



# ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO NÃO ESTRUTURAL EM MISTURAS UTILIZANDO RESÍDUOS DE VIDRO E PET

## ANALYSIS OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF NON-STRUCTURAL CONCRETE IN MIXES UTILIZING GLASS AND PET WASTE

Severo, A. C. <sup>1</sup>; Silva, L. P. <sup>2</sup>

*Graduandas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Castro, Rodrigo Martinez<sup>3</sup>

*Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> *annasevero1@hotmail.com*; <sup>2</sup> *lethiciape@gmail.com*; <sup>3</sup> *rmartinez@pucgoias.edu.br*

**RESUMO:** O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo amplamente empregado em estruturas e elementos diversos, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento das sociedades, tanto do ponto de vista econômico quanto social. No entanto, o constante aumento da demanda por materiais de construção, tem gerado preocupações ambientais com relação a grande quantidade de recursos naturais não renováveis utilizados para sua produção. O objetivo do trabalho foi analisar a influência da fibra de polipropileno (PET) e do pó de vidro ao concreto não estrutural, e verificar as propriedades físicas das misturas obtidas, através do processo de revisão sistematizada de literatura, confrontando os resultados obtidos pelos Autores consultados, e comparando as características de resistência à compressão e resistência à tração. Foi possível observar que o pó de vidro melhorou os resultados resistência à compressão, enquanto o PET os influenciou na resistência à tração.

*Palavras-chaves: reuso, resistência mecânica, compressão, tração.*

**ABSTRACT:** The concrete is one of the most widely consumed materials in the construction industry, extensively employed in various structures and elements, playing a pivotal role in the development of societies, both economically and socially. However, the constant increase in demand for construction materials has raised environmental concerns regarding the substantial quantity of non-renewable natural resources for its production. The objective of this study was to analyze the influence of polypropylene fiber (PET) and glass powder in non-structural concrete, and examine the physical properties of the resulting mixtures through a systematic literature review process. This involved comparing the results obtained by consulted authors and evaluating the characteristics of compressive and tensile strength. It was observed that glass powder improved compressive strength, while PET influenced tensile strength.

*Keywords: reuse, mechanical strength, compressive strength, tensile strength.*

**Área de Concentração:** 01- Construção Civil: materiais e componentes de construção

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo amplamente empregado em estruturas e elementos diversos. Desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento das sociedades, tanto do ponto de vista econômico quanto social. No entanto, o constante aumento da demanda por materiais de construção, tem gerado

preocupações ambientais com relação a grande quantidade de recursos naturais não renováveis utilizados para sua produção. Nesse sentido, a busca por soluções mais sustentáveis para diminuir o impacto causado por esses materiais se torna uma prioridade dentro da construção civil.

Materiais de construção, como minerais e combustíveis fósseis, enfrentam desafios ambientais significativos, com o cimento se

---

destacando como um poluente notório, sendo responsável por 5% a 8% das emissões globais de CO<sub>2</sub> e consumindo 3% das matérias-primas do planeta. Apesar dos impactos ambientais, esses materiais são essenciais para construção e infraestrutura. À medida que a demanda aumenta e a conscientização ambiental cresce, a pesquisa se concentra em utilizar resíduos naturais e reciclados em novos materiais, atendendo às necessidades da sociedade e preocupações ecológicas (DE SOUZA, 2014).

A elaboração de cada material enfrenta problemas específicos em seu processo, variando de acordo com sua obtenção e preparo. Um dos principais materiais utilizado em construções é o cimento, cuja produção é responsável por uma elevada geração de impactos, podendo ser causados durante a fase de extração da matéria prima, ou no processo de clínquerização e adições, que consome toneladas de matérias primas, além da emissão de grandes quantidades de gás carbônico na atmosfera nas etapas industriais (LARUCCIA, 2014).

Não só a construção, como também plásticos e derivados como o PET são responsáveis por impactos e degradação ambiental. De grande importância para a vida moderna e seu mercado, o plástico é utilizado tanto para a conservação de alimentos e bebidas, como também para a embalagem de diversos objetos. Com seu uso crescente, o descarte de forma incorreto tem contribuído para o aumento desenfreado de lixões, aterros sanitários e poluição dos recursos naturais aos quais tem contato (CARDOSO *et al.*, 2013).

O PET (polietileno tereftalato) é um material reciclado com produção crescente, enfatizando a importância de sua gestão ambiental responsável. Sua aplicação na construção civil oferece uma solução que promove tanto a reutilização do PET quanto a redução do consumo de recursos naturais na produção de concreto, resultando em menor impacto ambiental. Além disso, o pó de vidro, derivado da trituração de resíduos de garrafas e janelas, demonstrou ser um valioso aditivo, melhorando as propriedades mecânicas do concreto e reduzindo sua condutividade térmica. Isso reflete a contínua busca por técnicas mais eficientes para otimizar o uso de recursos materiais e financeiros disponíveis (SILVA e ALMEIDA, 2010).

Outro material a ser destacado é o pó de vidro, obtido a partir da trituração de resíduos de garrafas, janelas e outros, em partículas finas, se mostrou um excelente auxiliar tanto para os materiais cimentícios, como para o agregado leve, conforme diz Junior (2007). Seu uso trouxe melhorias nas propriedades mecânicas do concreto, como resistência à compressão e módulo de elasticidade, além de proporcionar uma redução na condutividade térmica do concreto (SALVADOR, 2017).

A incorporação desses materiais na construção civil pode ajudar a reduzir as emissões de gases do efeito estufa, minimizar o descarte inadequado de resíduos e aprimorar a conservação de materiais de construção - reflexos da busca de novas técnicas mais eficientes para o melhor aproveitamento dos recursos materiais e financeiros disponíveis.

No entanto, a garantia da qualidade e segurança do concreto, conforme ditadas pelas normas de construção, depende da observância de padrões adequados de processamento e do controle rigoroso dos materiais reciclados. Tudo isso sublinha a importância contínua da pesquisa nesse campo.

Dessa forma o objetivo do trabalho foi analisar a influência da fibra de polipropileno (PET) e do pó de vidro aditivado ao concreto não estrutural, confrontando os resultados obtidos pelos Autores consultados e comparando as características de resistência a compressão e resistência à tração.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por ter a matéria prima abundante e consideravelmente barata, principalmente o calcário, o cimento se tornou uma “marca” da civilização atual. Desde o início do século XX, tem sido a solução econômica para a produção em grande escala tanto para o problema de moradia e assentamentos humanos, como para a construção de grandes obras da engenharia moderna. Isso faz com que grandes e pequenas obras realizadas em todo o mundo moderno utilizem o cimento (MAURY e BLUMENSCHNEIN, 2012).

De acordo com Helene e Andrade (2007), a mistura do cimento com a água formará uma pasta fluida, que a consistência dependerá essencialmente da distribuição granulométrica do cimento e da

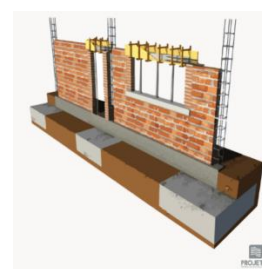
quantidade de água adicionada, sendo expressa pela relação água/cimento. Com o tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo resistência mecânica, o que o torna um material de excelente desempenho estrutural, sob os mais diversos ambientes de exposição.

Um exemplo do uso do cimento é o concreto, que é um material composto por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). Também pode conter adições (cinza volante, pozolânas, sílica ativa etc.) e tendo como finalidade melhorar ou adicionar suas propriedades básicas é adicionado aditivos químicos (BASTOS, 2019).

Muitas são as classificações dadas ao concreto por sua aplicação ou finalidade específica. Por sua resistência à compressão, um concreto pode ser classificado como convencional ou de alta resistência, sendo classificados a partir da sua resistência mecânica. Outra forma de se diferenciar os dois tipos de concreto é dividindo em concretos cuja resistência à compressão pode ser obtida exclusivamente dentro do domínio dos concretos convencionais, onde a grande variável é a relação água/cimento, não utilizando aditivos especiais ou adições ativas em que o emprego do aditivo é imperativo na obtenção das resistências especificadas (RECENA, 2002).

No concreto convencional as características físicas como tamanho, forma e granulometria dos agregados estão relacionadas à relação água/cimento, que conseqüentemente tem relação direta com as alterações dos valores de resistência mecânica (ALHADAS, 2008). De acordo com Nunes (2005), isso ocorre porque, apesar de grande parte do volume de concreto ser ocupado pelos agregados e de suas características físicas e químicas interferirem nas propriedades do produto final, a resistência do concreto convencional não é determinada pela resistência dos agregados, uma vez que estes são bem mais resistentes que a matriz cimentícia e a zona de transição.

**Figura 1: Exemplo de alvenaria de vedação**



**Fonte: Leite (2020)**

Nilson (2010) afirma que o concreto apresenta alta resistência à compressão, tornando-o uma excelente escolha para ser utilizado em elementos estruturais sujeitos a especificações. No entanto, quando submetida à tração, sua resistência é baixa, o que impede de ser utilizada em elementos que sejam totais ou parcialmente sujeitos à tração. De acordo com o que demonstrado na figura 1, como solução para essa limitação, é empregado o aço juntamente ao concreto, posicionado de modo a resistir às tensões de tração (MACIEL *et al.*, 2020).

## 2.1 *Propriedades Físicas do Concreto*

As físicas e mecânicas do concreto o tornam um material amplamente utilizado na engenharia civil. Por ser um material bastante empregado, suas características podem variar de acordo com a quantidade, processo de mistura, uso, tipo de construção, espaço e forças adversas que atuarão sobre o corpo modelado. A partir desse entendimento, especialistas produzem um material adequado a cada tipo de aplicação, levando consideração a necessidade atual da construção (SILVA *et al.*, 2020).

Como o objetivo de se determinar o uso adequado do concreto, são realizados ensaios para a determinação das suas propriedades físicas e mecânicas, sendo elas: resistência à compressão e resistência à tração.

## 2.2 *Resistência à compressão*

A resistência à compressão é um parâmetro fundamental na engenharia civil, especialmente no projeto e dimensionamento de estruturas de concreto. Refere-se à capacidade do material de suportar cargas compressivas sem sofrer falhas ou deformações excessivas (RAMOS, 2016). Também é uma das propriedades mais importantes, uma vez que influencia diretamente

na capacidade estrutural dos elementos de concreto, como vigas, pilares e lajes. Ela é utilizada para determinar a capacidade de carga e a segurança estrutural (NEVILLE, 2010).

É importante ressaltar que a resistência à compressão do concreto é influenciada por diversos fatores, como a qualidade dos materiais utilizados na mistura, a relação água/cimento, a cura do concreto, o tempo de cura, entre outros. Ela pode ser avaliada por meio de um teste simples de compressão axial. É fundamental ter consciência desses dados para compreender o desempenho estrutural do componente, especialmente em relação a sua capacidade de resistir ao cisalhamento e a formação de fissuras (CARVALHO, 2003).

### 2.3 Resistência à tração

A resistência à tração é um parâmetro convencional que varia de acordo com o tipo de carga aplicada, as dimensões e a forma do corpo de teste, e principalmente a aderência dos grãos dos agregados à argamassa de cimento. Existem três métodos diferentes para avaliar a resistência à tração: por meio de ensaios de fendilhamento, tração axial e flexão. Em certos elementos de concreto, como pavimentos, o conhecimento da resistência à tração pode ser mais relevante do que a resistência à compressão, uma vez que reflete características importantes, como a força e a integridade dos agregados (GUTFREIND e AURICH, 2014).

A resistência à tração é mais influenciada pela forma e pelas dimensões do corpo de teste do que a resistência à elasticidade. Além disso, diversos fatores afetaram a resistência à tração de maneira diferente em comparação com a resistência à extrema, como o teor de água, o tamanho, a forma e a resistência dos agregados, bem como o tempo de cura (armazenamento em ambiente úmido ou seco), que desempenha um papel significativo nas diferenças de desenvolvimento entre as resistências à tração e à evolução ao longo do tempo. Devido a essas complexidades, as fórmulas que estabelecem relações entre as resistências à orientação e à combinação apenas valores aproximados (GUTFREIND e AURICH, 2014).

### 2.4 Adição de materiais ao concreto

Tão antigo quanto o próprio cimento, o uso de aditivos no concreto sempre foi bastante difundido. Um exemplo são os romanos que para se ter um concreto mais maleável adicionavam clara de ovo, sangue, banha e leite às misturas (COUTINHO, 1998). Assim, em muitas partes do mundo o uso de adições minerais, tanto no cimento quanto no concreto, se tornou uma prática comum. Atualmente normas internacionais levam em consideração o uso de adições minerais e cimentícias, especificando com grande precisão de qualidade as condições que cada adição deve atender para ser utilizada na produção de concreto (NEVILLE, 2010).

Por alterarem a estrutura interna do concreto em seu estado bruto, sabe-se que a inserção de adições minerais normalmente produz materiais cimentícios com propriedades técnicas melhoradas. Os benefícios dessas adições incluem: diminuição na porosidade capilar, redução das fissuras de origem térmica, melhoria da resistência ao ataque por sulfatos, melhoria da resistência à reação álcali-sílica, entre outras coisas que aumentam a resistência e a durabilidade do concreto no estado endurecido (DAL MOLIN, 2005).

Os aditivos são utilizados no concreto com o objetivo de aprimorar atributos específicos, como durabilidade e retração, cujo controle é fundamental em diversas circunstâncias. Com exceção dos pigmentos para a criação de concreto colorido, esses aditivos só devem ser aplicados em quantidades que não excedam 5 % da massa de material cimentício. Em geral, esses acréscimos têm a finalidade de melhorar determinadas propriedades do concreto, tornando-o mais adequado para cada aplicação (GARCIA *et al.*, 2012).

### 2.5 Material reciclado no concreto

A construção civil é uma grande geradora de resíduos, com aproximadamente 41% a 70% desses resultantes de perdas durante a execução, reformas ou demolição. Muitos desses resíduos são descartados de forma incorreta, o que pode causar grandes impactos no meio ambiente (DA SILVA e MESQUITA, 2022).

Com o objetivo de reduzir os impactos causados pela construção civil, a construção sustentável desenvolve e incentiva toda uma cadeia produtiva para que se torne mais sustentável e ecologicamente correta, tentando assim reverter a degradação ambiental e preservar os recursos naturais. Com isso promove alterações conscientes, podendo atender tanto as necessidades da construção e das edificações, como também garantir a preservação ambiental e a qualidade de vida não só atual como das futuras gerações (NERI, 2015).

Segundo Meneses (2011), um modo de enfrentar esses problemas ambientais causados pela geração de resíduos é reduzir a exploração de recursos naturais e substituir a matéria prima, reciclando outros materiais que podem ser utilizá-los como aditivos. Assim podendo criar um material que combine resíduos sólidos recicláveis com materiais normalmente utilizados na construção civil.

Porém, para se ter essa substituição do material comum pelo reciclado é necessária uma atenção especial, pois a escolha do tipo, tamanho e distribuição das partículas, influenciam de forma significativa nas propriedades mecânicas e na durabilidade das estruturas de concreto (EVANGELISTA e BRITO, 2013).

### 2.5.1 Material reciclado como agregado

Cada vez mais se faz necessário a utilização de agregados reciclados de resíduos sólidos, seja pela redução dos impactos ambientais que o uso desses materiais traria, como também pela redução dos custos (PIETROBELLI, 2010).

**Tabela 1: Tipo de agregados reciclados para uso em concreto e sua composição**

Tipos de agregados reciclados para concreto					
Tipo 1 - agregado de concreto reciclado		Tipo 2 - Agregado de alvenaria com material cerâmico		Tipo 3 - agregado de alvenaria sem material cerâmico	
Materiais aceitáveis	Materiais limitados	Materiais aceitáveis	Materiais limitados	Materiais aceitáveis	Materiais limitados
<p>C O M P O S I Ç Ã O</p> <p>Concreto convencional como e reforçado (média e alta resistência); artefatos de concreto pré-fabricado; agregados convencionais.</p>	<p>Concreto leve, poroso e de baixa resistência; concretos combinados com madeira, asfalto, óleo, etc; argamassa com cal; resíduos de alvenaria; gesso, plástico, madeira, papel ou outros.</p>	<p>Argamassa; resíduo de alvenaria e materiais cerâmicos; artefatos de concreto; agregados convencionais.</p>	<p>Resíduos de concreto e alvenaria combinados com madeira, asfalto, óleos, etc; concretos leves e porosos; gesso, plástico, madeira, papel ou outros.</p>	<p>Argamassa; resíduo de alvenaria sem materiais cerâmicos; artefatos de concreto agregados convencionais.</p>	<p>Material cerâmico; resíduos de concreto e alvenaria combinados com madeira, asfalto, óleos, etc; concretos leves e porosos; gesso, plástico, madeira, papel ou outros.</p>

Fonte: Lima (2000)

Segundo Jardim (2016) exemplos de agregados reciclados que poderiam ser utilizados na construção civil são os provenientes de resíduos da construção civil, moagem de garrafas PET, rejeitos cerâmicos, entre outros. O uso desses materiais visa melhorar propriedades do concreto como: trabalhabilidade, resistência à tração, resistência à compressão. Na tabela 1 é possível visualizar o melhor uso desses agregados no concreto.

### 2.5.2 PET como agregado

Segundo estudo realizado por Jardim (2016) a substituição parcial do agregado miúdo por agregado reciclado de PET em concretos convencionais não trouxe diferença significativa entre os resultados dos concretos com substituição de PET nos teores estudados (que foram de 10% e 15%) e às suas respectivas referências. O que destacou os concretos com o polímero, foi por eles se apresentarem trabalháveis e coesos, apresentando um indicativo positivo para o uso do agregado reciclado de PET em concretos convencionais.

Segundo Betioli *et al.* (2004), com a implementação das fibras de PET no concreto se tem um melhor comportamento pós-fissuramento e uma resistência maior a carga (por alguns minutos após a falha), sem que ocorresse desintegração completa. Outro destaque foi se ter uma maior tenacidade e gerar um concreto mais dúctil, propriedade de um concreto flexível, elástico e maleável, onde experimenta deformações inelásticas sem a perda de sua capacidade de resistência, causando uma deformação antes da ruptura completa (MARAGON, 2003).

### 2.5.3 Pó de vidro como agregado

O vidro é um material 100% reciclável, porém possui um alto custo de transporte entre o local da origem e o local de reciclagem, por este motivo as pessoas optam por descartá-lo de forma incorreta para se ter uma redução dos gastos. O uso do pó de vidro como agregado surge como solução para o impacto ambiental causado pelo seu descarte incorreto. Além do benefício ambiental o uso do material como agregado confere boas propriedades pozolânicas ao concreto, por ser constituído de sílica ( $SiO_2$ ) (FERREIRA, 2015). Outra vantagem da utilização do pó de vidro no concreto

se dá pelo preenchimento de vazios entre os demais agregados, tornando-o menos poroso e conseqüentemente mais sólido (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

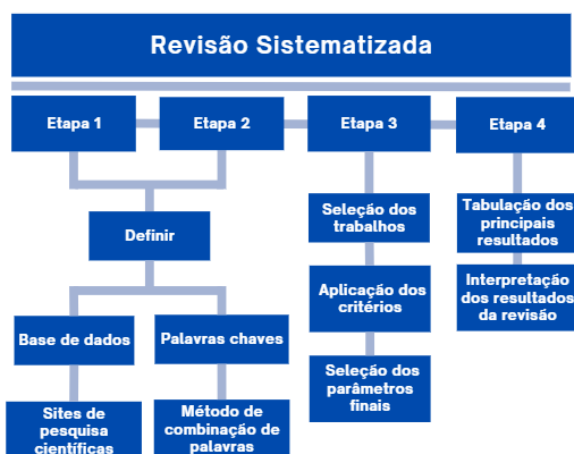
Um exemplo das vantagens do uso do pó de vidro, é a pesquisa realizada por Gomes (2012) que investigou a utilização de pó de vidro como substituto parcial do agregado fino em concretos. Os resultados mostraram que a substituição do agregado fino pelo material reciclado resultou em melhorias nas propriedades mecânicas e durabilidade do concreto.

### 3 METODOLOGIA

A revisão sistemática de literatura representa um método de pesquisa que tem por objetivo reunir, analisar e sintetizar de maneira rigorosa as evidências apresentadas em estudos científicos, conforme ilustrado nas etapas delineadas na figura 2. Com base nisso, realizou-se a identificação e seleção de estudos relevantes, os quais foram investigados em relação às propriedades físicas do concreto não estrutural com aditivos, adições e substituições parciais de agregado miúdo e graúdo, utilizando materiais como PET e pó de vidro.

Na primeira etapa da pesquisa foi realizada uma busca abrangente e sistemática nas bases de dados científicos do Google Acadêmico e Scielo, para identificar todos os estudos relevantes relacionados ao tema.

Figura 2: Esquema metodológico utilizado



Fonte: Dos Autores (2023)

Assim a segunda etapa seguiu através de pesquisas utilizando uma seleção de palavras-chave agrupadas em pares, gerando expressões como

mostra na figura 3. Essas alterações foram utilizadas como critérios de pesquisa em dois sites específicos, resultando em um total de 24 termos diferentes. Esse método sistemático visa abranger todas as interações possíveis entre os materiais em questão, garantindo uma busca abrangente e precisa de informações relevantes para a pesquisa.

Figura 3: Esquema de seleção de palavras-chaves



Fonte: Dos Autores (2023)

A próxima etapa foi a seleção dos estudos obtidos a partir da pesquisa. Para isso foram utilizados os seguintes critérios: o ano de publicação a partir de 2012, que contenha resultados ligados ao concreto não estrutural em misturas utilizando resíduos de pó de vidro ou PET e que necessariamente apresentem resultados de resistência à compressão e/ou a tração.

As buscas continuaram, e os resultados foram organizados por ano, do mais recente ao mais velho, e sempre preenchendo os requisitos da tabela 3, até que os resultados começaram a ultrapassar o ano de 2012, excedendo o critério limite, e então iniciou-se nova busca com o novo conjunto de palavras.

Com os estudos já selecionados foi realizada a extração de dados, e para uma melhor organização estes foram lançados em planilha do Excel, para registrar as informações relevantes, contendo os Autores, ano de publicação, método de estudo, tipo de concreto utilizado, proporção de aditivos e propriedades físicas analisadas, que possibilitou segunda checagem da relevância do resultado para a pesquisa.

Na quarta etapa foi feita a análise crítica dos estudos incluído, quando se sintetizou as informações de forma qualitativa e/ou quantitativa, de acordo com as propriedades físicas do concreto

não estrutural avaliadas. Foram considerados os estudos mais homogêneos em termos de métodos utilizados, amostras e as condições de teste, e com esses tabulados, feito um resumo dos principais resultados encontrados nos estudos revisados, destacando as conclusões relevantes relacionadas. Ao final, os dados tabulados originaram uma tabela geral, nos quais os autores foram numerados sequencialmente, sendo reconhecidos então cada grupo de autores (ID ou Autor N°- nas tabelas resultado), como um autor único, para que então fossem tratados nas discussões.

Com todos os dados já identificados, tabulados e abordados foi feita uma interpretação dos resultados da revisão, à luz dos objetivos da pesquisa, comparando-os com estudos anteriores, para que haja uma identificação das diferenças das características, podendo assim discutir suas possíveis aplicações na construção civil.

Utilizou-se ainda de uma média por interpolação calculada utilizando a fórmula própria do MS Excel (previsão linear), com a seleção de um valor de “normalização”, baseado nas porcentagens de pó de vidro e PET utilizadas nos trabalhos selecionados, escolhido de modo a servir de comparativo, e retirado dos intervalos encontrados nos tratamentos (percentuais) adotados pelos Autores, possibilitando criar um resultado “novo”, com uma média única para todos.

Foi também aplicado o cálculo estatístico da dispersão e regularidade dos conjuntos de dados, utilizando-se do desvio padrão e do coeficiente de variação, aplicados diretamente nas planilhas do Microsoft Excel com as ferramentas internas do software.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando a pesquisa através dos critérios citados na metodologia foram selecionados um total de 42 trabalhos para serem analisados, como pode ser observado na Tabela 1 do Apêndice.

Dos quarenta e dois trabalhos selecionados, vinte e quatro são de PET e dezoito são de pó de vidro. Dentre aqueles com pó de vidro, sete utilizaram o material como adição e onze o utilizaram como substituição de agregado miúdo.

Dos vinte e quatro trabalhos que envolvem o uso de PET, doze optaram por sua utilização como adição, cinco como aditivo. Além disso, seis estudos exploraram as substituições parciais do agregado miúdo, enquanto apenas um abordou a substituições do agregado graúdo.

Dentro dos trabalhos selecionados que utilizaram PET, foram encontrados resultados de tração e compressão. Já nos trabalhos com pó de vidro, apenas aqueles que obtiveram resultados de compressão puderam responder aos mesmos critérios estabelecidos na metodologia.

##### 4.1 Análises para o material reciclado de pó de vidro.

Aplicando-se a metodologia proposta, e analisando-se a Tabela 1 do apêndice, foi possível reduzir os resultados coerentes e homogêneos em metodologia, processo e materiais, para o reciclado de pó de vidro, para quatro grupos de Autores, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 – Trabalhos selecionados após aplicação da metodologia proposta, para o material reciclado de pó de vidro.**

ID	Autores	Ano	Material Reciclado	Dosagens	Tipo de Aplicação	Características físicas do concreto	Tipo de Cimento
AUTOR 25	Barbosa, Ribeiro, Coutinho.	2021	Pó de vidro	0, 10, 20 e 40%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II F 40
AUTOR 26	Martins.	2018	Pó de vidro	0, 5, 10 e 15%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II E 32
AUTOR 35	Spósito, Machado e Silva.	2017	Pó de vidro	0, 5, 10, 15 e 20%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II E 32
AUTOR 37	Altoé, Radke, Rotta, Silva, Pereira e Oliveira.	2023	Pó de vidro	0, 10, 20 e 30%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II Z 32

Fonte: Dos Autores (2023)

Dentre esses quatro grupos de Autores, que de agora em diante serão apenas chamados pelo nome numeral do grupo ou “ID” (tabela 2), notou-se que todos aplicaram percentagens de material reciclado entre as faixas de 0 a 40%, e, dessa forma, decidiu-se que a interpolação metodológica proposta aplicaria a normalização desses resultados para valores de 10% (tabela 3).

Foram selecionados trabalhos que utilizaram o material reciclado como substituição parcial do agregado miúdo respeitando a ABNT NBR 15116:2021 e que obtiveram resultados de resistência à compressão, que juntado ao critério do ano de publicação, foram obtidos quatro trabalhos alinhados à metodologia.

Observou-se na seleção de estudos que eles empregaram diversos tipos de cimentos: os Autores 26 e 35 adotaram aglomerante com escória, o Autor 25 com filer, e o Autor 37 com pozolâna, todos utilizando a resistências de 32 MPa, exceto o Autor 25, que empregou um cimento com resistência de 40 MPa. Apesar dessas diferenças todos usaram cimento Portland de categoria II, e possuem classes de cimentos e resistências próximas.

A partir da tabela 3 foi possível realizar a comparação entre os resultados obtidos pelos projetos. Um exemplo notável de comparação é a divergência entre os Autores 26 e 35, que, mesmo utilizando o mesmo tipo de cimento e percentagens, obtiveram resultados diferentes de resistência.

O Autor 25 apresentou resultados para resistência à compressão com média de 21,08 MPa e um coeficiente de variação (CV%) de 3,03. Essa variabilidade indica resultados moderadamente heterogêneos, abrangendo o tratamento padrão, todos sem apresentar diferenças estatisticamente significativas. No entanto, é importante notar que apesar da ausência de disparidades estatísticas, a resistência à compressão demonstra uma diminuição constante a partir do momento em que o pó de vidro foi incorporado.

Em contrapartida, os pesquisadores do Autor 35 obtiveram uma resistência média de 29,01 MPa com um CV% de 5,43. Apesar do aumento observado no CV%, estas características revelaram-se positivas, pois coincidiu com um aumento significativo na resistência após a incorporação do pó de vidro. Mesmo com as reduções aos 15% e 20% nas substituições, o desempenho ainda supera o tratamento padrão, demonstrando de maneira notável os benefícios do uso do pó de vidro como agente aprimorador das propriedades de resistência à compressão do concreto.

A disparidade nos resultados pode ser atribuída à divergência nos métodos de dosagem adotados por cada grupo de pesquisadores. Enquanto o Autor 26 segue o método estabelecido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o Autor 35 escolhe a metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Essa diferença resulta em formulações específicas para o preparo do concreto. Enquanto o Autor 26 utiliza a proporção de 1:2,45; 1,21:0,53 (cimento, areia, brita 0 e brita 1), o Autor 35 emprega a proporção de 1:2:3 para a amostra de 0% de pó de vidro e faz ajustes conforme o aumento da porcentagem do reciclado.

Variações nas proporções de cimento, areia e agregados têm um impacto direto na distribuição das partículas de pó de vidro em relação a outros materiais, sendo por granulometria ou no processo de hidratação (RODRIGUES e DEBONI, 2022). A discrepância entre os resultados dos dois Autores, tendo melhoria na resistência para um e uma redução para o outro após a adição do pó de vidro, pode ser explicada pela influência de suas respectivas metodologias. Pois apesar de ambos empregarem o mesmo tipo de cimento e percentuais para a preparação do concreto, a disparidade nas soluções dos demais componentes e na interação com o pó de vidro pode ser considerada determinante.



**Tabela 3 – Comparação dos resultados dos Autores selecionados para o material reciclado de pó de vidro.**

Autor (n°)	Tipo de Aplicação (Pó de vidro)	% Pó de vidro na mistura	Compressão (MPa)	Média (MPa)	Compressão média normalizada p/ 10% (MPa)	DP	CV (%)
25	Substituição parcial do agregado miudo	0	40,1	40,38	40,27	0,18	0,43
		10	40,4				
		20	40,3				
		40	40,7				
26	Substituição parcial do agregado miudo	0	22,36	21,08	20,77	0,64	3,03
		5	21,07				
		10	20,43				
		15	20,47				
35	Substituição parcial do agregado miudo	0	26,31	29,01	29,01	1,57	5,43
		5	29,02				
		10	31,75				
		15	30,19				
		20	27,77				
37	Substituição parcial do agregado miudo	0	13,65	13,72	14,30	1,76	12,81
		10	17,23				
		20	12,73				
		30	11,25				

**Fonte: Dos Autores (2023)**

Por outro lado, ao comparar os Autores que utilizaram tipos de cimentos diferentes, sendo eles os Autores 25 e 37, observamos que o Autor 25 obteve resistência à compressão média de 40,38 MPa e CV% de 0,43, o que mostra grande homogeneidade entre os resultados das amostras indicando que a interferência do pó de vidro não foi estaticamente significativa. Enquanto o Autor 37 obteve resistência média de 13,72 MPa tendo um CV% de 12,81. As diferenças entre os resultados obtidos pelos Autores 25 e 37 podem ter ocorrido pelo modo de preparo do pó de vidro e/ou tipo de cimento utilizado.

Ao analisar o modo de preparo, é possível observar a diferença nos métodos utilizados pelos dois Autores. O Autor 25 empregou pó de vidro laminado, moído em moinho de esferas e completamente peneirado por uma malha de 150 mm, obtendo apenas material fino. Por outro lado, o Autor 37 optou por uma abordagem que incluiu uma etapa inicial de secagem e destorroamento, seguida por uma segunda fase de secagem em estufa, repetindo o processo de destorroamento antes do armazenamento em recipientes selados.

A diferença fundamental no preparo do pó de vidro entre os Autores 25 e 37 pode ter influenciado a distribuição granulométrica, a pureza e a textura do pó de vidro utilizado na composição do concreto. O método de moagem, peneiramento e processo de destorroamento impacta a qualidade e a uniformidade do pó de vidro, afetando sua interação com os demais componentes. O pó de vidro laminado e moído pelo Autor 25 pode ter resultados em partículas mais translúcidas e finas,

facilitando sua integração com os outros materiais do concreto. Enquanto isso, o método utilizado pelo Autor 37, com múltiplas etapas de secagem e destorroamento, pode ter gerado material com características diferentes, como tamanho de partículas variáveis ou possível contaminação.

Outro fator que pode ter impactado no resultado da resistência é o pó de vidro apresentar características pozolânicas e conter dióxido de silício - SiO<sub>2</sub>, que ao ser juntado com o cimento pozolânico pode ter impacto de forma significativa nas características químicas e físicas do concreto. Isso ocorreu devido à interação química entre a pozolâna e o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação do cimento Portland. A sílica presente no pó de vidro pode ter reagido com o hidróxido de cálcio formando um novo composto de natureza cristalina, aumentando a densidade da matriz do concreto sendo este composto chamado de CSH (silicato de cálcio hidratado) (BORGES, 2021).

Com base nos dois fatores apresentados é possível explicar a queda da resistência do Autor 37 aos 20% de substituição após ter tido um ganho significativo aos 10%. De acordo com Borges (2021), o nível de substituição, o tamanho e a distribuição das partículas são fatores de fundamental importância para que a vantagem da atividade pozolânica com o pó de vidro se torne notória. Com isso ao utilizar uma porcentagem maior do reciclado o hidróxido de cálcio se tornou insuficiente para a ocorrência da reação pozolânica do pó de vidro.

Ao analisar os quatro estudos, um resultado comum entre três dos Autores, sendo eles o 25, 35 e 37 é que independentemente do tipo de cimento empregado, as substituições de até 10% do agregado miúdo pelo pó de vidro resultam em aumento na resistência do concreto. Contudo, observou-se uma inversão nessa tendência quando a porcentagem de adição ultrapassa esse limite, que pode ser explicada pelos fatores mencionados anteriormente, indicando uma melhor adequação do concreto ao pó de vidro quando utilizado o reciclado até o limite de 10%.

Por fim, verificou-se que resultados variam de acordo com a porcentagem de adição do pó de

vidro, o tipo de cimento utilizado, as técnicas de preparação do material e os métodos de dosagem do concreto, destacando a complexidade e a importância de considerar esses fatores ao utilizar recicláveis na produção de concreto.

#### 4.2 Análises para o material reciclado de PET.

Ao consolidar os resultados mais consistentes e homogêneos em relação à metodologia, processo e materiais utilizados na reciclagem de PET, os resultados foram organizados a partir de quatro grupos de Autores, conforme apresentado na tabela 4.

**Tabela 4 – Trabalhos selecionados após aplicação da metodologia proposta, para o material reciclado de PET**

ID	Autores	Ano	Material Reciclado	Dosagens	Tipo de Aplicação	Características físicas do concreto	Tipo de Cimento
AUTOR 4	Leite.	2018	PET	0, 5, 10 e 15%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-II Z 40
AUTOR 17	Costa.	2020	PET	5, 10 e 15%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-II E 32
AUTOR 39	Andrade, Filla.	2021	PET	0, 5, 10 e 15%	Adição do cimento	Compressão	CP-V ARI
AUTOR 41	Kuchta, Mazer e Domingos.	2020	PET	0, 15, 25 e 35%	Adição do cimento	Compressão	CP-V ARI

**Fonte: Dos Autores (2023)**

Entre esses quatro grupos de Autores, que serão referidos daqui em diante apenas pelos seus respectivos números de grupo (ID Tabela 4), observou-se que todos utilizaram porcentagens de material reciclado de PET dentro da faixa de 0 a 35%. Com base nisso, optou-se pela aplicação da interpolação, seguindo a metodologia proposta, para normalizar os resultados desta tabela para valores precisos de 10% (Tabela 5).

Os anos considerados para seleção dos trabalhos compreenderam o período de 2018 a 2021, e não houve uniformidade na nomenclatura utilizada nos tipos de aplicação adotados, sendo que dois estudos empregaram o uso de aditivos, enquanto outros dois optaram por adições, porém no presente estudo, todos foram tratados como adições, já que utilizaram mais que cinco por cento

de material nas misturas feitas com o cimento e demais agregados. Todos os trabalhos incluíram resultados relacionados à compressão, porém os dados de tração, serão examinados somente em dois estudos que continham resultados de resistência à tração.

Foram utilizados cimentos Portland de categoria II com adições de pozolana e escória, apresentando resistências na faixa de 32 a 40 MPa, e nos trabalhos que citaram as adições, foram empregados cimentos Portland de categoria V, caracterizados pela alta resistência inicial (ARI). Essa diversidade pode de alguma forma, influenciar nos resultados devido às diferenças de classes e resistências, no entanto, a escolha desses materiais foram feitas com base em critérios

considerados os mais adequados para o escopo deste trabalho.

**Tabela 5 – Comparação dos resultados de compressão axial dos Autores selecionados para o material reciclado de PET**

Autor (n°)	Tipo de Aplicação (PET)	% PET na mistura	Compressão (MPa)	Média (MPa)	Compressão média normalizada p/ 10% (MPa)	DP	CV (%)
4	Aditivo do cimento	0,0	41,66	44,12	45,33	1,66	3,77
		5,0	46,61				
		10,0	44,08				
17	Aditivo do cimento	0,0	23,23	21,75	20,89	2,00	9,19
		5,0	23,32				
		10,0	22,69				
		15,0	17,75				
39	Adição do cimento	0,0	34,21	30,41	28,75	3,37	11,09
		5,0	33,35				
		10,0	29,72				
		15,0	24,35				
41	Adição do cimento	0,0	25,73	15,60	20,73	6,55	41,96
		15,0	18,57				
		25,0	13,41				
		35,0	4,70				

Fonte: Dos Autores (2023)

Pela análise da Tabela 5, observou-se uma disparidade significativa nos resultados ao comparar o Autor 4 e o Autor 17, que utilizando o mesmo tipo de aplicação. Enquanto o Autor 4 apresentou média dos resultados de 44,12 MPa, o Autor 17 registrou 21,75 MPa.

O Autor 17 optou por utilizar fibra artesanal obtida a partir de coleta, em seguida, lavadas e higienizadas e com auxílio de tesouras foram retirados os anéis superiores e inferiores das garrafas depois cortadas em tiras longas, enquanto o Autor 4 utilizou material tecnicamente preparado em fibras poliméricas de polipropileno, que possuem forma retangular e ranhuras na superfície da fibra, voltada para adição em materiais de resistência, com a intenção de imprimir essa característica ao concreto, deixando claro que essa diferença de preparação pode ter influenciado 49% nos resultados.

Ao comparar os Autores 39 e 41, observou-se que o Autor 39 obteve média de 30,41 MPa, enquanto o Autor 41 registrou 15,60 MPa, essa diferença de 51% menor também explicada pelo modo como o pet foi misturado no cimento.

O Autor 39 utilizou resíduo de PET com padrão irregular obtido artesanalmente, enquanto o Autor 41 usou embalagens de óleo de cozinha mecanicamente triturados formando flocos de PET, sendo que as embalagens não foram

submetidas a lavagem prévia. A utilização de embalagens com resíduos de óleo de cozinha possivelmente influenciou na aderência dos flocos de PET no concreto prejudicando a resistência à compressão.

Além de alterar a aderência, esse resto de óleo deve ter causado problemas no processo químico de cura, sendo um contaminante orgânico. Segundo Melo (2013), como a viscosidade do cimento com adição de óleo de cozinha é relativamente baixa, as moléculas de óleo envolvem mais rapidamente as moléculas de água, diminuindo a taxa de reação de hidratação do cimento, aumentando o tempo de pega ou cura química.

Analisando-se o contexto geral da tabela 5, o Autor 41 obteve o menor resultado médio (15,60 MPa), enquanto o Autor 4 registrou o maior (44,12 MPa), diferença de 35%. Em relação à média normalizada a 10%, houve a confirmação da mesma tendência e dos resultados.

Katayama (2016) afirma que a influência da granulometria no agregado graúdo e nas propriedades do concreto produzidos com maior proporção de material em pequena granulometria, apresentam resistência à compressão mais elevada (preenchimento mais completo dos “vazios”).

Autores que usaram até 5% na mistura apresentaram resultados à compressão crescentes

ou estáveis em relação ao tratamento padrão testemunha, diferente em todos os resultados que utilizaram mais que 10% na mistura, que por sua vez demonstram uma tendência de redução na característica e capacidade dos corpos de prova. O

Autor 39 mostrou quedas de até 15% na resistência para os tratamentos que usaram mais que 10% de PET na mistura, e o Autor 41 chegou a 80% de queda total.

**Tabela 6 – Comparação dos resultados de tração dos Autores selecionados para o material reciclado de PET**

Autor (n°)	Tipo de Aplicação (PET)	% PET na mistura	Tração (MPa)	Média (MPa)	Tração média normalizada p/ 10% (MPa)	DP	CV (%)
4	Aditivo do cimento	0,0	2,88	3,18	3,47	0,20	6,23
		5,0	3,19				
		10,0	3,46				
17	Aditivo do cimento	0,0	2,44	2,33	2,27	0,15	6,29
		5,0	2,45				
		10,0	2,40				
		15,0	2,04				

**Fonte: Dos Autores (2023)**

Ao examinar a tabela 6, observa-se diferença nos resultados entre o Autor 4 e o Autor 17. Enquanto o Autor 4 obteve média de 3,18 MPa, o Autor 17 registrou 2,33 MPa, tendo uma diferença de 73%. Esses dados sugerem que as condições experimentais e as metodologias adotadas também influenciam nos resultados obtidos.

Embora os estudos envolvam a mesma aplicação e tipo de cimento, os resultados médios e a média normalizada para 10% apresentaram disparidades. Devido à variação nos tipos de adições de cimento, é possível que a pozolâna utilizada pelo Autor 4 contribua para o aumento da resistência à tração, ao passo que a escória não exerça uma influência tão marcante, esse padrão pode ser observado também na resistência à compressão.

Conforme mencionado por Figueiredo (2011), é aconselhável que o comprimento das fibras seja igual ou superior ao dobro da dimensão máxima característica do agregado utilizado. O processo de fraturamento ocorre predominantemente na região de interface entre o agregado graúdo e a pasta em concretos de baixa e moderada resistência mecânica. Portanto, de acordo com o autor, "quanto menor a fibra em comparação com a dimensão máxima do agregado graúdo, maior será a inclinação da fibra induzida pelo agregado em relação à superfície de fratura, resultando em menor eficácia da fibra como ponte de transferência de tensões".

Os Autores 4 e 17 utilizaram comprimentos de fibras: 50 mm e 25 mm respectivamente, concordando com mencionado por Figueiredo (2011). O Autor 17

confirmou em seus resultados que o aumento no volume de fibras não teve um impacto significativo no aumento da resistência à tração, pelo contrário, o comprimento das fibras mostrou-se crucial para o parâmetro analisado, sendo que os melhores resultados foram obtidos com fibras de comprimento mais extenso.

#### 4.3 Análises dos dois materiais recicláveis: pó de vidro e PET

Ao comparar os dois tipos de materiais reciclados, foi possível observar que o pó de vidro foi o que mais se adequou ao concreto, obtendo um ganho aos 10%, diferentemente do PET que ao ser acrescentado acima do limite de 10% resultou na diminuição direta na resistência à compressão.

Isso pode estar diretamente ligado a composição dos materiais, sendo o pó de vidro um material semelhante ao agregado natural de uso comum, com granulometria dentro do intervalo previsto pela ABNT NBR 7211:2022 e absorção de água ser semelhante ao agregado miúdo, e que ao ser incorporado no concreto até 10% ajudou a aumentar sua resistência à compressão.

Em uma análise abrangente, a escolha entre pó de vidro e PET para aplicações no concreto dependerá das características específicas desejadas para o material final. Se a ênfase for na resistência à compressão e estabilidade dos resultados, o pó de vidro adicionado em até 10% mostrou-se um material mais adequado. Por outro lado, se a aplicação exigir maior resistência à tração e tenacidade, o uso do PET,

principalmente como fibra, mostrou-se mais vantajoso em até 5%.

A decisão final deve ser orientada pelos requisitos específicos do projeto, considerando cuidadosamente as propriedades desejadas para o material reciclado em questão.

## 5 CONCLUSÃO

A análise da influência da fibra de polipropileno (PET) e do pó de vidro aditivado ao concreto não estrutural revelou que, o aumento observado nos Autores foi em média 7,88% na resistência à compressão do concreto em substituições de até 10% do agregado miúdo mostrado na tabela 7, sua aplicação requer uma compreensão mais aprofundada das interações e saber qual será a aplicação do concreto na construção, possibilitando seu melhor uso.

Por outro lado, a análise do PET indicou uma tendência oposta, com a resistência à compressão diminuindo à medida que adiciona material reciclado. Porém já na resistência da tração a diversidade nas técnicas de incorporação de PET, como fibras e pequenos pedaços, demonstrou diferentes propriedades finais do concreto, com resultados variáveis na resistência à tração, sendo que o uso de fibras demonstrou um ganho na resistência à tração de 26% mostrado na tabela 8.

**Tabela 7 – Resultados de compressão dos Autores selecionados para o material reciclado de pó de vidro**

Autor (n°)	% Pó de vidro na mistura	Compressão (MPa)
25	0	40,1
	10	40,4
	20	40,3
	40	40,7
26	0	22,36
	5	21,07
	10	20,43
	15	20,47
35	0	26,31
	5	29,02
	10	31,75
	15	30,19
37	0	27,77
	10	13,65
	20	17,23
	30	12,73
		11,25

**Fonte: Dos Autores (2023)**

**Tabela 8 – Resultados de compressão e tração dos Autores selecionados para o material reciclado de PET**

Autor (n°)	% PET na mistura	Compressão (MPa)	Tração (MPa)
4	0,0	41,66	2,88
	5,0	46,61	3,19
	10,0	44,08	3,46
17	0,0	23,23	2,44
	5,0	23,32	2,45
	10,0	22,69	2,40
	15,0	17,75	2,04
39	0,0	34,21	
	5,0	33,35	
	10,0	29,72	
	15,0	24,35	
41	0,0	25,73	
	15,0	18,57	
	25,0	13,41	
	35,0	4,70	

**Fonte: Dos Autores (2023)**

## 6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente, desejamos expressar nossa gratidão a Deus por nos guiarmos ao longo de todo o processo acadêmico, incluindo a elaboração do TCC. Também queremos expressar nossos agradecimentos ao nosso orientador, Rodrigo Martinez, que nos auxiliou, ensinou e orientou de maneira fundamental. Por fim, agradecemos à nossa família e amigos por nos terem apoiado e incentivado ao longo de todos esses anos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHADAS, M. F. S. Estudo da influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116. Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2022.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do concreto armado. Bauru: Unesp, 2006.

BETIOLI, A. M. *et al.* Degradação de ibras de PET em materiais à base de cimento portland. Anais: X

- Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.
- BORGES, Alexandre Lopes. Efeitos fíler e pozolânico do pó de vidro em argamassas. 2021.
- CARDOSO, M. M. et al. **Materiais recicláveis**. Sorocaba: Unesp Câmpus Sorocaba, 2013. 47 p. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Extensao/residuossolidos/catalogo.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado. 3. ed. São Carlos - SP: EDUFSCAR, 2003. 368 p. ISBN 978-85-7600- 086-0. Disponível em: <https://estudandoengenharias.blogspot.com/2017/05/calculo-edetalhamentode-estruturas.html>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- COUTINHO, A. S. Fabrico e Propriedades do Betão. Lisboa: LNEC, 1998. 622 p. v. 2. ISBN 9789724921631. Disponível em: [http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/HtBS04Wx0iBUAD2\\_2014-4-22-17-20-16.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/HtBS04Wx0iBUAD2_2014-4-22-17-20-16.pdf). Acesso em: 23 abr. 2023.
- DA SILVA, E. F.; MESQUITA, M. V. Uso de Politereftalato de Etileno (PET) como agregado em bloco de concreto. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 11, n. 12, pág. e117111234198-e117111234198, 2022.
- DAL MOLIN, D. C. C. Adições Minerais para Concreto Estrutural. São Paulo: IBRACON, 2005. 379 p. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- DE SOUZA, L. A. S. A gestão ambiental e a solução para os diversos problemas ambientais. Lucas da Arcela Seixas de Souza, v. 01, p. 52, 2014.
- EVANGELISTA, L. M. F. D. R.; DE BRITO, J. M. C. L. Concreto com agregados finos reciclados: uma revisão. European Journal of Environmental and Civil Engineering, v. 18, n. 2, pág. 129-172, 2014.
- FERREIRA, ARMANDO PREIZAL. Estudo experimental da resistência de blocos de concreto com vidro como agregado miúdo. 2015. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. UFF. 153p.
- FIGUEIREDO, Antônio Domingues. Concreto reforçado com fibras. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.
- GARCIA, A. et al. ENSAIOS DE MATERIAIS. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 247 p. ISBN 8521620675 9788521620679. Disponível em: [https://kupdf.net/download/livro-ensaios-dosmateriais-amauri-garcia\\_58fb71cbdc0d60fa3a959e89\\_pdf](https://kupdf.net/download/livro-ensaios-dosmateriais-amauri-garcia_58fb71cbdc0d60fa3a959e89_pdf). Acesso em: 23 abr. 2023.
- GOMES, Carlos Cabreira. Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado. 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/202>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- GUTFREIND, H; AURICH, M. 1\_Propriedade e Característica dos Materiais. PUCRS, 2014. Acesso em: 13 nov. 2023.
- HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. Isaia, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 905-944, 2007.
- JARDIM, R.R. Estudo da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado de PET em concretos convencionais. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.
- JUNIOR, A. O. A fibra de vidro em matrizes poliméricas e cimentícias e seu uso estrutural em construção civil: o estado-da-arte. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4618/DissAOJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- KATAYAMA, Daniela. Estudo da influência da granulometria do agregado graúdo nas propriedades do concreto de alto desempenho. 2016. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.
- LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. Revista ENIAC pesquisa, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014. Acesso em: 24 abr. 2023.

- LEITE, J. V. Alvenaria de vedação x alvenaria estrutural. 2020. Disponível em: <https://projettajr.com.br/uncategorized/alvenaria-de-vedacao-x-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- MACIEL, L. D.; COELHO, A. R.; PEREIRA, H. R. S. Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 25, 2020.
- MARANGON, E. Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa pet. TCC, Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2004.
- MAURY, M. B.; BLUMENSCHHEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. 2012. Disponível em <https://repositorio.unb.br/handle/10482/12110>. Acessado em: 26 abr. 2023.
- MELO, Michael de. Estudo da influência da adição de resíduos de óleo em concretos para aplicação em pavimentos. 2013.
- MENESES, I. A. Avaliação de concreto com adição de fibras de pet submetido a altas temperaturas. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/14837/1/IlzeneteAM\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/14837/1/IlzeneteAM_DISSERT.pdf). Acesso em: 22 abr. 2023.
- NASCIMENTO, Lucas Costa do. Análise de viabilidade entre concretos dosados pelos métodos da ACCP/ACI e IPT/USP. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- NERI, E. Z. Certificações Ambientais para Construções Cívicas. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.
- NEVILLE, A. M. Tecnologia do concreto. 2ª EDIÇÃO. Pearson Education Limited. Bookman Editora, 2010. Acesso em: 23 abr. 2023.
- NILSON, A.H.; DARWIN, D.; DOLAN, C.W. Design of concrete structures. 14ª ed., McGraw Hill Higher Education, 2010, 795p.
- NUNES, F.W.G. Resistência e módulo de elasticidade de concretos usados no Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- OLIVEIRA, R.; DE BRITO, J.; VEIGA, R. Incorporação de agregados finos de vidro em argamassas Incorporation of fine glass aggregates in renderings. In: ISSN 1677-3047. Teoria e Prática na Engenharia Civil, 21. ed. Rio Grande: Editora Dunas, 2013. p. 25-39.
- PIETROBELLI, R. E. Estudo de viabilidade do Pet reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão. 2010. 71 f. Monografia apresentada Universidade Comunitária Regional de Chapecó para o grau de bacharel em Engenharia Civil.
- POLLEY, Craig; CRAMER, Steven M.; CRUZ, Rodolfo V. de la. Potential for using waste glass in Portland cement concrete. *Journal of materials in Civil Engineering*, v. 10, n. 4, p. 210-219, 1998.
- RAMOS, M. L. Fatores que afetam a resistência à compressão simples de misturas de fresado asfáltico, solo laterítico e cimento portland. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148730/001002408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- RECENA, F. A. P. Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland. *Edipucrs*, p. 260. 4ª edição. 2002. Acesso em: 23 abr. 2023.
- RODRIGUES, Valentina Teichmann; DEBONI, Ricardo Luis. Substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído no concreto. 2022.
- SALVADOR FILHO, J. A. A. *et al.* Influência da utilização de pó de vidro em substituição ao cimento Portland na resistência à compressão de matrizes cimentícias de ultra alta resistência. In: 59o Congresso Brasileiro do Concreto-iIBRACON. 2017. p. 14.
- SILVA, F.A.; ALMEIDA, L. P. A. Estudo da viabilidade Técnica do uso de concreto celular adicionado de PET triturado na fabricação de residências e seu impacto ecológico. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Sao Paulo, 2010.

---

SILVA, L. N. D. *et al.* Influência do módulo de elasticidade dos agregados para com o módulo de elasticidade do concreto. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, [S. l.], ano 05, v. 08, n. 11, p. 05-22, 16 nov. 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/modulo-de-elasticidade>. Acesso em: 23 abr. 2023.



Tabela 1 - Apêndice - Trabalhos selecionados mediante a metodologia de combinação de palavras e buscadores

ID	Autores	Ano	Material Reciclado	Dosagens	Tipo de Aplicação	Características Estudadas	Tipo de Cimento e Agregado	Link ou Referências bibliográficas
AUTOR 1	Gorninsk e Tonet	2016	PET	15, 30, 45 e 60%	Adição do cimento	Tração	CP-I	GORNINSKI, Jane Proszek; TONET, Karina Guerra. <b>Avaliação das propriedades mecânicas e da flambabilidade de concretos poliméricos produzidos com resina PET e retardante de chamas reciclados.</b> Ambiente Construído, v. 16, p. 69-88, 2016.
AUTOR 2	Almeida	2016	PET	0, 5, 10 e 15%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-V ARI	ALMEIDA, Salomão Pereira de et al. <b>Uso de politereftalato de etileno (PET) como agregado em peças de concreto para pavimento intertravado.</b> 2016.
AUTOR 3	Sschilive, Callejas, Durante e Guarda.	2021	PET	5, 10 e 15%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-V ARI	DE SOUZA SCHLIVE, Pâmella Mirélla et al. <b>Blocos de concreto com resíduos de PET: alternativa para sustentabilidade urbana.</b> Paranoá, n. 31, 2021.
AUTOR 4	Leite.	2018	PET	0, 5, 10 e 15%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-II Z 40	LEITE, A. M. <b>Avaliação do uso da macrofibra polimérica na composição de concreto para fins estruturais.</b> São Carlos. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
AUTOR 5	Costa, Freitas, Costa, Ferreira e Dalmas.	2022	PET	10 e 15%	Substituição do agregado graúdo	Compressão	CP-V ARI	DA COSTA, Denise Costa et al. <b>Substituição do agregado graúdo do concreto por eliminação de PET para fabricação de cobogó.</b> Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 11, n. 7, pág. e39211729925-e39211729925, 2022.
AUTOR 6	Silva e Mesquita.	2022	PET	27, 38, 42, 50 e 62%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-I	DA SILVA, Eliane Ferreira; MESQUITA, Marisa Vianna. <b>Uso de Politereftalato de Etileno (PET) como agregado em bloco de concreto.</b> Research, Society and Development, v. 11, n. 12, p. e117111234198-e117111234198, 2022.
AUTOR 7	Machado.	2019	PET	5 e 15%	Substituição do agregado miúdo	Compressão e tração	CP-IV 32	MACHADO, Bruna de Moura. <b>Influência de aditivo incorporador de ar em argamassas mistas com agregado reciclado de PET.</b> 2019.
AUTOR 8	Rodrigues, Carvalho, Balbino e Vasconcelos.	2018	PET	4.5, 5,0 e 5.5%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-I	DA SILVA RODRIGUES, Nara Caroline et al. <b>Fibra de PET na produção de concretos.</b> Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, v. 15, n. 3, p. 207-211, 2018.
AUTOR 9	Silva	2020	PET	0, 5, 10 e 15%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-I	Silva, Izabelle Nayara Correa. <b>Análise da resistência do concreto com a influência de fibras de politereftalato de etileno: uma revisão literária.</b> 2020.
AUTOR 10	Correa e Junior.	2014	PET	20%	Adição do cimento	Compressão	CP-I	CORREA, Priscila Marques; JÚNIOR, Luiz Fernando Rodrigues. <b>Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais (PET) e sem grupos funcionais (PP).</b> Disciplinarum Scientia  Naturais e Tecnológicas, v. 15, n. 1, p. 99-109, 2014.
AUTOR 11	Ferreira e Lima	2018	PET	0 e 10%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-I	FERREIRA, ERNANE LUIZ. <b>Análise das características mecânicas do concreto com fibra de politereftalato de Etileno (PET).</b> 2018.
AUTOR 12	Berwanger	2021	PET	0, 15, 30 e 45%	Adição do cimento	Compressão	CP-I	BERWANGER, Cleofas. <b>Avaliação da Utilização de Polietileno Tereftalato (PET) e Poliestireno Expandido (EPS) Reciclados na Produção de Blocos de Concreto.</b> 2021. Dissertação de Mestrado.
AUTOR 13	Pereira.	2015	Pó de vidro	0, 10, 20 e 30%	Adição do cimento	Tração	CP-II F 32	PEREIRA, Artur Henrique. <b>Avaliação da utilização de vidro comum como pozolana e avaliação da utilização de sucatas de vidro temperado como agregado graúdo em concretos.</b> 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
AUTOR 14	Gomes e Pelisser.	2012	Pó de vidro	0, 3, 6 e 9%	Adição do cimento	Compressão e ensaios de plasticidade	CP-V ARI	GOMES, Carlos Cabreira. <b>Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado.</b> 2012.
AUTOR 15	Barbosa, Ribeiro, Coutinho.	2019	Pó de vidro	10, 20 e 30%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-V ARI	RUPPENTHAL, Lucas. <b>Análise do desempenho mecânico do concreto convencional com adição de resíduo de vidro como substituição parcial do cimento.</b> 2019.
AUTOR 16	Fonseca	2019	PET	0, 3, 4,5 e 6 Kg/m³	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-II Z 32	FONSECA, Ayrton Táliton de Farias et al. <b>Análise das propriedades mecânicas do concreto convencional obtido a partir da adição de fibra artificial.</b> 2019.
AUTOR 17	Costa.	2020	PET	0, 5, 10 e 15%	Aditivo do cimento	Compressão e tração	CP-II E 32	COSTA, Ruan Victor Santos. <b>Avaliação do comportamento do concreto reforçado com fibras de Polietileno Tereftalato (PET).</b> 2020.
AUTOR 18	Rosa.	2017	PET	25 e 24%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II F 32	ROSA, Daniella Fernandes Moreira. <b>Aplicação de resíduos polietileno tereftalato (PET) como alternativa ao agregado miúdo natural em argamassas de assentamento.</b> 2017.
AUTOR 19	Ferreira, Gutierrez e Mendes.	2023	PET	1 e 3%	Adição do cimento	Tração	CP-I	SOUZA, Guilherme; PRIETO, João Vitor; SILVA, Jonas. <b>Concreto com adição de fibras de garrafa pet.</b> 2023.
AUTOR 20	Correa.	2015	PET	5, 10, 15, 20, 30 e 40%	Substituição do agregado miúdo	Compressão e Módulo de elasticidade	CP-V ARI	CORREA, Priscila Marques. <b>Estudo comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural.</b> 2015.
AUTOR 21	Pinto, Silva e Penizzon.	2021	PET	0,50%	Adição do cimento	Compressão	CP-V ARI	PINTO, Milena Fabiani; DA SILVA, Cristina Vitorino; PANIZZON, Andressa. <b>Análise do concreto de alta resistência (Car) com adição de fibras de politereftalato de etileno (Pet) submetido a altas temperaturas.</b> Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p. 106282-106298, 2021.
AUTOR 22	Zati.	2014	PET	5, 15 e 30%	Adição do cimento	Compressão	CP-II E 32	Zati, Carlos Eduardo. <b>Estudo sobre a viabilidade da adição de embalagens de Politereftalato de Etileno (PET) picadas ao concreto não estrutural e seus impactos ecológicos e financeiros.</b> 2014.

AUTOR 23	Correa e Santana.	2014	PET	5%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-V ARI	CORREA, Priscila Marques; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes. <b>Reciclagem de PET, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve.</b> IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre-RS, p. 19-21, 2014.
AUTOR 24	Vasconcelos.	2022	Pó de vidro	0, 5, 15 e 25%	Adição do cimento	Compressão	CP-V ARI	VASCONCELOS, Arthur de Sousa Lima. <b>Avaliação das propriedades física e mecânica de cimentos com a incorporação do pó de vidro.</b> 2022.
AUTOR 25	Barbosa, Ribeiro, Coutinho.	2021	Pó de vidro	0, 10, 20 e 40%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II F 40	BARBOSA, João Pedro Noletto; DE MELO RIBEIRO, Fábio Henrique; COUTINHO, Roque Santos. <b>AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL.</b> Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão, v. 1, n. 3, p. 6-11, 2021.
AUTOR 26	Martins.	2018	Pó de vidro	0, 5, 10 e 15%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II E 32	MARTINS, IANNE SOUSA. <b>ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL.</b> 2018.
AUTOR 27	Liotto,	2019	Pó de vidro	20, 30, 40 e 50%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-IV 32	LIOTTO, Pedro Felix et al. <b>Concreto com a substituição parcial de agregado miúdo por vidro reciclado.</b> 2019.
AUTOR 28	Ucker e Santos.	2017	Pó de vidro	5, 10 e 50%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II Z 32	UCKER, Fernando Ernesto; DOS SANTOS, Felipe Corrêa Veloso. <b>Viabilidade Mecânica da Substituição de Arcia por Vidro Moído no Concreto.</b> 2017.
AUTOR 29	Cazella e Albertini.	2020	Pó de vidro	0, 25, 50 e 75%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II E 32	DA SILVA CAZELLA, Pedro Henrique; DE OLIVEIRA ALBERTINI, Paloma Gazolla. <b>Análise da utilização de cacos de vidro temperado em substituição ao agregado graúdo do concreto.</b> Revista Científica ANAP Brasil, v. 13, n. 29, p. 2020, 2020.
AUTOR 30	Rocha.	2020	Pó de vidro	2,5, 5 e 10%	Adição do cimento	Compressão	CP-II E 32	ROCHA, Cláudio André Moreira da et al. <b>Resistência a compressão de concretos com adição de pó de vidro.</b> 2020.
AUTOR 31	Salvador Filho, Ferreira, Soares, Breschi e Espírito Santo.	2017	Pó de vidro	10, 20 e 30%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-V ARI	SALVADOR FILHO, J. A. A. et al. <b>Influência da utilização de pó de vidro em substituição ao cimento Portland na resistência à compressão de matrizes cimentícias de ultra alta resistência.</b> In: 59o Congresso Brasileiro do Concreto-IBRACON. 2017. p. 14.
AUTOR 32	Machado e Castro Filho.	2018	Pó de vidro	10, 20 30 e 40%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-IV 40	CASTRO FILHO, Me Armando Machado. <b>ESTUDO LABORATORIAL DO COMPORTAMENTO A COMPRESSÃO DO CONCRETO: SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO FINO, POR PÓ DE VIDRO, RESÍDUO PROVENIENTE DA FÁBRICA DE VIDROS, DO MUNICÍPIO DE RAPOSA-MA.</b>
AUTOR 33	Reis e Figueiredo.	2018	Pó de vidro	10, 15 e 20%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-II Z 32	REIS, Rayssa Renovato dos et al. <b>Análise do comportamento físico e mecânico do concreto com adição parcial de pó de vidro.</b> 2018.
AUTOR 34	Gomes e Pelisser.	2012	Pó de vidro	0, 3, 6 e 9%	Adição do cimento	Compressão e plasticidade	CP-V ARI	GOMES, Carlos Cabreira. <b>Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado.</b> 2012.
AUTOR 35	Spósito, Machado e Silva.	2017	Pó de vidro	0, 5, 10, 15 e 20%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II E 32	DE ALMEIDA SPÓSITO, Felipe; DE SOUZA MACHADO, Alan Junio; DA SILVA, Bruno Fernandes. <b>Análise comportamental da resistência à compressão axial do concreto com pó de vidro.</b> Revista Científica ANAP Brasil, v. 10, n. 21, 2017.
AUTOR 36	Rodrigues e Deboni	2022	Pó de vidro	10, 15, 20, 30	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-V ARI	RODRIGUES, Valentina Teichmann; DEBONI, Ricardo Luis. <b>Substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído no concreto.</b>
AUTOR 37	Altoé, Radke, Rotta, Silva, Pereira e Oliveira.	2023	Pó de vidro	0, 10, 20 e 30%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-II Z 32	ALTOÉ, Sílvia Paula Sossai et al. <b>Aplicação de resíduo laminação de vidro em substituição parcial ao agregado miúdo na fabricação de concretos.</b> CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, v. 16, n. 5, p. 2586-2599, 2023.
AUTOR 38	Matheus Cavalcante de Assunção Queiroga	2017	Pó de vidro	15 e 20%	Substituição do agregado miúdo	Compressão e ensaio de abatimento de cone (slump)	CP-V ARI	QUEIROGA, Matheus Cavalcante de Assunção. <b>Estudo da viabilidade do uso de materiais vítreos como agregado miúdo no concreto.</b> 2017.
AUTOR 39	Andrade e Filla	2021	PET	0, 5, 10 e 15%	Adição do cimento	Compressão e tração	CP-V ARI	ANDRADE, Fernanda Letícia; FILLA, Julio Cesar. <b>EMPREGO DE POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) NA COMPOSIÇÃO DE MICROCONCRETO DE BAIXO MÓDULO PARA REPAROS.</b> Revista Técnico-Científica, n. 26, 2021.
AUTOR 40	Corre, Guimarães e Santana.	2019	PET	0, 5, 10 e 15%	Substituição do agregado miúdo	Compressão	CP-V ARI	CORREA, PRISCILA Marques; GUIMARÃES, Diego; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes. <b>Influência da concentração de Pet pós-consumo nas propriedades físicas do concreto leve.</b> Rev. Eletr. Mater. Proces, v. 14, n. 3, p. 140-145, 2019.
AUTOR 41	Kuchta, Mazer e Domingos	2020	PET	0, 15, 25 e 35%	Adição do cimento	Compressão	CP-V ARI	KUCHTA, Wilhen Carmelo Salles; MAZER, Wellington; DOMINGOS, Matheus David Inocente. <b>Propriedades Físico-Mecânicas de Blocos de Concreto para Pavimentação e com Incorporação de Resíduo PET Oil.</b> Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 15, n. 2, 2020.
AUTOR 42	Berwanger	2021	PET	0, 15, 30 e 45%	Adição do cimento	Compressão	CP-I	BERWANGER, Cleofas. <b>Avaliação da Utilização de Polietileno Tereftalato (PET) e Policestirno Expandido (EPS) Reciclados na Produção de Blocos de Concreto.</b> 2021. Dissertação de Mestrado.