



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Fernanda Barbosa Ribeiro

ADIÇÃO DE PAPEL *KRAFT* NO CONCRETO:
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Palmas – TO

2017

Fernanda Barbosa Ribeiro
ADIÇÃO DE PAPEL *KRAFT* NO CONCRETO:
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Profa. MSc. Maria Carolina de Paula
Estevam D'Oliveira

Palmas – TO

2017

Fernanda Barbosa Ribeiro
ADIÇÃO DE PAPEL *KRAFT* NO CONCRETO:
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I, do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Profa. MSc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Orientadora
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Dênis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Fernando Moreno Suarte Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP
Palmas – TO

2017

RESUMO

RIBEIRO, Fernanda Barbosa. **Adição de papel *kraft* no concreto: estudo das propriedades mecânicas**. 2017. X f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Cerca de 15% do PIB brasileiro é voltado ao setor de construção civil, classificando-o como um dos mais importantes no que se refere a produção do país. Nas últimas décadas, os resíduos de construção e demolição vêm sendo foco por parte de construtoras e pesquisadores (YUAN et al., 2012). O gerenciamento dos resíduos da construção civil tem por intuito assegurar a correta gestão dos resíduos durante as atividades cotidianas de execução das obras e dos serviços de engenharia (NAGALLI, 2014). Com isso, a utilização de resíduos sólidos provenientes da transformação antrópica gera desconforto ambiental a ponto de sugerir novos meios para reciclagem destes materiais indesejáveis. Com uma crescente evolução tecnológica nesta área, ainda se tem enfrentado problemas quanto à logística reversa voltada aos resíduos gerados e muitos materiais são utilizados em larga escala na construção civil. Em algumas regiões brasileiras não possui ainda no mercado, empresas que ofereçam opções de recolhimento e tratamento de alguns destes resíduos, acumulando e sendo descartados de forma inadequada no meio ambiente. O presente estudo tem como foco a inserção de fibras provenientes da embalagem do cimento (papel *kraft*) a fim de reciclar este material auxiliando na função cimentícia da mistura de concretos convencionais. Para tanto, propôs a adição nas proporções de 0,5%, 1,0% e por fim em 2% em volume, analisando e relatando os resultados, realizando testes de consistência, massa específica do concreto, teor de ar incorporado, compressão axial, tração por compressão diametral e teor de absorção de água.

Palavra-Chave: Papel *kraft*, concreto, resíduos sólidos.

ABSTRACT

RIBEIRO, Fernanda Barbosa. **Addition of kraft paper in concrete: study of mechanical properties**. 2017. X f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

About 15% of the Brazilian GDP is directed to the civil construction sector, classifying it as one of the most important in terms of the country's production. In the last decades, construction and demolition waste has been the focus of construction companies and researchers (YUAN et al., 2012). The management of construction waste is intended to ensure the correct management of waste during the daily activities of the works and engineering services (NAGALLI, 2014). Thus, the use of solid waste from anthropic transformation generates environmental discomfort to the point of suggesting new means for recycling these undesirable materials. With a growing technological evolution in this area, there are still problems related to reverse logistics for the waste generated and many materials are used in large scale in civil construction. In some Brazilian regions it does not yet have in the market, companies that offer options for collecting and treating some of these wastes, accumulating and being disposed of inappropriately in the environment. The present study focuses on the insertion of fibers from the packaging of the cement (kraft paper) in order to recycle this material, aiding in the cementing function of the mixture of conventional concretes. For this purpose, I proposed the addition in the proportions of 0.5%, 1.0% and finally 2% by volume, analyzing and reporting the results, performing tests of consistency, concrete specific mass, incorporated air content, axial compression , diametral compression traction and water absorption content.

Keyword: Kraft paper, concrete, solid waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Impactos ambientais da construção.....	13
Figura 2: Blocos com embalagem de cimento.....	18
Figura 3: Fibra do saco de cimento na argamassa.....	18
Figura 4: Manta asfáltica impermeabilizante.....	19
Figura 5: Mochila com saco de cimento.....	19
Figura 6: Concreto.....	22
Figura 7: Concreto magro.....	25
Figura 8: Concreto protendido.....	25
Figura 9: Barragem com concreto massa.....	26
Figura 10: Concreto à vácuo.....	26
Figura 11: Concreto refratário.....	27
Figura 12: Concretos de alta resistência.....	27
Figura 13: Concreto projetado.....	28
Figura 14: Concreto fibras de aço.....	28
Figura 15: Etapas a realizar.....	32
Figura 16: Triturador.....	35
Figura 17: Preparação para obtenção da fibra.....	35
Figura 18: Papel <i>kraft</i> triturado.....	35
Figura 19: Corpos de prova moldados.....	37
Figura 20: Análise granulométrica do miúdo.....	44
Figura 21: Análise granulométrica do gráúdo.....	44
Figura 22: <i>Slump test</i> traço referência.....	45
Figura 23: <i>Slump test</i> teor 0,5%.....	45
Figura 24: <i>Slump test</i> teor 1,0%.....	45
Figura 25: Gráfico resistência à compressão.....	47
Figura 26: Traço referência rompido.....	48
Figura 27: Traço com adição de 0,5% rompido.....	48
Figura 28: Traço com adição de 1,0% rompido.....	48
Figura 29: Traço com adição de 2,0% rompido.....	49
Figura 30: Corpo de prova rompido.....	50
Figura 31: Ensaio de tração por compressão diametral.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Traço utilizado para fabricação dos concretos.....	36
Tabela 2: Quantidade de corpos de prova por ensaio.....	37
Tabela 3: Traços à preparar.....	38
Tabela 4: Abatimento do tronco de cone.....	45
Tabela 5: Massa específica do concreto.....	45
Tabela 6: Teor de ar incorporado.....	46
Tabela 7: Resistência em compressão.....	47
Tabela 8: Resistência à tração por compressão diametral.....	49
Tabela 9: Absorção de água.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEULP/ULBRA do Brasil	Centro Universitario Luterno de Palmas/ Universidade Luterana
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

LISTA DE SÍMBOLOS

g/cm^3	Gramas por centímetro cúbico
cm^3	centímetro cúbico
g	Gramas
m	Metro
mm	Milímetro
μm	Micrómetro
m^3	metros cúbicos
%	Porcentagem
ppm	Partes por milhão
MPa	Mega Pascal
Kg	Quilograma

SUMÁRIO

SUMÁRIO	8
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.1.1 Resíduos Sólidos	14
2.2 DESTINAÇÃO E APROVEITAMENTO DAS EMBALAGENS DE CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E EM OUTRAS ÁREAS	17
2.3 CONCRETO	20
2.3.1 Histórico	20
2.3.2 Tipos de Concreto	22
3. METODOLOGIA	31
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	33
3.2.1 Etapa I - Materiais Participantes	33
3.2.2 Etapa II: Obtenção e Definição do Teor da Fibra do Papel <i>Kraft</i>	33
3.2.3 Etapa III: Moldagens e ensaios	37
3.2.4 Ensaios de Caracterização do Concreto	38
3.2.5 Critérios de Inclusão e Exclusão	41
3.2.6 Variáveis	42
4. ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 AGREGADOS	43
4.1.1 Massa Unitária	43
4.1.2 Massa Específica	43
4.1.3 Granulometria	43
4.2 CONCRETO NO ESTADO FRESCO	44
4.2.1 Slump Test	45

4.2.2 Massa específica.....	45
4.2.3 Teor de ar incorporado	46
4.3 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	46
4.3.1 Compressão axial.....	46
4.3.2 Tração por compressão diametral	49
4.3.3 Absorção de água por imersão	50
5. CONCLUSÃO.....	51
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES	61

1 INTRODUÇÃO

Somente em 2014 o Brasil chegou a produzir cerca de 78,6 milhões toneladas de resíduos sólidos. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014) há aumentos anuais de produção com variação de quase 3% a mais de um ano para ano, número que representa mais que o crescimento populacional.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos considera como resíduos produzidos na área da Construção Civil “reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” (ABRELPE, 2014). Há um diagnóstico, formulado, inclusive, pela instituição aqui citada, que aponta o aumento de quantitativo de resíduos sólidos de 2013 para 2014 em cerca de 4,1% nos Municípios Brasileiros e isso é muito preocupante quando se pensa em sustentabilidade. A pesquisa demonstra que somente na Região Norte, onde se insere o Estado do Tocantins, a produção diária desses resíduos passou de 4.260 toneladas para 4.539, ou seja, mais de 200 quilos a mais de lixo produzido diariamente.

Surge então a preocupação com o amanhã e com um manuseio eficiente desses resíduos. Impera no mundo a ideia de se preservar para poder desfrutar no amanhã um meio ambiente sadio. O termo sustentabilidade, que aqui nesta proposta de estudo é tratado na revisão de literatura é disseminado, discutido em grandes reuniões internacionais. Chega-se, enfim, à conclusão de que algo precisa ser feito e um dos caminhos apontados denomina-se reciclagem.

A embalagem de cimento é um dos milhares de resíduos sólidos produzidos na construção civil. É feita com folhas duplas de papel *kraft*. Quando o cimento é retirado dela não sai completamente. Micropartículas do produto se aderem ao papel e quando o mesmo tem contato com a água fica muito difícil seu reuso. Por isso a ideia de reduzir a embalagem a fibras de papel e aproveitá-las na própria construção civil, adicionando-as ao concreto. Nasce daí o tema deste estudo e a proposta de realização de experiência laboratorial com adição de papel *kraft* no traço do concreto convencional para verificação posterior das propriedades físico-mecânicas do composto, cujo maior objetivo, nada mais é do que contribuir com o grande desafio da sustentabilidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Muito se fala, na atualidade, acerca da questão da sustentabilidade. A esse respeito

vale constar que na construção civil um dos grandes desafios para honrar esta premissa está no reaproveitamento de dejetos, como o saco de papel *kraft* que envolve o cimento e que, na natureza, por ter acomodado em seu interior este conteúdo acaba não se decompondo como seria se a funcionalidade fosse outra. Ante o exposto surge a ideia de aproveitamento dessas embalagens na própria composição do concreto e, ao mesmo tempo, surge a seguinte indagação como diretriz para o estudo em proposição: “O uso da fibra do papel *kraft* que embala o cimento pode melhorar as propriedades físico-mecânicas do concreto convencional?”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar qual será o comportamento das propriedades mecânicas do concreto convencional no seu estado fresco e endurecido, com adição da fibra de papel *kraft*, visando dar uma destinação ambientalmente adequada para esse resíduo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Coleta, tratamento e obtenção em laboratório das fibras de papel *kraft* oriunda das embalagens de cimento coletadas em obra;
- Avaliar por meio de um comparativo entre o concreto convencional, com e sem fibras, proveniente de papel *kraft* nas propriedades no estado fresco e endurecido;
- Realizar dosagem do traço;

1.3 JUSTIFICATIVA

A preocupação em contribuir com a sustentabilidade na construção civil é uma das vertentes que justificam a realização do estudo em proposição. Especificamente no que diz respeito ao reaproveitamento do papel *kraft* utilizado nas embalagens de cimento.

Com a intensificação das atividades na área da construção civil houve o aumento na produção de resíduos sólidos, resultantes das demolições de obras antigas, reformas, etc., reforçando a preocupação social quanto à gestão ambiental sustentável dos mesmos. Isso pode ser constatado em um dos princípios enumerado por Corrêa (2009), formulado por duas instituições renomadas - a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e o

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), a seguir transcrito: “reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos”.

Conforme o artigo 13 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os aterros sanitários implementados e gerenciados pelas prefeituras não podem receber rejeitos derivados de obras da construção civil. Cabe às construtoras dar uma destinação a eles, porém não é que acontece, pelo contrário, nota-se que, cada vez mais, esses dejetos são deixados em beiras de estradas e lotes vagos, causando poluição ao meio ambiente.

Como se pretende demonstrar na parte teórica deste projeto de pesquisa, a preocupação com a sustentabilidade tem intensificado as pesquisas buscando novas metodologias de reaproveitamento de alguns restos antes não aproveitáveis, aditivando-os ao concreto convencional, juntamente com os agregados necessários como brita, seixo, etc. Busca-se sempre, além do aproveitamento do resíduo, uma melhoria na qualidade, eficiência e eficácia do concreto.

Cientificamente, crê-se que seja importante a realização de pesquisas e testes de metodologias que visem contribuir para uma melhor dinâmica dos fatores ambientais, econômicos e de eficiência no campo da Construção Civil.

Já pelo aspecto acadêmico, a opção pela temática se estabelece em função das mais valias que a aplicação prática de metodologias pode ocasionar para o fortalecimento dos conhecimentos empíricos individuais e, até mesmo, coletivos, já que há a pretensão, após a realização do estudo, de compartilhá-lo, tanto no universo acadêmico, como no científico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tomando per referência um artigo publicado por Bacha, Santos e Schaun (2010) compreende-se que o termo sustentabilidade está relacionado com a maneira que o homem utiliza os recursos dispostos na natureza, aonde o homem deveria respeitar os limites da mesma, não pensando somente em seu ganho financeiro, mas também em conservar a natureza em bom estado, para que gerações futuras possam vir a ter uma boa qualidade de vida. Em resumo o conceito do termo implica na obtenção de um desenvolvimento sustentável, buscando sempre uma maneira de minimizar e resolver os impactos ambientais causados pela construção civil.

Com o advento da sociedade fordista,¹ caracterizada como o processo de produção e de consumo em massa no mundo, surge uma notória preocupação com as questões ambientais. Porém, fatores decorrentes deste processo, como industrialização, concentração espacial, modernização agrícola, crescimento populacional e urbanização, compuseram os principais pontos de pressão e de conscientização humana sobre a problemática ambiental global. A humanidade encontra-se em um período de grandes desafios. O aumento de bem-estar, proporcionado pelo vigoroso crescimento econômico mundial ocorrido no século XX, é ameaçado por alterações ambientais ocorridas, em grande parte, pelas externalidades das próprias ações humanas (BRASIL, 2010).

Na construção civil, com o aumento da demanda mercadológica, paralelamente ocorreu também à ampliação, em grande escala, dos impactos ambientais, oriundos, inicialmente, da falta de preocupação do homem em obter uma construção que se encaixasse em parâmetros sustentáveis, que zelam em ter uma boa eficiência e minimizar ao máximo os impactos gerados, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Impactos ambientais da construção civil



Fonte: MACIEL (2016).

2.1.1 Resíduos Sólidos

O grande desafio quando falamos em obras de origens sustentáveis, vem do problema de dá uma destinação correta aos resíduos sólidos, gerados em reformas de obras, demolições, escavações, etc. Constatações como estas são facilmente comprovadas em leituras de textos científicos elaborados por inúmeros autores, entre eles o Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (SEMAD/MG, 2016) e Pereira (2009).

A geração de RCC é de, aproximadamente, 300 kg/m² para obras de novas edificações, enquanto países mais desenvolvidos são gerados 100 kg/m². Em cidades com 500 mil ou mais habitantes os RCC constituem, aproximadamente, 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos coletados segundo Monteiro (2001). De acordo com Capello (2006), no âmbito nacional, são gerados aproximadamente 65 milhões de toneladas de resíduos anualmente e desse montante apenas 5% são reciclados ou reutilizados (MATTOS, 2013).

Os resíduos da construção civil são classificados pela Resolução do Conama nº 307, em seu artigo 3º, da seguinte forma:

- a) Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- b) Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso
- c) Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- d) 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.

Ante o acima exposto, percebe-se que o papel *kraft* se enquadra na classe B desta Resolução. Este mesmo documento legal prevê em seu artigo 4º a redução, reutilização, reciclagem e tratamento desses resíduos por parte dos geradores, destinando aos mesmos fins ambientalmente adequados.

Cabe então às construtoras dar um fim aos resíduos das obras, mas não são todas que fazem esse descarte de forma correta. Às vezes, por não existir uma fiscalização constante vão depositando em qualquer lugar esses entulhos, que acabam gerando problemas sociais, como riscos à saúde. Devido à falha na gestão desses resíduos vêm se intensificando as pesquisas para que se possa reciclar, reutilizar e melhorar os mesmos, para que se reduza ao máximo o volume disposto no meio ambiente.

Para que uma obra seja considerada um empreendimento sustentável deve seguir se encaixar em 4 pontos elencados pelos membros do Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (SEMAD/MG, 2008), ou seja, ser, respectivamente, ecologicamente correto; economicamente viável, socialmente justo; e culturalmente aceito.

O resíduo da construção que vem mais se destacando nas pesquisas para a reciclagem é o resíduo de concreto. A seguir relatar-se-á algumas experiências que utilizam agregados proveniente de resíduo de concreto da construção civil. Segundo Santos (2005) entre os resíduos gerados, os de concreto são aqueles que apresentam maior potencial de reciclagem, pelo conhecimento de suas propriedades básicas e pela menor heterogeneidade e contaminação com outros materiais. A utilização de agregados reciclados de concreto na produção de novos concretos contribuirá para preservar os recursos naturais e para diminuir o volume de resíduos depositados em aterros.

BUTLLER (2003) diz que os resíduos de concreto apresentam grande potencial para reciclagem. O autor desenvolveu estudos para caracterizar algumas de suas propriedades, avaliando a influência do período de tempo decorrido entre a moldagem e a reciclagem do concreto nas propriedades dos agregados e dos concretos. Os resultados indicaram que os resíduos reciclados após a sua geração contribuem, de forma positiva, para as propriedades do concreto. Por possuírem grande quantidade de partículas de cimento não hidratadas, obtiveram resultados de resistência à compressão e à tração superiores aos conseguidos com agregados naturais.

LEITE (2001) estudou a influência de agregados reciclados para produção de concretos, avaliando propriedades do estado fresco (massa específica e trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão; resistência à tração e por compressão diametral, e no módulo de deformação). Os resultados mostraram que existe viabilidade para a utilização

do agregado miúdo e graúdo reciclado na produção de concreto.

A durabilidade de concretos produzidos com resíduos de alvenaria foi estudada por LEVY (2001). As técnicas empregadas no estudo da durabilidade foram as mesmas utilizadas para concretos com agregados convencionais. O estudo aponta que a substituição progressiva de agregados reciclados altera o comportamento do concreto, sendo a substituição de 50% dos agregados miúdos naturais pelo reciclado de alvenaria considerada ideal para algumas das propriedades analisadas. O trabalho permite comparar durabilidade de concretos produzidos com os agregados reciclados de concreto e de alvenaria e a dos agregados convencionais.

SANTOS (2005) estudou as características de resistência e deformabilidade do concreto produzido com agregados grossos reciclados de concreto. O autor diz que em preparados termos das propriedades estudadas, o emprego de agregados grosso reciclados é viável para a produção de concretos estruturais, embora, com relação ao módulo de elasticidade, dependendo da estrutura, seja melhor a utilização de teores de agregados reciclados inferiores a 50%.

OLIVEIRA (2002) realizou estudo comparativo entre o resíduo de concreto convencional e o produzido com agregado reciclado, de consistências e resistências mecânicas semelhantes, analisando a influência da ação das chuvas ácidas, comuns nas regiões urbanas e industrializadas. Por meio de ensaios químicos, microscopia eletrônica de varredura e difração de raios-x, efetuou-se uma previsão da durabilidade do concreto produzido a partir do agregado reciclado. Concluiu-se que os compostos lixiviados desse concreto provocam a sua deterioração e contribuem para a mineralização dos aquíferos. Nesses casos, segundo o autor, há necessidade de classificar o rejeito de concreto como resíduo “não inerte”, diferente do previsto na NBR 10004, e de incentivar sua reciclagem para minimizar os impactos ambientais.

Embora seja objeto de pesquisas em várias universidades, salienta-se que o aproveitamento dos RCDs em novos materiais é algo muito recente e, por isso, deve ser feito de forma cuidadosa, sendo natural que haja algum preconceito no início. Os resíduos de construção devem, portanto, ser valorizados, é necessário que se façam pesquisas, para que seu aproveitamento seja eficaz, seguro e tenha credibilidade.

2.2 DESTINAÇÃO E APROVEITAMENTO DAS EMBALAGENS DE CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E EM OUTRAS ÁREAS

Como forma de se obter uma destinação aos resíduos sólidos gerados na construção civil, vem sendo realizados experimentos para verificar o comportamento destes aditivando-os ao concreto e se possibilitariam algum benefício ao se comparar com o sem adição do mesmo.

A construção civil é considerada uma das grandes geradoras de impactos ambientais, tanto pelo alto consumo de recursos naturais como pela geração de resíduos, os quais são lançados no meio ambiente de forma inadequada e muitas vezes estes possuem alto potencial de reciclagem, podendo assim retornar para o ciclo (ALVES, 2016,).

As embalagens dos sacos de cimento são feitas de papel *kraft* e o quantitativo de sacos descartados por dia têm grande representatividade no que diz a respeito à porcentagem de resíduos produzidos diariamente nas obras, “considerando que no ano de 2013 um percentual de 66% desse cimento foi despachado na forma ensacada, contribuindo assim para o grande volume de embalagens geradas” (ALVES, 2016).

Devido ao contato direto do cimento Portland com a embalagem acaba se tornando inviável a reciclagem desse papel como se faz com outros tipos de invólucros. Sendo descartados em “lixões”, aterros sanitários ou nos chamados “bota-foras” de materiais de construção (SCHMAL e AVILA, 2008).

Segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2014), de janeiro a outubro de 2014 o consumo de cimento no país alcançou 60,5 milhões de toneladas, o que significa que foram produzidas 127 mil toneladas de resíduos provenientes das embalagens, uma vez que aproximadamente 70% do produto é comercializado na forma ensacada, e cada saco de cimento pesa cerca de 150g. No ano de 2013 no Brasil houve um consumo de cimento de 71 milhões de toneladas, sendo 66% desse cimento despachado na forma ensacada (ALVES, 2016,).

Há inúmeras tentativas de reaproveitamento das embalagens de cimento dentro e fora da construção civil. Dentro, estão sendo adicionados ao concreto convencional, a fim de obter uma maior eficiência, devido às fibras que estão presentes na composição do papel *kraft*, no intuito de se melhorar as propriedades mecânicas, físicas ou químicas do material como um todo. A seguir relatar-se-á algumas experiências que utilizam o papel *kraft* da citada embalagem, exceto as que tratam da sua adição na confecção do concreto, que serão, oportunamente, elencadas em outro momento desta proposta de estudo:

- ✓ **Kraftterra:** mistura solo, cimento e papel *kraft* de embalagens de cimento, resultando blocos solo-cimento (Figura 2), a serem utilizados como bloco de vedação vertical – pesquisa realizada por Buson (2009) que como resultado observou no produto final maior capacidade de absorção de água, resistência à compressão e resistência ao fogo;

Figura 2: Blocos com embalagem de cimento



Fonte: JHOW (2017).

- ✓ **Argamassas com fibras de celulose provenientes de embalagens de cimento e de cal:** Carvalho et al. (2012) produziram argamassa de assentamento de alvenaria de vedação. Nela adicionaram, no primeiro traço, embalagens de cimento e cal nos teores de 5% e 10% em relação à massa de cimento e cal (aglomerantes) e no segundo traço 10% de fibra, também em relação à massa de aglomerantes, porém em substituição à mesma quantidade de areia. Nos resultados finais este segundo traço apresentou melhor desempenho. A Figura 3 demonstra condensa um resumo deste processo.

✓

Figura 3: Fibra do saco de cimento



Fonte: FLEMING et al [s.d]

Os mesmos autores acima citados também realizaram outros trabalhos publicados em anais de instituições reconhecidas, sempre pautando o reaproveitamento do papel *kraft* das

embalagens de cimento em argamassas. Entre estes cita-se o “Estudo da durabilidade de argamassas com fibras *kraft*”, publicado nos anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Argamassas, em 2013 e “Caracterização do papel *kraft* de embalagens visando o emprego como fibras em compósitos cimentícios”, publicado nos anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, em 2014.

- ✓ **Reaproveitamento de papel de embalagens de cimento na produção de manta asfáltica impermeabilizante:** Raad et al (2012) realizara, o estudo do uso das fibras do papel *kraft* na produção de manta asfáltica e chegaram a um produto com ótimo comportamento mecânico, capaz de servir como alternativa nos processos de impermeabilização na construção civil, favorecendo, assim, o meio ambiente. A Figura 4 demonstra esse processo de impermeabilização com lama asfáltica.

Figura 4: Manta asfáltica



Fonte: HANGAR ENGENHARIA E PERÍCIAS (2006).

- ✓ **Mochila restaurando sacos de cimento:** Stefanovicz (2014), estudante do curso de Design de Moda do Centro Universitário Uniandrade, em Gramado/RS, apresenta uma sofisticada mochila, ilustrada na Figura 5, que criou com embalagens de cimento.

Figura 5: Mochila com saco de cimento



Fonte: STEFANOVICZ (2014).

2.3 CONCRETO

2.3.1 Histórico

Para Pedroso (2009), concreto é a principal matéria-prima da construção civil, pois está presente na construção de casas de alvenaria, usinas hidrelétricas, obras de saneamento, estradas, pontes, indústrias, etc. O concreto que conhecemos hoje surgiu da necessidade do homem de melhorar suas moradias e facilitar a construção das mesmas, procurando assim um material que garantisse conforto, trabalhabilidade, durabilidade e um menor custo.

Desde as primeiras experiências com a alvenaria de pedras, essas civilizações buscaram um material que unisse de forma coesa essas pedras. Inicialmente usaram a argamassa de barro (os assírios e babilônios usaram a argila como material ligante) e posteriormente, uma argamassa mais resistente e durável, a argamassa de cal. É nesse contexto que se inicia a história da cal, do cimento e do concreto: como aglomerantes para argamassas de alvenarias (CARVALHO, 2008)

Explica Carvalho (2008) que o principal componente do concreto é o cimento – isso induziu a história do concreto conforme à deste. Elemento. O cimento é composto de um material pulverulento (coberto de pó), constituído de silicatos e aluminatos complexos. Alguns autores apontam que teve surgimento ainda na época do Egito, na construção das pirâmides. E que, na ocasião tinha a forma de gesso calcinado. Outros autores apontam Roma como berço do produto:

A palavra Cimento vem do latim “Caementum”, termo que identifica um material com propriedades hidráulicas, isto é, um “ligante” que misturado com água endurece, tanto no ar como na água. Os Romanos foram o primeiro povo a utilizar misturas de cal, areia, pedra partida e outros materiais, para a construção de edifícios e pavimentos. A cal só com areia e água era apenas usada para unir estruturas de pedra. Através da experimentação de novos materiais, os Romanos descobriram que determinadas rochas vulcânicas, adicionadas à cal, ofereciam maior resistência à ação da água doce ou salgada. Destas, destacou-se um material de cor escura, abundante nos arredores de Pozzuoli – Nápoles, junto ao vulcão Solfatara, que ficou conhecido por “pozolana”. Da mistura da cal, cascalho e destas rochas vulcânicas (em forma de areia) foram construídos monumentos como o Panteão Romano, o Coliseu e a Basílica de Constantino (VARELA E VIEIRA, [s.d]).

De acordo com Kaefer (1998), com construção do farol Eddystone em 1756, o inglês John Smeaton realizou estudos com intuito de achar um material que tivesse característica aglomerante. Só em 1791 James Parker descobriu e, em 1796, patenteou um produto ao qual nomeou de cimento romano. Este produto veio ganhar destaque em 1918 com as pesquisas e publicações realizadas pelo engenheiro francês Louis Vicat.

Em 1756, John Smeaton, na Grã-Bretanha, anunciou que a existência de argila no calcário era o mais certo índice da qualidade do produto obtido pela sua calcinação para obras hidráulicas. A propriedade hidráulica da mistura obtida no tempo dos romanos foi explicada por Louis Vicat que, em 1817, elabora a teoria da hidraulicidade, indicando de forma detalhada as proporções de calcário e de sílica necessárias para obter artificialmente a mistura que, após uma cozedura à temperatura conveniente e após a sua trituração, será um verdadeiro aglutinante hidráulico. A indústria do cimento tinha acabado de nascer (VARELA E VIEIRA, [s.d]).

Ainda conforme Kaefer (1998), os estudos não pararam em busca de um material mais eficiente e foi com o construtor inglês Joseph Aspdin que através de sua experiência obteve um material pulverulento que ao misturar com água virava uma argamassa que endurecia e tinha a dureza semelhante das pedras usadas nas construções da época, então em 1824 patenteou o cimento Portland. Os estudos tecnológicos do cimento continuaram passando assim por várias modificações até que em 1845 Isaac Charles Johnson, encarregado por Aspdin a produzir o cimento Portland após várias considerações, resolveu elevar a temperatura e ao triturar obteve um fino de ótima qualidade que é o que usamos hoje.

[...] em 1824, Joseph Aspdin patenteou o processo de fabricar um ligante hidráulico de uma mistura de calcário e argila, que diferia do de Vicat pela temperatura de calcinação mais elevada (na ordem dos 1.400 – 1.500 graus), permitindo obter elevadas resistências mecânicas. O produto resultante da calcinação e moagem desta mistura tinha cor e características semelhantes às das pedras da ilha de Portland e daí surge o nome de Cimento Portland (VARELA E VIEIRA, [s.d]).

Em conformidade com Pedroso (2009), com a necessidade de um material que fosse capaz de aguentar as cargas presentes em uma obra, independentemente de sua finalidade, houve o aparecimento do concreto que conhecemos hoje. Para a composição do concreto que tenha a resistência esperada precisamos de alguns elementos básicos.

A primeira referência sobre concreto no Brasil é de 1904. Antonio de Paula Freitas, professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro publica um trabalho no qual cita a execução de seis prédios projetados e um reservatório de água em Petrópolis, no Rio de Janeiro (MARCOLIN, 2006 apud CARVALHO, 2008).

É preciso, ainda segundo Pedroso (2009), ter um material que tenha comportamento aglomerante, que venha a ser o resultado da reação da mistura de cimento com água. Agregados (pedra britada, seixo rolado, areia, resíduos de demolição de construções) compõem a maior parcela do concreto. Podem ser grandes e pequenos. O tamanho de sua granulometria define se é um agregado graúdo ou miúdo. Aditivos e adições são substâncias químicas e minerais que permitem atender às necessidades construtivas. Têm como finalidade

resolver algum problema que possa surgir, como aumentar ou retardar o tempo de início de pega, aumentar a trabalhabilidade do concreto. Ao se misturar de forma racional esses elementos tem-se o concreto convencional, esclarece Pedroso (2009).

2.3.2 Tipos de Concreto

Buscou-se, neste excerto do referencial teórico a ênfase aos principais tipos de concreto (Figura 6), pois no mercado da construção civil há vários tipos e com o avanço do estudo tecnológico cada vez mais vai surgindo novos, sempre buscando maior eficiência (SOTO, 2014).

Figura 6: Concreto



Fonte: RODRIGUEZ (2016).

Ensina Watanabe (2008) que o concreto mais simples é o chamado de convencional. É composto apenas pelos elementos básicos do concreto, ou seja, água, cimento, agregados e, dependendo da necessidade, aditivos. Pode ser utilizado em praticamente todos tipos de obras, desde que se tenha o devido cuidado em relação ao seu adensamento¹, pois, apesar de ser simples o controle tecnológico rígido não pode ser dispensado. Deve obedecer aos requisitos da norma técnica nº 12655, de 14 de agosto de 2016, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): não pode ser bombeado, assim, seu transporte deve ser feito por caminhões que irão descarregar direto nas formas; por carrinhos de mão, caso seja rodado na própria obra, nas gruas ou elevadores. Isso se dá devido à sua baixa trabalhabilidade, que torna também necessária a vibração do concreto nas formas, visando o não comprometimento na resistência final.

Os concretos convencionais, com resistência à compressão entre 10 MPa e 50

¹ “Ação de socar o concreto nas armações para que preencha toda a forma e adira bem ao ferro” (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS)

MPa, compostos por cimento, agregados naturais e água, são os concretos mais utilizados em todo o mundo. Apesar do uso intenso, os concretos convencionais apresentam algumas deficiências importantes, que justificaram ao longo dos anos o surgimento dos chamados concretos especiais, com características diferentes, e que trouxeram alguns avanços em relação aos concretos convencionais. As principais deficiências que os concretos convencionais apresentam são: baixa relação resistência-peso, dificuldade de preencher peças esbeltas muito armadas, retração plástica, baixa ductilidade e permeabilidade em ambientes úmidos, além do problema da geração de entulhos de construção que contribui com o impacto ambiental (WATANABE, 2008).

O concreto bombeável é similar ao concreto convencional, o que os diferencia é a fluidez necessária para que possa se fazer o bombeamento, visto que o diâmetro do tubo que encaixado na bomba localizada no caminhão betoneira que faz assim o lançamento, para os pavimentos que está sendo concretado varia de 3 a 5^{1/2} polegadas. Sua utilização se tornou comum por atender à necessidade de concretar construções de grandes alturas, por diminuir a quantidade de mão de obra, maior rapidez na concretagem, ter uma alta trabalhabilidade – o que diminui o processo de vibração.

No modo bombeável são utilizadas bombas de concreto. Elas transportam o concreto por intermédio de uma tubulação metálica, desde o caminhão betoneira até a peça a ser concretada. Com o sistema, pode-se vencer grandes alturas ou grandes distâncias horizontais, obtendo-se uma produção média de 35 a 45 metros cúbicos por hora. Há equipamentos que têm capacidade para bombear até 100 metros cúbicos por hora. O concreto bombeável é ideal para todo tipo e tamanho de obra, porém é mais utilizado em grandes alturas, áreas de difícil acesso, barragens, concreto submerso, centrais nucleares, longas distâncias e túneis. O sistema é a melhor solução para se trabalhar com grandes volumes em curtos espaços de tempo. É o caso de grandes fundações, lajes de edifícios e tubulações. Devido à sua plasticidade, trabalhabilidade e quantidade de finos, o concreto bombeável é ideal para obras em concreto aparente. O método de bombeamento apresenta muitas vantagens (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2007).

Os grupos dos concretos especiais são compostos por uma grande quantidade de tipos de concreto é nesse grupo que se encaixa os avanços tecnológicos, pois deixamos de ter o concreto básico, e fazemos adição de matérias primas não tão usuais, mas que possam atender necessidades adversas.

Sendo o concreto o material de construção civil mais utilizado atualmente, é justificável o elevado número de pesquisas destinadas a compreender o seu comportamento, contribuindo, assim, para o seu melhoramento. Nos últimos anos, inúmeros materiais foram investigados para serem acrescentados no proporcionamento do concreto, permitindo que as suas características de resistência e durabilidade sejam superadas. Como exemplo pode-se citar o crescente desenvolvimento da indústria de aditivos químicos, a utilização de

fibras de aço e polipropileno e principalmente a utilização de adições minerais com características de superpozolanicidade, como a sílica ativa e o metacaulim (WATANABE, 2008).

Aponta-se, em harmonia com as ideias de Watanabe (2008), que devido à variedade de aditivos pode-se ter vários tipos de concreto, variando o tipo para que assim se resolva a necessidade da obra. O concreto de alto desempenho, que é o resultado do concreto convencional mais aditivos químicos e minerais. Tem assim, como características principais, a alta resistência, durabilidade, trabalhabilidade, melhor acabamento devido à baixa segregação, menor gasto com manutenções devido à sua característica de baixa porosidade que o torna mais resistente aos agentes agressivos do ambiente. Pelos motivos apontados o concreto de alto desempenho vem cada vez mais ganhando espaços no mercado da construção civil.

Suas maiores aplicabilidades são nos pilares dos edifícios. Neste caso, como tem uma alta resistência permite a construção de pilares menores, garantido a resistência estrutural e aumento a área útil, bem como um maior reaproveitamento das fôrmas, diminuição do número de fôrmas, maior rapidez na construção em altura (NASCIMENTO, 1997). Também é muito útil em pontes, pois além de garantir maior vida útil, projetos mais esbeltos e leves, é capaz de vencer maiores vãos (THOMAZ, [s.d.]). O uso em peças pré-fabricadas além de garantir grande resistência, garante maior rapidez processo de fabricação e economia nos materiais de formas e melhor acabamento.

Conforme Rossignolo (2002) e Agnesini (2005), o concreto leve leva esse nome pela diminuição de sua massa específica, através da queima de seus agregados no forno. Isso faz que haja um grande consumo de energia devido à queima, porém esse consumo é compensado com uma estrutura mais leve – o que diminuí o gasto com a fundação da estrutura e o consumo de aço nas armaduras, ganhando um bom isolamento térmico, trabalhabilidade, resistência mecânica, módulo de deformação, além da redução da espessura da zona de transição entre o agregado e a matriz de cimento.

Outros tipos de concreto são citados a seguir pela professora Aline Fernandes de Oliveira (2010), mas não se esgota aqui a citação de todas as modalidades existentes, já que novas experiências surgem a cada dia no trote rápido da evolução tecnológica:

- ✓ Concreto Magro: É um concreto simples com reduzido teor de cimento. É mais econômico, mas deve ser usado quando não for exigido tanta resistência e impermeabilidade. Exemplos: Contrapisos e bases de fundações e pavimentos. A Figura 7 apresenta informações sobre ele.

Figura 7: Concreto magro

Concreto para contrapiso			
Aplicação	Traço	Rendimento por saco de cimento de 50 kg	Dica
Concreto magro	1 saco de cimento de 50 kg 8 ½ latas de areia 11 ½ latas de pedra 2 latas de água	14 latas ou 0,25 m ³	O concreto magro serve como base para pisos em geral. Antes de receber o concreto magro, o solo deve ser umedecido

ATENÇÃO: 1. A lata de medida deve ter 18 litros. Evite latas amassadas.
2. Mantenha o concreto molhado durante uma semana após a concretagem (cura). Depois do terceiro dia, já é possível executar outros serviços sobre esse concreto. Mas, para assentar cerâmica no piso, é preciso aguardar quatro semanas.

Fonte: Todaobra.com (2017).

- ✓ Concreto Protendido: É o concreto onde, através da tração dos cabos de aço, como mostra a Figura 8, é introduzido pré-tensões de tal grandeza e distribuição, que as tensões de tração resultantes do carregamento são neutralizadas a um nível ou grau desejado;

Figura 8: Concreto protendido



Fonte: Depositphotos (2017).

- ✓ Concretos massa: Utilizado em peças de grandes dimensões (barragens), sem armadura, caracterizado por baixos consumos de cimento, agregados de elevado diâmetro máximo, e com geração de baixa quantidade de calor de hidratação. Pode também ser utilizado em rebocos, como mostra a Figura 9.

Figura 9: Barragem com concreto massa



Fonte: Depositphotos(2017).

- ✓ Concretos à vácuo: A quantidade de água utilizada para misturar e adensar o concreto é maior do que a necessária para a hidratação do aglomerante. Para facilitar o lançamento emprega-se o teor de água adequado à trabalhabilidade desejada e posterior elimina-se a água em excesso, com relação as necessidades das reações químicas. A água é eliminada por sucção e ao mesmo tempo aplica-se uma forte compressão às faces externas do concreto. O procedimento consiste em aplicar sobre a massa uma placa rígida composta por treliças recobertas por um tecido forte e permeável, como demonstrado na Figura 10, e sobre estas, outra parede repousando sobre borrachas, formando uma cavidade sobre o concreto;

Figura 10: Concreto à vácuo



Fonte: Globo.com (2012).

- ✓ Concretos refratários: quando o concreto tiver que suportar elevadas temperaturas ou mudanças térmicas é preciso um concreto especial, tendo o nome de refratário, onde as características próprias, demonstradas na Figura 11, levam a um comportamento adequado naquelas temperaturas. O concreto normal perde suas qualidades a 200-300°C, desagregando-se, pois os compostos hidratados do cimento perdem sua água de

constituição. Para obter este tipo de concreto, deve-se usar cimento aluminoso como aglomerante e, como agregados, materiais refratários mais ou menos silícicos, para temperaturas pouco elevadas, mais aluminosos, para temperaturas maiores, e, agregados como o coridon, o carborundo, a cromita, a magnesita, entre outros, para temperaturas elevadas;

Figura 11: Concreto refratário



Fonte: Casa do Vapor (2017).

- ✓ Concretos de alta resistência: Concretos onde a resistência à compressão é superior a 40 Mpa (Mega Pascal) e peso normal de 2.400 kg/m³. Na Figura 12 um exemplo de sua aplicação.

Figura 12: Concretos de alta resistência



Fonte: Concrecity (2017).

- ✓ Concretos projetados: Concreto transportado pneumáticamente através de uma mangueira e projetado sobre uma superfície a uma alta velocidade. A Figura 13 ilustra sua forma de aplicação.

Figura 13: Concreto projetado



Fonte: NTC (2015).

✓ Concreto utilizando FIBRAS

Figura 14: Concreto com fibras de aço



Fonte: Concremix (2017).

Em função da sustentabilidade há, na atualidade, concretos com agregados reciclados no mundo. Um deles são as fibras, resíduos que podem ser distribuídos de forma aleatória ou ordenada e alinhada na mistura, como observa-se na Figura 14. Segundo Watanabe (2010), o concreto convencional não armado é um material frágil e quebradiço, com baixa resistência e capacidade de alongamento na tração.

A adição de fibras a ele, não resulta em um concreto sem fissuras, mas melhora suas características, pois elas promovem maior ductilidade² após a fissuração. Explicam Almeida et al (2009) que o papel das fibras descontínuas, distribuídas aleatoriamente, é o de atravessar as fissuras que se formam no concreto, seja quando sob a ação de cargas externas ou quando

² “Que se consegue distender ou comprimir sem que haja rompimento; flexível e maleável” (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS, 2017)

sujeito às mudanças na temperatura ou na umidade do ambiente. Complementando, Thomaz [s.d.] salienta que se as fibras, em grande quantidade, forem suficientemente resistentes e bem aderidas à matriz do cimento, poderão ajudar a manter reduzida a abertura das fissuras.

Em meio a tantos problemas relacionados a sustentabilidade ambiental, é de extrema importância que as pesquisas voltem-se à reutilização e diminuição de resíduos. Segundo pesquisadores da atualidade, existem diversas maneiras de reutilizar os resíduos em sistemas da construção civil. Uma destas possibilidades é a inserção de materiais na forma de filamentos em matrizes cimentícias (EHRENBRING e TUTIKIAN, 2016, p. 1)

As fibras são usadas em “lajes de concreto sobre o terreno (60 %) , em concretos projetados (25 %) e em pré-moldados (5%) e outras aplicações diversificadas” (THOMAZ, [s.d.]), algumas com módulo de elasticidade maior e outras menor do que o do concreto.

As fibras podem ser classificadas como naturais e artificiais. As mais utilizadas em compósitos são: as fibras de sisal, de coco, bagaço de cana de açúcar, bambu, fibras de madeira, de bananeira, bem como as fibras de aço, polipropileno, nylon, vidro carbono entre outras (GAMA e DIAS, 2008).

Concordando com os autores citados busca-se uma forma de aproveitar os resíduos que compõem as embalagens de cimento, ou seja, as fibras de papel *kraft*. Ressalta-se, no entanto que isso requer uma compreensão maior dos dois tipos de fibras existentes: as naturais, artificiais e sintéticas.

2.3.2.1 Fibras naturais

Conforme explica Izquierdo (2011), as fibras naturais demandam menor consumo de energia para produção do que as sintéticas/artificiais. Elas podem ser vegetais (natureza celulósica), animais (possuem cadeias proteicas) e minerais (formadas por cadeias cristalinas com grande comprimento, como as do asbesto).

Em relação às sintéticas, além da conservação de energia, elas apresentam inúmeras vantagens como a grande disponibilidade na natureza, o baixo custo, não fazem mal à saúde, têm densidade baixa, normalmente são biodegradáveis – exceto quando em contato com materiais como o cimento, etc.

O papel, conforme explicam Raad et al (2012), é um material que deriva da madeira, composto por polímeros de celulose, que tem alto peso molecular e não dissolve na água. O papel *kraft* é feito de fibras naturais e como já mencionado, ele é a matéria prima das embalagens de cimento e quando em contato com o cimento Portland fica inadequado para

reuso nos processos de consumos secundários e meios comuns de reciclagem.

2.3.2.2 Fibras artificiais ou sintéticas

As fibras sintéticas são produzidas pelo ser humano a partir de produtos químicos. Como produto da área de Engenharia de Materiais existem as fibras artificiais, conhecidas também por sintéticas. São resultados de pesquisas sobre as cadeias carbônicas dos derivados de petróleo e do desenvolvimento da tecnologia têxtil. As que mais se destacam na construção civil neste quesito são a aramida, o *nylon*, o poliéster e o polipropileno, aponta Izquierdo (2011).

3 METODOLOGIA

Em termos de finalidade metodológica, após consulta aos ensinamentos de Gerhardt e Silveira (2009), pode-se afirmar que a pesquisa aqui proposta foi à aplicada, visto que objetiva a geração de conhecimentos para serem aplicados de forma prática, beneficiando o meio ambiente com o reaproveitamento do papel *kraft* utilizado nas embalagens de cimento.

Sua natureza foi à quantitativa, já que, conforme apontam Gerhardt e Silveira (2009), levaram em consideração os seguintes aspectos: “maior enfoque na interpretação do objeto”, “maior importância do contexto do objeto pesquisado”; “maior proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados” e “ hipóteses menos estruturadas”.

Quanto ao objetivo metodológico, o estudo em proposição atende às premissas da pesquisa dedutiva, pois com a experiência da adição do papel *kraft* das embalagens de cimento ao concreto possibilitou-se chegar a “conclusões de maneira puramente formal, em virtude de sua lógica” e explicativa, ou seja, aquela que “explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos (GERHARDT E SILVEIRA, 2009 e MARCONI e LAKATOS, 2003).

O procedimento metodológico pretendido se mescla entre pesquisa bibliográfica³, via diversos tipos de publicações cientificamente reconhecidas, por meio físico ou virtual, no intuito de se buscar em conhecimentos consolidados experiências similares e a base teórica necessária para o desenvolvimento do estudo e experimental, já que caminhou “apoiada nos fatos reais e concretos, afirmando somente aquilo que é autorizado pela experimentação”.

O local da realização para aplicação prática da experiência foi no interior do laboratório de materiais do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas e no Laboratório Luar no período entre agosto e outubro de 2017.

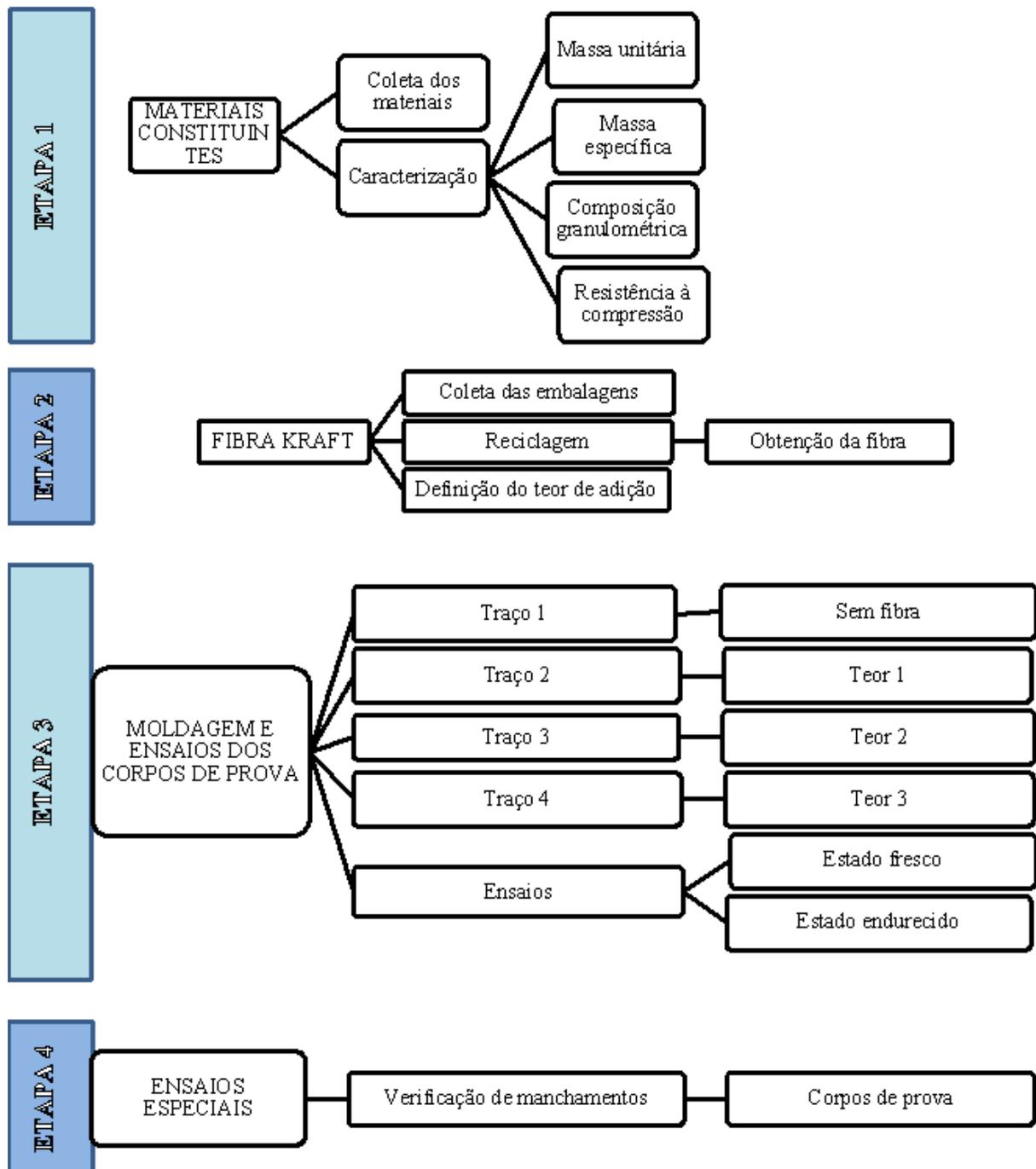
O objeto de estudo foi o concreto convencional, com adição parcial em seu volume de agregados nas proporções de 0,5%, 1,0% e por fim, 2,0% de fibra de papel *kraft* contaminado (devido ao cimento n’ele aderido), oriundo das embalagens de cimento, tomando por referência o estudo realizado por Alves (2016).

³ “A pesquisa bibliográfica compreende oito fases distintas: a) escolha do tema; b) elaboração do plano de trabalho; c) identificação; d) localização; e) compilação; f) fichamento; g) análise e interpretação; h) redação” (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 44).

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos que foram adotados, bem como a forma como se desenvolveu a experiência são os especificados na Figura 15, a seguir:

Figura 15: Etapas a realizar



Fonte: AUTORA (2017).

3.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS

3.2.1 Etapa I - Materiais Participantes

A primeira etapa do procedimento consistiu em coletar e caracterizar os materiais que foram utilizados para as etapas seguintes.

Neste estudo foi produzido concreto convencional com base em uma combinação homogênea de cimento Portland, agregados miúdos, agregados graúdos, água, e a utilização de adições.

Os ensaios para caracterização dos materiais componentes foram realizados no laboratório de materiais de Construção Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Os materiais utilizados para confecção dos concretos, abaixo descritos, foram obtidos em empresas na cidade de Palmas-TO:

- Cimento Portland: o cimento que foi utilizado para confecção foi CP II F 40 O normatizado pela NBR 11578:1991, fabricado pelo Grupo DCG.
- Agregados: areia e brita 1, foram doadas pelas concreteira Concreto Ciplan. Para a caracterização dos agregados o ensaio da massa específica ocorreu conforme as recomendações da NBR 7211:2009 para os agregados. O da massa unitária pelo método C, que considera o material no estado solto, conforme NBR NM 45:2006. Já o ensaio da composição granulométrica dos agregados ocorreu segundo a NBR NM 248:2003, que auxiliou na definição do diâmetro máximo e do módulo de fínura dos materiais.
- Água: A água de amassamento foi coletada no Laboratório Luar, a mesma tem origem à rede de abastecimento municipal.

3.2.2 Etapa II: Obtenção e Definição do Teor da Fibra do Papel *Kraft*

Nessa segunda etapa foi realizada a coleta de sacos de cimento, para iniciação do processo de retirada da fibra neles existente. Eles foram coletados no canteiro de obras da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Serviços Públicos, Trânsito e Transportes de Palmas-TO. Tratou-se de um processo também denominado de reciclagem. Nele fez-se a retirada das fibras dispersas presentes no papel *kraft* e depois definiu-se o teor de adição em cada traço, de

acordo com as propriedades e características.

O procedimento de reciclagem foi realizado no laboratório de materiais de Construção Civil da Universidade Federal do Tocantins (UFT)

A obtenção da fibra foi através da dispersão do papel *kraft* multifoliado, com gramatura de 80 a 90 g/m², usado para ensacar o cimento. Conforme Alves (2016) a embalagem referente a um saco de cimento Portland de 50 Kg produz, aproximadamente, 150g de fibras dispersas.

A realização da reciclagem das embalagens baseou-se nos procedimentos descritos por Buson (2009) e com algumas adaptações em função da experiência adquirida no decorrer do processo. Buson (2009) utilizou em sua pesquisa embalagens que foram rejeitadas devido a defeitos identificados antes da operação de envasamento na indústria de cimento Portland. Na presente pesquisa foram utilizadas embalagens descartadas no canteiro de obra, as quais possuem restos de cimento principalmente entre as dobras de fechamento. Este foi o diferencial no processo de aquisição da fibra de celulose [...] (ALVES, 2016).

Seguindo os mesmos passos enunciados acima pela autora citada delinea-se a seguir os processos da reciclagem do papel *kraft* para extração das fibras e posterior manuseio:

- Limpeza das embalagens: tendo em vista que os sacos que foram coletados na obra tinham, ainda, certa quantidade de cimento no fundo das embalagens, principalmente entre as dobras de fechamento. Essa limpeza foi necessária, uma vez que as embalagens podem ter sido expostas a umidade excessiva ou ter estado em contato com a água – o que acaba proporcionando a hidratação do cimento Portland. A higienização dos sacos foi realizada com a abertura destes para a remoção do cimento com a utilização de escovas ou vassouras. Após esse processo as embalagens foram fragmentadas em pequenos pedaços (para facilitar o processo de obtenção da polpa de celulose) em seguida colocadas em uma caixa de água, aonde foi umedecida, para facilitar a dispersão da fibra.

Figura 16: Preparação para obtenção da fibra



Fonte: AUTORA (2017).

- Transformação dos sacos de cimento em polpa de celulose: cerca de 10 minutos após os sacos de cimento ser imersos em água. Foi retirado o excesso de água, sendo feita, com um triturador de resíduos sólidos, a dispersão das fibras do papel *kraft* até que elas fossem facilmente visíveis. Esse procedimento auxiliou na melhor incorporação da fibra no concreto e na consequente obtenção de uma mistura mais homogênea.

Depois da dispersão, as fibras foram dispostas sobre uma lona para que pudessem secar, o tempo de secagem completa da fibra, conforme o estudo realizado por Alves (2016), dura cerca de três dias. Neste ponto as fibras estavam prontas para uso.

Figura 17: Triturador



Figura 18: Papel *kraft* triturado



Fonte: Autora (2017).

3.2.2.1 Dosagem do concreto

A dosagem do traço referência, que o mesmo foi adicionado os diferentes teores de fibra do papel *kraft*, dando origem a traços aonde a diferença é o teor de adição de fibra, foi calculado pelo método ABCP, com a resistência estimada de $F_{ck} = 25$ Mpa, Slump de 12 cm \pm 2cm. O traço utilizado esta ressaltado na tabela 1.

Tabela 1: Traço utilizado para a fabricação dos concretos

Traço em volume	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 1 (kg)	Água (kg)
1: 2,22: 2,73: 0,58	12,40	27,53	33,89	7,20

Fonte: AUTORA (2017).

3.2.2.2 Teor da fibra

O teor de fibra foi definido com base nas recomendações finais do trabalho realizado por Alves (2016), desenvolvido no Laboratório de Construção, LABCON, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB. A pesquisadora utilizou a resistência à compressão axial em corpos de prova cilíndricos nas dimensões 10 x 20 cm como parâmetro para a determinação do teor de fibras *kraft* utilizadas em concretos para a produção de blocos sem função estrutural.

3.2.2.3 Adensamento dos corpos de prova

A metodologia que foi utilizada para o adensamento dos corpos de prova foi o adensamento por compactação, com soquete de 16mm de diâmetro, onde foram compactados corpos de prova em 10cm de diâmetro em 02 camadas, com 12 golpes cada. Os corpos de prova com 15cm de diâmetro tiveram 3 camadas e 25 golpes, conforme a NBR 5738:2003.

Para a realização foram utilizados quatro traços para a produção dos corpos de prova, sendo o primeiro sem adição de fibras, que foi utilizado como referência de comparação com os que tiveram adição de fibra. Já os demais traços tiveram teor de 0,5% (teor 1), 1,0% (teor 2) e o 2,0% (teor 3), respectivamente.

3.2.3 Etapa III: Moldagens e ensaios

Conforme a NBR 5738:2003 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, neste estudo foram realizados corpos de provas de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, para serem definidos sua resistência a compressão axial em diferentes idades, sendo elas de 7, 14 e 28 dias e ensaio absorção de água, após os 28 dias de cura. E corpos de prova de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, para serem, rompidos somente aos 28 dias, para definir sua resistência a compressão diametral. As moldagens dos corpos de provas foram realizadas no laboratório Luar e a cura por imersão.

Tabela 2: Quantidades de corpo de prova por ensaios

ENSAIOS	QUANTIDADE POR TRAÇO
Compressão axial	3 unidades
Compressão Diametral	2 unidades
Absorção de água	3 unidades

Fonte: Autora (2017).

Figura 19: Quantidades de corpo de prova para ensaios



Fonte: AUTORA (2017).

Foram utilizados quatro traços para a produção dos corpos de prova, sendo o primeiro sem adição de fibras, que foi utilizado como referência de comparação para os que tiveram adição de fibra, o segundo com teor 0,5% (teor 1), o terceiro com 1,0% (teor 2) e o quarto com 2,0% (teor 3), como mostra a Tabela 3:

Tabela 3: Traços a preparar

TRAÇOS	COMPOSIÇÃO
Primeiro	Cimento Portland, água, areia e brita 1
Segundo	Cimento Portland, água, areia, brita 1 e adição de 0,5%(teor 1) do volume de agregados de fibra de papel <i>kraft</i>
Terceiro	Cimento Portland, água, areia, brita 1 e adição de 1,0%(teor 2) do volume de agregados de fibra de papel <i>kraft</i>
Quarto	Cimento Portland, água, areia, brita 1 e adição de 2,0%(teor 3) do volume de agregados de fibra de papel <i>kraft</i>

Fonte: AUTORA (2017).

3.2.4 Ensaios de Caracterização do Concreto

Os ensaios para caracterização do concreto foram realizados, tanto no estado fresco, quanto endurecido do concreto, no laboratório de materiais de construção civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA) e laboratório luar e foram realizados ensaios, com e sem adição de fibra. Os ensaios que foram realizados no estado fresco são as enumeradas nos itens subsequentes.

3.2.4.1 Estado fresco

- **Slump test:** O slump test foi realizado segundo as orientações da norma NBR 47- 2996 para trabalhabilidade, os materiais utilizados foram: Molde, haste de compactação, placa de base. O procedimento consistiu em umedecer o molde, placa de base e colocar o molde sobre a base, durante preenchimento de o molde o operador firmar com os pés sobre as atelhas, para que o molde não se movimente. Enche rapidamente os moldes dividindo em 3(três) camadas, de quantidade iguais e faz a compactação com a haste de 25 golpes devem ser distribuídos em toda seção. Após o preenchimento das 3 camadas, o molde deve ser retirado verticalmente, entre 5 a 10s. Após a retirada do molde é medido o abatimento, que é a distância entre a altura do molde e a altura da massa de concreto. O procedimento não deve durar mais que 5 minutos.

- **Massa específica do concreto:** a massa específica é definida pela razão entre a massa e o volume, dada pela fórmula $\rho = \frac{m}{v}$. O ensaio consiste em colocar o concreto no recipiente, em três camadas de alturas aproximadamente iguais, com processo de adensamento manual, aplicando 30 golpes por camada distribuídos uniformemente. Bater levemente na face externa do recipiente, para eliminar eventuais vazios e fazer o nivelamento da superfície. Depois se faz a pesagem
- **Teor de ar incorporado:** Seguindo a NBR 9833:2008/9, após definida a massa específica, é calculado o rendimento, volume total dos componentes da betonada, índice de ar e o teor de ar.
 - **Rendimento:** é calculado com a seguinte equação 1:

$$R: \frac{Mc+Mf+Mg+Ma}{\rho_{ap}} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

R – Rendimento, em metros cúbicos (m³);

Mc – Massa de cimento utilizado na dosagem, em quilogramas (kg);

Mt – Massa total de agregado miúdo utilizado na dosagem, em kg;

Mg – Massa total de agregado graúdo utilizado na dosagem, em kg;

Ma – Massa total de água adicionada na dosagem por, em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

ρ_{ap} – Massa específica aparente do concreto em kg/m³.

- **Volume total dos componentes:** é calculado com a seguinte equação 2:

$$vt = \frac{Mc}{\rho_c} + \frac{Mf}{\rho_f} + \frac{Mg}{\rho_g} + \frac{Ma}{\rho_a} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

Vt – Volume total dos componentes, em m³;

ρ_c – Massa específica do cimento kg/m³;

ρ_f - Massa específica do agregado miúdo, g/m³;

ρ_g - Massa específica do agregado graúdo, kg/m³;

ρ_a - Massa específica da água, que deve ser adotada como sendo igual a 1000 kg/m³;

- **Índice de ar:** calculado pela seguinte equação 3:

$$Ia = \frac{R}{vt} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

Ia- índice de ar

- **Teor de ar:** Calcular com aproximação de 0,1%, utilizando a equação 4:

$$A = \left(1 - \frac{1}{Ia}\right) \times 100 \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

A – Teor de ar do concreto, expresso em porcentagem (%)

3.2.4.2 Estado endurecido

Os ensaios que foram realizados no estado endurecido são os a seguir especificados, conforme as NBRs vigentes:

- Resistência à tração por compressão diametral: Para a realização deste ensaio foi utilizado à norma NBR 7222 (2011) Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos de argamassa e concreto. Esta norma estabelece que a relação entre o comprimento e o diâmetro do corpo-de-prova deve estar entre um e dois. Os corpos de prova foram moldados conforme NBR 7215 e NBR 5738. O ensaio consiste em colocar o corpo-de-prova, de modo que fique em repouso ao longo de uma geratriz, sobre o prato da máquina de compressão e colocar entre os pratos e o corpo-de-prova em ensaio, duas tiras de chapa dura de fibra de madeira conforme especificado na NBR 10024, de comprimento igual ao da geratriz do corpo-de-prova e seção transversal com as dimensões.

O laudo do ensaio contém as seguintes informações: procedência do corpo-de-prova; identificação do corpo-de-prova; data de moldagem; idade do corpo-de-prova; data do ensaio; diâmetro e altura do corpo-de-prova; defeitos eventuais do corpo-de-prova; carga máxima; resistência à tração por compressão diametral em MPa, com aproximação de 0,05 MPa.

- Resistência à compressão: O ensaio foi realizado conforme a norma ABNT NBR 5739- 2007 Concreto- Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Para a realização do ensaio foi usada a prensa disponível no laboratório da universidade. Os corpos-de-prova foram posicionados verticalmente sobre o prato inferior da prensa, de maneira que seu eixo coincida com o eixo da máquina, para que assim possam ser submetidos aos esforços de compressão. O acionamento da máquina através de fonte estável de energia propiciou uma aplicação de força contínua e isenta de choques. A velocidade de carregamento será entre $0,45 \pm 0,15$ MPa/s, e só cessará após a ocorrência da queda de força, o que indicará a ruptura do corpo-de-prova.
- Absorção de água: Para a realização do ensaio de absorção de água será utilizada a norma Argamassa e concreto endurecidos NBR 9778 -2009- Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica, a etapa do ensaio consiste em: Primeiro secar a amostra em estufa na temperatura de $(105 \pm 5^\circ\text{C})$ por no mínimo 72 h, resfriar ao ar até a temperatura ambiente e determinar a massa seca da amostra (M_s), depois imergir a amostra por 72 h secar com um pano e pesar, obtendo a massa saturada da amostra (M_{sat}). Após isso calcular a porcentagem de absorção com os dados obtidos, pela forma presente na NBR.
- Cura: no que se refere à cura, foi empregado o método de cura por imersão. Os corpos de prova, após o desmolde, ficaram imersos em água até a data da realização dos ensaios, para realização dos ensaios foram retirados os corpos de 24 horas antes.

3.2.5 Critérios de Inclusão e Exclusão

- Os de inclusão são: *Slump test*, incorporador de ar, resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e absorção de água.
- Os de exclusão são: Os de inclusão são: ensaio de espalhamento do cone de Abrams, determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da Curva Tensão-Deformação.

3.2.6 Variáveis

Dependentes:

- Abatimento do tronco de cone;
- Resistência à compressão axial;
- Resistência à compressão diametral;

Independentes:

- Agregado miúdo e agregado graúdo;
- Idade dos ensaios;
- Método de dosagem.

Parâmetros Fixos:

- Cura;
- Dimensão dos corpos de prova;
- Teor de fibra.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO

4.1 AGREGADOS

As tabelas com os resultados dos ensaios realizados com os agregados encontram-se no apêndice A, B, C, D e E.

4.1.1 Massa Unitária

No ensaio de massa unitária, o agregado miúdo teve como resultado uma massa unitária de 1,64 g/cm³ e o agregado graúdo obteve o resultado de 1,42 g/cm³. Conforme a NBR NM 45:2006 que diz que os resultados não podem variar mais que 1% em relação à média, conclui-se então que os resultados encontrados são satisfatórios.

4.1.2 Massa Específica

Para que fosse definido o resultado foram feitas duas determinações através da NBR NM 52/2003.

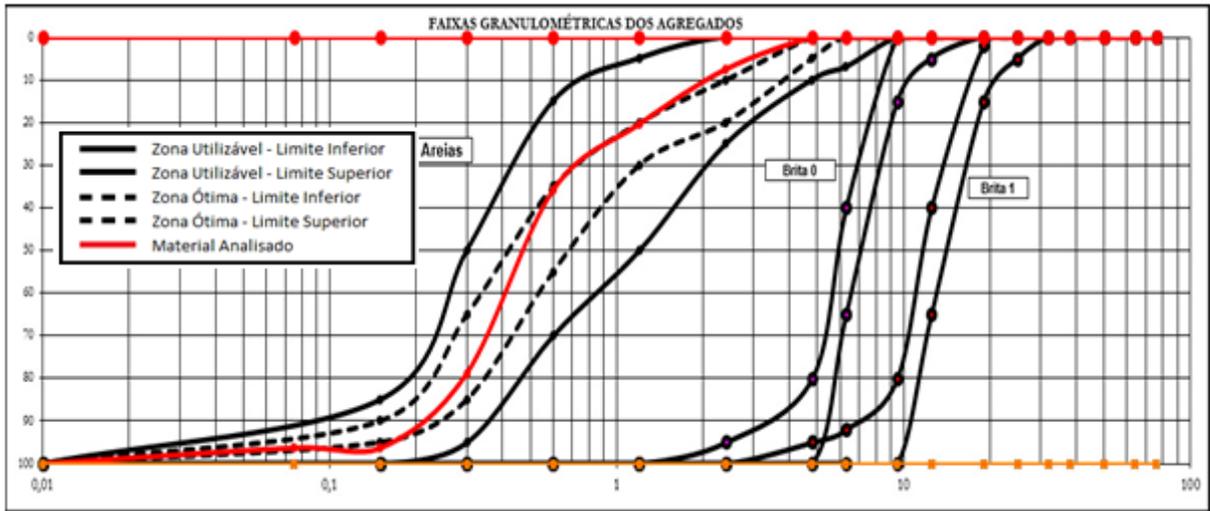
Conforme a norma citada anteriormente, para que os resultados possam ser considerados como satisfatórios, é necessário que os resultados não apresentem diferença superior à 0,02 g/cm³ entre si. Portanto, é possível considerar que o agregado miúdo apresenta massa específica de 2,645 g/cm³ e os resultados não diferem mais que o determinado.

Os valores encontrados para massa específica do agregado graúdo são considerados satisfatórios já que não ultrapassaram as exigências contidas em norma. Tendo sua massa específica de 2,666 g/cm³.

4.1.3 Granulometria

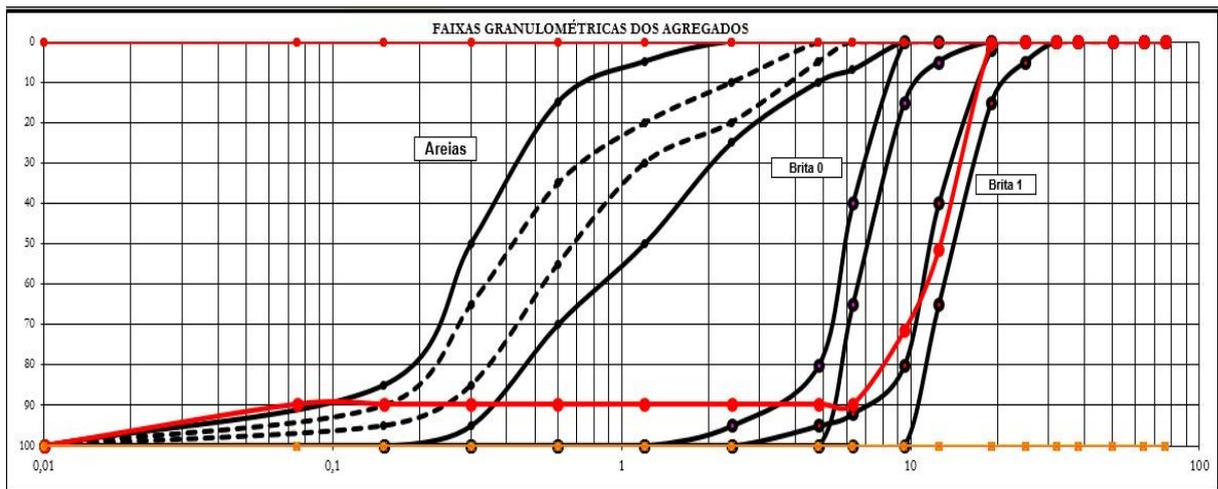
Certificou-se com a realização dos ensaios de granulometria no agregado miúdo, que os valores encontrados seguem os requisitos da ABNT NBR NM 248 (2003), não ultrapassando os limites estabelecidos por ela.

Figura 20: Análise granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 21: Análise granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: AUTORA (2017).

Analisando o comportamento do material em questão, foi classificado como areia média, devido se encontrar na zona 3.

4.2 CONCRETO NO ESTADO FRESCO

No estado fresco foi realizado o ensaio para a determinação da trabalhabilidade pelo método de Abatimento do tronco de cone (Slump Test), seguindo a NBR/NM 67:1998, aferição da massa específica do concreto e ensaio de incorporador de ar. Como podemos conferir nas tabelas 4,5 e 6.

4.2.1 Slump Test

Tabela 4: Abatimento do Tronco de Cone

TRAÇOS	ABATIMENTO (cm)
Referência	14,0
0.5 % de fibra	13,0
1.0 % de fibra	12,5
2,0 % de fibra	12,0

Fonte: AUTORA (2017).

Como esperado a adição de fibra diminui a trabalhabilidade do concreto, mas no presente estudo ainda ficou dentro do desvio padrão, calculado no abatimento do tronco de cone. Como podemos visualizar nas figuras 22,23 e 24.

Figura 22: Slump Test traço referência Figura 23: Slump Test traço 0,5% Figura 24: Slump Test traço 1,0%



Fonte: AUTORA (2017).



Fonte: AUTORA (2017).



Fonte: AUTORA (2017).

4.2.2 Massa específica

Tabela 5: Massa específica do concreto

TRAÇO	MASSA ESPECÍFICA (kg/m ³)
Referência	2.350
0,5 % de fibra	2.370
1,0 % de fibra	2.405
2,0 % de fibra	2.415

Fonte: AUTORA (2017).

O grupo do concreto convencional tem uma massa específica que pode variar entre 2.000 kg/m³ e 2.800 kg/m³. Com a adição da fibra houve um aumento da massa específica em relação ao convencional, mas o mesmo se manteve dentro dos valores permitidos para esse tipo de concreto. A diminuição do teor de ar incorporado presente no concreto devido a adição da fibra, implica no aumento da massa específica, que irá diminuir a absorção de água.

4.2.3 Teor de ar incorporado

Tabela 6: Teor de ar incorporado

TRAÇO	AR INCORPORADO (%)
Referência	0,38
0,5 % de fibra	0,36
1,0 % de fibra	0,29
2,0 % de fibra	0,27

Fonte: AUTORA (2017).

Ao analisar os teores de ar incorporado na tabela acima podemos notar que o concreto sem adição de fibra é que tem maior teor de ar incorporado. Enquanto os que possuem a adição, podemos observar que quanto maior a adição menor o teor de ar incorporado, isso acontece devido à diminuição de teor de ar incorporado que a fibra proporcionou ao concreto.

4.3 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Foram realizados no concreto endurecido os seguintes ensaios: compressão diametral (NBR 7222:2011), compressão axial (NBR 5739:2007) e absorção de água (NBR 9778:2009).

4.3.1 Compressão axial

Para o ensaio de compressão axial foram encontrados os resultados, seguido na tabela 7.

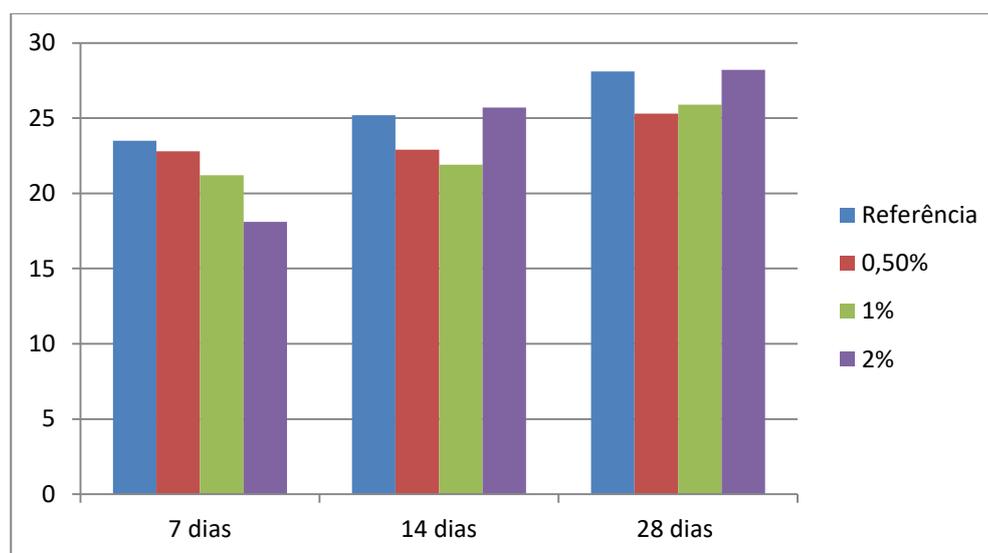
Tabela 7: Resistência à compressão.

TRAÇO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
TR	23,50 MPa	25,20 MPa	28,10 MPa
0,5 % de fibra	22,80 MPa	22,90 MPa	25,30 MPa
1,0 % de fibra	21,20 MPa	21,90 MPa	25,90 MPa
2,0 % de fibra	18,10 MPa	25,70 MPa	28,20 MPa

Fonte: AUTORA (2017).

Podemos observar que os traços com o teor de 0,5 % e 1 % atingiram o valor do f_{ck} mínimo previsto que era de 25 Mpa, porém foi menor que o traço referência. O traço com teor de 2% foi o que apresentou melhor desempenho, sendo igual ao traço referência. Podemos observar a seguir na figura 25 para melhor visualização.

Figura 25 : Gráfico com as resistências à compressão



Fonte: AUTORA (2017).

Ao observar a superfície dos CP's nota-se que os CP's que não possuíam a adição fibra houve o rompimento da pasta, conforme a figura 26. Já os CP's com adição nota-se que quanto maior o teor de fibra, menor a o grau de fissuração, isso ocorre devido à fibra aumentar a ductilidade do concreto, mantendo suas partes unidas, ilustrado nas figuras 27,28 e 29.

Figura 26: Traço referência



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 27: Traço com adição de 0,5%



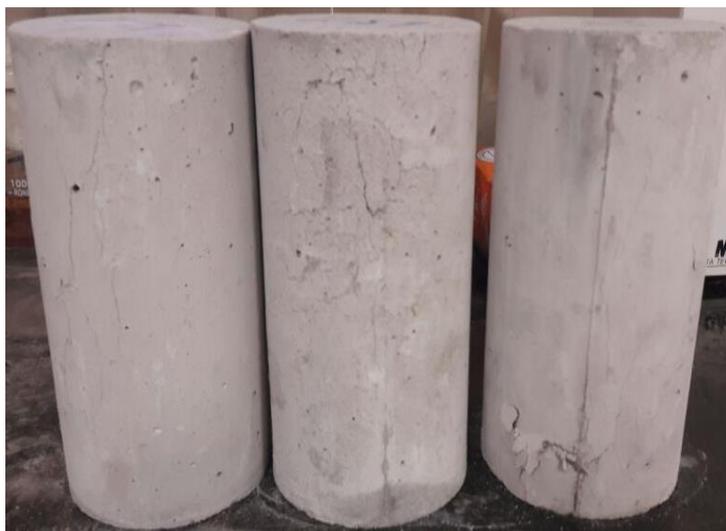
Fonte: AUTORA (2017).

Figura 28: Traço com adição de 1,0%



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 29: Traço com adição de 2,0%



Fonte: AUTORA (2017).

4.3.2 Tração por compressão diametral

A resistência mínima esperada para o ensaio de tração por compressão diametral é de 10% do resultado encontrado no ensaio de compressão. Ao observar a tabela 6 e 7 podemos ver que todos os traços foram superiores. Ao comparar o traço referência com os traços com adições de fibra houve uma pequena diminuição da resistência, mas a mesma não diminuiu o desempenho mínimo de resistência.

Tabela 8: Resistência a tração por compressão diametral

Traço	Resistência (MPa)
Referência	2,87
0,5% de fibra	2,74
1,0% de fibra	2,60
2,0% de fibra	2,83

Fonte: AUTORA (2017).

Figura 30: Corpo de prova rompido



Fonte: AUTORA (2017).

Figura 31: Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: AUTORA (2017).

4.3.3 Absorção de água por imersão

A determinação do teor de absorção foi realizada através da obtenção da massa seca em estufa e a massa saturada por imersão dos CP's. A tabela 8 demonstra os resultados.

Tabela 9: Absorção de água

Traço	Absorção de água (%)
Referência	6,56
0,5% de fibra	6,07
1,0% de fibra	6,28
2,0% de fibra	6,34

Fonte: AUTORA (2017).

De acordo com Neville (1997) a absorção de água não pode ser usada como uma medida de qualidade do concreto, entretanto a maioria dos bons concretos apresenta taxa de absorção inferior a 10%.

Os concretos com a adição da fibra de papel *kraft*, absorveram menor quantidade de água que o concreto de referência, logo, possuem menor índice de vários. Houve um aumento de absorção diretamente ligado ao aumento da quantidade de fibra adicionada, quanto mais fibra, maior a absorção. No entanto todos os traços avaliados apresentaram uma porcentagem inferior à indicada por Neville (1997).

5 CONCLUSÃO

Neste presente trabalho, foi analisada a possibilidade da produção de concreto convencional com adição de fibra, originada do papel kraft, utilizado como embalagem de cimento, objetivando dar uma destinação ambientalmente adequada para esse resíduo e analisando se essa adição proporcionaria um melhor desempenho, para a análise foram realizados ensaios de consistência do concreto, compressão axial, tração por compressão diametral e absorção de água.

Quanto às fibras devido ao estado que ficam após ser triturada para a mesma ter uma melhor aderência a matriz cimentícia, não foi possível realizar nenhum ensaio.

Em relação ao ensaio de resistência à compressão, os concretos com adição de 0,5% e 1,0%, os resultados obtidos foram inferiores ao do concreto de referência, mas atingiram a resistência mínima esperada de 25 MPa, pode-se dizer então que a adição não ocasionou resultados relevantes.

O concreto com maior teor estudado, sendo esse de 2%, apresentou um resultado mais satisfatório, apresentando uma resistência igual ao concreto de referência. No entanto nenhuma das porcentagens adicionadas promoveram alterações que pudessem afirmar que a adição da fibra fosse a causa para tal resultado.

Ao se realizar o ensaio de compressão dos CP's também foi observada a influência da fibra quanto ao grau de fissuras e pode concluir-se que quanto maior o teor de fibra menor o número de fissuras, isso ocorre devido ao aumento da ductilidade que a fibra proporciona ao concreto.

Ao se realizar o ensaio de tração por compressão diametral, pode-se notar que houve uma diminuição em relação ao traço referência, mas todos os traços atingiram a resistência mínima.

Os traços com a adição de fibra do papel *kraft*, obtiveram menor absorção de água que o traço de referência. Isso está ligado ao aumento da massa específica que a fibra proporcionou, deixando, dessa forma, o concreto com menor índice de vazios.

Tendo em consideração os valores obtidos para o *slump test*, é possível afirmar que quanto maior a adição de fibra menor a trabalhabilidade, o que já era um comportamento esperado, mesmo com a queda da trabalhabilidade, os concretos com a adição da fibra mantiveram-se dentro do desvio padrão.

Ao examinar os resultados do ensaio de incorporador de ar foi possível concluir que a adição de fibra diminuiu o teor de ar incorporado, logo um concreto com menor teor de ar,

possui um menor índice de vazios, então absorverá menos água.

Com os ensaios realizados pode-se concluir que a adição da fibra do papel *kraft* pode ser utilizada como adição em concretos pois o uso da mesma não prejudica o seu desempenho, obtendo até resultados favoráveis, então pode ser uma destinação adequada e sustentavelmente correta.

Com o incentivo por construções de caráter sustentáveis o uso da fibra do papel *kraft* no concreto faz com que junto a outras medidas sustentavelmente corretas, tenhamos mais obras com menores impactos ao meio ambiente.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar estudos utilizando teores de adições maiores;
- Realizar estudo aprofundado de custo;
- Verificar possíveis patologias;
- Durabilidade desse concreto;
- Analisar as possíveis causas dos valores encontrados no ensaio de compressão axial, para o teor de 2% de adição;

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de provas cilíndricos. 2011. <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/concreto-e-argamassa-e28093-determinac3a7c3a3o-da-resistc3aancia-c3a0-trac3a7c3a3o-por-compressc3a3o-diametral-de-corpos-de-prova-cilc3adndricos.pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9833**: Concreto fresco: Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2007. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/~eder.clementino/GEST%C3%83O%20AMBIENTAL/LEGISLA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL/NORMAS%20BRASILEIRAS%20REGULAMENTADORAS/NBR%2005739%20-%201994%20-%20Ensaio%20de%20Compress%C3%A3o%20de%20Corpos%20de%20Prova%20Cil%C3%ADndricos%20de%20Concreto.pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. 2003. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/~eder.clementino/GEST%C3%83O%20AMBIENTAL/LEGISLA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL/NORMAS%20BRASILEIRAS%20REGULAMENTADORAS/NBR%2005738%20-%201994%20-%20Modelagem%20e%20Cura%20de%20Corpos%20de%20Prova%20Cil%C3%ADndricos.pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 2006. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://docslide.com.br/documents/nbr-nm-45-2006-agregados-determinacao-da-massa-unitaria-e-do-volume-de-vazios.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR 7211**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-07211-2005-agregados-para-concreto-especificacao.pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR NM 67**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1996. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/6199669/abnt-nbr-nm-67---1998---concreto---determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento->. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/04/nbr-07215-1996-cimento-portland-determinac3a7c3a3o-da-resistc3aancia-a-compressc3a3o.pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://docslide.com.br/documents/nbr-9778-argamassa-e-concreto-endurecidos-determinacao-da-absorcao-de-agua-por-imersao-indice-de-vazios-e-massa-especifica.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 2004. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

_____. **NBR NM 47**: Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico. 2002. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://pt.scribd.com/doc/133705475/NBR-NM-47-02-pdf>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

AGNESINI, Marcos Vinicio Costa. SILVA, Laércio Ferreira. **Dosagem de microconcretos e concretos de elevado desempenho**: estudo de caso. In: International Congress on High Performance concrete and performance and quality of concrete structures. Florianópolis, 1996.

ALMEIDA, Adesonilson Paulino et al. **Desempenho de concreto com adição de fibras**. [online]. 10ª Semana de Iniciação Científica e 1ª Semana de Extensão - UnilesteMG "Iniciação Científica e Extensão: diferenciais acadêmicos." Coronel Fabriciano-MG - 21/09/2009 a 23/09/2009. Disponível na Internet via WWW. URL: https://www.unilestemg.br/pic/sic_10/resumos/pes/engenharia_tecnologia/desempenho_de_concreto_com_adicao_de_fibras.pdf. Arquivo capturado em 13 de abril de 2017.

ALVES, LÍlian de Sousa. **Influência da adição de fibras de celulose (papel kraft) nas características dos blocos de concreto não estrutural**. Distrito Federal], 2016. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-03A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/20825>. Arquivo capturado em 10 de mar. de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL - Abesc. **Manual do concreto dosado em central**. [online]. Abril de 2007. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014. [online]. Abril de 2007. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf> Arquivo capturado em 19 de abril de 2017.

BACHA, Maria de Loudres. SANTOS, Jorgina. SCHAUN, Ângela. **Considerações teóricas sobre o conceito de Sustentabilidade**. [online]. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – 2010. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/31_cons%20teor%20bacha.pdf. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Sustentabilidade Ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. [online]. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicada – Ipea, 2010 – Livro 7. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/livro07_sustentabilidadeambienta.pdf. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

BUSON, Márcio Albuquerque. **Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel Kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical**. 2009. [online]. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Site Domínio público. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp115348.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2017.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. [online]. Revista Tecnológica, v. 17, p. 19-28, 2008. Disponível na Internet via WWW. URL: eduem.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/download/8169/5163. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017a.

CARVALHO, P. ;VIEIRA, I.; AURIONE, D.; CARDOSO, T.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Caracterização do papel *kraft* de embalagens visando o emprego como fibras em compósitos cimentícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. [online]. Maceió. Anais ENTAC. Maceió, 2014. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_777.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2017b.

CARVALHO, P. E. F.; SANTOS, V. D. B.; CARASEK, H. **Estudo da durabilidade de argamassas com fibras kraft**. [online]. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA ARGAMASSAS, 10, Fortaleza. **Anais SBT**A. Fortaleza, 2013. Disponível na Internet via WWW. URL: <file:///C:/estudo%20da%20durabilidade%20de%20argamassas%20com%20fibras%20kraft.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2017c.

CARVALHO, P. E. F.; CINTRA, C.; CARASEK, H. **Argamassas com fibras de celulose provenientes de embalagens de cimento e de cal**. [online]. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, Juiz de Fora. Anais ENTAC. Juiz de Fora, 2012. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1375.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2017d.

CASA DO VAPOR. **Produtos industriais: concreto refratário**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.cvvapor.com.br/?controle=produtos&idCategoria=6&idSubCategoria=32>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

CONCRECITY. **Concretos especiais: concretos de alta resistência**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.concrecity.empresacity.com.br/especiais/concreto-de-alta-resistencia>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

CONCREMIX. **Concreto fibra**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.concremix.com.br/concreto-fibra.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2009. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade%20na%20Const ru%E7%E3o%20CivilL.pdf>. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

DEPOSITPHOTOS. **Muro com concreto massa**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://pt.depositphotos.com/62712551/stock-photo-process-putty-concrete-wall-with.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS. **Adensamento**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.dicio.com.br/adensamento/>. Arquivo capturado em 11 de abril

de 2017.

_____. **Dúctil**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.dicio.com.br/ductil/>. Arquivo capturado em 14 de abril de 2017.

FLEMING, Robson et al. **Ensino de técnicas de reutilização e aplicação de resíduos de celulose (papelão e jornal) como agregados de argamassa da construção civil**. [s.d.]. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2389>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

GAMA, Renata de Oliveira. DIAS, Fabrício Moura. **Utilização do rejeito Unbleach Kraft Pulp (UKP), da indústria de celulose, na fabricação de concreto**. [online]. SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2008. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/547_547_SEGeT_.pdf. Acesso em: 13 de abril de 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel. SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. [online]. Rio. Série Educação à Distância. Porto Alegre/RS: Editora da UFRGS, 2009. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Arquivo capturado em 12 de abril de 2017.

GLOBO.COM. **Cobertura do Maracanã começará a ser erguida no dia 22 de novembro**. [online]. 26/10/2012. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://globoesporte.globo.com/futebol/copa-do-mundo/noticia/2012/10/cobertura-do-maracana-comecara-ser-erguida-no-dia-22-de-novembro.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. Sistema Estadual de Meio Ambiente (Semad). **Manual de obras públicas sustentáveis**. [online]. Belo Horizonte, 2008. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.semad.mg.gov.br/images/stories/manuais/manual_obras_sustentaveis.pdf. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

EHRENBRING, Hinoel Zamis. TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. **Concretos reforçados com fibras naturais e fibras recicladas**. [online]. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, RS, 15 a 17 junho de 2016. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.firs.institutoventuri.org.br/images/T066_CONCRETOS_REFOR%C3%87ADOS_COM_FIBRAS_NATURAIS_E_FIBRAS_RECICLADAS.pdf. Arquivo capturado em 13 de abril de 2017.

HANGAR ENGENHARIA E PERÍCIAS. **Infiltrações em sistemas impermeabilizantes com mantas asfálticas**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL:

<https://hangareng.com.br/infiltracoes-em-sistema-impermeabilizantes/>. Arquivo capturado em 16 de abril de 2017.

IZQUIERDO, Indara Soto. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. São Carlos, 2011. Disponível na Internet via WWW. URL: file:///C:/Users/Fernanda/Desktop/DESENHO%20%20G2/2011ME_IndaraSotoIzquierdo.pdf. Arquivo capturado em 11 de mar. de 2017.

JSHOW ARQUITETO. **Entulho na construção civil**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.arquijhow.com.br/econew/71/econew>. Arquivo capturado em 16 de abril de 2017.

KAEFER, Luís Fernando. **A evolução do concreto armado**. São Paulo, 1998. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://wwwp.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf>. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

MACIEL, Tayanne. **Impactos ambientais da construção civil**. Março, 2016. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.pto15.com/single-post/2016/03/10/Impactos-ambientais-da-constru%C3%A7%C3%A3o-civil>. Arquivo capturado em 15 de maio de 1996.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo/SP: Atlas, 2003.

MATTOS, Bernardo Bandeira de Mello. **Estudo do Reuso, Reciclagem e Destinação Final dos Resíduos da Construção Civil na Cidade do Rio de Janeiro**. [online]. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009307.pdf>. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

NASCIMENTO, Francisco Tadeu F. do. **Concreto de alto desempenho e sua aplicação em vigas de edifícios**. [online]. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP), para titulação no Mestrado em Engenharia de Estruturas. São Carlos/SP, 1997. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/1997ME_FranciscoTadeuFerreiradoNascimento.pdf. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

NTC. **Entendendo o concreto projetado**. 2015. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.ntcbrasil.com.br/blog/entendendo-o-concreto-projetado/>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

PEDROSO, Fábio Luís. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. 2009. IN.: REVISTA CONCRETO. [online]. Ibracon, ed: 53, Concreto e Construções, 2009. Disponível na Internet via WWW. URL: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

PEREIRA, Patrícia Isabel. **Construção sustentável: o desafio**. [online]. Monografia para licenciamento em Engenharia Civil apresentada à Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2009. Disponível na Internet via WWW. URL: http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T_13485.pdf. Arquivo capturado em 10 de abril de 2017.

RAAD, Henrique Jardim et al. **Reaproveitamento de papel de embalagens de cimento na produção de manta asfáltica impermeabilizante**. In: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RESPONSABILIDADE SOCIAL: As Contribuições da Engenharia de Produção Bento Gonçalves. [online]. RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_165_962_19481.pdf. Acesso em: 13 de abril de 2017.

RIBEIRO, Fábio. **Curso de dosagem de concretos**. CEULP/ULBRA – Curso de Engenharia Civil, 2010. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Dosagem/374807.html>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

RODRIGUEZ, Carolina Stevenson. **Composicion y tipos de concreto**. 2016. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.todaobra.com/piso/>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

Simieli, Daniel, Mizumoto, Camilo, da Silva Segantini, Antônio Anderson, Moreira Salles, Flávio, Utilização de agregados reciclados em pavimentos intertravados Exacta [en linea] 2007, 5 (julho-dezembro) : [Fecha de consulta: 24 de maio de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050204>> ISSN 1678-5428.

SCHMAL, Anna Katharina Aleixo. ÁVILA, Marília. **Projeto construa limpo**. [online]. Actas de Diseño 5. Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo. pp. 31-248. ISSN 1850-2032. Diseño en Palermo. III Encuentro Latinoamericano de Diseño 2008. Disponível na Internet via WWW. URL: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/archivos/1_libro.pdf. Arquivo capturado em 13 de abril de 2017.

SISTEMA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS (SEMAD/MG). Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2016**. Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS/MINAS_SEM_LIX%C3%95ES/Relat%C3%B3rio_de_Progresso_2016_-_PANORAMA_RSU_2015_FINAL_Revisado.pdf. Arquivo capturado em 16 de mar. de 2017. Arquivo capturado em 11 de mar. de 2017.

SOTO, Nicolle Talyta Arriagada. **Avaliação de propriedades do concreto de pós reativos**. [online]. Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Patologia das Construções, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014. Disponível na Internet via WWW. URL: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3855/1/CT_CEPAC_V_2014_08.pdf. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

STEFANOVICZ, Laiana Santos Wawzyniak. **Mochila restaurando sacos de cimento**. [online]. Centro Universitário Uniandrade. 11º P&D Design. Gramado/RS, de 30 de setembro a 2 de outubro de 2014. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.ufrgs.br/ped2014/prototipos/pdf/337.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2017.

THOMAZ, Eduardo C. S. **Concretos de Alta Resistência, traços, linhas de tendência**. [s.d.]. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/traco.pdf. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

TODAOBRA.COM. **Traço para contrapiso**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.todaobra.com/piso/>. Arquivo capturado em 17 de abril de 2017.

VARELA, Noel. VIEIRA, Fernando Sales. **Cimento: Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas** [s.d.]. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/paper%2037.pdf>. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos especiais: propriedades, materiais e aplicações**. 2008. [online]. Relatório Final de Pesquisa Bolsa de Iniciação Científica FAPESP. UNESP - CAMPUS DE BAURU/SP. Bauru/ São Paulo, 2008. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/c.especiais/Conc%20Esp%20Paula.pdf>. Arquivo capturado em 11 de abril de 2017.

APÊNDICES**Apêndice A- GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO**

GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO						
Peneira (mm)	1° determinação		2° determinação		% retida média	% retida acumulada
	Peso retido	% retida	Peso retido	% retida		
100,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
75,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
50,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
25,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
19,0	15,3	0,3%	12,6	0,3%	0,3%	0,3%
12,5	2551,8	51,0%	2658,3	53,2%	52,1%	52,4%
9,5	1003,2	20,1%	939,1	18,8%	19,4%	71,8%
6,3	913,6	18,3%	816,2	16,3%	17,3%	89,1%
FUNDO	515,9	10,3%	573,6	11,5%	10,9%	100,0%
TOTAL	4999,8	-	4999,8	-	-	-

Apêndice B- GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO

GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO						
Peneira (mm)	1° determinação		2° determinação		% retida média	% retida acumulada
	Peso retido	% retida	Peso retido	% retida		
9,5	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
6,3	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0%	0,0%
4,8	0,0	0,0%	8,4	1,7%	0,8%	0,8%
2,4	37,2	7,4%	37,5	7,5%	7,5%	8,3%
1,2	64,2	12,8%	60,8	12,2%	12,5%	20,8%
0,6	77,4	15,5%	75,3	15,1%	15,3%	36,1%
0,3	215,2	43,0%	208,8	41,8%	42,4%	78,5%
0,15	87,8	17,6%	92,1	18,4%	18,0%	96,5%
FUNDO	18,2	3,6%	17,0	3,4%	3,5%	100,0%
TOTAL	500,0	-	499,9	-	SOMATÓRIO	241,0%
MÓDULO DE FINURA	2,41					

Apêndice C- MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO

MASSA ESPECÍFICA MN 52:2009		
Picnômetro n°	1	2
Massa picnômetro +brita+água,t°C de ensaio (g)	1326,5	1401,7
Massa picnômetro cheio de água (g)	1202,1	1202,1
Massa material seco (g)	200	200
Massa específica da água, t°C de ensaio (g/cm ³)	0,9981	0,9981
Massa específica (g/cm ³)	2,645	2,629
Massa específica média (g/cm ³)	2,64	

Apêndice D- MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO

MASSA UNITÁRIA AGREGADO MIÚDO NATURAL				
Determinação	Volume do recipiente (dm ³)	Massa do recipiente + amostra (kg)	Massa do recipiente (kg)	Massa unitária (kg/dm ³)
1	15	32,1	7,55	1,64
2	15	31,95	7,55	1,63
3	15	32,30	7,55	1,65
MÉDIA	15	32,12	7,55	1,64

Apêndice E- MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO GRAÚDO

MASSA UNITÁRIA AGREGADO GRAÚDO NATURAL
--

Determinação	Volume do recipiente (dm ³)	Massa do recipiente + amostra (kg)	Massa do recipiente (kg)	Massa unitária (kg/dm ³)	Massa unitária (kg/m ³)
1	15	28,90	7,55	1,42	1423,33
2	15	29,15	7,55	1,44	1440,00
3	15	28,50	7,55	1,40	1396,67
MÉDIA	15	28,85	7,55	1,42	1420,00