

## **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE PAPEL KRAFT**

Gabriel Gomes Abadia

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (gabriel.abadia@hotmail.com)*

Matheus Henrique de Araujo Alvarenga

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (mateusalv2010@hotmail.com)*

Raphael Barbosa Oliveira

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (raphaelxd61@gmail.com)*

Thalyta Borges da Silva Pedersolli

*Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (thalytaborges05@hotmail.com)*

Kíria Nery Alves do Espírito Santo Gomes

*Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (kiriagomes@gmail.com)*

### **RESUMO**

A construção civil é considerada uma das maiores causadoras de impacto ambiental, tanto pelo alto consumo de recursos naturais, quanto pela geração de resíduos sólidos, o que em sua grande parte são descartados de forma inadequada, sendo que em muitos dos casos esses resíduos possuem um bom potencial para serem reciclados. Nesse cenário estão inseridas as embalagens de cimento, considerando que em 2019, segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), foram despachadas 54.800 toneladas de cimento e desse total 68% foi em forma ensacada, o que contribui para a geração de um grande volume de embalagem de cimento. O presente trabalho busca avaliar a viabilidade da utilização das fibras de celulose, oriundas da reciclagem do papel Kraft (embalagem de cimento) em diferentes teores como um agregado no concreto, a fim de proporcionar uma destinação ambientalmente correta para o resíduo. Para a realização do trabalho foi executada a dissolução do saco de cimento até a obtenção das fibras celulósicas, no qual foi inserido no concreto substituindo o agregado miúdo (areia) em proporção equivalente de massa, sendo uma proporção de 0,5%, 2% e 5%. Portanto, será avaliado em laboratório o desempenho do concreto em estado fresco através do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (*Slump test*) e no estado endurecido, analisando a resistência à compressão axial e comparando os resultados com o de referência, o qual não há a adição das fibras. A partir dos resultados obtidos avaliou que, no teste de *Slump test*, apenas o concreto com adição de 0,5% obteve resultado satisfatório com um adensamento de 7,4 cm e os resultados obtidos pelo teste de resistência à compressão axial, apenas o concreto com adição de 0,5% de fibras de papel Kraft, obteve a resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, tendo uma performance bem próxima do referência, o que viabiliza sua utilização como agregado no concreto, visando uma obra mais sustentável e promovendo uma destinação sustentável ao resíduo gerado dos sacos de cimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo Sólido. Papel Kraft. Reciclagem. *Slump test*. Compressão axial.

# 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos no Brasil teve um aumento significativo nos últimos anos, devido à alta demanda na construção civil. Com isso, observa-se a falta de áreas destinadas ao descarte e reaproveitamento correto desses resíduos.

Neste trabalho serão levantadas sugestões para o reaproveitamento do papel Kraft, como meio de reduzir a geração de resíduos na construção civil, utilizando-o como um agregado para o concreto. Segundo o site GearTech Brasil (2020), o papel Kraft é desenvolvido através da mistura de variados tipos de fibras de celulose, que são encontradas na polpa de madeiras macias. Com isso, ele se torna um produto de alta resistência apresentando, também, maciez e flexibilidade.

O saco de papel Kraft, utilizado nas embalagens de cimento, pode gerar grandes quantidades de resíduos. Com isso, pode-se encontrar meios de viabilizar a aplicação de suas fibras na área prática da produção de concreto e, também, tornar habitual o uso das mesmas. Portanto, tem-se a proposta de redução no consumo do concreto e reutilização do papel Kraft na construção civil, como uma forma de avanço sustentável.

Perante a isso, toma-se o caráter econômico, social e ambiental do estudo em questão. Fazendo com que, a ideia da aplicação da reutilização de resíduos sólidos, se torne ainda mais presente nos processos construtivos. Despertando, assim, o interesse pela reciclagem dos resíduos, tendo em vista uma finalidade para cada um deles.

Por fim, visa avaliar a viabilidade da utilização do papel kraft como agregado no concreto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

#### 2.1.1 Definição e Classificação

Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004, p. 1), resíduos sólidos são aqueles que:

“resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Ainda segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), pode-se classificar os resíduos por meio do processo ou atividade no qual deu sua origem e de suas constituintes, observando suas características e comparando com listagens de substâncias e resíduos cujo impacto ao meio ambiente e a saúde já são conhecidas.

Segundo Schalch *et al.* (2002), os resíduos normalmente são classificados como resíduos urbanos, industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos de portos; aeroportos; terminais rodoviários e ferroviários, resíduos agrícolas, entulhos e resíduos radioativos.

Resíduos Urbanos são aqueles gerados em residências, comércios, que normalmente são de escritórios, lojas, supermercados, restaurantes e outros estabelecimentos afins, resíduos de serviços que é oriundo da limpeza pública, limpeza de terrenos, galerias, córregos, feiras, capinação, podas e praias (SCHALCH *et al.*, 2002).

Há uma série de normas e leis aplicáveis aos resíduos no Brasil, porém, a principal lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é a Lei nº 12.305/2010, essa lei define que, todas as empresas geradoras de resíduos são responsáveis pela gestão e gerenciamento de seus resíduos até uma destinação final. Deverão também elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e a maneira que deve ser realizado a destinação correta desses resíduos sólidos (VGR, 2020).

## 2.1.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento de resíduos sólidos segundo Tchobanoglous *et al.* (1993) é definida como uma disciplina associada ao controle de geração, estocagem, coleta, transporte, transferência, processamento e disposição dos resíduos, seguindo os princípios da saúde pública, economia, engenharia, conservação, estética e de proteção ao meio ambiente. Dessa forma, gerenciar os resíduos exige o emprego das melhores técnicas e envolve uma complexa relação interdisciplinar, envolvendo os aspectos políticos e geográficos, planejamento regional e local (SCHALCH *et al.*, 2002).

Schalch *et al.* (2002) ainda ressalta que, a proposta para um modelo de gerenciamento dos resíduos envolve um sólido conhecimento das distintas formas de tratamento e destinação. Dessa maneira, as mais presentes são: reciclagem, compostagem, incineração e aterro sanitário:

- **Reciclagem:** segundo a Resolução do CONAMA nº 307, reciclagem “é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação”, dessa forma Beltrão (2014) cita que a reciclagem envolve a transformação dos materiais descartados em outro material utilizável no ciclo de produção. A reciclagem é vista como um elemento em um conjunto de atividades integradas no gerenciamento dos resíduos, não é vista como uma principal solução já que, nem todo material é economicamente viável para reciclar, um exemplo disso é o aço;

- **Compostagem:** é definida como sendo um processo de transformação de resíduos orgânicos provenientes dos resíduos sólidos domiciliares em adubo orgânico em seu processo final. É dividida em dois estágios, o primeiro com a denominação de digestão, correspondendo a fase da fermentação, na qual o material alcança seu estado de bioestabilização e o segundo estágio, sendo a mais demorada, denominada maturação, no qual a massa atinge a humificação, estado em que apresenta as melhores condições como solo e fertilizante;

- **Incineração:** é a prática de empilhar os resíduos e atear fogo, costume esse que vem de vários séculos, atualmente é mais comum em zonas rurais e periferias de grandes cidades onde a coleta de resíduos é deficiente;

- **Aterro sanitário:** segundo a NBR 8419 (ABNT, 1992, p. 1) aterro sanitário é definido como:

“Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.”

### 2.1.3 Reutilização de Resíduos Sólidos

Nos últimos anos tem-se notado um desenvolvimento acelerado das grandes cidades na área da construção civil, tanto comercial como residencial, com isso tem-se o aumento dos resíduos sólidos que restam nas obras e construções, que na sua grande maioria não tem um destino adequado.

A construção civil tem uma grande porcentagem de impacto industrial no meio ambiente, estima-se que 50% dos recursos naturais extraídos estão relacionados a construção. Mesmo sendo um grande setor de representatividade na economia do país é também um enorme inimigo ambiental por consumir grandes recursos naturais e produzir alta escala de poluição em suas fases construtivas (LINTZ, 2012).

Segundo Gouveia (2012), a reutilização dos resíduos nos processos produtivos como insumo gera grandes benefícios, tanto por meio da redução da poluição ambiental causadas pelos aterros como na diminuição de uso de matéria prima virgem que em ambos os casos há potencial diminuição da emissão de gases que estão relacionados ao aquecimento global.

## 2.2 RESOLUÇÃO 307 – CONAMA

De acordo com a resolução nº 307, de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), no uso das competências que lhe foram concebidas em lei, o CONAMA deve estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil para minimizar os impactos ambientais, considerando que os geradores dos resíduos sólidos da construção civil devem ser responsabilizados pela administração adequada dos rejeitos. E, para isso, o Art. 2º da resolução adota a seguinte definição para resíduo sólido: são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Os geradores, pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, terão como objetivo a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos e a disposição final adequada ambientalmente (nova redação dada pela Resolução 448/12).

A Resolução CONAMA 307/2002 classifica os resíduos da construção civil de acordo com as seguintes classes:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: telhas, blocos, tijolos, tubos, placas de revestimento, argamassa, concreto etc.;
- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;
- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.
- Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (nova redação dada pela Resolução Conama nº 348/2004).

Segundo o Art. 9º do CONAMA 307/2002, os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão conter as seguintes etapas:

- I - Caracterização: o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- II - Triagem: deverá ser realizada preferencialmente na origem, respeitando as classes estabelecidas no Art. 3º desta Resolução;
- III - Acondicionamento: o gerador deverá garantir o armazenamento dos resíduos de forma que assegure as condições de reciclagem ou reutilização, desde a geração até a etapa de transporte do resíduo;

- IV - Transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- V - Destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Além disso, fica estabelecido pelo Art. 10º do CONAMA 307/2002, as seguintes formas de como os resíduos devem ser destinados de acordo com a sua classe:

- I – Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- II – Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III – Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
- IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Desta forma, o CONAMA atua de forma importante no controle dos resíduos da construção civil. De acordo com Miranda *et al.* (2009), após a implementação do órgão em 2002, a reciclagem dos resíduos sólidos de construção e demolição aumentou de forma significativa. Os resultados de sua pesquisa, realizada cinco anos após a resolução, mostraram que a quantidade de usinas de reciclagem cresceu, mesmo utilizando na época um sistema simples de reaproveitamento.

## 2.3 PAPEL KRAFT

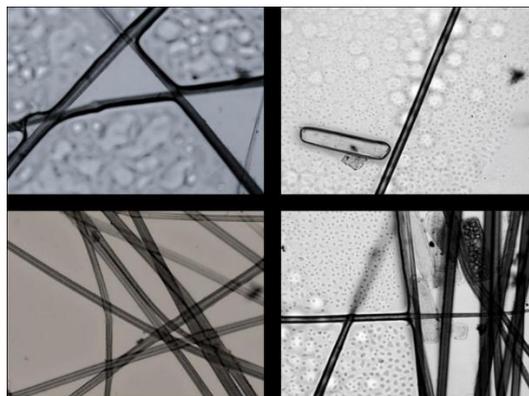
De acordo com Foelkel (2014), o material utilizado para a embalagem do cimento é conhecido como papel Kraft, mais especificamente o tipo Kraft III, segundo a NBR 15483 (ABNT, 2009). O papel é considerado como um aglomerado de fibras celulósicas que possuem tamanhos diferentes, entrelaçam entre si e que são prensadas, o que oferece uma superfície adequada para colar, imprimir e escrever. A qualidade é uma consequência da natureza das fibras, que varia conforme a origem da qual foi extraído as fibras do vegetal (ROBERT, 2007).

A confecção das embalagens de papel Kraft permite o seu preenchimento com o material ainda quente, garantindo também a qualidade do produto, podem ser estampadas informações a respeito da composição do produto, cuidados e manuseio, dicas de armazenagem entre outras informações (MARCONDES, 2007).

O papel Kraft é produzido através de uma mistura de fibras longas e curtas provenientes da celulose, que geralmente não passam pelo processo de branqueamento, que a deixa com coloração parda natural. Sua utilização se dá pelo fato de possuir, naturalmente, excelentes propriedades físicas e mecânicas, ou seja, é resistente, flexível e macio (FOELKEL, 2014).

Para a fabricação do papel Kraft, o Brasil possui fabricantes que utilizam principalmente as fibras do bambu, da espécie *Bambusa Vulgaris*. O bambu produz celulose de fibras longas que se entrelaçam como se observa na Figura 1, tornando-as excelentes nas características físicas, a sua utilização possui inúmeros benefícios, principalmente na produção de cartões de alta resistência final e com menor índice de rasgo. Por ter custos baixos, rapidez de crescimento e baixo consumo de energia no processo de produção das fibras, torna-se a mais utilizada no segmento para embalagem de cimento, cal, argamassa e gesso (MAGALHÃES, 2008).

**Figura 1 - Fotografia das fibras de *Bambusa Vulgaris***



Fonte: GUIMARÃES *et al*, 2010.

Por ser um material que após sua utilização é descartado em quase sua totalidade sem ser reciclado, Alves (2016) fala que, escolher um tipo adequado de reciclagem para a utilização do resíduo é muito importante, a obtenção de polpa de celulose através da trituração do papel Kraft não gera novos resíduos ou contaminação, já que é necessário um procedimento de limpeza dos sacos de cimento e decantação da água no processo.

### **2.3.1 Obtenção da Celulose**

A base para a fabricação do papel é a celulose, consiste em um polissacarídeo (semelhante ao açúcar) que compõe as paredes celulares das fibras das plantas, juntamente com a lignina, resinas e os minerais (compostos inorgânicos), a celulose corresponde a cerca de 50% dos compostos que constitui a madeira. Suas moléculas agrupam pela lignina, formando feixes de fibras que constitui as células vegetais que compõe as fibras presentes na madeira (CMPC, 2015).

O processo de obtenção de polpa de madeira, sendo genericamente conhecida como polpação, que corresponde o processo de obtenção de celulose, envolve a separação das fibras da madeira por meio da utilização de energia mecânica, térmica ou química ou também a combinação das três (ALVES, 2016). Para o papel Kraft utiliza-se o processo de polpação química, este processo é chamado de sulfato, também conhecido como processo Kraft. As polpas são obtidas por meio de processos que aliam métodos químicos e termomecânicos (SAVASTANO, 2000).

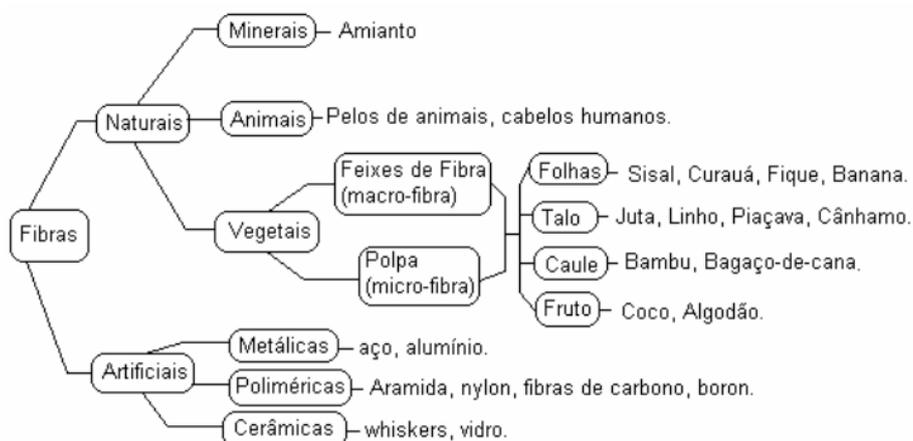
Ao serem recebidas nas fábricas de celulose, as toras de madeiras são descascadas, lavadas e picadas em forma de cavacos, em seguida são levadas por esteiras aos digestores, passando por um processo de cozimento com a solução alcalina, também chamada de licor branco (sulfeto e hidróxido de sódio) que tem uma função de decompor os componentes não-celulósicos que não interessam ao produto final, sendo principalmente a lignina. Esse processo de cozimento é designado como processo Kraft, que reduz os danos às fibras da celulose, preservando sua resistência e uniformidade. A pasta gerada desse processo é empregada na produção de papeis cuja resistência é o principal fator, como sacolas de supermercados, sacos de cimentos, entre outros (O PROCESSO, 2015).

### **2.3.2 Fibra Vegetal**

As fibras vegetais são de origem natural, essas fibras são de natureza celulósica e têm como exemplo: sisal, bambu, coco e bananeira, conforme representado na Figura 2. As fibras podem ser usadas para diversas finalidades, podem ser de origem natural que

são encontradas na natureza, de origem vegetal (exemplo das fibras de madeira e bambu), minerais e animais, também podendo ser de origem artificial (feitas pelo homem) como as fibras metálicas, poliméricas e cerâmicas (ALVES, 2016).

**Figura 2 - Classificação das fibras vegetais**



**Fonte:** PICANÇO, 2005.

As fibras são formadas por células individuais (microfibras) unidas umas às outras por meio da lamela, cada microfibrila é constituída por um número de camadas. Constitui de fibras que são compostas por um grupo de moléculas de celulose. Essas fibras se encontram em cada camada sob a forma de espiral apresentando ângulos variáveis de inclinação, tendo influência sobre o desempenho mecânico da fibra (PICANÇO, 2005).

Dentre as diversas pesquisas realizadas, ressalta a realizada por Neves (2003), em sua pesquisa, empregou a reciclagem de papel para produção de argamassa celulósica. Seu estudo concluiu que, modificações no preparo da argamassa celulósica, principalmente com uma redução da quantidade de água na mistura, ou então, remoção do emprego da água no processo de adensamento, pode suceder um material mais compacto e mais resistente a ações futura de micro-organismos e da água prolongando, assim, a vida útil do componente (BUSON, 2009).

De acordo com Andrade (2017), existem diversos estudos utilizando as fibras do papel Kraft na fabricação de produtos da construção civil com resultados satisfatórios. Como exemplo, tem-se o estudo sobre a influência da adição de fibras de celulose (papel Kraft) nas características dos blocos de concreto não estruturais (ALVES, 2016), produção de painéis com placas cimentícias para vedação usados como divisórias (SILVA, 2013), uso no solo-cimento como fibra para reforço das propriedades mecânicas (BUSON, 2009).

### 2.3.3 Reciclagem do Papel Kraft

Para a reciclagem do papel Kraft a fim de obter as fibras de celulose, necessita-se seguir as seguintes etapas representadas pela Figura 3.

Após a obtenção das embalagens, inicia-se a primeira etapa com a limpeza dos sacos, por serem normalmente descartados com restos de cimento no fundo e nas bordas, requer a limpeza até deixar a embalagem limpa. A segunda etapa após a limpeza será o processo de fragmentação do papel a fim de facilitar a etapa da transformação dos sacos de cimento em polpa de celulose, processo esse que é simples e fácil, requer basicamente a imersão dos sacos em água até a separação das fibras do papel, não sendo necessário adição de produtos químicos (BUSON, 2009). Para a dispersão das fibras e obtenção da

polpa celulósica é utilizado um liquidificador industrial, que tritura e dispersa as fibras gerando uma polpa de celulose com aspecto macroscópico.

Figura 3 - Etapas do processo de reciclagem das embalagens de cimento



Fonte: ALVES, 2016.

Ainda segundo Buson (2009), o processo de obtenção das fibras consome muita água, sendo necessário aproximadamente 3 litros de água para cada saco de cimento. Pensando na questão ambiental, para a reciclagem de grande quantidade de papel Kraft é recomendável a reutilização da água o maior número de vezes possível.

Após a transformação do papel Kraft em polpa de celulose é necessário fazer a retirada do excesso de água das fibras, para isso pode ser utilizado fornos, centrífuga de eixo vertical etc (ALVES, 2016).

## 2.4 CONCRETO

Santos (2008) traz que no início do século XX foi introduzido no Brasil o concreto, como produto patenteado e distribuído por empresas estrangeiras. Logo após as instalações das cimenteiras por volta de 1920, deu-se início a difusão da tecnologia desse material. Em 1940 o concreto já estava regulado pelas atribuições profissionais do sistema CONFEA-CREA e já estava inserido nas matrizes escolares de engenharia e arquitetura.

Helene (1986) definiu o concreto como sendo duro, condensado, material para construção feito com a mistura de cimento, areia, pedra britada e água. Outra definição é citada por Andrade (2016) que, em 2004, surge a definição de concreto como material de construção constituído por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e eventualmente adições e aditivos químicos. Esses aditivos são inseridos com finalidade de melhorar, modificar, salientar ou inibir determinadas reações, propriedades e características do concreto, no seu estado fresco ou endurecido.

Há duas propriedades do concreto que o destacam, são elas: a sua resistência a água, que diferente do aço e da madeira o concreto quando exposto a água não sofre deterioração. Provado isso com o uso do concreto em estruturas de transporte e armazenamento de água, e sua plasticidade que possibilita novas forma de uso do concreto, como exemplo tem-se as obras arquitetônicas de Niemeyer (PEDROSO, 2009).

Lima *et.al.* (2014) define as três classes básicas de classificação do concreto por meio de dosagens da mistura, também conhecidos como traços, são os concretos de densidade normal, leve e pesado. Os concretos também são classificados com relação à sua resistência em: concretos de baixa resistência que têm menos de 20 MPa, o normal gira em torno de 20 a 50 MPa e o de alta resistência que é 50 MPa.

Em termos de sustentabilidade, o concreto armado consome muito menos energia que o aço, o vidro e também emite menos gases e partículas poluentes de acordo com Battagin (2009).

## 2.4.1 Concreto com Resíduos

A busca para se dar uma destinação mais correta para os resíduos sólidos vem propiciando o surgimento de pesquisas e estudos quanto à possibilidade de reutilizar tais resíduos como um agregado no concreto.

Em uma pesquisa feita por Vieira (2004), que traz um comparativo entre concretos fabricados com agregados de jazidas naturais e com concretos reciclados de usinas, mostra que os agregados oriundos de reciclagem melhoraram as propriedades do concreto.

Botosso *et al.* (2019) traz dados dos seus estudos referentes a resultados das propriedades mecânicas e morfológicas do concreto com substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha. Nos resultados obtidos nota-se uma melhoria considerável de 44% nas propriedades de compressão e 28% de tração por compressão diametral na substituição parcial da areia pelo resíduo de cerâmica. Visto também a melhoria na viabilidade econômica e ambiental por se tratar de um resíduo que é descartado em outras obras.

Em seus estudos, Buttler (2003) obtêm resultados da mistura de concreto com agregados graúdos reciclados de concreto. Sendo eles o processo de cura úmida interna dos concretos reciclados fazendo com que melhorasse as propriedades da zona de transição através da hidratação de partículas remanescentes de cimento. Nas propriedades mecânicas do concreto endurecido como resistência a compressão, tração e módulo de elasticidade houve melhores resultados também.

## 3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 3.1 ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

#### 3.1.1 Seleção dos materiais

Serão empregues os seguintes materiais: agregado miúdo (areia média fina), agregado graúdo (brita 0), cimento Portland CP II Z 32, papel Kraft (saco de cimento) e água.

#### 3.1.2 Caracterização e quantificação dos materiais

Para a caracterização dos materiais, foram executadas as seguintes análises laboratoriais:

- Agregado miúdo: composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2009), massa específica - NBR 16916 (ABNT, 2021), massa unitária - NBR 16972 (ABNT, 2021).
- Agregado graúdo: composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2009), massa específica - NBR 16917 (ABNT, 2021), massa unitária - NBR 16972 (ABNT, 2021).
- Fibra de Papel Kraft: composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2009).

##### 3.1.2.1 Aglomerante mineral

O aglomerante mineral empregue no programa experimental, foi o CP II-Z-32 – Cimento Portland composto com pozolana. A norma brasileira que discorre sobre este tipo de cimento é a NBR 11578 (ABNT, 1997). Encontra-se várias perspectivas as quais pode-se aplicar o cimento Portland. Visto que, as propriedades contidas nele, conseguem

responder desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos. O CP II-Z-32 tem, em sua composição, de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático.

### 3.1.2.2 Resíduo da fibra de papel Kraft

**Tabela 1 – Caracterização das fibras de papel Kraft**

DETERMINAÇÕES	MÉTODO DE ENSAIO	RESULTADOS OBTIDOS			
		Peneiras Nº Abertura	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida acumulada
Composição Granulométrica	NBR NM 248 (ABNT,2003)	3/8" 9,5 mm	0	0	0
		4 4,75 mm	50	100	100
		8 2,36 mm	0	0	100
		16 1,18 mm	0	0	100
		30 0,6 mm	0	0	100
		50 0,3 mm	0	0	100
		100 0,15 mm	0	0	100
		Fundo (g)	0	0	100
		TOTAL	50	100	600
		Massa Inicial (g)	50		
MF	NBR NM 248 (ABNT,2003)	6			
DMC	NBR NM 248 (ABNT,2003)	9,5 mm			

Fonte: AUTORES, 2022.

O papel Kraft é composto de pasta celulósica de fibras longas desenvolvidas por uma série de processos químicos (BRACELPA, 2011). O resíduo de papel Kraft aproveitado, é oriundo de uma obra residencial que ocorre na cidade de Anápolis-GO. O processo de reaproveitamento do papel Kraft para extração das fibras e, conseqüentemente, seu manuseio, segue as respectivas etapas:

- **Limpeza dos invólucros:** foram utilizados 18 sacos de cimento e, assim como em diversas obras, ficam resíduos envoltos e no fundo das embalagens. Com isso, é necessário que seja feita a limpeza dos sacos de cimento, pensando que as embalagens podem ter sido expostas a variações de temperatura e, também, ter entrado em contato com a água, o que proporciona a hidratação do cimento. A higienização foi feita após o processo de retalhamento dos sacos, com pedaços retalhados numa dimensão próxima à 20cm x 20cm, os quais foram levados ao laboratório de materiais de construção civil da UniEVANGÉLICA - Anápolis. Após isso, foram colocados em um tambor com água para auxiliar na disseminação da fibra, onde passaram imersos por 72 horas.
- **Conversão dos sacos de cimento em polpa de celulose:** após o processo da imersão, foi retirado todo excedente de água. Com a utilização de um liquidificador de alta potência, o papel foi triturado para disseminação das fibras. Esse método favoreceu a integração da fibra ao concreto e, também, na obtenção de uma mistura consistente. Após o processo de disseminação, as fibras foram colocadas em uma forma e levadas ao forno em uma temperatura de 40°C para que fosse feito o processo

de secagem. Esse processo durou cerca de 48 horas, fazendo com que as fibras ficassem prontas para uso.

Após a remoção do forno, o papel foi definido granulometricamente passando-se nas peneiras, até ficar apenas na granulometria de 4,75 mm. Em seguida, foi determinado a dimensão máxima característica (DMC) e o módulo de finura, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, onde o material foi classificado como grosso, conforme apresentado na Tabela 1.

### 3.1.2.3 Areia

A areia utilizada na execução do concreto é de natureza Quartzosa. Após serem feitos os ensaios de composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima característica (DMC), massa específica e massa unitária de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a areia foi definida como média fina. Todos os ensaios foram feitos no laboratório de materiais de construção civil da UniEVANGÉLICA - Anápolis e os resultados estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Caracterização do agregado muído - areia**

DETERMINAÇÕES	MÉTODO DE ENSAIO	RESULTADOS OBTIDOS				
		Peneiras	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida acumulada	
		Nº	Abertura			
Composição Granulométrica	NBR NM 248 (ABNT,2003)	4	4,75 mm	0,616	0,22	0,2
		8	2,36 mm	24,55	8,78	9
		16	1,18 mm	61,119	21,87	31
		30	0,6 mm	85,645	30,64	62
		50	0,3 mm	69,377	24,82	86
		100	0,15 mm	29,355	10,5	99,7
		Fundo (g)		8,822	3,16	100
		TOTAL		279,48	99,99	
		Massa Inicial (g)		300		
		MF - Módulo de Finura	NBR NM 248 (ABNT,2003)	2,85		
DMC - Dimensão Máxima Característica	NBR NM 248 (ABNT,2003)	4,75 mm				
ME - Massa Específica	NBR 16916 (ABNT,2021)	2,2 g/cm <sup>3</sup>				
MU - Massa Unitária	NBR 16972 (ABNT,2021)	1,32 g/cm <sup>3</sup>				

Fonte: AUTORES, 2022.

### 3.1.2.4 Brita

A brita utilizada na execução do concreto é de natureza Quartzosa. Após serem feitos os ensaios de composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima característica (DMC), massa específica e massa unitária de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o material foi definido como brita 0 (zero). Todos os ensaios foram feitos no laboratório de materiais de construção civil da UniEVANGÉLICA - Anápolis e os resultados estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Caracterização do agregado graúdo – brita**

(continua)

DETERMINAÇÕES	MÉTODO DE ENSAIO	RESULTADOS OBTIDOS			
		Peneiras	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida acumulada
Nº	Abertura				
Composição Granulométrica	NBR NM 53 (ABNT,2009)	25 mm	0	0	0
		3/5" 19 mm	0	0	0
		1/2" 12,5 mm	5,6	0,28	0,3
		3/8" 9,5 mm	345,2	17,34	18

**Tabela 3 – Caracterização do agregado graúdo – brita (conclusão)**

Composição Granulométrica	NBR NM 53 (ABNT, 2009)	4 4,75 mm	1520,9	76,42	94
		8 2,36 mm	118,6	5,96	100
		16 1,18 mm	0	0	100
		30 0,6 mm	0	0	100
		50 0,3 mm	0	0	100
		100 0,15 mm	0	0	100
		Fundo (g)	0	0	100
		TOTAL	1990,3	100	
		Massa Inicial (g)	2000		
MF - Módulo de Finura	NBR NM 248 (ABNT,2003)	6,12			
DMC - Dimensão Máxima Característica	NBR NM 248 (ABNT,2003)	12,5 mm			
ME - Massa Específica	NBR 16917 (ABNT,2021)	2,77 g/cm <sup>3</sup>			
MU - Massa Unitária	NBR 16972 (ABNT,2021)	1,27 g/cm <sup>3</sup>			

Fonte: AUTORES 2022.

### 3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para a moldagem dos corpos de prova é necessário que se defina o traço, ou seja, a quantidade dos materiais que serão utilizados. Lembrando que, a ordenação no que se refere à quantidade de cada material utilizado influi muito para que os erros do traço não interfiram significativamente na resistência do concreto.

Os corpos de prova são peças fundamentais para a determinação da resistência à compressão axial do concreto e sua moldagem segue as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015).

### 3.2.1 Dosagem do concreto

A dosagem do traço referência foi calculado pelo método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), com resistência sendo estimada de  $F_{ck} = 25$  MPa aos 28 dias. O traço utilizado está representado na Tabela 4.

**Tabela 4 – Traço utilizado para fabricação do concreto referência**

Traço unitário em massa (Kg)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 0 (kg)	Água (kg)
1: 1,32: 1,26: 0,47	8,65	11,4	10,95	4,1

Fonte: AUTORES, 2022.

Para a produção dos corpos de prova foram utilizados quatro traços, sendo o primeiro sem adição das fibras de papel Kraft, utilizado como referência de comparação com os que tiveram adição das fibras. Os demais traços possuíam teor de 0,5%, 2% e 5%, sendo substituído em equivalência da massa unitária do agregado miúdo (areia) pelas fibras de papel Kraft, os valores referentes são apresentados na Tabela 5. Cada traço foi calculado para produzir a quantidade de 9 corpos de prova de 10x20cm, sendo 3 corpos de prova para romper com 7, 21 e 28 dias.

**Tabela 5 – Traços utilizados para moldagem dos corpos de prova**

Traços	Traço em massa			
	Para 8,65 kg de cimento			
	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	Papel Kraft (kg)
0%	11,4	10,95	4,1	0
0,50%	11,35	10,95	4,1	0,057
2%	11,2	10,95	4,1	0,23
5%	10,85	10,95	4,1	0,57

Fonte: AUTORES, 2022.

### 3.2.2 Moldagem dos corpos de prova

Após obtido os valores dos traços a serem usados de cada material, foram inseridos na betoneira (equipamento utilizado para o preparo do concreto) o cimento, areia, brita e água com seus respectivos traços para a produção dos corpos de prova, inicialmente sem adição das fibras do papel Kraft, a fim de obter o concreto de referência, no qual, será utilizado para comparação com os demais traços com adição das fibras. A moldagem dos demais corpos de prova com adição das fibras com teor de 0,5%, 2% e 5%, substituindo o agregado miúdo (areia), seguiu os mesmos critérios utilizados na produção do concreto de referência.

Durante a produção do concreto com teor de 5% de fibras de papel Kraft, observou-se que, houve uma rápida absorção de água pelas fibras na mistura, não permitindo que os materiais ficassem homogêneos, houve então um acréscimo de 1 kg de cimento e 2,25 kg de água até que a mistura se mostrasse homogênea.

A metodologia utilizada para o adensamento dos corpos de prova foi o adensamento por compactação, com hastes de aço, cilíndricas, de 16 mm de diâmetro, foram realizados corpos de provas de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, conforme as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015), para serem definidos sua resistência a compressão axial em diferentes idades, sendo elas com 7, 21 e 28 dias.

Finalizada a moldagem dos corpos de prova, os mesmos permaneceram armazenados em um local fechado durante um período de 24 h até sua desforma.

desforma dos corpos de prova pode-se observar que, o adensamento realizado nos corpos de prova com teor de 2% e 5%, mesmo seguindo todas as especificações da norma, deixou espaços vazios bastante visíveis, como pode-se observar pela Figura 4, uma causa seria a perda da trabalhabilidade do concreto conforme o aumento das proporções das fibras no processo, o que dificulta o preenchimento dos vazios. Posteriormente feito a desforma dos corpos de prova, os mesmos são levados até uma câmara úmida, onde permanecem armazenados sofrendo um processo de cura até os respectivos dias dos ensaios de rompimento. Os corpos de provas foram fabricados e moldados no laboratório de materiais de construção civil da UniEVANGÉLICA - Anápolis-GO, seguindo todas as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015) - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

**Figura 4 – Corpos de prova com teor de 2% e 5% respectivamente**



Fonte: AUTORES, 2022.

### 3.3 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

Os ensaios de caracterização do concreto foram realizados no estado fresco e estado endurecido, no laboratório de materiais de construção civil da UniEVANGÉLICA – Anápolis-GO. O ensaio realizado no estado fresco foi o ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, usualmente chamado de *Slump test*, no estado endurecido foi realizado o ensaio de resistência a compressão axial.

#### 3.3.1 *Slump test*

O ensaio de *Slump test* foi realizado seguindo as especificações da norma NBR 16889 (ABNT, 2020). Os materiais usados para realizar o ensaio, consistem em: molde, haste de adensamento, placa de base, régua ou trena metálica e uma concha de seção U. O procedimento consiste em emudecer o molde e a placa de base, em seguida colocar o molde sobre a placa de base. Durante o preenchimento do molde com o concreto o operador deve firmar com os pés as atelhas dos moldes para evitar com que o molde se movimente. O preenchimento do molde deve ser dividido em 3 (três) camadas com quantidade igual, em cada camada deve ser feito o adensamento com a haste, realizando 25 golpes em cada camada, distribuindo uniformemente os golpes sobre a seção da camada. Após o preenchimento das 3 camadas, o molde deve ser retirado verticalmente, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral, a retirada deve ser feita em 4 segundos a 6 segundos. Imediatamente após a retirada deve ser medido o abatimento, que é determinado pela diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto.

### 3.3.2 Resistência a compressão axial

O ensaio de determinação da resistência a compressão foi realizado conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018) – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Para a realização do ensaio foi utilizada uma prensa universal, com capacidade de carga de 1000 KN disponível no laboratório da universidade.

Os corpos de prova são colocados verticalmente sobre o prato inferior da prensa, fazendo com que, seu eixo coincida com o eixo da prensa, para que assim possa ser submetido aos esforços de compressão. Com os corpos de prova já posicionado, o carregamento deve ser aplicado continuamente, com velocidade de carregamento de  $0,45 \pm 0,15$  MPa/s, sendo mantida até que ocorra a queda da força, o que indica a ruptura do corpo de prova.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 CONCRETO NO ESTADO FRESCO

No concreto em estado fresco foi executado o ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (*Slump test*), seguindo as orientações da NBR 16889 (ABNT, 2020), os resultados obtidos estão representados no Tabela 6.

**Tabela 6 – Resultados do abatimento do tronco de cone**

TRAÇOS	ABATIMENTO (CM)
REFERÊNCIA	11,8
0,5 % DE FIBRA	7,4
2 % DE FIBRA	0
5 % DE FIBRA	0

Fonte: AUTORES, 2022.

**Figura 5 – Slump test traço 2%**



Fonte: AUTORES, 2022.

Pode-se observar que, com a adição das fibras a trabalhabilidade do concreto diminuiu, nota-se também que, quanto maior a proporção de fibras na mistura menos

trabalhável se torna. O traço com adição de 0,5% foi o único que apresentou bom resultado dentre os demais, como observado no abatimento com traço de 2% e 5% que não apresentaram variação, ilustrado pela Figura 5 e 6.

Figura 6 - Slump test traço 5%

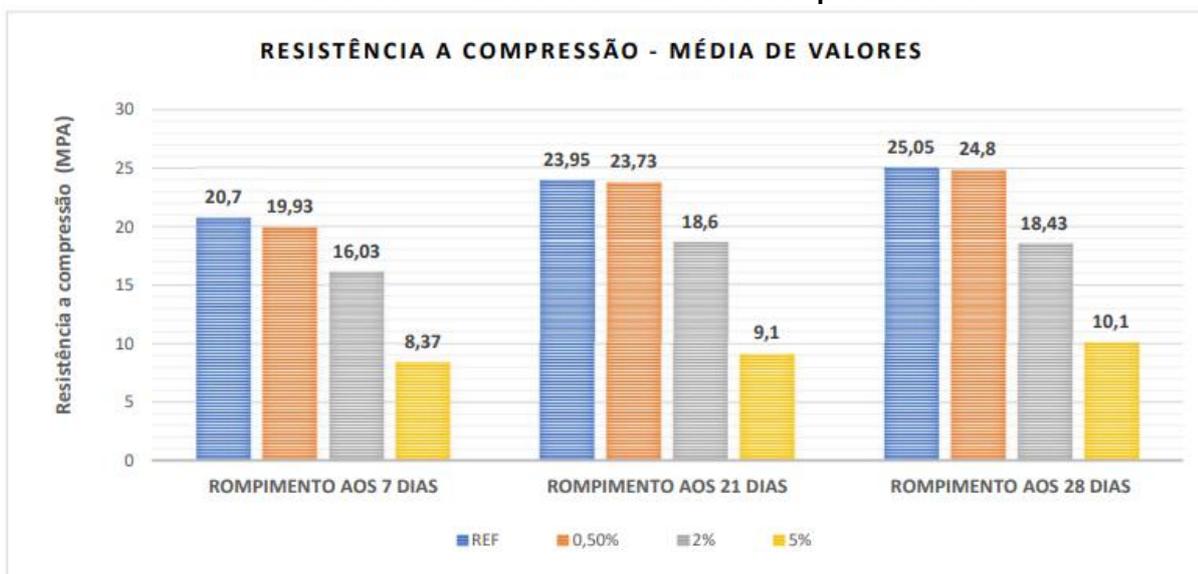


Fonte: AUTORES, 2022.

#### 4.2 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

As resistências dos concretos produzidos com diferentes teores das fibras chegaram aos seguintes resultados, conforme mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resistência mecânica à compressão axial

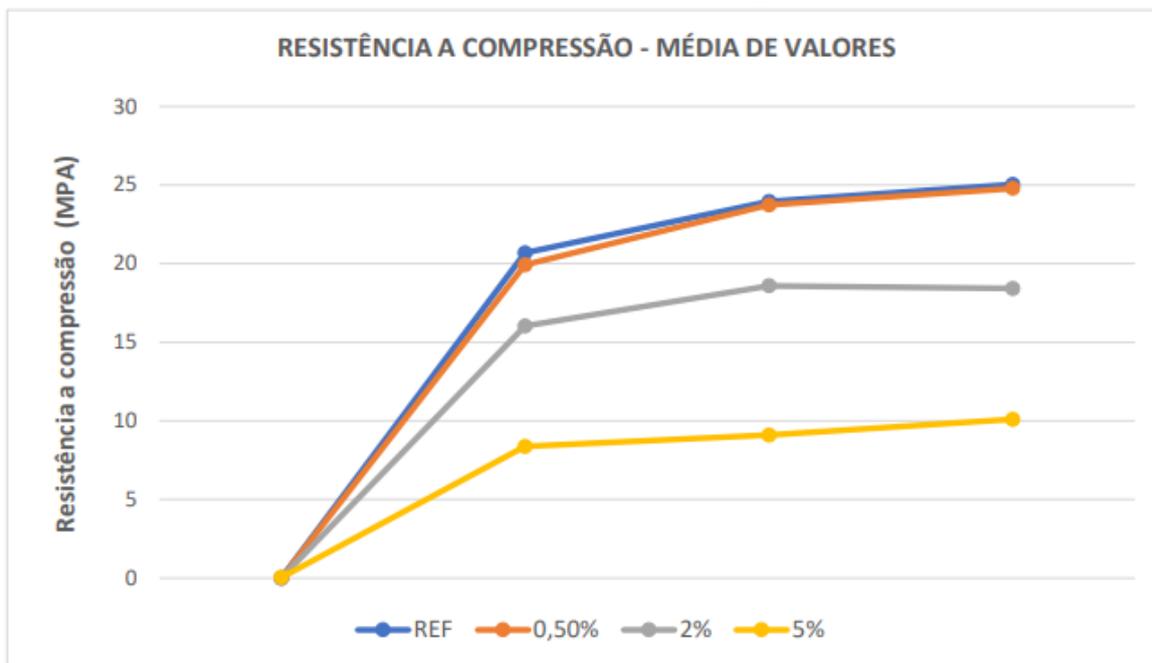


Fonte: AUTORES, 2022.

Pode-se observar que, apenas o traço com teor de 0,5% de fibras de papel Kraft atendeu o valor do  $f_{ck}$  mínimo de 25 MPa aos 28 dias, porem sendo menor que o valor do

traço de referência. O traço 2 % e 5% não atingiram o valor mínimo de resistência e sendo o teor de 5% apresentando menor desempenho entre os traços analisados. Observa-se ainda que, o traço de referência e com teor de 0,5%, tiveram um ganho de resistência bem próximos, sendo mais bem observado pelo Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Resistência mecânica à compressão axial**



Fonte: AUTORES, 2022.

**Figura 7 – Traço referência**



Fonte: AUTORES, 2022.

**Figura 8 – Traço com adição de 0,5%**



Fonte: AUTORES, 2022.

Observando a superfície dos CP's (corpos de prova), nota-se que, os CP's de referência que não apresentam adição das fibras do papel Kraft, houve o rompimento da pasta, ou seja, apresenta quebra do corpo de prova, conforme mostrado na Figura 7, já os CP's com a adição das fibras de papel Kraft, nota-se que não ocorre o rompimento da pasta,

apresentando apenas fissuração, segundo Ribeiro (2017) isso ocorre devido as fibras do papel Kraft aumentar a ductibilidade do concreto, mantendo assim suas partes unidas, conforme ilustrado na Figura 8.

## 5 CONCLUSÃO

Neste presente trabalho, foi avaliada a possibilidade de produção de concreto com adição de fibras de papel Kraft, provenientes da reciclagem de embalagem de cimento, objetivando dar uma destinação adequada para esse resíduo e analisando se essa adição proporcionaria um melhor desempenho ao concreto. Para realizar essa análise foram realizados ensaios de consistência do concreto e compressão axial.

Em relação ao ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (*Slump test*) é possível afirmar que, quanto maior o teor das fibras menor será a trabalhabilidade do concreto, um comportamento já esperado. Ao analisar os resultados, apenas o concreto com teor de 0,5% teve um resultado satisfatório dentro do desvio padrão.

Ao se realizar os ensaios de resistência a compressão axial, apenas o concreto com adição de 0,5% de fibras de papel Kraft apresentou resultado satisfatório, sendo seu desempenho bem próximo ao de referência, tendo sua resistência mínima de 25 Mpa aos 28 dias. Os traços com adição de 2% e 5% obtiveram menor resistência em ambas as idades de 7, 21 e 28 dias.

Ao analisar os CP's também observou-se a influência das fibras em relação as fissuras e pode-se concluir que, a adição das fibras aumenta a ductibilidade do concreto o que poderia viabilizar sua utilização como exemplo em piso industrial de concreto, o que reduziria o aparecimento de fissuras.

Com os ensaios realizados pode-se concluir que, a adição das fibras em seu menor teor de 0,5% pode ser utilizada na produção de concreto, sendo uma destinação adequada e sustentavelmente correta, promovendo uma reutilização do papel Kraft e, também, uma redução no consumo do agregado miúdo, já que há uma redução da utilização da areia com o acréscimo das fibras em valor equivalente de massa. Vale ressaltar que, o intuito da pesquisa em questão é reduzir o impacto ambiental com o descarte dos sacos de cimento e dar uma destinação a esse material, promovendo com outras medidas sustentáveis, uma obra com menos impacto ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Bruno Souza Oliveira. **CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO SOBRE O PROCESSO HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS, DURABILIDADE, PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SUAS ESTRUTURAS**. 2016. 72 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30820/2/VERS%C3%83O%20OFICIAL%20-%20BRUNO%20TCC-REVISADA-%2029.01.16.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021

ANDRADE, Danilo Teixeira Mascarenhas de. **USO DO PAPEL KRAFT COMO FIBRA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Piauí, Teresina, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 2004**: ABNT NBR 10 004. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 71 p. Disponível em:

<https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020. 5 p.

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

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel (2011). **Relatório Estatístico 2010/2011**.

BOTOSSO, Lucas Neves *et al.* **Propriedades mecânicas e morfológicas do concreto com substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha**. Colloquium Exactarum, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 79-88, mar. 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2562/2763>. Acesso em: 01 abr. 2022.

BUSON, Márcio Albuquerque. Kraftterra: **Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho térmico de componetes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical**. ~ 135p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2009.

BUTTLER, Alexandre Marques. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. 2003. 220 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Usp, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2022.

CMPC Celulose Riograndense. Celulose. Disponível em: <http://www.celuloseriograndense.com.br/produtos>. Acesso em: 12 Janeiro 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. **Diário Oficial da União**, 17/07/2002.

FOELKEL, Celso. **Reciclagem de Papéis Contendo Fibras Longas de Pinus**. **Pinusletter**, Porto Alegre, v. 1, n. 41, p.1-26, jan. 2014. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/>. Acesso em: 25 out. 2021.

Geartech Brasil, **PAPEL Kraft: Como é e para que serve**. 2020. Disponível em: <https://geartechbr.com.br/papel-kraft-como-e-feito-e-para-que-serve/>. Acesso em: 05 set. 2021.

GUIMARÃES JUNIOR, Mario *et al.* **CHARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA FIBRA DE BAMBU (*Bambusa vulgaris*) VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS**. Revista Iberoamericana de Polímeros, Araxá-Mg, p. 442-456, dez. 2010. Anual.

LIMA, Caio Ivson Vasconcelos *et al.* **CONCRETO E SUAS INOVAÇÕES**. 2014. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unit - Centro Universitário Tiradentes.

MAGALHÃES, Adriana Pellegrini (2008). **Caracterização da cadeia de produção do bambu no Brasil – Abordagem Preliminar**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MARCONDES, Carlos Gustavo. **Embalagem com conteúdo**. Jul. de 2007. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/embalagem-com-conteudo/>. Acesso em: 20 nov 2021.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach *et al.* **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/7183>. Acesso em: 12 nov. 2021.

**O PROCESSO de Produção de Celulose e do Papel**. Disponível em: <<http://ri.suzano.com.br/modulos/doc.asp?arquivo=00406020.WAN&doc=ian480.doc&language=ptb>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

PICANÇO, Marcelo de Souza. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá**. 2005. 25 f. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

RIBEIRO, Fernanda Barbosa. **ADIÇÃO DE PAPEL KRAFT NO CONCRETO: ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**. 2017. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2017.

ROBERT, Noely T. Forlin. **Produção de embalagem de papel**. Dossiê Técnico, Serviço Brasileiro de respostas técnicas, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, Roberto Eustaquio dos. **Á armação do concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 338 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ufmg, Minas Gerais, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/FAEC-84KQ4X/1/2000000140.pdf>. Acesso em: 31 mar 2022.

SAVASTANO JÚNIOR, Holmer. **Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. Tese (Doutorado em Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SCHALCH, Valdir *et al.* **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo, 2002.

SILVA, Myrtes Amaral Da. **Obtenção e caracterização de compósitos cimentícios reforçados com fibras de papel de embalagens de cimento.** Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, 2013.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (org.). **Relatório Anual.** São Paulo, 2019. 44 p. Disponível em:  
[http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio\\_anual/rel\\_anual\\_2019.pdf](http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf). Acesso em: 05 set. 2021.

VG RESÍDUOS (Brasil) (ed.). **Resíduos sólidos: o que são, legislação a respeito e como destinar e tratar corretamente.** 2020. VG Resíduos. Disponível em:  
<https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuos-solidos-o-que-sao-legislacao-a-respeito-e-como-destinar-e-tratar-corretamente/>. Acesso em: 16 nov. 2021.