



CONCRETO REFORÇADO COM RESÍDUO FIBRAS DE ARAME RECOZIDO, PROVENIENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Thiago de Freitas Almeida (*), Wodson Vieira Gomes, Eduardo Moutinho dos Santos, Andreia Boechat Delatorre, Cristiane de Jesus Aguiar

*Professor e Bolsista dos Programas de Pesquisa e Iniciação Científica da Universidade Estácio de Sá-Campus Macaé.
E-mail: almeida.thiago@estacio.br

RESUMO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, pois possui uma série de características que lhe garantem esse posto, como: boa resistência a compressão, resistência ao fogo, boa relação entre durabilidade e custo, controle acústicos, possibilidade de pré-fabricação entre outros. Por outro lado, possui algumas limitações, como resistência a tração reduzida, baixa resistência ao impacto e baixa capacidade de deformação antes da ruptura. Para melhorar essas limitações do concreto o mais utilizado é a combinação entre concreto e uma armadura de aço, essa combinação proporciona ao concreto um aumento da resistência e ductibilidade à tração. Outra combinação que vem sendo utilizada, para melhorar as limitações do concreto, é adição de fibras. Hoje existe uma grande variedade de fibras para concreto, sendo que a mais utilizada em aplicações estruturais é a fibra de aço, com a adição dessa fibra dá-se origem ao Concreto Reforçado com Fibras de Aço (CRFA). O objetivo deste trabalho é o estudo da incorporação do resíduo arames recozidos, proveniente da construção civil, em substituição das fibras de aço comerciais. A escolha do arame recozido na substituição das fibras de aço comerciais, se deu por ser um material produzido com aço de baixo teor de carbono, e ser muito utilizado na construção civil, para fixação de armaduras e de formas de madeira, o intuito é analisar a possibilidade de reaproveitamento desse material, pois após sua utilização, as sobras são descartadas junto com os demais insumos da construção. Após análise foi verificado que a adição do arame recozido trouxe benefícios à matriz cimentícia, além de contribuir com a melhora das propriedades mecânicas do concreto convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto Reforçado, Fibras de Aço, Arame.

ABSTRACT

Concrete is the most used material in civil construction, as it has a series of characteristics that guarantee this position, such as: good resistance to compression, resistance to fire, good relation between durability and cost, acoustic control, possibility of prefabrication among others. On the other hand, it has some limitations, such as reduced tensile strength, low impact resistance and low deformation capacity before rupture. To improve these concrete limitations, the most used is the combination of concrete and steel reinforcement, this combination provides concrete with increased tensile strength and ductility. Another combination that has been used to improve the limitations of concrete is the addition of fibers. Today there is a wide variety of fibers for concrete, the most used in structural applications is steel fiber, with the addition of this fiber gives rise to Concrete Reinforced with Steel Fibers. The objective of this work is the study of the incorporation of the annealed wire residue, coming from the civil construction, in substitution of the commercial steel fibers. The choice of the annealed wire in the replacement of commercial steel fibers, was due to the fact that it is a material produced with low carbon steel, and is widely used in civil construction, for fixing reinforcement and wooden forms, the purpose is to analyze the possibility of reusing this material, since after its use, the leftovers are discarded along with the other construction inputs. After analysis it was verified that the addition of the annealed wire brought benefits to the cementitious matrix, besides contributing to the improvement of the mechanical properties of the conventional concrete.

KEYWORDS: Reinforced Concrete, Steel Fibers, Wire.

INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil e no mundo, está sempre em constante evolução, desta forma as técnicas e materiais, utilizados nessa área, tem a necessidade de acompanhar essa evolução. O material mais utilizado na construção é o concreto, isso devido a sua capacidade de se acomodar e também ao seu baixo custo (FIGUEIREDO, 2011).



Segundo Figueiredo (2011), mesmo tendo a capacidade de se acomodar a distintas condições de produção, o concreto possui dificuldade de ocupar totalmente peças muito armadas e esbeltas, além de baixa ductibilidade, retração plástica e apresentar permeabilidade em ambientes úmidos, deficiências essas que podem originar várias patologias.

Desde sua origem, o concreto passou por uma grande evolução, gerando diversos tipos, com diferentes aplicações para diversas finalidades. Tal compósito continua sendo objeto de estudo, ainda nos dias atuais.

O concreto convencional é formado basicamente por agregados naturais, aglomerante, água e aditivos, possui como suas principais propriedades mecânicas: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade.

Porém, devido a esses processos, a indústria da construção civil também tem-se destacado devido à enorme quantidade de resíduos produzidos e despejados na natureza. Estes resíduos possuem uma variedade enorme de constituintes, e não possuem uma aplicação definida (JOHN, 2000).

De acordo com Gois (2010), a resistência à tração dos concretos é consideravelmente baixa, apenas de 7 a 10% em relação à resistência de compressão, e também possui baixa resistência ao impacto. O autor ainda indica que, uma das alternativas mais usadas para melhorar essas deficiências do concreto é a utilização de fibras, que funcionam como micro armadura de reforço.

O Concreto Reforçado com Fibras (CRF) é um material compósito basicamente formado por uma matriz cimentícia e uma determinada quantidade de fibras dispersas que visam melhorar as propriedades do conjunto. Hoje existe uma grande variedade de fibras, que de modo geral, podem ser classificadas como naturais, artificiais e sintéticas.

Nas fibras artificiais há uma subdivisão em orgânicas e inorgânicas. Dentro das inorgânicas estão as de carbono, vidro, cerâmica e metal (JUNIOR e ROCHA, 2011).

De acordo com Vendruscolo (2003), a diferença entre as fibras está relacionada à composição física e química, propriedades mecânicas e resistência, quando há exposição a meios agressivos.

Dentre os diferentes tipos de fibras, as de aço são as mais utilizadas para aplicações estruturais e são levadas em consideração em muitas aplicações não estruturais. Com a utilização de fibras de aço é dada origem ao Concreto Reforçado com Fibras de Aço (CRFA) (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Dentre as possíveis opções de substituição dessas fibras, podemos citar o arame recozido, que é feito com aço de baixo teor de carbono, e é resultado de um longo processo produtivo, que faz com que tenha duas principais propriedades: resistência e maleabilidade. Muito utilizado na construção civil, principalmente para fixação de armaduras de concreto e, no processo de amarração e fixação de formas que virão a receber o concreto.

Durante a utilização do arame na construção civil é possível observar algumas sobras e desperdícios, como: pedaços cortados em tamanhos que dificultam a utilização e arames retirados no processo de desforma. Esses insumos de arames são constantemente descartados junto com o restante dos insumos da construção.

Desta forma, afirma-se que o ponto central desse trabalho é a formulação de Concreto Reforçado com Fibras de Aço, utilizando as sobras de arames recozidos no lugar das fibras de aço comerciais, verificando o seu comportamento quando acionado à matriz cimentícia, além de verificar a contribuição para a melhora das propriedades do concreto convencional.

OBJETIVOS

O objetivo principal dessa pesquisa é avaliar o desempenho do concreto quando incorporado com fibras de aço, provenientes do arame recozido utilizado na construção civil, em diferentes teores, verificando o seu comportamento, e também a contribuição, da adição de fibras de arame nas propriedades do concreto convencional. Para tal será avaliada:

- As características do concreto, quando incorporados com fibras de arame recozido, em diferentes teores;
- O comportamento das propriedades mecânicas do concreto com o aumento do teor de fibras;
- A viabilidade da utilização de fibras de arame em concretos.

METODOLOGIA

O procedimento experimental desse trabalho foi constituído das etapas de obtenção do resíduo de arame recozido, dosagem experimental dos concretos, caracterização dos concretos frescos e avaliação da resistência à compressão há 28 dias.

A determinação do traço de referência adotado no método experimental foi definida para o concreto C30, determinado pela norma ABNT NBR 8953:2015. Esse traço deve atingir um FCK (do inglês, Feature Compression Know), traduzida para o português como Resistência Característica do Concreto, mínimo de 30 MPa, segundo a norma citada.

Com isso a partir da definição da dosagem do traço de referência (C-0), onde foi estabelecido o traço de concreto (1:1,28:2,28:0,42), partiu-se para o processo de execução. Essa mistura foi realizada mecanicamente com o auxílio de uma betoneira de queda livre que produz um movimento onde as pás internas da cuba levam o material até a parte superior e de lá estes caem por gravidade ou queda livre, os materiais foram misturados aos poucos, garantindo uma homogeneidade. A quantificação de cada material utilizado para confeccionar os traços de concretos encontra-se conforme a Tabela 1.

**Tabela 1. Consumo de materiais por m³. Fonte: Autores do trabalho.**

| Misturas de concreto | Consumo de materiais por m³ | | | | |
|----------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|----------|
| | Cimento (Kg) | Areia (Kg) | Brita (Kg) | Fibra (Kg) | Água (L) |
| C-0 | 479 | 615 | 1094 | 0 | 179 |
| C-20 | 479 | 615 | 1094 | 20 | 179 |
| C-40 | 479 | 615 | 1094 | 40 | 179 |
| C-60 | 479 | 615 | 1094 | 60 | 179 |

Para os traços de concreto reforçado com o resíduo de arame recozido, foi utilizado o mesmo traço, sendo que a cada mistura foi adicionado o resíduo, nas proporções de 20Kg/m³ para o traço C-20, 40Kg/m³ para o traço C-40 e 60Kg/m³ para o traço C-60. Nas misturas com adição de fibras de arame, as mesmas foram adicionadas aos poucos, com a betoneira funcionando, com o intuito de obter uma distribuição uniforme.

O concreto fresco foi caracterizado através do *Slump Test*, realizado de acordo com a norma ABNT NBR NM 67:1998. O teste de *Slump* tem por objetivo determinar o grau de plasticidade do concreto fresco, o que será capaz de influenciar de maneira direta em suas propriedades físicas e mecânicas. O grau de plasticidade varia em função do abatimento do tronco de cone, determinando o processo de adensamento que será empregado na moldagem dos corpos-de-prova, como mostrado na Tabela 2:

Tabela 2. Processo de adensamento. Fonte: Ribeiro *et al.*, (2011).

| Abatimento (mm) | Processo de Adensamento |
|------------------|-------------------------|
| $X \leq 20$ | Vibração |
| $20 < X \leq 60$ | Vibração ou Manual |
| $X > 60$ | Manual |

A determinação do abatimento foi realizada a partir da amostra de concreto fresco sendo inserida no molde, sobre uma placa metálica de base. Em seguida, o adensamento compor-se-á em 3 camadas com 25 golpes cada e então o molde foi retirado para a medição do abatimento, em milímetros.

A moldagem dos corpos de prova foi executada seguindo as diretrizes da NBR 5738:2016. A mistura foi adensada nos moldes cilíndricos, com dimensões de 10cm de diâmetro por 20 cm de altura. Os moldes foram untados previamente com óleo mineral, no intuito de facilitar a retirada do corpo-de-prova após a sua secagem. Foram produzidos 4 corpos de prova para cada traço descrito na Tabela 1. No processo de cura dos corpos de prova de concreto, foi utilizado o método de imersão. Este modelo de cura mantém os corpos de prova hidratados e assim obtém o melhor resultado possível, o tempo de imersão varia de acordo com as datas previstas para o rompimento, neste estudo foi adotado um único tempo de cura de 28 dias.

O ensaio de resistência à tração pela compressão diametral objetivou analisar a influência do resíduo de arame recozido nas propriedades do concreto. Foi realizado de acordo com a ABNT NBR 7222:2015. O carregamento do ensaio foi aplicado continuamente e sem choques, na prensa de ensaios adaptada. O carregamento cessou quando houve queda da força aplicada, indicando o rompimento do corpo de prova. A resistência à tração foi calculada utilizando a Equação 1.

$$f_{ctsp} = (2.F) / (\pi.d.l) \quad (2)$$

Onde:

f_{ctsp} é a resistência à tração por compressão diametral, em MPa;

F é a força máxima alcançada, em N;

d é o diâmetro do corpo-de-prova, em mm;

l é o comprimento do corpo de prova, em mm.

RESULTADOS

A Tabela 3 mostra um comparativo entre os valores obtidos para o *Slump Test* realizado nas massas de concreto fresco produzido, objetivando analisar a consistência de cada mistura e assim verificar a influência da incorporação do arame recozido na trabalhabilidade.

Tabela 3. Resultado comparativo com os valores do *Slump Test*. Fonte: Autores do Trabalho.



| Mistura de concreto | Abatimento em mm |
|---------------------|------------------|
| C-0 | 95 |
| C-20 | 95 |
| C-40 | 80 |
| C-60 | 70 |

Como podem ser observados, todos os traços de concreto estudados apresentaram valores de abatimento superior à 60 mm. A diminuição do abatimento do concreto, com o arame recozido, indica, por sua vez, que houve um aumento da consistência do concreto o que diminui a sua trabalhabilidade. Segundo Babu e Prakash (1995) a redução da porosidade e da absorção de água do concreto faz aumentar a durabilidade deste material por meio da diminuição da permeabilidade, da redução do transporte de íons prejudiciais e do conteúdo de hidróxido de cálcio, resultando numa resistência maior ao ataque de sulfatos. Ainda, a melhoria da durabilidade do concreto leva a um aumento da proteção contra a corrosão do aço utilizado no concreto. Além disso, definiu-se o processo de adensamento manual para os todos os tipos de concreto produzidos.

Na Figura 1 são apresentados os resultados da resistência axial, nos corpos-de-prova sem adição do arame recozido (C-0) e com adição do arame recozido ao final do 28º dia.

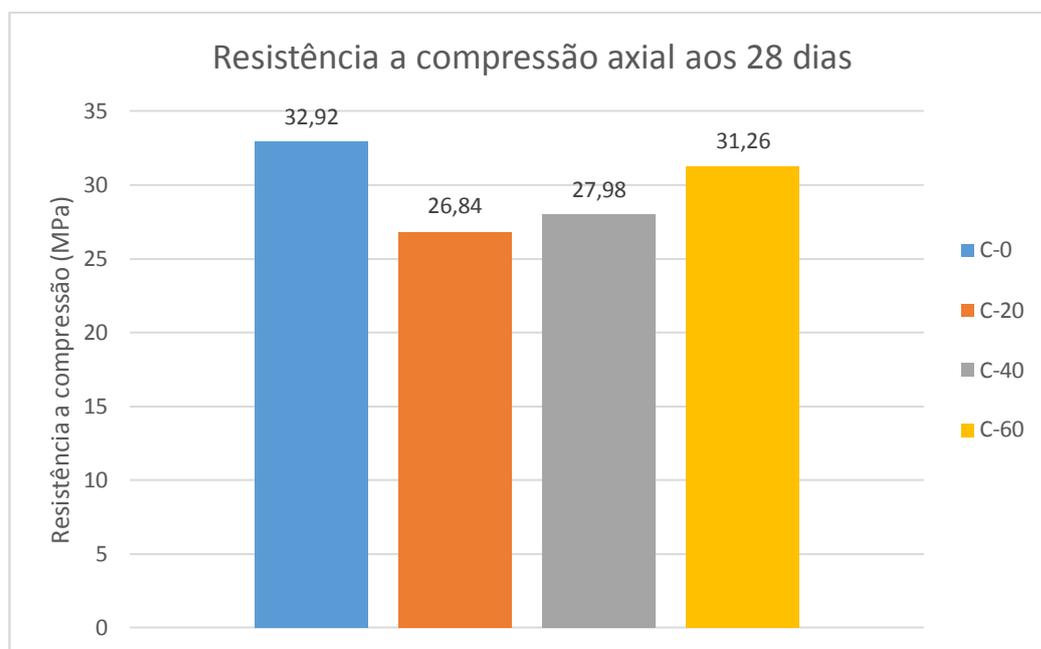


Figura 1: Resistência a compressão axial aos 28 dias. Fonte: Autores do Trabalho.

No traço de referência (C-0) foi verificada resistência axial média de 32,92 MPa. Foi verificada diminuição da resistência axial em 18,47% no traço C-20, 15,01% no traço C-40 e 5,04% no traço C-60 ao final dos 28 dias de cura. A diferença nos resultados pode ser explicada pelas diferentes metodologias empregadas, segundo Hoppen *et al.* (2005) a utilização de vibração nas prensas para moldagem dos corpos-de-prova ou uso de hastes metálicas e moldagem manual podem causar essa diferença.

Os valores obtidos no ensaio de compressão diametral nos corpos de prova após o período de 28 dias, são apresentados na Figura 2.

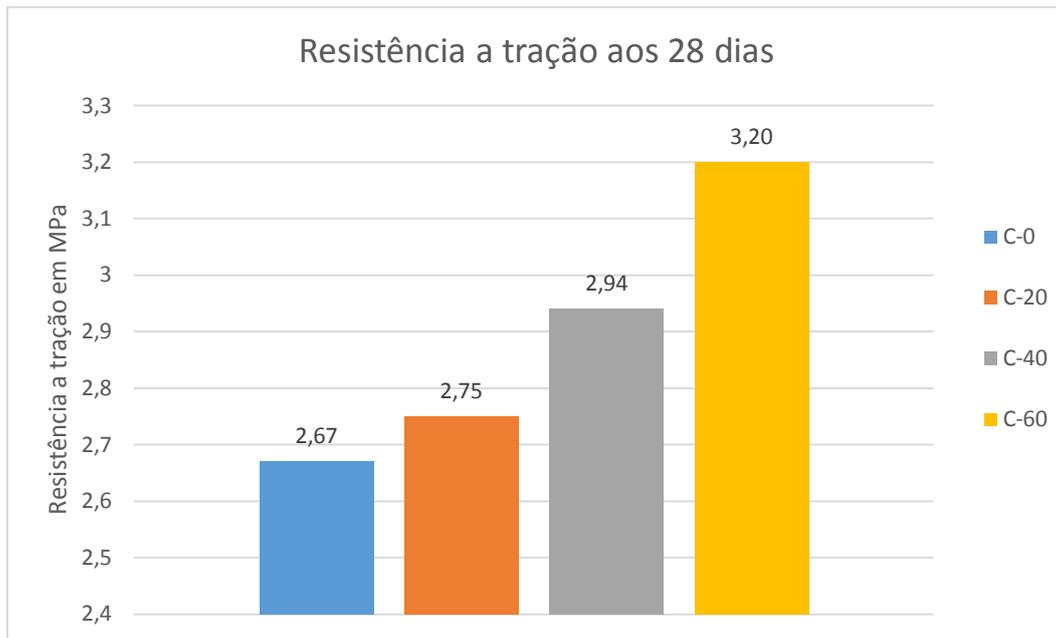


Figura 2: Resistência a tração pela compressão diametral aos 28 dias. Fonte: Autores do Trabalho

Pode-se verificar que a resistência média resultou em 2,67 MPa no corpo de prova de concretoreferência (C-0), ocorrendo um aumento de 2,99% para o traço C-20, 10,11% para o traço C-40 e 19,85% com o traço C-60. A análise possibilitou compreender o acréscimo de resistência e decréscimo na compressão diametral à medida em que o arame recozido foram agregados ao traço de concreto.

Durante o ensaio de tração pela compressão diametral foi observada uma mudança no comportamento de ruptura dos corpos de prova. Essa diferença de comportamento pode ser observada na Figura 3.

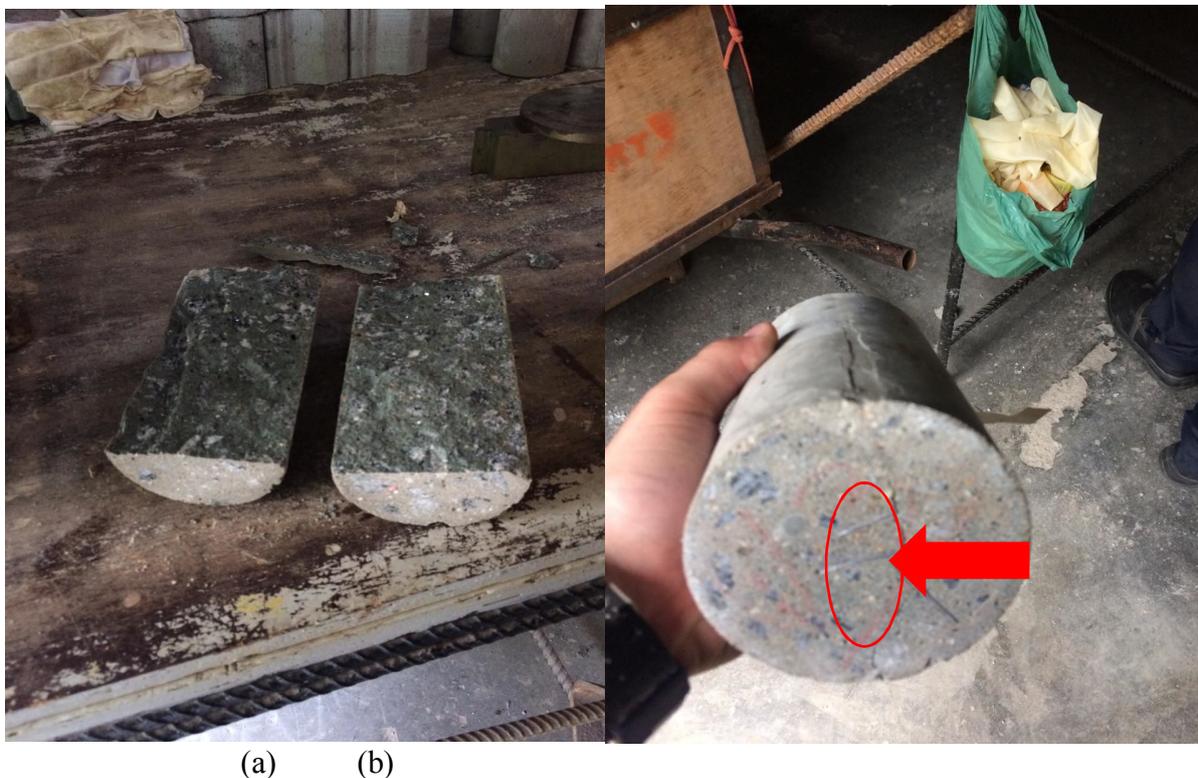


Figura 3: Corpos de prova submetidos ao ensaio de tração pela compressão diametral, (a) sem adição de fibras e (b) com adição de fibras. Fonte: Autores do Trabalho



Enquanto os corpos de prova de concreto sem adição do arame recozido foram bruscamente rompidos, Figura 3a, os corpos de prova com adição do resíduo apenas fissuraram,mas não se romperam completamente, como indica a seta em destaque na Figura 3b.

CONCLUSÕES

No decorrer do trabalho foi observado que ao adicionar fibras de arame recozido ao concreto há modificações em suas propriedades mecânicas, atribuídas à resistência a tração e o módulo de elasticidade que as fibras de arame possuem.

Através do ensaio de compressão axial, pode-se observar que os concretos com fibras de arame recozido reduziram consideravelmente a resistência a compressão quando comparado ao concreto sem adição. Ao mesmo tempo com o aumento do teor de fibras,a resistência tendeu a aumentar proporcionalmente ao teor acrescido, de modo que o concreto com 60Kg/m³, o maior teor ensaiado, apesar de não ter chegado à resistência do concreto sem fibras, ficou dentro da resistência estipulada de projeto, 30 MPa.

No ensaio de tração por compressão diametral, observou-se que a adição de fibras de arame recozido ao concreto influenciou diretamente na resistência à tração, designando um aumentando dessa propriedade, o que tende a reduzir a propagação de fissuras, proporcionando ao concreto, um comportamento dúctil.

Por meio desse trabalho pode-se concluir que a adição de fibras de arame recozido, oriundas da construção civil, possibilita melhora nas propriedades de tração do concreto, e causa uma melhor distribuição das tensões internas desse compósito, realizando uma espécie de costura entre as fissuras e uma barreira à propagação das mesmas, aumentando a ductibilidade do concreto, pois o início de fissuração não consegue levar o material a ruína, tornando o compósito menos frágil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 1772. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro. 2015.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9939. **Agregados - Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2011.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8953. **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro. 2015.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR NM 67. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro. 1998.
5. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro. 2016.
6. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5739. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2018.
7. BABU, K. G.;PRAKASH, P.V.**Cementand Concrete Research**. Res. 25, 6.1995.
8. FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.
9. HOPPEN, C. **Reciclagem de lodo de ETA centrifugado na construção civil, método alternativo para preservação ambiental**, Tese de D.Sc., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2004.
10. JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.
11. JUNIOR, E. S. D; ROCHA, L. F. S; **Estudo de concreto com adição de fibra de polipropileno para controle da fissuração**. Monografia (Graduação) – Universidade da Amazônia. 2011.
12. MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2014.
- VENDRUSCOLO, M. A. **Estudo do comportamento de materiais compósitos fibrosos para aplicação como reforço de base de fundações superficiais**. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre, RS, 2003.