de concretos com propriedades melhoradas.

Os aditivos têm a capacidade de alterar propriedades do concreto em estado fresco ou endurecido e carregam em si dois objetivos fundamentais, o de ampliar as qualidades de um concreto, ou de minimizar seus pontos fracos. Sua aplicação pode melhorar a qualidade do concreto nos seguintes aspectos, tais como trabalhabilidade; resistência; compacidade; durabilidade; bombeamento; e fluidez (auto adensável). E pode diminuir sua: permeabilidade; retração; calor de hidratação; tempo de pega (retardar ou acelerar); e absorção de água (Portal do Concreto, 2014).

POROSIDADE, ABSORÇÃO E PRÉ-SATURAÇÃO DE AGREGADOS

A porosidade é caracterizada pela presença de poros nas partículas dos agregados, localizados tanto em seu interior quanto abertos a sua superfície, cujos tamanhos são variados, bem como a recorrência (ou continuidade) e o volume, todavia, em grande parte possuem dimensões que são incapazes de absorver a pasta de cimento por grandes profundidades, mas absorvem água com facilidade (Neville, 1997). A porosidade e absorção dos agregados reciclados apresentam grande influência nas propriedades do concreto fresco e endurecido. De acordo com Carrijo (2005, p. 34) a porosidade dos agregados afeta negativamente a resistência à compressão, a resistência à abrasão, a absorção e o módulo de elasticidade do concreto podendo, assim, influenciar na durabilidade destes.

Para a aceitação técnica do bloco de concreto é também necessário ensaiar o bloco com relação à quantidade de água que o material absorveu. Para o cálculo da absorção de água foi utilizada a equação 1, extraída da ABNT - NBR 9781:2013:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde: A é a absorção de cada bloco, expresso em porcentagem (%); m_1 é a massa do bloco seco, expresso em gramas (g); m_2 é a massa do bloco saturado, expresso em gramas (g).

Esta norma especifica também que para a aceitação técnica da amostra das peças de concreto, devem ser cumpridos os seguintes parâmetros descritos no Quadro 1:

Quadro 1. Requisitos da ABNT - NBR 9781:2013 para aceitação da amostra de bloco de concreto para pavimento.

Item analisado	Parâmetros da norma
Inspeção Visual	Devem apresentar aspectos homogêneos.
Dimensões e tolerâncias das peças	Deve atender quanto a medida nominal de comprimento de no máximo 250 mm; medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de cara no ensaio de resistência a compressão; medida nominal de espessura de no mínimo 60 mm; tolerâncias dimensionais de ± 3 mm no comprimento, largura e espessura.
Tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35 MPa
Absorção de água	Deve apresentar valor médio $\leq 6\%$

Fonte: (Adaptado da ABNT - NBR 9781:2013).

De acordo com o Quadro 1, a aceitação dos blocos de concreto para pavimento intertravado deve atender a todos os parâmetros descritos.

MATERIAIS E MÉTODOS

MÉTODOS

A confecção dos corpos de prova seguiu a ABNT - NBR 5738:2015. Ao se utilizar este material na construção civil para o pavimento intertravado, seguiu-se a norma ABNT - NBR 9781:2013. Os traços foram aplicados em corpos de prova do bloco intertravado de 25x15x8cm (25,00 cm de comprimento, 15,00 cm de largura e 8 cm de altura), realizando testes de rompimento com 7, 14 e 28 dias para cada traço estudado, de acordo com a ABNT - NBR 5739:2018.

A comparação da resistência à compressão foi realizada conforme definido na norma ABNT - NBR 9781:2013, para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, tais blocos devem apresentar uma resistência mínima a compressão de 35 MPa e a absorção média menor ou igual a 6%. Os ensaios realizados neste trabalho seguiram a seguinte ordem (Quadro 2):

Quadro 2. Ensaio e normas técnicas.

Ensaio	Norma
Ensaio Granulométrico	ABNT - NBR 7217:1987 e ABNT NBR 7211:2009
Determinação da massa específica do PET e da areia	ABNT - NBR NM 52:2009
Confecção dos corpos de prova	ABNT - NBR 5738:2015 e ABNT - NBR 5739:2018
Modelagem das peças de concreto para pavimentação	ABNT - NBR 9781:2013
Determinação do índice de vazios e absorção da água	ABNT - NBR 9781:2013 e ABNT - NBR 9778:1987

Fonte: As autoras.

MATERIAIS

Os materiais utilizados neste trabalho foram: cimento; areia; brita; PET; água; aditivo; balança eletrônica com sensibilidade de 0,1g; pá; betoneira; jogo de peneiras; mesa vibratória; baldes; fôrmas retangulares; corpos de prova cilíndricos; vibrador de imersão; óleo; pincel; estopa; colher de pedreiro; tronco de cone; soquete; bandeja metálica; estufa; câmara úmida; prensa hidráulica EMIC – 100; tanque de água; suporte tipo cesta; pano; picnômetro; frasco de Chapman; espátula; funil; pipeta; cápsula de porcelana; trena; balança hidrostática.

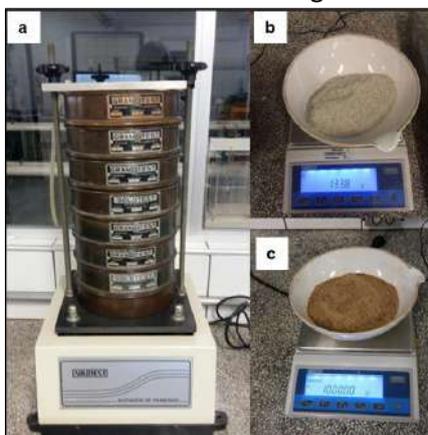
O aditivo utilizado neste trabalho foi o MC-PowerFlow 1180, o qual é um Superplastificante de alto desempenho baseado na tecnologia de polímeros MC, cujas propriedades são: redução na quantidade de água; longa manutenção do *slump*; rápida dispersão do concreto; dosagens econômicas; boa compatibilidade com incorporadores de ar; boa estabilização em altas consistências; bom funcionamento com uma grande variedade de cimentos.

ENSAIOS GRANULOMÉTRICOS

Inicialmente foram realizados os ensaios de granulometria dos agregados miúdos e graúdos, ou seja, areia, PET e brita, através da ABNT - NBR 7217:1987 e ABNT NBR 7211:2009, a fim de obter a classificação granulométrica. A caracterização da granulometria consiste em separar os materiais em parcelas constituídas de acordo com o tamanho dos grãos. Quanto mais distribuída a composição granulométrica de um agregado, melhor será seu desempenho.

De acordo com a norma, o peneiramento grosso é realizado utilizando-se a quantidade de solo que fica retida na #10 (2,00 mm), no momento da preparação da amostra. Já o peneiramento fino é realizado utilizando-se cerca de 120 g de solo que consegue passar na #10 (2,00 mm), no momento da preparação da amostra. A massa de cada tipo de agregado submetida a ensaio foi de 1 kg (areia e brita), sendo que, no que diz respeito ao PET foi preparada uma mistura de 300,00 g, devido ao volume ser muito grande. Os mesmos foram submetidos à agitação mecânica por um tempo de cinco minutos, em conjunto de peneiras sucessivas de série normal, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Materiais e equipamentos utilizados nos ensaios de granulometria.



Fonte: As autoras.

Nota: a) Jogo de peneiras normatizadas disposto sobre superfície vibratória; b) Porção de agregado reciclado (PET) submetida ao ensaio; c) Porção de agregado natural (areia).

Realizadas as pesagens das massas retidas em cada peneira, calculou-se a porcentagem retida acumulada, que se caracteriza como a porcentagem de massa retida na peneira em questão e naquelas que se dispõem acima dela em relação ao total de massa inserido no sistema.

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO PET E DA AREIA

Para a determinação da massa específica do PET, utilizou-se a norma ABNT - NBR NM 52:2009. Tal norma estabelece o método de determinação da massa específica e da massa específica aparente dos agregados miúdos destinados a serem usados em concreto.

De acordo com a norma ABNT - NBR NM 52:2009, massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e o seu volume, excluindo os poros permeáveis. A massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis.

Utiliza-se um frasco de vidro, denominado “picnômetro” (ABNT - NBR NM 52, 2009), em que há a disposição de dois bulbos e um gargalo graduado. No estreitamento situado entre os dois bulbos há uma marca que corresponde a 200 cm³ e acima destes se dispõem uma graduação crescente de 375 cm³ a 450 cm³. Como o PET é muito leve o seu volume é maior, não foi possível usar 500,00g como diz na norma, sendo assim foi utilizado 150,00g de agregado reciclado.

TRAÇOS

Os traços de concreto serão calculados com base em um traço de referência 1:4,52, dado por Silva (1975) apud Simiele (2010), de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2. Dados referentes à dosagem do traço padrão e as respectivas propriedades do concreto no estado fresco.

Traço 1:m		1: 4,52
Dados da Dosagem	Teor de Argamassa (%)	53
	Consumo de Cimento (kg/m ³)	469,5
	Consumo de Água (kg/m ³)	166,7
	Consumo de Areia (kg/m ³)	904
	Consumo de Brita (kg/m ³)	1218
	Relação a/c (kg/kg)	0,355
	Consumo de Superplastificante (% sobre a massa de cimento)	0,4

Fonte: (Adaptado de Simiele, 2010).

Posteriormente, traços que adicionam gradativamente o agregado, com 5%, 10%, 15% e 20% de substituição serão produzidos com os mesmos materiais e com utilização do PET reciclado, adquirido na forma de pó de PET, apresentando uma granulometria semelhante à areia, realizando testes de rompimento com 7, 14 e 28 dias para cada traço estudado.

O uso do superplastificante no traço em questão foi de 0,4% para o piloto e substituição de até 10% do uso de PET triturado e de 0,9% para 15% e 20% contribuiu na dispersão dos finos e aceleração na formação do gel de cimento. A consequência do uso do aditivo é a redução na força de cisalhamento necessária para adensamento das partículas, aumentando a trabalhabilidade do concreto. Uma vez que a formação do gel de cimento é otimizada, a resistência tende a ser maior.

A confecção dos corpos de prova seguirá a ABNT - NBR 5738:2015. Os traços serão aplicados em corpos de prova do bloco intertravado de 25x15x8 cm (25,00 cm de comprimento, 15,00 cm de largura e 8 cm de altura), realizando testes de rompimento com 7, 14 e 28 dias para cada traço estudado, de acordo com a ABNT - NBR 5739:2018. Para um mesmo traço, 04 (quatro) corpos de prova serão produzidos para serem submetidos à compressão com cada idade e 01 corpo de prova adicional para análise do índice de vazios, absorção de água e massa específica, para que seja levantado um valor médio de resistência e avaliado a ocorrência de desvio padrão; de acordo com a ABNT - NBR 9778:2005.

Para cada traço foram utilizados 15 corpos de prova, mais o piloto que será feito no molde cilíndrico e na forma retangular, totalizando 90 corpos de prova. Todos os testes de resistência à compressão foram realizados utilizando uma prensa hidráulica de acordo com os procedimentos descritos na ABNT - NBR 9781:2013. Para a confecção dos corpos de prova com 5% e 10% utilizou-se 0,4% da massa do cimento de superplastificante. Já para os corpos de prova com 15% e 20% aumentou-se o aditivo para 0,9% devido a massa apresentar ausência de hidratação, devido à retenção de água no agregado de PET.

MODELAGEM DAS PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

As peças pré-moldadas de concreto para pavimentação foram moldadas com a utilização de uma fôrma retangular de plástico, seguindo às especificações impostas pela ABNT - NBR 9781:2013, através execução dos 5 tipos de traços: o traço padrão (piloto) e o com uso de 5%, 10%, 15%, 20% de agregados reciclados no lugar da areia, definido como Teor Ótimo de Substituição.

A fôrma utilizada possui profundidade característica de 8 cm, dimensão longitudinal de 25 cm e 15 cm a dimensão transversal. Com isso, o volume de concreto a ser moldado em cada uma dessas é de 0,003 m³, sendo essas caracterizadas como peças do Tipo I pela ABNT - NBR 9781:2013.

Para a modelagem dos corpos de prova, foi feita na seguinte ordem de colocação dos materiais na betoneira e o tempo de mistura estipulado aos mesmos, ficando estes estabelecidos da seguinte maneira:

1. Pesagem de todos os materiais a serem utilizados no traço;
2. Lançar a brita na betoneira com metade da quantidade de água do traço e o cimento;
3. Deixar misturando por 1 minuto;
4. Lançar a areia, lançar a porcentagem de PET (quando necessário) e o restante da água com o aditivo já misturado a esta;
5. Misturar por mais 6 minutos.

Uma vez definido o traço padrão e o modo de preparo do mesmo, fez-se a moldagem de 15 corpos de prova cilíndricos de acordo com a ABNT - NBR 5739:2018 e com devida conferência do abatimento de tronco de cone (*slump test*), de modo a constatar a coerência do concreto em estado fresco) em conformidade com a ABNT - NBR NM 67:2020, de modo a constatar se o traço padrão atenderia ao mínimo de resistência de 35 MPa, conforme dita a ABNT - NBR 9781:2013 que regulamenta a produção e o controle de qualidade de peças de concreto para pavimentação.

Nos corpos de prova cilíndricos utilizou-se um vibrador de concreto, já os corpos de prova retangulares (75 corpos de prova) foram adensados com auxílio de uma mesa vibratória. Feito o traço, as fôrmas foram limpas e lubrificadas com óleo para facilitar posteriormente desenformar as peças. Na Figura 2 é apresentado alguns corpos de prova com adição de 20% de PET para ilustrar a moldagem nos corpos de prova retangulares.

Figura 2. Corpos de prova com adição de 20% de PET.



Fonte: As autoras.

Depois do período de 24 horas da confecção dos corpos de prova cilíndricos, estes foram inseridos em uma câmara úmida, onde ficaram submetidos à umidade constante para o processo de cura do concreto, até atingirem a data do rompimento (Figura 3). Já os corpos de prova retangulares necessitam de um período de 48 horas para desenformar, uma vez que seu volume é maior.

Figura 3. Corpos de prova dispostos na câmara úmida.



Fonte: As autoras.

Depois de desenformar, foram submetidos à câmara úmida, para posteriormente serem submetidos ao ensaio de compressão para determinar a resistência. Como muitos dos corpos ficavam com a superfície irregular foi necessário realizar o capeamento das peças, que é feito com uma massa de cimento e água apenas para que quando ocorrer o rompimento seja feito uniformemente. Após a espera de 7, 14 e 28 dias, os corpos são submetidos a compressão, variando a força exercida dividindo pela área obtém-se a força em MPa, segundo norma 9781 (ABNT, 2013). Neste trabalho não houve necessidade de se cortar a peça para fazer o ensaio à compressão.

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VAZIOS E ABSORÇÃO DA ÁGUA

Foi determinado o índice de vazios e absorção de água de cada traço, pois esta é uma propriedade ligada a durabilidade do concreto, com isso, quanto melhores os resultados obtidos, melhor o desempenho deste material com relação a sua vida útil.

A ABNT - NBR 9781:2013 especifica o ensaio de absorção para as peças de pavimentação pré-moldadas. De acordo com o item 5.5 da norma, a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %, a partir de ensaios realizados. Os procedimentos foram realizados com peças inteiras tanto do traço piloto e para os traços com PET para constatar a influência do agregado reciclado na propriedade de absorção das peças. Foi utilizada também a ABNT - NBR 9778:1987.

Primeiramente, determinamos a massa da amostra ao ar e em seguida colocamos na estufa em temperatura de mais ou menos 105°C, determinando a massa da amostra após permanência na estufa de 24h, 48h e 72h ou até estabilizar o peso do corpo de prova. Pesou-se individualmente cada corpo de prova na condição seco em estufa. Após pesadas, as peças foram imersas em água por 72 horas para que fossem saturadas. A amostra foi mantida com 1/3 de seu volume imerso nas primeiras 4h e 2/3 nas 4h subsequente, sendo completamente imerso nas 64h restantes. Determina a massa, decorridas 24h, 48h e 72h de imersão. As determinações devem ser efetuadas após enxugar-se a superfície da amostra com uma toalha absorvente. Após completar a saturação, foi procedida a pesagem em balança hidrostática, anotando a massa da amostra imersa em água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ENSAIOS DE GRANULOMETRIA

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos nos ensaios realizados com o agregado natural (areia) e o agregado reciclado (PET triturado) respectivamente. Tais tabelas mostram ainda os limites granulométricos estabelecidos pela ABNT NBR 7211:2009 para classificar o agregado e verificar se encontra disposto em zona ótima ou zona utilizável.

Tabela 3. Resultados do ensaio de granulometria do agregado natural (areia).

Agregado Natural - Areia			
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida Acumulada
#4	4,76	4,04	0,4
#8	2,38	38,81	4,3
#16	1,19	102,16	14,5
#30	0,59	269,34	41,4
#50	0,29	310,28	72,5
#100	0,149	226,76	95,1
#200	0,0074	40,72	99,2
FUNDO	-	7,93	100,0

Fonte: As autoras.

Tabela 4. Resultados do ensaio de granulometria do agregado reciclado.

Agregado Natural - Areia			
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida Acumulada
#4	4,76	6,8	2,3
#8	2,38	12,2	6,3
#16	1,19	61,4	26,8
#30	0,59	140,3	73,6
#50	0,29	41,7	87,5
#100	0,149	20,9	94,4
#200	0,0074	10,8	98,0
FUNDO	-	5,9	100,0

Fonte: As autoras.

A Tabela 5 apresenta o resultado do ensaio granulométrico da brita.

Tabela 5. Resultados do ensaio de granulometria do agregado reciclado.

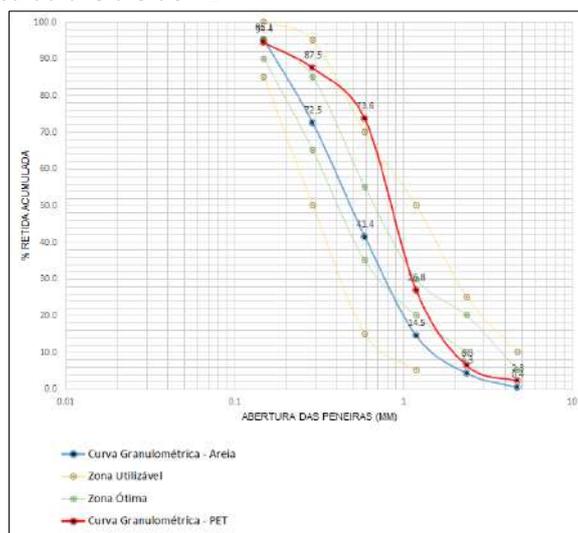
Agregado Natural - Areia			
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida Acumulada
#1/2	12,7	1,50	0,15
#3/8	9,52	28,13	2,963
#1/4	6,3	236,87	26,65
#4	4,76	298,75	56,525
FUNDO	-	434,75	100,00

Fonte: As autoras.

Com base nos valores de porcentagem retida acumulada é possível a formulação das curvas granulométricas, ou seja, representações gráficas que possibilitam melhor análise e compreensão dos resultados. Estas representações são importantes principalmente quando dispostas junto a esta curva se encontram as faixas granulométrica (intervalo compreendido entre duas curvas que servem como limites) de zona ótima e zona utilizável. Sendo assim, estando a curva de um agregado localizada dentro destas faixas se faz a classificação de sua aplicabilidade.

A Figura 4 apresenta as curvas granulométricas do agregado natural (areia) e do agregado reciclado (PET), bem como a análise desses dados em relação às zonas de utilização.

Figura 4. Curva granulométrica da areia e do PET.



Fonte: As autoras.

A curva granulométrica da areia, apesar de bem distribuída, se encontra disposta na zona utilizável, estando esta com três pontos localizados em zona ótima. Dessa maneira, o agregado natural foi classificado como utilizável, de acordo com o prescrito pela ABNT - NBR 7211:2009.

Na análise feita com a curva granulométrica resultante do ensaio realizado com o agregado reciclado (PET) constata-se que toda a curva se encontra localizada dentro da zona utilizável, com exceção de apenas um ponto. Sendo assim, o agregado reciclado foi classificado como utilizável, de acordo com o estabelecido pela ABNT - NBR 7211:2009.

MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO NATURAL E DO RECICLADO

Os ensaios com o agregado natural e com o agregado reciclado foram realizados separadamente. A massa específica do agregado reciclado (PET) foi de $2,12 \text{ g/m}^3$. Para a massa específica do agregado natural (areia), o valor de leitura L foi de 375 cm^3 , assim, obteve-se o valor da massa específica da areia de $2,857 \text{ g/m}^3$.

RESULTADO DO SLUMP TEST

A Tabela 6 apresenta uma diminuição do abatimento do cone em função do aumento de substituição do agregado.

Tabela 6. Resultados do *Slump Test* (cm).

Traço	Abatimento do Cone (cm)
Piloto cilíndrico	12,5
Piloto retangular	13,1
5% de PET	12,5
10% de PET	13,0
15% de PET	11,3
20% de PET	9,0

Fonte: As autoras.

Com base em Simiele (2010) procurou-se obter resultados próximos aos dele, já que no trabalho do mesmo buscava uma consistência mais fluida, que foi exatamente o que nosso trabalho exigia para a moldagem dos corpos de prova nas fôrmas de PVC, que submetendo a vibração adensava e facilitava na hora de desenformar. Com relação à trabalhabilidade, o concreto produzido por Simiele (2010) é compatível com o sistema produtivo que o autor propõe para a obtenção das peças. Em sua dissertação, Simiele (2010) obteve um valor de *slump* de 16,70 cm. Neste trabalho buscou-se realizar um processo de produção das peças diferente do apresentado por este autor, sendo a maneira mais comum de fabricação deste tipo de bloco consiste em produzir um concreto mais consistente (sem um valor de *slump* significativo) para que,

com isso, as peças possam ser desenformadas logo após serem moldadas e vibradas. Todavia, nota-se que com a substituição do agregado natural em 20%, a trabalhabilidade diminui.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

Os ensaios de resistência à compressão dos blocos foram conduzidos de acordo com as orientações da norma técnica, ABNT - NBR 9.781:2013. Esta norma prescreve o método de determinação da resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares.

Os corpos de prova foram rompidos em prensa hidráulica EMIC – 100, no Laboratório de Construção Civil da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), com idades de 07, 14 e 28 dias, de modo que foram rompidos 04 corpos de prova por idade para que fosse possível a dedução de valores por meio de média. Os resultados obtidos com os rompimentos dos corpos de provas são dados em quilograma força (kgf), assim, é necessário a realização dos cálculos de tensões (em MPa), no qual a força é transformada em Newtons (N) e dividida pela área em que está sendo aplicada (secção do corpo de prova, em milímetros quadrados – mm²). Na Tabela 7 são apresentadas as médias de resistência à compressão obtidas.

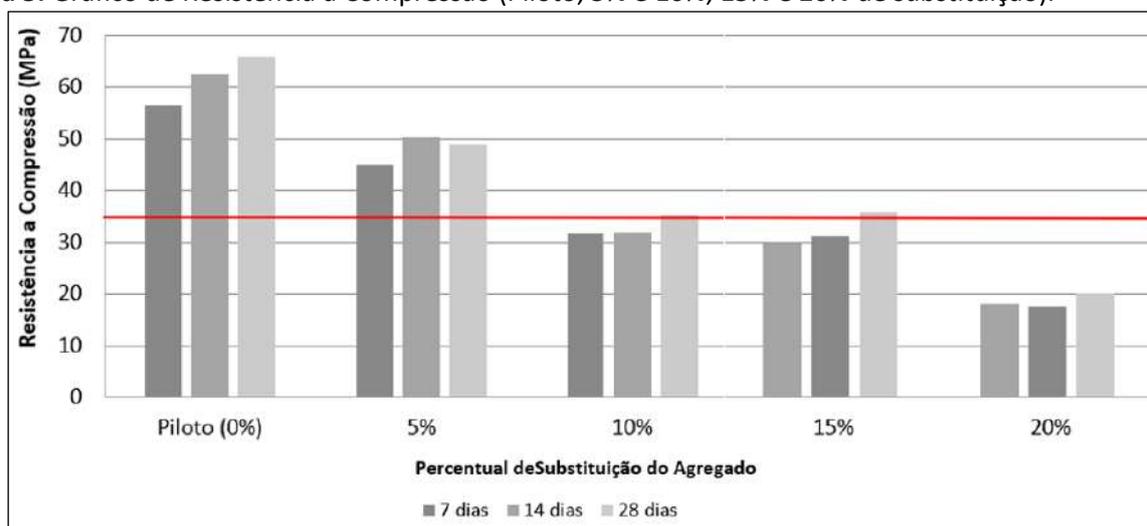
Tabela 7. Resultados dos ensaios de resistência à compressão (MPa) dos corpos de prova.

Traço	Idade do Concreto		
	7 Dias	14 Dias	28 Dias
Piloto cilíndrico	37,97	34,46	41,08
Piloto retangular	56,57	62,42	65,81
5% de PET	44,85	50,28	48,91
10% de PET	31,72	31,91	35,34
15% de PET	29,80	31,10	35,73
20% de PET	18,16	17,54	20,26

Fonte: As autoras.

Segue a representação gráfica dos resultados obtidos na Figura 5 em MPa.

Figura 5. Gráfico de Resistência à Compressão (Piloto, 5% e 10%, 15% e 20% de substituição).



Fonte: As autoras.

Finalizando, foi classificado estruturalmente cada traço de acordo com a ABNT - NBR 8953:2015, por grupos de resistência e consistência. De acordo com os resultados obtidos, fez-se os gráficos de resistência à compressão, que corresponde ao modelo de comportamento e que facilita o entendimento desses traços de concretos.

Após o estudo de dosagem realizado, tendo como base os gráficos e a partir da resistência característica à compressão de 35 MPa, requerida na ABNT - NBR 9781:2013 para passeio público, foi possível obter um resultado satisfatório com até com 15% de substituição do agregado natural pelo

agregado reciclado, chegando a média a 35,73 MPa. A partir da substituição de 20%, verifica-se a diminuição da resistência a compressão sendo de 20,26 MPa.

RESULTADOS DO ÍNDICE DE VAZIOS E ABSORÇÃO DA ÁGUA

Para o cálculo da absorção de água foi utilizada a seguinte equação (1) extraída da ABNT - NBR 9778:1987, conforme mencionada no capítulo 4.6. Já a absorção final é dada pela média aritmética dos valores de absorção obtidos de forma individual por corpo de prova. A média da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Média da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica.

Corpos de Prova	Absorção de água por imersão (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica (g/cm ³)
Piloto cilíndrico	6,11	14,74	2,41
Piloto retangular	3,72	9,01	2,42
5%	5,76	13,37	2,32
10%	7,88	17,44	2,21
15%	5,88	13,08	2,22
20%	9,41	19,10	2,03

Fonte: As autoras.

O ensaio de absorção para as peças de pavimentação pré-moldadas também é consolidado de acordo com as especificações prescritas na ABNT - NBR 9781:2013. Estas especificações indicam que devem ser realizados testes em três peças de modo a se obter uma média entre elas, cujo resultado não pode exceder ao valor de 6% e nenhum valor individual pode ser maior do que 7%.

Conforme apresentado na Tabela 8, verifica-se que com a substituição do agregado natural pelo reciclado em 10% e em 20%, o valor de absorção de água por imersão ultrapassa o valor estabelecido pela norma. Já com 15% está em conformidade; vale a pena ressaltar, que adicionou-se mais aditivo, para uma melhor trabalhabilidade e também se ter um *slump test* adequando, em 15% e em 20%, desta forma, o valor de 15% de PET atendeu a norma.

Com relação à absorção, constatou-se maior porcentagem nos blocos com utilização de agregado reciclado, estes absorveram menos quantidade de água do que os confeccionados com traço padrão.

CONCLUSÃO

Este trabalho procurou identificar quais as potencialidades de uso dos produtos de polietileno para pavimentos intertravados. Na análise feita com o ensaio granulométrico, constata-se que a curva granulométrica do agregado reciclado, PET triturado, se encontra na zona utilizável, de acordo com o estabelecido pela ABNT - NBR 7211:2009. O agregado reciclado, PET triturado, como substituição do agregado miúdo obteve-se bons resultados até a substituição de 15% do material, obtendo-se 35,73 MPa. Em virtude dos dados apresentados, para 15% de substituição, atende a resistência característica à compressão de 35 MPa, requerida na ABNT - NBR 9781:2013 para passeio público.

Após os ensaios de resistência à compressão e a análise das características do concreto fresco, foi verificado que à medida que se aumenta a porcentagem de PET, menor é o valor da resistência mecânica encontrado; conforme se aumentava as quantidades, bem como a redução da trabalhabilidade. Após 28 dias, quando se substitui o agregado natural por 20% do PET triturado, tem-se uma resistência à compressão de 20,26 MPa, não atendendo as exigências da norma. Com relação à massa específica à heterogeneidade entre esta propriedade se mostrou grande, uma vez que a massa específica da areia foi de 2,857 g/cm³, já do PET triturado foi de 2,12 g/cm³. Assim, esta discrepância de 0,737 g/cm³ afetou a composição dos traços, devido ao volume do PET ser muito maior nas quantidades projetadas.

Um processo importante que deve ser levado em consideração ao se adotar o uso de PET triturado, pois eles não absorvem água, provocando a dificuldade da trabalhabilidade. De acordo com a absorção de água, para 10% e para 20% não atendeu o prescrito pela norma, esta diferença se deu também por conta do aumento da quantidade de PET e pela quantidade de aditivo presente no concreto. Outro fator que se deve observar são os resultados do *slump test* que refletem a trabalhabilidade do concreto para a

moldagem das peças. Verifica-se que a substituição parcial de agregado miúdo natural pelo agregado reciclado influenciou na consistência e resistência das peças avaliadas. Quanto maior a quantidade de PET, menor a trabalhabilidade e textura mais seca

De maneira geral, conclui-se com este trabalho a viabilidade da incorporação de agregados miúdos reciclados, a partir do beneficiamento de PET triturado, para a confecção de peças pré-moldadas de pavimentação intertravada. As vantagens do uso do PET nas confecções de concreto para a construção civil, parte que até 15% de substituição ele continua apresentando resistência à compressão e também visa a simples destinação de um material poluente em um composto inerte. A incorporação dos resíduos de PET aos processos de construções de blocos intertravados, além de garantir sua correta destinação, também proporciona uma alternativa sustentável para o setor de construção civil.

REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. São Paulo: ABCP, 2010. 36 p.

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria de PET. **Censo da Reciclagem do PET no Brasil**. 10. ed. São Paulo: ABIPET, 2018.

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria de PET. **Censo da Reciclagem do PET no Brasil**. 12. ed. São Paulo: ABIPET, 2022.

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria de PET. **O que é PET? São Paulo: ABIPET, [202-]**. Disponível em: <https://abipet.org.br/>. Acesso: 26 jun. 2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos. NBR 14931**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2024.114.0005>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210004.1388>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21728/p2p.2024v10n2e-6919>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2024.114.0005>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregados para concreto – Especificação. NBR 7211**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2024.114.0005>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR 7217**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. NBR 8953**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/d.18.2012.tde-10122012-090839>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. NBR 9778**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2024.114.0005>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Peças de Concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaio. NBR 9781.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/d.3.2012.tde-18072013-150832>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. NBR NM 52.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13025>

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. NBR 12655.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2024.114.0005>

ANDOLFATO, R. P. **Controle Tecnológico Básico do Concreto.** NEPAE – Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutura. UNESP – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.02.p240>

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Publicada no **DOU** nº 136, de 17/07/2002. p. 95-96. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2022v24n2p17-35>

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do concreto.** São Paulo: PINI, 1992. 161 p.

HANSEN, T. C. **Recycling of demolished concrete and masonry.** London: Chapman & Hall, 1992. 316 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto microestrutura, propriedade e materiais.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 751 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 2. ed.. São Paulo: PINI, 1997.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F.; LEVY, S. M. **Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 3, jul./set. 2012. p. 125-134. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/23563/21159>. Acesso em: 25 jul. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212012000300009>

PIRES, G. W. M. O. **Avaliação de blocos intertravados manufaturados com concreto dosado com resíduos de pet como alternativa sustentável na construção civil.** 2015. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho, São Paulo. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1164>. Acesso em: 20 jun. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle55.13>

PORTAL DO CONCRETO. **Aditivos para concreto e argamassa.** Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/aditivos>. Acesso em 27 de junho de 2024. <http://dx.doi.org/10.37423/230307354>

SIMIELE, D. **Aproveitamento de resíduos de concreto na confecção de peças para pavimento intertravado de concreto.** 2010. 119 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.10.pne1394>

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C.; LIMA, F. B. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduo de construção e demolição. **Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho**, v. 19, p. 5-18, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952008000200004>