



## **ESTUDO COMPORTAMENTAL DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO**

### ***BEHAVIORAL STUDY OF CONCRETE WITH ADDITION OF POLYPROPYLENE FIBERS***

SANTOS, Adriel das Mercês; MACHADO, Claudio Gustavo; SOUSA, Gabriel Vieira<sup>1</sup>  
Prof. M.e Marcelo Cavalcanti da Silva<sup>2</sup>  
Universidade São Francisco

**adrielmerces@hotmail.com; claudiogustavo.machado@gmail.com;**  
**gabriel\_sousa100@hotmail.com**

<sup>1</sup> Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

<sup>2</sup> Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

**RESUMO.** Atualmente o concreto é um dos materiais mais empregado na construção civil, usado com efetividade em antigas civilizações, dada época da antiga Roma, material resistente composto por cascalho, areia grossa, cal quente, água e cinza vulcânica. Ao longo do tempo o concreto passou por mudanças, principalmente após a concepção do cimento Portland, em meados do século XVIII, dando início ao concreto moderno, composto basicamente por cimento, areia, brita e água. Para a solução do problema da baixa resistência a tração do concreto o Frances Louis Lambot, acrescentou barras de aço no concreto, surgindo assim o que hoje se é denominado por concreto armado. Vários outros materiais foram criados para melhorar ou alterar as características do concreto, são os chamados aditivos, que agem como transformadores das propriedades do concreto, usados para melhorar a trabalhabilidade, garantindo uma qualidade superior ao concreto convencional. Logo vieram as fibras para concreto, fibras dos mais variados tipos. Objeto do estudo do presente trabalho as fibras de polipropileno é um material polímero, com alta resistência quando tensionado em comparação ao concreto, composto por múltiplos filamentos as fibras são utilizadas para melhorar algumas características, principalmente na concepção de tenacidade, diminuindo assim patologias, tais como fissuras no concreto. A fim de obter dados dos benefícios da incorporação das fibras de polipropileno ao concreto, a metodologia utilizou-se dos ensaios de rompimento de corpos de provas de concreto, para a realização de um comparativo entre amostras com e sem as fibras de polipropileno na mistura do traço do concreto.

**Palavras chave:** Construção, Cimento Portland, Resistência, Polímero.

**ABSTRACT.** *Currently, concrete is one of the most used materials in civil construction, used effectively in ancient civilizations, given the time of ancient Rome, a resistant material composed of gravel, coarse sand, hot lime, water and volcanic ash. Over time, concrete has undergone changes, especially after the conception of Portland cement, in the mid-eighteenth century, giving rise to modern concrete, basically composed of cement, sand, gravel and water. To solve the problem of low tensile strength of concrete, Frances Louis Lambot added steel bars to the concrete, thus creating what is now called reinforced concrete. Several other materials were created to improve or change the characteristics of concrete, they are called*



*additives, which act as transformers of concrete properties, used to improve workability, ensuring a superior quality to conventional concrete. Soon came the fibers for concrete, fibers of the most varied types. Object of the study of the present work the polypropylene fibers is a polymer material, with high resistance when tensioned in comparison to the concrete, composed of multiple filaments the fibers are used to improve some characteristics, mainly in the design of tenacity, thus reducing pathologies, such as cracks in concrete. In order to obtain data on the benefits of incorporating polypropylene fibers into concrete, the methodology used the rupture tests of concrete specimens, to carry out a comparison between samples with and without polypropylene fibers in the mixture of the concrete trace.*

**Keywords:** Construction, Portland Cement, Strength, Polymer.

## INTRODUÇÃO

Principal elemento de uma construção civil, o concreto é um material heterogêneo formado por cimento, água e seus agregados areia e brita juntos, misturados conforme a dosagem certa de cada agregado, o acréscimo de aditivos químicos irá permitir uma melhor trabalhabilidade e secagem do concreto, minimizando os pontos fracos tornando-o mais eficaz para melhorar e até mesmo modificar as propriedades.

Para Neville e Brooks (2013, p. 21), “O concreto, no sentido mais amplo, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Geralmente esse meio é o produto da reação entre um cimento hidráulico e água”.

Os antigos Romanos foram os primeiros povos a fazerem a utilização do concreto em suas grandes construções, percebendo que o concreto e suas características não sofriam com as alterações químicas com o passar do tempo. Com isso contribuindo para difundir o uso do concreto como material de construção. (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A história mostra relatos em que os romanos se utilizavam de uma espécie de matéria prima especial como cascalho, areia grossa juntamente com cal quente e água. Havendo registro também demonstrando que nesse período os romanos utilizavam sangue e gordura de animais, rochas vulcânicas denominada de pozolona e leite, produtos extras que eram utilizados para o fortalecimento do concreto, e para a não retração adicionava-se crina de cavalo na composição. (GRUPO CONCRENORTE, 2022).

Segundo Souza (2022), em Roma os construtores urbanos misturavam areia, pedaços de telha, calcário calcinado e cinzas vulcânicas, tornando as construções de Roma muito resistentes, nas quais até hoje existem com algumas limitações, no qual o tempo não derrubou completamente, a fórmula do cimento romano era um segredo tão bem guardado, no qual acabou em desuso. Foi somente no ano de 1758 que o cimento voltou a ganhar as características da mistura usada pelos romanos, quando o engenheiro britânico John Smeaton desenvolveu um cimento no qual pudesse resistir a ação erosiva da água do mar, quando acrescentou cinzas vulcânicas de origem Italiana, denominada pozolana.

Ainda de acordo com Souza (2022), a busca de novas tecnologias não parava, sendo que ao passar de décadas, em 1796 o britânico James Parker, desenvolveu um cimento obtido pela calcinação de nódulos de calcário impuro contendo argila. Mais adiante James Parker vendeu a patente de sua invenção a família de engenheiros e arquitetos da Inglaterra.

Em meados do século XVIII, especificamente no ano de 1824 o construtor inglês Joseph Aspdin obteve a patente do cimento, que hoje se é denominado cimento Portland. Aspdin em suas experiências alcançou altas temperaturas, adquirindo uma maior qualidade de cimento, tais experiências eram feitas em forno de alvenaria em formato de garrafa com doze metros de comprimento. Com o passar dos tempos a busca de novas descobertas, misturas, estudos químicos e mecânicos e renovação dos fornos, obtiveram outros tipos de cimentos mais



aprimorados, apresentando uma ótima qualidade e durabilidade. (NEVILLE E BROOKS, 2013).

Apesar da alta resistência a compressão, o concreto convencional submetido a tensão é um material frágil, não havendo a capacidade de deformação sem que haja ruptura, foi então que se deu o surgimento do concreto armado. De acordo com Andrade (2016), relatos históricos mostram que o primeiro objeto armado surgiu na França em 1849, denominando-se assim na época como cimento armado, construído pelo francês Joseph-Louis Lambot, um barco, inaugurado oficialmente em 1855, no qual obteve uma tela de arame fino preenchida com argamassa. Ainda de acordo com o autor, outro francês em 1861, chamado Monier, que era horticultor e comerciante de plantas ornamentais, fazia vasos e reservatórios, bem como pontes de argamassa de cimento com armadura de arame. Estes relatos puderam intensificar a qualidade do concreto armado, e em 1920 este começou a se chamar “cimento armado”.

Em 1850 o norte americano Hyatt fez vários experimentos, porém não conseguindo que houvesse publicações, não obteve a repercussão necessária. Após Hyatt o francês Hennebique compreendeu a função das armaduras no concreto. Porém somente em 1875 o concreto armado começou a se desenvolver através de Gustavo Adolpho Wayss, que comprou a patente de Mounier e levou para a Alemanha. (BASTOS, 2019).

Em 1902 na Alemanha houve a primeira publicação do concreto armado através do engenheiro E. Mörsch, que também inventou a treliça feita com concreto armado, sendo um marco nas construções, ainda assim havia um problema a se resolver, as fissuras no concreto, M. Koenen em 1907, teve a ideia de puxar as barras de aço, tracionando-as, como forma de eliminar as fissuras, chamando-os de “Concreto Protendido”, as experiências não obtiveram êxito. (ANDRADE, 2016).

Segundo Bastos (2019), O Concreto aliado a qualidade do aço, se obtém baixo custo, durabilidade, boa resistência a compressão, ao fogo, ductilidade, excelente resistência a tração e à compressão, assim as construções são feitas de várias formas com rapidez e facilidade. A junção do concreto e o aço deve possuir aderência entre eles. Se não houver aderência pode ocorrer fissuras que surgem através da força aplicada, o que ocorre quando a tensão de tração atuante alcança a baixa resistência do concreto.

Na atualidade usa-se o concreto com mais propriedades, sendo que a maior parte de sua totalidade, cerca de 75% são compostos por agregados. Para que se possa obter durabilidade e maiores resistências nas construções civis atuais, o concreto deve seguir rigorosamente padrões de preparo, conhecimento dos agregados e máxima cautela com a quantidade de água para que se tenha propriedades desejáveis, assim obtendo um concreto de resistência, pois a mistura cimento, água e agregados é uma etapa importante que irá diferenciar uma ótima qualidade do concreto de uma qualidade ruim.

“De acordo Couto et al. (2013, p. 50), “Embora o concreto seja um composto rígido, alguns problemas podem ser observados com a corrosão, os ninhos e as fissuras que são frequentes nas construções, podendo até levar muitas vezes a mesma a um desmoronamento.”

“Por um concreto ruim entende-se uma substância com consistência<sup>9</sup> similar a uma sopa, que endurece com aspecto de uma colmeia<sup>10</sup>, não homogêneo e fraco.” (NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 22).

De modo geral a análise dos fatores de alteração e interferência na vida útil do concreto, deve ter como base, o processo de fabricação, materiais componentes, agregados, tempo e condições de aplicação na construção. O concreto deve ser resistente para que haja uma construção de qualidade e segura, desempenhando as funções na qual foi projetada

Os agregados basicamente são matérias granulares, de vários formatos e tamanhos diferentes, nem todos na sociedade sabem da importância. Suas dimensões e características são perfeitamente apropriados para o uso no concreto e na argamassa. (KOPPE, 2017). A origem



dos agregados vem da mineração, seus diversos tamanhos e formas vem do processo chamado britagem.

Os agregados são os minerais que mais se é utilizado no mundo e no Brasil. Podemos dizer que, agregado tem esse nome por ele ser utilizado na fabricação de materiais resistentes, o cimento misturado ao agregado se torna o concreto.

Para La Serna; Rezende (2009), “Os agregados podem ser naturais ou artificiais.” Cascalho, areia, saibro são alguns exemplos de agregados. Podendo ser usados em diversas áreas, como: Casas de baixa renda, grandes construções, edifícios comerciais e de infraestrutura.

Os aditivos são produtos que misturados ao concreto alteram suas propriedades, resultando em uma melhoria na trabalhabilidade, gerando vários benefícios na área da construção civil, (NEVES, 2020), aditivo combinado ao concreto adiciona propriedades especiais, resultando em um aumento de sua eficácia. Com essa mudança nas características, o concreto tem sua qualidade aumentada, gerando uma valorização dos resultados na obra.

Os aditivos no concreto proporcionam uma variedade de vantagens. Segundo Votorantim Cimentos, (2018). O concreto com aditivo tem um ganho na durabilidade, resistência e qualidades maximizadas, gerando ganho em produtividade, redução na permeabilidade, retração e absorção da água.

O desenvolvimento do concreto foi um grande marco na história da construção, e de lá para cá, a busca de qualidade final de cada construção é adequado com novos experimentos, onde se encontrava patologias como as fissuras no concreto, fator este em que se formava utilizando os agregados, água e o cimento, juntamente com malhas de aço, material básico em toda obra. (CALLEGARI et al, 2019).

As pequenas rachaduras, encontram-se expostas na maior parte das construções civis, especialmente daquelas que utilizam inovações tecnológicas fundamentadas em argamassa e revestimento cimentício. Em certas situações, as pequenas rachaduras têm a possibilidade de ser desprezadas por não mostrarem qualquer complicação nas sustentações tendo somente uma ação específica da argamassa, a partir da porção e o volume moderados, apesar disso tem que ser abdicada. No entanto, tem muitas formas de reduzir as circunstâncias dessas pequenas rachaduras para evitar qualquer problema futuramente. De acordo com e Furlanetto (2020), a utilização das fibras sintéticas na argamassa está sendo uma prática no nosso cotidiano.

A adição das fibras no concreto remonta da antiguidade, vários materiais de origem natural e animal eram adicionas na mistura do concreto antigo. O principal objetivo da adição dessas fibras ao concreto era a diminuição do surgimento de fissuras e trincas no concreto.

De acordo com Souza (2020), a adição das fibras como elemento estrutural no concreto moderno teve início a cinco décadas atrás no continente Europeu. Vários tipos de fibra foram desenvolvidos e vários materiais utilizados para determinado tipo de problema. De um modo geral, vários benefícios são obtidos com a adição das fibras no concreto, pois a fibra tem a capacidade de melhorar o desempenho do concreto.

Taylor (1994) apud Rodrigues; Montardo (2002), acredita que com adição da fibra de polipropileno ao concreto as patologias diminuirão, essa mistura tende a elevação de resistência a tração, redução do efeito da fissuração consideravelmente na secagem, melhorando também a trabalhabilidade diante da sua notória coesão no estado fresco, devido as características físicas das fibras, elas também são imperceptíveis no concreto, evitando assim desconforto ao manusear ou no período de uso.

As fibras de polipropileno, são materiais polímeros, matérias plásticos advindo do petróleo, com propriedades diferentes, com diversas formas e tamanho. Os benefícios da fibra são a elevada fase de fusão (165°), rígida a química e tendo o preço econômico baixo. Seus prejuízos são a rejeição decadente durante um incêndio, com empatia na luz solar e ao ar,



pequeno padrão de elasticidade e enfraquecimento da viscosidade com o formador dos agregados. (BENTUR e MINDESS, 2007 apud LUCENA, 2017).

O volume característico da fibra de polipropileno acaba sendo inferior, pois um crescimento proporcional da fibra muda o volume do concreto. Já nas fibras de aço, faz justamente ao contrário em que o concreto expande o volume da partícula estrutural. A habilidade do complemento depois da fissura da matriz possui a ligação direta com a proporção de fibras. Com uma grande quantidade de fibras por fragmentação de capacidade por composição, é capaz de acontecer o acréscimo de sua competência sólida e de sua dureza. Com isso, acaba acontecendo o acréscimo da proporção de fibras criando o crescimento da dimensão de pontes de transição com o rompimento nas fendas. A utilização de fibras de polipropileno é capaz de aprimorar a reação da fissura da argamassa. Já com a argamassa comum, em que ponto a vibração é indispensável, a mais favorável e aceitável maneira de precaver a criação de rachaduras provocada pela pasta de argamassa é a aplicação de fibras, especialmente antinaturais, ocorrendo assim, com a fibra de polipropileno. (LUCENA, 2017).

Neves (2021), diz que um bom resultado no emprego da fibra no concreto, deve-se lembrar sempre de usar matérias de qualidade na mistura, a fibra tem a capacidade de melhorar as características dos materiais, ela não faz o trabalho principal, só potencializa. Polidoro (2019), também afirma que para que as fibras tenham eficiência e cumpra as funções de maneira correta, tem que ser resistente ao meio alcalino, já que o concreto é um meio extremamente agressivo com pH alto. Ainda de acordo com Polidoro (2019), cerca de 85% do uso das fibras sintéticas no Brasil são em pisos e pavimentos, em substituição as malhas de aço, sendo essa sua principal aplicação, por consequência gerando uma economia de quase 20% no custo da obra com aço, levando em conta apenas os materiais, fora a agilidade da obra, já que não havendo malhas de aço, os equipamentos e as pessoas, poderão transitar livremente para realizar a aplicação desse material no local. Com isso, são considerados com o preço acessível comparando o ferro e tendo uma parcimônia durante a obra. Além disso, tem as condições favoráveis que contribuem na estagnação da exaustão e efeitos, assim tornando a argamassa um elemento mais maleável.

Entretanto, as qualidades do polipropileno na argamassa modificam conforme alguns aspectos, como por exemplo, a particularidade da argamassa, proporções das fibras usadas e a quantidade de fibras na argamassa. Esses não são muito vistos, apesar disso consegue ser útil para trocar por traçados de metal.

O presente estudo teve como objetivo a realização do comparativo de resistência do concreto convencional através dos ensaios de rompimento de corpos de provas, juntamente ao concreto reforçado com fibras de polipropileno, a fim de verificar as vantagens da incorporação das fibras no concreto, tendo em vista que esse material já vem sendo utilizado em ampla escala no Brasil.

## **METODOLOGIA E MATERIAIS**

Para a fabricação dos corpos de provas de concreto convencional e o reforçado com as fibras de polipropileno, foi necessário realizar a tipificação e compreensão das características de cada material, assim como suas propriedades e resistências, só após isso foram feitos os procedimentos para a realização dos dois principais testes. O primeiro de resistências aos esforços de compressão, e o segundo de resistência aos esforços de tração por compressão diametral. Com isso, houve a necessidade da utilização de matérias primas específicas para a produção.

## Especificação das matérias primas

O cimento Portland utilizado foi CII-E-32, é um aglomerante fabricado pela empresa cimentícia CSN. Em suas especificações o número 32 presente nas siglas, indica que sua resistência mínima aos 28 dias onde o concreto atinge sua cura completa, será de no mínimo 32 MPa.

Com uma quantidade menor de escória de alto-forno, se comparado ao CP III este tipo de cimento é indicado para a construção geral, usado praticamente em todas as fases da construção, apresenta um tempo menor de secagem, justamente pelo fato de ter menos escoria de alto forno em sua composição. Segundo a CSN (2020), a produção de gases poluentes é diminuída durante sua fabricação, isso aliado a redução da degradação das reservas naturais para obtenção de matérias primas.

A produção consiste no processo de moagem das matérias-primas cruas, até obter um pó bastante fino, misturá-la intimamente em proporções predeterminadas e realizando a queima em grandes fornos rotativos, a uma temperatura próxima a 1400°C. (NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 27).

A areia utilizada para o experimento foi areia média, disponibilizada em sacos de 20 Kg, pela empresa Pedrasil. Com grãos que variam de 1,2 a 2,4 mm, a areia média e amplamente utilizada na fabricação de concreto e argamassas de assentamento de tijolos e blocos, segundo Botelho (2020), na construção civil são usados alguns tipos de areia, os grãos da areia podem ser descritos, por seu formato e acabamento externo, tendo então múltiplas variações, conforme dados descrito na figura 1. Como é um material de granulometria pequena, seu formato sofre mudanças quando em atrito, por tanto, seu formato não será o mesmo até ao seu destino.

Nomenclatura	Dimensões dos grãos
Pedrisco	0 a 4,8 mm
Areia muito fina	0,15 a 0,6 mm
Areia fina	0,6 a 1,2 mm
Areia média	1,2 a 2,4 mm
Areia grossa	2,4 a 4,8 mm

**Figura 1:** Agregados miúdos classificados de acordo com as dimensões granulométricas - (Fonte: Adaptado de Nunes, 2015).

Também disponibilizada em saco com massa igual a 20 Kg, a brita utilizada foi adquirida da empresa Pafis. O tipo de brita escolhida para realizar o estudo foi a brita 1, esse de tipo de brita tem dimensões que variam de 9,5 até 19 mm, conforme figura 2, de acordo com Martins (2020), os traços que incluem britam 1 são utilizados nas construções de lajes, pilares e vigas, mas isso normalmente procede conforme a demanda de qualquer construção.

A brita é vendida de várias formas, a principal delas em lojas de materiais de construção, após realizado a compra, o material pode ser armazenado, de várias maneiras, porém deve-se evitar locais de exposição a materiais orgânicos e várias outras sujeiras. Paletes são usados para o armazenamento das britas compradas em sacos, desse modo a uma diminuição da umidade no local. (PEREIRA, 2019).

Nomenclatura	Dimensões dos grãos
Brita nº 0	4,8 a 9,5 mm
Brita nº 1	9,5 a 19 mm
Brita nº 2	19 a 25 mm
Brita nº 3	25 a 38 mm
Brita nº 4	38 a 64 mm
Pedra de mão	76 mm

**Figura 2:** Classificação dos agregados graúdos, com nomenclatura conforme granulometria - (Fonte: Adaptado de Nunes, 2015).

Os agregados devem ser armazenados separadamente em função da sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações indicadas na NBR 7211 (ABNT, 2005). Não deve haver contato físico direto entre as diferentes graduações. Cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que permita escoar a água livre de modo a eliminá-la.

A fibra de polipropileno utilizada na fabricação dos corpos de provas foi a FibroMac<sup>®</sup>12, comercializada pela empresa MACCAFERRI do Brasil, essa fibra é do tipo microfibras de multifilamentos com comprimento de 12 mm, compostas por filamentos muitíssimo finos como mostrado na figura 3, produzido por processo de extrusão, bastante indicada para reforço de concretos. Segundo a MACCAFERRI (2022), empresa que comercializa o produto, as fibras sintéticas de polipropileno são quimicamente inertes, estáveis e resistente ao meio alcalino. Não absorvem água e não oxidam.

As fibras de polipropileno reduzem a exsudação diminuindo o nível de assentamento, formando um micro reforço tridimensional que suspende ou sustenta os agregados, impedindo que eles assentem sob a ação da gravidade e, evita-se o aumento na relação água/cimento responsável pela diminuição da resistência do concreto, aumentam a resistência à tração nas primeiras idades. Com isso as fissuras por assentamento plástico são minimizadas. (RODRIGUES; MONTARDO, 2002).



**Figura 3:** Fibras de polipropileno separadas e pesadas na proporção especificada para o volume de concreto – (Fonte: Próprio Autor).

Já o aditivo usado foi o MACTRA2000, é um aditivo plastificante para argamassas e concretos. Os aditivos no concreto proporcionam uma variedade de vantagens. Segundo Votorantim Cimentos, (2018). O concreto com aditivo tem um ganho na durabilidade, resistência e qualidades maximizadas, gerando ganho em produtividade, redução na

permeabilidade, retração e absorção da água. No mercado atual existem várias opções de aditivos disponíveis, com uso específico cada, para proporcionar um ganho de qualidade do produto. É de grande importância que se conheça cada um dos aditivos e suas características e o tipo de obra que vai ser realizada para determinar a escolha correta do aditivo ou até mesmo se existe a demanda.

De acordo com Pinheiro (2019), existem os aditivos que modificam de pega, esses aditivos aceleram ou retardam a pega. Em obras que são realizadas com temperaturas baixas, aceleradores de pega possibilitam uma melhor acomodação da massa, reduzindo o tempo final das obras. Sendo assim, para termos resultados melhores a cada obra, os aditivos para concreto são indispensáveis, eles proporcionam uma melhora na trabalhabilidade, na resistência, retração e na impermeabilidade do concreto usado na obra.

A definição do traço seguiu os critérios de acordo a resistência a compressão que o mesmo deve suportar, segundo a NBR 12655 (ABNT, 2006), traço ou composição e a expressão das quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto (geralmente referido ao cimento). O traço também pode ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto.

O traço de concreto pode ser estabelecido empiricamente para o concreto da classe C10, com consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico. Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto na obra, para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Este procedimento é desnecessário quando se utilizar concreto dosado em central, ou quando já tenham sido elaborados concretos com os mesmos materiais e em condições de execução semelhantes.

O uso da água foi estabelecido segundo os critérios de relação água/cimento. No Brasil, a NBR 12655 (ABNT, 2006), aponta como requisito para concretos convencionais valores para a relação água/cimento em massa de 0,65 a 0,45, isso considerando da classe de agressividade juntamente a qualidade do concreto expresso na figura 4.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m <sup>3</sup>	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

NOTA CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado; CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

**Figura 4:** Relação água/cimento descrito em massa, leva em consideração a classe de agressividade – (Fonte: ABNT NBR 12655, 2006).

A água também inclui em seus critérios de uso para um concreto de boa qualidade a relação água/materiais secos, que varia de 6% a 14%, os materiais secos englobam os agregados, sendo areia e brita juntamente ao cimento. Onde que de 6% a 8% entende-se, como um concreto seco ou úmido com baixa relação entre os materiais, para um concreto plástico essa relação tem variação maior que 8% e menor que 11%, já para um concreto fluido a variação

e de 11% a 14%, caso esse valor seja maior o concreto fica considerado como inapropriado para uso.<sup>1</sup>

### *Traço do Concreto*

Tendo por base que o objetivo do presente trabalho não necessariamente é atingir a resistência a compressão do concreto estabelecida, e sim, realizar o comparativo de resistência entre as amostras de concreto sem a presença das fibras, ou seja, do concreto convencional, e as amostras com adição das fibras de polipropileno.

O traço escolhido 1: 1,5: 3, usando como referência padiolas, pelos métodos Caldas Branco, onde que para 1 medida de cimento, será acrescentado 1,5 de areia e 3 de brita, com um fck de 28 dias igual ou superior aos 35 Mpa.

Para o volume de concreto a ser fabricado, o critério foi definido através da quantidade de corpos de provas junto ao seu volume conforme figura 6. Diante disso usou-se o aplicativo para celular ConstruCalc, na realização dos cálculos de forma automático, definindo assim a quantidade de material desejado para o volume total dos moldes dos corpos de provas, descrito na figura 5, onde foi necessário informar junto ao aplicativo a resistência desejada do concreto, a altura e o diâmetro dos moldes, e a quantidade de amostras desejadas para cada teste.

Descrição	Materiais	
	Quantidade	Unidade
Cimento	0,006	m <sup>3</sup>
	6,65	kg
	0,13	Sacos 50kg
Areia	0,009	m <sup>3</sup>
	15,39	kg
	0,50	latas 18L
Brita	0,014	m <sup>3</sup>
	19,79	kg
	0,79	latas 18L

**Figura 5:** Relação dos materiais de forma discriminada, usados no traço de concreto para o presente trabalho - (Fonte: Próprio autor).

Descrição	Dados Gerais	
	Quantidades	Unidades
Volume de concreto	0,017	m <sup>3</sup>
Taxa de perda	10	%

**Figura 6:** Descrição da quantidade do volume total de concreto, para moldar 8 amostras de corpos de provas - (Fonte: Próprio autor).

<sup>1</sup> Informação fornecida pelo prof. Roberto Antônio de Lima. Na disciplina Elementos e Materiais de Construção Civil em 19 fev. 2020

### Corpos de provas

Os corpos de provas para a realização dos testes, foram fabricados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), onde indica que o corpo de prova deve ter como a medida da altura o dobro do diâmetro. Para o presente estudo ficou estabelecidos que os corpos de provas teriam altura igual a 20 cm, com diâmetro igual a 10 cm, assim sendo feito. As formas foram fornecidas pela Universidade São Francisco, local onde se deu a execução dos testes.

Para a etapa da preparação da moldagem dos corpos de prova, segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), os moldes devem ser feitos de aço ou de qualquer outro material que não sofra reação adversa com nenhum dos materiais que compõem o concreto. O molde não deverá sofrer nenhum tipo de impacto, por tanto, deverá ter sua estrutura sem nenhum tipo de deformação.

No total foram produzidos 16 corpos de provas conforme figura 7, sendo que metade apenas concreto convencional e a outra metade se deu a introdução das fibras de polipropileno.



**Figura 7:** Organograma de definição da quantidade de amostras de corpos de provas para cada teste - (Fonte: Próprio autor).

### Separação dos matérias

Após definido os critérios para a execução dessa primeira etapa, os materiais foram separados e pesados de acordo com a figura 8, lembrando que o volume de concreto estabelecido foi para 8 amostras, amostras essas separadas para realizar a fabricação dos corpos de provas de concreto convencional. Na realização da pesagem foi usado uma balança eletrônica, para que os valores fossem o mais preciso.



**Figura 8:** Materiais sendo fracionados em função de sua massa, para o traço pré-determinado - (Fonte: Próprio autor).

A separação e a pesagem dos materiais dos corpos de provas com adição das fibras de polipropileno seguiram os mesmos moldes estabelecidos para os materiais das amostras de concreto convencional, o diferencial foi a inclusão das microfibras de polipropileno na mistura. A adição das fibras foi proporcional ao volume estabelecido para a realização dos corpos de provas, segundo Tec machine (2022), a quantidade de fibras de polipropileno adicionada se dará de 600 g (gramas) a 8 kg (quilogramas), por metro cúbico de concreto.

Para fracionar a quantidade correta de fibras para que fosse misturado junto ao concreto, se deu necessário a utilização de uma balança de precisão, por ser um material bastante leve, somente usando desse tipo de equipamento para se chegar aos valores de forma a garantir um resulta satisfatório. Através de regra simples de três, ficou estabelecido que para o volume de concreto utilizado nesse estudo, a porção de fibra foi de 136 g, valor proporcional ao máximo que é de 8 kg/m<sup>3</sup>.

### *Mistura dos materiais*

Os materiais foram misturados com ajuda de uma betoneira. figura 9, a NBR 12655 (ABNT, 2006), estabelece que o tempo mínimo de mistura em betoneira estacionária é de 60 s, devendo este tempo ser aumentado em 15 s para cada metro cúbico de capacidade nominal da betoneira ou conforme especificação do fabricante. O tempo mínimo de mistura somente pode ser diminuído mediante comprovação da uniformidade. O concreto retido na betoneira não deve ser maior do que 2% do volume nominal, entendendo-se que este volume independe da consistência do concreto.

O lançamento dos materiais na betoneira seguiu uma linha cronológica. Onde primeiramente foi colocado 2/3 de água fracionada para o traço, juntamente ao aditivo plastificante, depois foram lançados as britas já com equipamento em movimento de rotação, logo após colocou-se o cimento, a areia veio na sequência e por último adicionou-se o restante da água, para que ai sim a mistura ficasse homogenia e ideal para uso, garantindo assim uma melhor trabalhabilidade no momento da execução do enchimentos dos moldes de corpos de provas.



**Figura 9:** Betoneira sendo preenchida com material, para execução da etapa de mistura- (Fonte: Próprio autor).

A mistura do traço de concreto onde foi adicionado as microfibras de polipropileno, ocorreu da mesma maneira que a mistura do concreto convencional, porém a adição das fibras se deu logo após a adição do 2/3 da água, isso para quando os outros materiais fossem adicionados houvesse uma melhor distribuição das fibras junto aos outros materiais, como observado na figura 10 .



**Figura 10:** Distribuição das fibras de forma homogenia no concreto - (Fonte: Próprio autor).

#### *Confeção dos corpos de provas*

Antes de encher os moldes com o concreto, realizou-se alguns procedimentos para garantir a eficiência dos testes. Foram vedadas as juntas dos moldes com óleo mineral e cera virgem e assim que montados, uma fina camada do mesmo óleo foi passada na parte interna dos moldes para uma melhor desforma.



**Figura 11:** Molde para corpo de prova de 10x20 cm, sendo preenchido com massa de concreto - (Fonte: Próprio autor).

Para prevenir algum possível vazamento de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 1994), deve-se utilizar uma concha e colocar o concreto no molde em porções uniformes. O adensamento do concreto será realizado de forma manual, seguindo alguns critérios. De acordo

com GONZAGA (2021), o adensamento tem objetivo de reduzir os vazios no concreto, como bolhas de ar ou o acúmulo de água na parte interna da mistura. O processo de adensamento foi realizado conforme indicação da figura 12, onde os moldes, figura 11, utilizados foram de diâmetros iguais 100 mm.

Tipo de molde	Tipo de adensamento	Dimensão básica d (mm)	Número de camadas	Número de golpes por camada
Cilindrico	Manual	100	2	15
		150	4	30
		250	5	75
	Vibratório (penetração da agulha até 200 (mm))	100	1	
		150	2	
		250	3	
		450	5	

**Figura 12:** Números de camadas e golpes de apiloamento – (Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5738, 1994)

Após a moldagem, as amostras ficaram armazenadas em um canto descansado conforme figura 13, para o processo de cura das primeiras horas, e posterior a isso ser desformadas, as amostras foram cobertas utilizando material apropriado, para que não absorvesse a água da mistura e para protege-la das mudanças de temperatura do ambiente. Para moldes cilíndricos, a desforma é feita a partir de vinte e quatro horas após a moldagem, feita a desforma, as amostras deverão ser armazenadas em lugares adequados, seguindo os requisitos da norma NBR 9479 (ABNT, 2006), câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.



**Figura 13:** Corpos de provas em processo de cura - (Fonte: Próprio autor).

Após a desforma os corpos de provas tanto de concreto convencional quanto com adição das fibras de polipropileno, foram submersos em um taque com água contendo cal virgem para aumentar o pH e com isso tornar a cura do concreto ideal.

Os corpos de provas só podem ser retirados do taque momentos antes de serem rompidos, devendo permanecer submersos a água todo o tempo que foi pré-estabelecido para o rompimento.

#### *Rompimento dos corpos de provas*

O tempo pré-estabelecido para o rompimento dos corpos de provas foram de 14 dias, desde o momento da mistura do cimento com a água, devendo o mesmo atingir 90% do fck nesse período de dias, conforme figura 14.

Idade (dia)	fck (%)
1	16
3	40
7	65
14	90
28	99

**Figura 14:** Ganho de resistência do concreto por porcentagem, em relação aos dias de cura - (Fonte: Guerra, 2010)

Com as amostras prontas, foram iniciados os ensaios de resistência a compressão por meio do rompimento dos corpos de prova. A importância dos ensaios de resistência do concreto, de acordo com APL Engenharia (2018), servem para afirmar a os valores da resistência a compressão, garantindo a qualidade do concreto e assim evitando possíveis prejuízos.

Conforme a NBR 5739 (ABNT, 1994), o rompimento dos corpos de prova à compressão, deverão respeitar uma data pré-determinada levando em consideração, a idade da amostra, a idade do corpo de prova é iniciada quando o cimento é misturado a água.

Uma prensa eletrônica foi usada para os testes de rompimento. A norma NBR NM ISO 7500-1 (ABNT, 2016), especifica os critérios para as máquinas de ensaio.

Os testes tiveram início pelo rompimento das amostras sem as fibras de Polipropileno, tanto para o ensaio de resistência a compressão, quanto para o ensaio de resistência de tração por compressão diametral. Após o encerramento do ensaio do concreto sem as fibras, foram realizados os ensaios dos corpos de prova com as fibras, usando os mesmos moldes de testes das amostras sem as fibras, para cada amostra testadas foram anotados os resultados da forma individual.

Para realização do teste de compressão, o corpo de prova foi colocado na prensa na posição vertical, centralizado no prato inferior, como indicado na figura 15, em seguida deu-se início ao carregamento de forma contínua até o rompimento da amostra, e assim foi repetido até que se acabasse as amostras para essa finalidade. Não havendo a necessidade da realização de cálculo, pois o equipamento usado para o rompimento dos corpos de provas, fornece de forma automática, os dados de força e pressão necessária para causar avarias em cada amostra.



**Figura 15:** Corpo de prova sendo preparado para receber carga, no ensaio de compressão - (Fonte: Próprio autor).

O teste da resistência à tração por compressão diametral, foi realizado tendo como base a norma NBR 7222 (ABNT, 2011). O método de ensaio de resistência a tração por compressão diametral ocorreu usando o mesmo equipamento que o de compressão, a diferença é a posição que é colocado o corpo de prova. Nesse teste o corpo de prova rompeu-se na posição horizontal, ou seja, deitado.

O teste de tração por compressão diametral, segundo Guerra (2020), é o ensaio mais utilizado para se obter a resistência do concreto quando em esforço a tração. Também conhecido internacionalmente como ensaio Brasileiro. Foi desenvolvido por Lobo Carneiro, em 1943. Para a sua realização, um corpo-de-prova cilíndrico é colocado com o eixo horizontal entre os pratos da prensa sendo aplicada uma força até a sua ruptura por tração indireta (ruptura por fendilhamento).

De acordo com a NBR 7222 (ABNT, 2011), os corpos de prova devem ser moldados e curados conforme NBR 7215 e NBR 5738. Admite-se a utilização de corpos de prova de relação comprimento/diâmetro entre 1 e 2. O contato entre o corpo de prova e os pratos da máquina de ensaio deve dar-se somente ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas do corpo de prova. Admitindo-se a adaptação de dispositivos complementares às máquinas cujos pratos apresentem o diâmetro ou a maior dimensão inferior à altura do corpo de prova.

Entre os pratos e o corpo de prova em ensaio, duas tiras de chapa dura de fibra de madeira foram colocadas, figura 16, de comprimento igual ao da geratriz do corpo de prova e seção transversal. Conforme especificado na NBR 10024



**Figura 16:** Corpo de prova preparado para receber carga, no ensaio de tração por compressão diametral - (Fonte: Próprio autor).

Ajustar os pratos da máquina até que seja obtida uma compressão capaz de manter em posição o corpo de prova. A carga de ser aplicada continuamente, sem choque, com crescimento constante da tensão de tração a uma velocidade de  $(0,05 \pm 0,02)$  Mpa/s, até a ruptura do corpo de prova. (ABNT NBR 7222, 2011).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme já mencionado, o equipamento fornece os dados de forma automática, não havendo a necessidade da realização de cálculos para determinar a resistência tanto de compressão, quanto de tração por compressão diametral, medido em megapascal (Mpa).

Resistência de Compressão (Mpa)		
Amostra	Com Fibra	Sem Fibra
1º	7,94	6,80
2º	8,17	8,00
3º	7,82	7,88
4º	7,70	9,33
Média	7,91	8,00

**Figura 17:** Resultado do ensaio de resistência a compressão - (Fonte: Próprio autor).

Resistência de Tração por Compressão Diametral (MPa)		
Amostra	Com Fibra	Sem Fibra
1º	1,45	1,31
2º	1,50	1,20
3º	1,40	1,22
4º	1,49	1,26
Média	1,46	1,24

**Figura 18:** Resultado do ensaio de resistência de tração por compressão diametral – (Fonte: Próprio autor).

Conforme especificado, o traço usado para o presente estudo foi 1: 1,5: 3, com o fck ao final dos 28 dias atingindo uma resistência de compressão igual ou superior a 35 Mpa, ou seja, aos 14 dias de cura, de acordo como especificado na figura 14, os corpos de provas teriam que ter atingido no mínimo 90% de resistência, valor igual a 31,5 Mpa. Já a resistência a tração conforme Neville (2016), corresponde a 10% da sua resistência a compressão, atingindo no período de 14 dias uma resistência de 3,15 MPa. Porém observou-se que durante os testes os valores de média de resistência de compressão e de tração por compressão diametral, conforme figura 17 e figura 18 respectivamente, ficaram bem abaixo do esperado.

Há principal variável que possa ter influenciado no resultado de resistência dos corpos de prova, seria o excesso de água, porém os critérios de relação água/cimento seguiram conforme a NBR 12655 (ABNT, 2006). Outra hipótese a ser levantada foi, que no momento de cura das amostras, observou-se que a água da mistura do concreto estava escorrendo por pequenos vãos dos moldes dos corpos de prova, mesmo que esses foram vedados momentos antes, para que não ocorresse tal situação e, assim não comprometesse os resultados do estudo, já que a cura não ocorreu de maneira satisfatória.

Entretanto o objetivo do estudo era demonstrar a diferença de comportamento entre o concreto convencional e o concreto com adição das fibras de polipropileno. Embora não houvesse grandes diferenças dos valores das médias tanto dos testes de resistência de compressão como o de resistência de tração por compressão diametral, os resultados foram satisfatórios. Tendo em vista que a fibra utilizada foi FibroMac<sup>®</sup>12, segundo a MACCAFERRI (2022), é uma fibra de polipropileno produzida a partir de multifilamentos indicada para o reforço de concretos e argamassas com a finalidade de gerar um composto homogêneo e controlar a fissuração por retração.

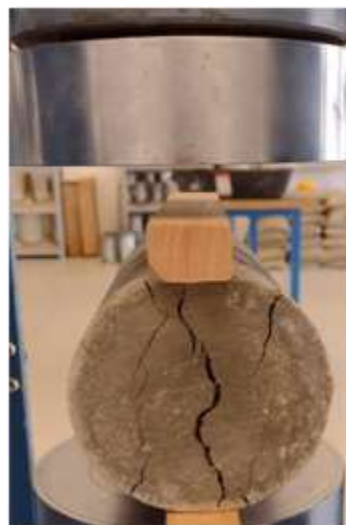
O presente estudo não houve a execução do slump test, que para Pereira (2019), é um meio rápido de definir as características do concreto fresco momentos antes de sua aplicação, o slump test mede a consistência do concreto para conferir a trabalhabilidade.

Porém durante o manuseio do concreto com adição das fibras de polipropileno, observou-se uma maior coesão entre os materiais envolvidos na mistura, diferentemente do concreto convencional (sem as fibras), que com o mesmo traço e a mesma quantidade de água, apresentou uma mistura mais fluida. Esse é um ponto positivo ao se misturar as fibras no concreto, uma maior agregação dos materiais. Mas em contrapartida, se misturar uma quantidade alta de fibras, quantidade maior que a especificada pelo fabricante, o concreto reduz a sua trabalhabilidade, ficando assim inviável o seu manuseio durante a aplicação.

Já durante a execução do rompimento dos corpos de provas, foi o momento onde ficou mais evidente os benefícios do uso das fibras para controle de fissuras, principalmente através dos testes de resistência de tração por compressão diametral. Onde as amostras com as fibras mesmo após o rompimento, apresentou as rachaduras com vãos menores conforme figura 19, em comparação com as amostras de concreto convencional, figura 20.



**Figura 19:** Corpo de prova de concreto com adição de fibras de polipropileno, fissurado após ensaio de Resistência de tração por compressão diametral – (Fonte: Próprio autor).



**Figura 20:** Corpo de prova de concreto convencional, com fissuras após ensaio de Resistência de tração por compressão diametral – (Fonte: Próprio autor).



## CONCLUSÃO

Ao longo do tempo com a curiosidade humana, e as necessidades de construções cada vez mais desafiadoras, o concreto modificou-se. No princípio sua composição era de materiais de origem exclusivamente natural, com a evolução da tecnologia, materiais sintéticos foram sendo introduzidos na mistura do concreto, com intuito de potencializar suas qualidades ou mesmo diminuir suas principais fraquezas. O presente trabalho possibilitou o estudo do concreto convencional e o concreto com adição de fibras de polipropileno, por meio do comparativo de rompimento de corpos de provas.

O uso do concreto reforçado com as fibras de polipropileno, vem crescendo cada vez mais no Brasil, os pisos e contrapisos são suas principais aplicações, tendo como função, diminuir o aparecimento de fissuras nas primeiras horas da aplicação do concreto, e por se tratar de um concreto de menor responsabilidade em muitos casos são usados em substituição das malhas de aço, barateando em até 20% o custo de uma concretagem de piso.

Através das análises realizadas por observação durante o manuseio, evidenciou-se que o concreto quando adicionado as fibras de polipropileno possuem maior agregação entre os materiais, em se tratando do estado fresco. Já em estado seco evidenciou-se que, as fissuras causadas após os testes de rompimento ficaram menores, quando comparado as amostras sem as fibras, comprovando assim sua vantagem na aplicação dos pisos para conter as fissuras com menores custos.

## REFERENCIAS

A importância dos aditivos de concreto. **Votorantim Cimentos**. [S.l.: a.n.], 2018. Disponível em: [https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/aditivos-concreto/?doing\\_wp\\_cron=1653892634.7746710777282714843750](https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/aditivos-concreto/?doing_wp_cron=1653892634.7746710777282714843750). Acesso em: 30 maio 2022.

ANDRADE, Bruno S. O.; **“Concreto armado: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas.”**. 2016. Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais, Rio de Janeiro, 2016.

Apostila treinamento. Eu entendo de cimento!. **CSN**. Disponível em: <https://www.csn.com.br/wp-content/uploads/sites/452/2020/11/Apostila-Cimentos-1.pdf>. Acesso em: 30 out. 2022.

ABNT. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. **NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. **NBR 9479: Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova de argamassa e concreto**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.



ABNT. **NBR NM ISO 7500-1: Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial - Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força.** Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. **NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

BASTOS, Paulo S. **Fundamentos do concreto armado.** 2019. Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2019. Disponível em: <https://wwww.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 04 jun.2022.

BOTELHO, Gustavo Dayrell. **Tipos de areia e a construção civil.** Minas Jr, 2020. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/tipos-de-areia-e-a-construcao-civil/>. Acesso em: 25 mai. 2022.

Callegari, J.P *te Al.* **Um estudo abrangente do concreto convencional reforçado com fibra de polipropileno.** Article Scientific Electronic Archives, Sci. Elec. Arch vol.12(2), abril 2019. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/download/732/pdf/2686>. Acessado em 23 de abril de 2022.

COUTO, José Antônio Santos et al. O concreto como material de construção. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 3, p. 49-58, 2013.

DE LIMA, Roberto Antônio. **Elementos e Materiais de Construção Civil.** 2020. Notas de aula.

Fibras – FibroMac<sup>TM</sup>. **MACCAFERRI.** Disponível em: <https://www.maccafferri.com/br/produtos/fibras/fibras-fibromac/>. Acesso em: 30 out. 2022.

FURLANETTO, Pedro. **Fibras de polipropileno no concreto: Para que servem?.** 2020. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/fibras-de-polipropileno-no-concreto/>. Acesso: 28 mai. 2022.

Grupo Concrenorte. **História do concreto: evolução e características.** [S.l.: a.n.], 2022. Disponível em: <https://concrenorte.com.br/historia-do-concreto-evolucao-e-caracteristicas/>. Acesso em 16 de abril de 2022.

GUERRA, Ruy S. T. **Clube do Concreto. Porque testar a resistência do concreto após 28 dias?.** Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/10/por-que-testar-resistencia-do>. Acesso em: 06 nov. 2022.

KOPPE, Bruna. **Entenda o que são os agregados para construção civil.** Disponível em: <https://mbgeologia.com.br/index.php/novidades/detalhe/16/entenda-o-que-sao-os-agregados-para-construcao-civil>. Acesso em: 02 abr. 2022.

La Serna, H. A.; Rezende, M. M. **Agregados para a Construção Civil.** [S.l.: a.n.], 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie->



estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais. Acesso em: 22 maio de 2022.

LUCENA, Júlio César Tavares. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina**. São Carlos, 2017. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-30032017-104705/publico/ME2017\\_JulioLucena.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-30032017-104705/publico/ME2017_JulioLucena.pdf). Acesso: 30 mar. 2022.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2016. ISBN 9788582603666. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603666/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013. 9788582600726. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600726/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

PEREIRA, Caio. **Tipos de brita utilizados na construção e para que servem**. Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/brita/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

PINHEIRO, Igor. Os principais Aditivos utilizados no Concreto **Inova civil**, [S.l.: a.n.], 2019. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/os-principais-aditivos-utilizados-no-concreto-2/>. Acesso em: 07 jun. 2022.

POLIDORO, Gustavo. **"O comportamento das macrofibras sintéticas em pisos de concreto"**. You tube, 03 dez. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l5oIHZk1Ts&t=1750s>. Acesso em: 08 out. 2022.

RODRIGUES, Públio P. F.; MONTARDO, J. P. **A Influência da Adição de Fibras de Polipropileno nas Propriedades dos Concretos para Pisos e Pavimentos**. Instituto Brasileiro do Concreto - 44º Congresso Brasileiro. Belo horizonte, MG: [s.n.], 2002.

SOUZA, Eduardo. **Concreto reforçado com fibras: resistência e leveza Archdaily**, 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/919851/concreto-reforcado-com-fibras-resistencia-e-leveza>. Acesso em: 23 mai. 2022.

Fibra para piso de concreto. **Tec machine**, [S.l.: a.n.], 2022. Disponível em: <https://www.tecmachinefm.com.br/fibra-piso-concreto>. Acesso em: 11 jun. 2022.