



UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANALISE COMPARATIVA ENTRE ENSAIOS DE FLEXÃO E CORROSÃO
UTILIZANDO CONCRETO ARMADO COM BARRA DE AÇO E COM
POLIMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO**

CURITIBA

2019

FRANCINE MAIA DE OLIVEIRA
GUILHERME AUGUSTO DE ASSIS
RENAN VINICIUS STADINICKI

**ANALISE COMPARATIVA ENTRE ENSAIOS DE FLEXÃO E CORROSÃO
UTILIZANDO CONCRETO ARMADO COM BARRA DE AÇO E COM
POLIMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
requisito parcial para a graduação do
Curso de Engenharia Civil da
Universidade Tuiuti do Paraná – UTP.

Professor Orientador: Eng. Esp.
Ricardo A. Voss

CURITIBA

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Nossa Senhora da Conceição Aparecida, por toda benção, proteção, amor e misericórdia.

Aos meus amados pais, Valter Maia de Oliveira Junior e Elisangela Rodrigues de Lima, por todo o amor, incentivo e esforço dedicado para que eu aqui chegasse.

A minha avó, Rosi Maria Ribeiro Cordeiro, por todo amor, carinho e paciência.

Francine Maia de Oliveira

Dedico este trabalho aos meus pais amados, Gilson Roberto de Assis e Adriana da Silva de Assis, por todo o amor, incentivo e esforço empregado para que eu aqui chegasse e por todo os ensinamentos transmitidos.

A minha irmã, Ana Julia de Assis, por todo amor e companheirismo.

Guilherme Augusto de Assis

Dedico este trabalho aos meus pais, Ana Pereira Bezerra Stadinicki e Emerson Marcos Stadinicki, por todo o amor, incentivo e apoio em todas as etapas do curso e em minha vida.

Renan Vinicius Stadinicki

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos deu a vida e nos permitiu que chegássemos até aqui.

Registramos nossa gratidão infinita aos nossos pais, por todo o amor e paciência demonstrados.

À nossa família, pelo carinho e força.

Ao nosso Professor Orientador Ricardo Augusto Voss, nossa imensa gratidão por toda a dedicação, disposição e auxílio, por todas as palavras de suporte, profissionalismo e competência de sempre.

A Empresa Haizer, que disponibilizou o material PRFV utilizado em nosso estudo e por toda a ajuda sempre que solicitada.

Nosso muito obrigado a vocês, que fizeram parte da realização desse sonho!

RESUMO

Este estudo consiste em analisar o comportamento da barra de aço CA-50 e do Polímero Reforçado com Fibra de vidro (PRFV), em vigas de concreto armado. Três vigas foram sujeitadas a um ensaio de flexão em três pontos para vigas de concreto armado, onde a viga é submetida a um esforço localizado no centro da peça. Também foram confeccionados dois corpos de prova representados “mini vigas”, os mesmos foram expostos a um ensaio de corrosão em câmara de névoa salina. Como preenchimento dos moldes, foi utilizado um concreto confeccionado a partir de um cimento CII F40.

Para que fosse exequível o objetivo, foram confeccionadas três vigas com mesmas dimensões de 0,15 cm x 0,20 cm x 1 m. A primeira armada com barras de aço CA-50 e estribos de aço CA-60, a segunda com barras de PRFV e estribos de PRFV, e a terceira viga com barras de PRFV e estribos de aço CA-60. Os dois corpos de prova com seção dimensionada em 0,15 cm x 0,17 cm e 0,26cm de comprimento, como parâmetro de igualdade o arranjo das barras foi igual e distribuídas da seguinte forma, a 1ª e a 2ª barra estão aparentes, a 3ª e a 4ª estão ajustadas respeitando o cobrimento mínimo prescrito pela norma NBR 6118 (ABNT,2014) de 2,5 cm.

Podendo assim, ser feita uma análise comparativa entre seus resultados, concluindo se realmente existe vantagem em substituir a barra de aço CA-50 pelo PRFV.

Palavras-Chave: PRFV, Concreto Armado, Aço.

TERMO DE APROVAÇÃO

FRANCINE MAIA DE OLIVEIRA

GUILHERME AUGUSTO DE ASSIS

RENAN VINICIUS STADINICKI

ANALISE COMPARATIVA ENTRE ENSAIOS DE FLEXÃO E CORROSÃO UTILIZANDO CONCRETO ARMADO COM BARRA DE AÇO E COM POLIMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenharia Civil.

COMISSÃO AVALIADORA

RICARDO AUGUSTO VOSS
UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ

DENISE THOLKEN
UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ

MONIGLECIA ALCADE ORIOLI
UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ

CURITIBA, ____ DE _____ DE 2019

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	16
2.1 CONCRETO ARMADO.....	16
2.1.1 Definição	16
2.1.2 Vantagens e desvantagens do concreto armado	16
2.1.3 Estruturas.....	17
2.1.4 Elementos Estruturais.....	17
2.1.5 Massa específica	17
2.1.6 Estado limite último	18
2.1.7 Estado limite de serviço.....	18
2.1.8 Qualidade da Estrutura.....	19
2.1.9 Fissuras.....	19
2.1.10 Corrosão	20
2.2 ARMADURA	21
2.2.1 Detalhamento da Armadura.....	22
2.2.2 Cobrimento	23
2.3 CORPOS DE PROVA.....	24
2.4 BARRA DE AÇO	25
2.4.1 Definição e Importância.....	25
2.4.2 Fabricação	25
2.4.3 Características	25
2.4.4 Barras e Fios	28
2.5 POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO.....	29
2.5.1 Definição	29
2.5.2 Histórico	29
2.5.3 Normas Técnicas do PRFV	30
2.5.4 Propriedades do PRFV.....	31
2.5.5 Aderência das barras de PRFV.....	35
2.6 ENSAIOS	35
2.6.1 Ensaio de Flexão em três pontos.....	35
2.6.2 Ensaio de Corrosão (Exposição a Névoa Salina)	36
3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	38
3.1 CONFECÇÃO DAS VIGAS.....	38
3.2 Confecção dos Corpos de Prova para Ensaio de Corrosão por Exposição à Névoa Salina	41

4. ENSAIOS E RESULTADOS	43
4.1 ENSAIO DE FLEXÃO EM TRÊS PONTOS:.....	43
4.1.1 Resultados	43
4.2 ENSAIO DE CORROSÃO POR EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA.....	47
4.2.1 Resultados	48
5. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	53
ANEXO 01 – RELATÓRIO DOS ENSAIOS LACTEC	53
ANEXO 02 - CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA HAIZER.....	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL	20
FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DE UMA VIGA SEM ARMADURA	22
FIGURA 3 – ILUSTRAÇÃO DE UMA VIGA COM ARMADURA.....	22
FIGURA 4 – COBRIMENTO NOMINAL EM FUNÇÃO DA CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL	24
FIGURA 5 – DIAGRAMA DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE AÇOS TRATADOS A QUENTE	26
FIGURA 6 – DIAGRAMA DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE AÇOS TRATADOS A FRIO	27
FIGURA 7 – PROPRIEDADES MECÂNICAS EXIGÍVEIS DE BARRAS E FIOS DE AÇO DESTINADOS A ARMADURAS PARA CONCRETO ARMADO	28
FIGURA 8 – CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAS	29
FIGURA 9 – COMPARATIVO DE PESO ENTRE O AÇO E O PRF RUSSO.....	34
FIGURA 10 – ESTÁGIOS DAS SEÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOB FLEXÃO.	36
FIGURA 11 – CÂMERA DE ENSAIO DE CORROSÃO POR NÉVOA SALINA.....	37
FIGURA 12 – CAIXARIA DAS VIGAS	39
FIGURA 13 – BETONEIRA UTILIZADA PARA O PREPARO DO CONCRETO	40
FIGURA 14 – MOLDES ENCHIDOS E PRONTOS PARA INICIAR O PROCESSO DE CURA	40
FIGURA 15 – ARRANJO DAS BARRAS DENTRO DO CORPO DE PROVA	42
FIGURA 16 – CORPOS DE PROVA PRONTOS PARA O INÍCIO DO ENSAIO DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA	42
FIGURA 17 – MÁQUINA ONDE FOI REALIZADO O ENSAIO DE FLEXÃO	43
FIGURA 18 – VIGA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO SUBMETIDA A UM ESFORÇO DE 4.800 KGF	44
FIGURA 19 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO	45
FIGURA 20 – VIGA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV SUBMETIDA A UM ESFORÇO DE 5.600 KGF	45
Figura 21 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV	46
FIGURA 22 – VIGA DE CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60 SUJEITADA A UMA FORÇA DE 1.600 KGF	46
FIGURA 23 – VIGA DE CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60 SUJEITADA A UMA FORÇA DE 5.000KGF	47
FIGURA 24 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60.....	47
FIGURA 25 – IMAGEM DA AMOSTRA DO CORPO DE PROVA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO APÓS O ENSAIO DE 508 HORAS DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA NEUTRA	48
FIGURA 26 – IMAGEM DA AMOSTRA DO CORPO DE PROVA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV APÓS O ENSAIO DE 508 HORAS DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA NEUTRA.....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS ENTRE O AÇO E PRFV	33
TABELA 2 – COMPARATIVO DO PESO DAS COLUNAS DE AÇO E PRFV	39
TABELA 3 - TABELA COM OS RESULTADOS DO ENSAIO DE FLEXÃO	44

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ACI	American Concrete Institute
PRF	Polímero Reforçado com Fibra
PRFV	Polímero Reforçado com Fibra de Vidro

1. INTRODUÇÃO

Em 1867, um jardineiro francês chamado Joseph Monier na época fabricante de vasos desde 1849, percebeu que o material utilizado para a fabricação dos mesmos era frágil, então, começou a mergulhar na massa de concreto uma malha de aço, tornando-a assim mais resistente. Esse método único para a construção de seus vasos, ainda não conhecido já era o concreto armado.

Seu método sofreu um enorme avanço ao ponto de ser patenteado e com isso pode exibi-lo na Exposição de Paris de 1867. A primeira extensão de sua patente parece ter sido para a construção de reservatórios de água.

Entre os anos 1868 e 1873, Monier participou da execução de seu primeiro reservatório possuindo 25 metros cúbicos. Um tempo depois executou outros dois, um possuindo 180 metros cúbicos, e outro, com 200 metros cúbicos. Os quais eram sustentados por colunas.

Joseph Monier é considerado um dos grandes propagadores de construção em concreto armado (FERREIRA DE SOUZA JUNIOR, Tarley).

Por anos utilizavam a pedra como um material de construção, pois ela é durável e resiste bem aos esforços de compressão. Porém quando tentavam usa-las para vencer vãos de médio porte como pontes por exemplo, as forças de tração a faziam romper.

Assim que o homem começou a usar o concreto, que nada mais é que uma pedra artificial, produzida através da ligação do cimento, pedra, areia e água, ele descobriu que a limitação continuava a mesma.

Por conta da sua fragilidade, surge a ideia de usar uma mistura material, sabendo que o concreto resiste bem na parte comprimida da peça, perceberam a possibilidade de adicionar um material de alta resistência a tração em sua parte tracionada. Na época, o único material que obtinha essas características era o aço que foi adicionado ao concreto, mantendo assim a estabilidade da estrutura. Isso resultou o que hoje conhecemos como o concreto armado. (BOTELHO E MARCHETTI, 1998)

Uma importante obra que teve início em 2004 utilizando o concreto armado, é *Burj Khalifa*, considerado o maior prédio do mundo, com 828 metros de altura que está localizado em Dubai nos Emirados Árabes Unidos. Em sua construção, foi utilizado

330 mil metros cúbicos de concreto e 31 mil toneladas de aço. Demorou cerca de 6 anos para o término do prédio, o mesmo possui 160 andares.

Segundo o Professor Doutor Paulo Sérgio dos Santos Bastos (UNESP-Bauru/SP), um material de construção considerado bom, apresenta duas características fundamentais: resistência e durabilidade.

Até algumas décadas atrás, não se ousava pensar em substituir as barras de aço no reforço de estruturas de concreto. Porém, alguns dos problemas associados à vida útil da construção de concreto armado está na corrosão das armaduras de aço.

As mesmas quando expostas a ambientes agressivos com íons de cloreto aumentam de volume, variando de 2,5 até 5 vezes do seu tamanho original. Esse aumento, faz com que apareça fissuras no concreto.

Portanto, inúmeras alternativas vem sendo estudadas, como o cobrimento das barras de aço com resina epóxi. Também, à possibilidade de utilização de outros materiais para armadura. Um desses materiais, são as barras estruturais constituídas a partir de Polímeros Reforçados com Fibras (PRF). Essas barras tornaram-se uma opção viável, a qual vem sendo estudada e utilizada, gerando muito interesse.

Este estudo reforça a possibilidade de utilização dos mesmos em estruturas de concreto armado. Pode-se dizer que chegou o momento de sair do tradicional, e acreditar nos materiais compósitos.

Recentemente no Brasil algumas indústrias iniciaram a produção e comercialização de barras e telas de PRF. Porém, não existem normas brasileiras que regem como deve ser dimensionado este material. Em função disto, este estudo por opção, respeita o que diz a norma ACI 440 1R (ACI, 2015) – Estados Unidos.

Segundo o ACI 440 1R (ACI, 2006), o termo compósito pode ser aplicado a qualquer combinação de dois ou mais materiais separados por uma interface identificável entre eles (VIEIRA BEIRAL, WEVERTON, RJ, 2012)

De acordo com a Empresa Haizer 2019, os Polímeros Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), por eles fornecidos e utilizados nesta análise, não vêm com a função de substituir o aço, e sim adequá-lo à estrutura para a qual melhor se enquadre. O aço é substituído pelo PRFV em quase 60% das estruturas e em 100% como reforço estrutural.

O objetivo geral deste estudo, será analisar as vantagens em substituir no concreto armado convencional, ou seja, com barra de Aço CA-50 o Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV). Essa análise será feita através de ensaios de flexão e corrosão.

A fim de atender o objetivo geral, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Moldar uma viga em concreto armado com barras de aço e utilizando estribos de aço, esperar o tempo de cura e em seguida, realizar ensaio de flexão;
- Moldar a mesma viga (de iguais dimensões) em concreto armado substituindo a barra de aço pela barra de PRFV, utilizando estribos de PRFV, esperar o tempo de cura e em seguida, realizar ensaio de flexão;
- Moldar a mesma viga (de iguais dimensões) em concreto armado substituindo a barra aço pelo PRFV, e utilizando estribos de aço, esperar o tempo de cura e em seguida, realizar ensaio de flexão;
- Moldar um corpo de prova em concreto armado com aço, esperar o tempo de cura e em seguida, realizar ensaio de corrosão da armadura;
- Moldar um corpo de prova (de iguais dimensões) em concreto armado substituindo o aço pelo PRFV, esperar o tempo de cura e em seguida, realizar ensaio de corrosão da armadura;
- Comparar os resultados e tirar as devidas conclusões.

A metodologia para o desenvolvimento do trabalho consiste em, analisar o comportamento da barra de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e da barra de Aço CA-50 quando sujeitos a dois tipos de ensaios.

Um ensaio de flexão em três pontos para vigas de concreto armado, na qual a viga é submetida a um esforço localizado no centro da peça, e também a um ensaio de corrosão, com dois corpos de prova em concreto armado, expostos a uma câmara de névoa salina. Ambos os corpos devidamente armados com os materiais citados acima.

Para que seja exequível o objetivo, moldaram-se três vigas com mesmas dimensões, de 15 cm x 20 cm e 1 metro de comprimento e com mesmo arranjo de armadura. Sendo a primeira de concreto armado, com quatro barra aço CA-50 de um metro de comprimento e nove estribos de aço CA-60, espaçados a cada 10 cm. A segunda viga foi armada igualmente, utilizando quatro barras de PRFV com um metro

de comprimento e nove estribos de PRFV espaçados a cada 10 cm. A terceira viga foi armada igualmente, utilizando quatro barras de PRFV com um metro de comprimento e nove estribos de aço CA-60 espaçados a cada 10 cm.

O ensaio de corrosão por nevoa salina, utilizou-se de dois corpos de prova representando duas “mini vigas”, com seção dimensionada em 15 cm x 17cm e 26 centímetros de comprimento. O primeiro corpo de prova em concreto armado, está com quatro barras de aço CA-50 e dois estribos de aço CA 60, e o segundo corpo de prova está com quatro barras de PRFV e dois estribos de PRFV.

Como efeito de igualdade, o arranjo das armaduras dentro dos corpos de prova, em concreto armado foi utilizado da seguinte forma. A primeira e a segunda barra estarão aparentes, bem abaixo do espaçamento mínimo, de 2,5 cm prescrito pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014). A terceira e quarta barra estão ajustadas respeitando o que diz a norma.

Como enchimento para os moldes das vigas e dos corpos de provas, foi utilizado um concreto confeccionado a partir de um cimento CP II F40, com traço específico para vigas em sua própria embalagem.

Podendo assim concluir, se realmente existe vantagens em substituir a barra de aço CA-50 pelo Polímero Reforçado com Fibra de Vidro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 CONCRETO ARMADO

2.1.1 Definição

Elementos de concreto armado “são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência” (NBR 6118 (ABNT,2014)).

O concreto é formado por uma mistura específica denominada traço para cada tipo de estrutura. Este é composto por cimento, água, agregados que podem ser miúdos e/ou graúdos e ar. Podendo ser feita também adições em seu composto tendo como finalidade melhorar suas propriedades. O concreto e armadura (barras de aço) é chamado concreto armado, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão. Essa combinação garante que a estrutura não entre em colapso. Com a construção de moldes ou formas ele pode assumir qualquer forma como: vigas, pilares, lajes e outros. Neste estudo será analisada as vigas, que são elementos horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios. Para fins de normatizar o projeto de Estruturas em concreto armado, está em vigor, a NBR 6118 (ABNT,2014), que será utilizada como aporte teórico para este estudo.

2.1.2 Vantagens e desvantagens do concreto armado

VANTAGENS:

- Economia - O valor concreto é mais baixo em relação ao de uma estrutura metálica, com exceções, como por exemplos em grandes vãos. Não exige mão de obra especializada.
- Durabilidade.
- Se adapta a qualquer tipo de fôrma.
- Bom trabalho a compressão
- Resistência ao desgaste mecânico (choques, vibrações).
- Facilidade de execução (fácil emprego e manuseio).

- Protege o aço da oxidação (corrosão), garantindo a durabilidade do conjunto.

DESVANTAGENS:

- Ser pesado, seu peso-próprio é de 25 kN / m³ o que pode ser reduzido com utilização de agregados mais leves.
 - Reforma e demolições difíceis ou até impossíveis.
 - Baixo grau de proteção térmica.
 - Demora de utilização (o prazo pode ser reduzido com a utilização de aditivos).
- (Ferreira de Souza, Tarley, 2011, p. 05)

2.1.3 Estruturas

Estruturas de concreto armados são compostas de uma ou mais peças, de maneira a formar um conjunto estável, capaz de receber solicitações externas, absorve-las e transmita-las para seus apoios, onde as solicitações encontrarão seu sistema estático equilibrante (SUSSEKIND, 1974, p. 01).

2.1.4 Elementos Estruturais

Os Elementos estruturas são peças, com dimensões preponderantes sobre as demais como vigas, lajes, pilares e etc. Eles compõe um estrutura e arranjas corretamente são chamadas de sistema estrutural. Alguns comportamentos são dependentes desse arranjo, não influenciando o material com que são feitos os elementos (CARVALHO & FIGUEIREDO, 2014, p. 23).

2.1.5 Massa específica

É considerado concreto, os que contem massa específica normal, com valores entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³. Para efeito de cálculos, é adotado para concreto simples ou seja sem armadura o valor 2400 kg/m³ e para o concreto armado 2500 kg/m³. (M. Pinheiro, Libânio ,et, 2004)

2.1.6 Estado limite último

Por definições NBR 8681 (ABNT,2004) Ações e segurança nas estruturas - Procedimento, “sua simples ocorrência determina paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção”. Está relacionado ao colapso das estruturas, ou de qualquer ruína estrutural.

Os estados limites na fase de projeto, são:

- Perda de equilíbrio global ou parcial;
- Ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais;
- Transformação da estrutura, no todo ou em parte, em sistema hipostático;
- Instabilidade por deformação;
- Instabilidade dinâmica.

2.1.7 Estado limite de serviço

Segundo a NBR 8681 (ANBT,2004), “sua ocorrência, repetição ou duração causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal da construção, ou que são indícios do comportamento da durabilidade da estrutura”.

O Estado limite de serviço está associado às maneiras que serão utilizadas as estrutura, para que haja conforto dos usuários, durabilidade e desempenho.

Quanto ao período de vida serão considerados estados limites de serviço (LIBÂNIO, 2003):

- Danos ligeiros ou localizados;
- Aqueles que comprometam o aspecto estético da construção ou a durabilidade da estrutura- fissuração;
- Deformações que afetem a utilização normal da construção ou seu aspecto estético- flechas;
- Vibração excessiva ou desconfortável.
- Os estados limites de serviço são resultado de ações cujas combinações podem ter três diferentes ordens de grandeza de permanência na estrutura: combinações quase permanentes, frequentes e raras.

2.1.8 Qualidade da Estrutura

A qualidade da estrutura, segue as seguintes exigências:

- Ser resistente ou seja ter segurança à ruptura;
- A durabilidade da estrutura segundo NBR 6118 (ABNT,2014) “capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural”.
- Pela NBR 6118 (ABNT,2014) “capacidade de a estrutura em manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada”, refere-se aos critérios de desempenho em serviço.

2.1.9 Fissuras

A viga em concreto armado, quando submetida a esforço de flexão simples, esgota sua capacidade resistente (ELU) pelo rompimento do concreto, devido à compressão, tendo escoado ou não sua armadura. Porém, impõe-se um limite à deformação da armadura tracionada, devido ao desconforto gerado por fissuras consideradas exageradas (Paulo Kioshi Nishikawa , 2017).

A fissuração é normal em vigas submetidas a um esforço de flexão. As fissuras, normalmente, são de menor gravidade e em geral, aparecem mais na superfície da peça. São estreitas e alongadas, com aberturas com menos de 5 mm. Geralmente não implicam em problemas estruturais, porém podem evoluir para consequências mais graves. É importante observar se a fissura evolui com o decorrer do tempo, ou se permanece estável, pois ela pode ser o primeiro estágio da trinca e da rachadura e elas podem ter algumas prováveis causas, como por exemplo, a insuficiência de armadura transversal (estribos) (João Carlos Souza, 2017).

2.1.10 Corrosão

A corrosão em estruturas de concreto armado, colocam em risco a vida útil da edificação, situação que, além de afetar os critérios de segurança da construção, ocasiona o aumento do custo de manutenção destas

A NBR 6118 (ABNT,2014) segue uma tabela demonstrada na figura 01, quanto a classe de agressividade ambiental, que de ser utilizada sempre que for dimensionar uma estrutura.

FIGURA 1 – CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

FONTE: ABNT NBR 6118/2014 ITEM 6.4 AGRESSIVIDADE DO AMBIENTE, PÁG. 16 TABELA – CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

As armaduras inseridas como componentes estruturais do concreto estão, em princípio, protegidas e passivadas contra o risco de corrosão. Esta A proteção é proporcionada pelo concreto de recobrimento, que forma uma barreira física protegendo contra os agentes externos, e principalmente por uma proteção química da alcalinidade presentes nos poros do concreto, pH em torno de 12,5, ideal para formação e manutenção desta película passivadora. (Corrosão em estruturas de concreto armado Ivan Rocha MBA Projeto, Execução e Controle de Estruturas e Fundações. Instituto de Pós-Graduação - IPOG Goiânia, GO, 02 de abril de 2015.)

Se essa proteção de concreto é deteriorada, ocorre a corrosão das armaduras, ambas só trabalham juntas para que a estrutura não entre em colapso. Metha & Monteiro (1994), citam, que nenhum material tem uma vida útil longa, justificando que, a partir do contato com o meio ambiente, suas propriedades e as microestruturas serão modificadas.

A armadura de aço, ao sofrer a corrosão, sofre perda de seção, devido à dissolução do ferro, resultando na perda de aderência aço/concreto, na redução da capacidade estrutural da peça e no surgimento de manchas de coloração marrom alaranjada. Assim, devido às tensões internas expansivas provenientes dos produtos da corrosão, a deterioração da ferragem e o destacamento da camada de cobrimento, sugerida por (MAR, 2006)

“O ataque uniforme é uma forma de corrosão eletroquímica que ocorre com intensidade equivalente ao longo da totalidade de uma superfície exposta, frequentemente deixando para trás uma incrustação ou um depósito.” (CALLISTER, 2002, p. 399)

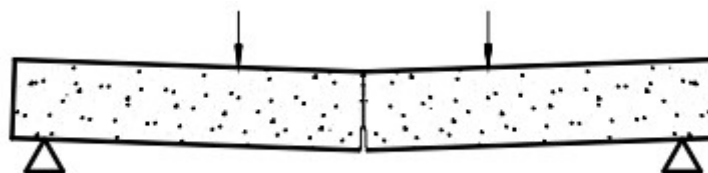
2.2 ARMADURA

A NBR 6118 (ABNT,2014) define: A armadura passiva é “qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada”.

A armadura do concreto armado é chamada armadura passiva, o que significa que as tensões e deformações nela aplicadas devem-se exclusivamente aos carregamentos aplicados nas peças onde está inserida. (UNESP(Bauru/SP) – Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos - Estruturas de Concreto I – Fundamentos do Concreto Armado)

A armadura é composta de um material com resistência à tração. Não sendo necessariamente de aço, podendo ser substituído por outro tipo de material, como PRFV, bambu, etc. A composição entre o concreto e a armadura fica bem caracterizado quando é analisada em uma viga de concreto simples (sem armadura), que rompe subitamente assim que sofre uma tensão de tração que lhe cause uma primeira fissura e supere seu limite de resistência à tração. A figura 02 e 03 ilustram respectivamente o comportamento de uma viga sem armadura e uma viga com armadura.

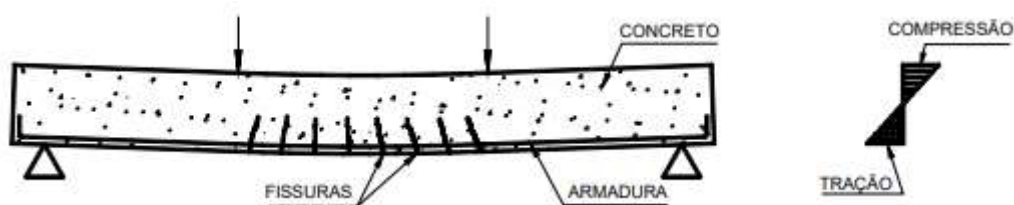
FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DE UMA VIGA SEM ARMADURA



FONTE: CONCRETO ARMADO DIMENSIONAMENTO - PFEIL, WALTER 1989.

Logo, quando se posiciona uma armadura na região de tensão de tração, eleva-se significativamente a capacidade resistente da viga.

FIGURA 3 – ILUSTRAÇÃO DE UMA VIGA COM ARMADURA



FONTE: CONCRETO ARMADO DIMENSIONAMENTO - PFEIL, WALTER 1989.

2.2.1 Detalhamento da Armadura

A disposição das armaduras nos elementos estruturais não tem influência somente sobre a estrutura, mas também a facilidade e viabilidade em sua execução na obra. O detalhamento do arranjo de armadura está diretamente ligado com a segurança da construção.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define:

7.5 Detalhamento das armaduras

7.5.1 As barras devem ser dispostas dentro do componente ou elemento estrutural, de modo a permitir e facilitar a boa qualidade das operações de lançamento e adensamento do concreto.

7.5.2 Para garantir um bom adensamento é vital prever no detalhamento da disposição das armaduras espaço suficiente para entrada da agulha do vibrador.

2.2.1.1 Arranjo das armaduras

Para que seja possível concluir o arranjo da armadura dentro dos elementos de concreto armado, é necessário respeitar o que exige a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), a norma diz que:

A ruptura frágil das seções transversais, quando da formação da primeira fissura, deve ser evitada considerando-se, para o cálculo das armaduras, um momento mínimo dado pelo valor correspondente ao que produziria a ruptura da seção de concreto simples, supondo que a resistência à tração do concreto seja dada por $f_{ctk,sup}$, devendo também obedecer às condições relativas ao controle da abertura de fissuras dadas em 17.3.3.

A especificação de valores máximos para as armaduras decorre da necessidade de se assegurar condições de utilidade e de se respeitar o campo de validade dos ensaios que deram origem às prescrições de funcionamento do conjunto aço-concreto.

Levando em consideração os cálculos de A_s (área de armadura) mínima e A_s (área de armadura) máximo, que diz:

- Armadura mínima:
 $A_s \geq A_{s,min} = \rho_{min}$
 $A_c \rho_{min}$ = taxa mínima de armadura
- Armadura máxima:
 $A_s + A'_s \leq 4\% A_c$

2.2.2 Cobrimento

É a proteção da armadura contra a corrosão e só é garantida com uma espessura de concreto entre a barra de aço e a superfície externa da peça a qual é denominado cobrimento.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) - Projeto de estruturas de concreto:

7.4.7 Para o cobrimento deve ser observado o prescrito em 7.4.7.1 a 7.4.7.7.

7.4.7.1 Para atender aos requisitos estabelecidos nesta Norma, o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado e que se constitui num critério de aceitação.

7.4.7.2 Para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela 7.2, para $\Delta c = 10$ mm.

A figura 04 mostra os cobrimentos necessários para cada tipo de elemento conforme a agressividade do ambiente.

FIGURA 4 – COBRIMENTO NOMINAL EM FUNÇÃO DA CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

FONTE: ABNT NBR 6118/2014 ITEM 7.4 QUALIDADE DO CONCRETO DE COBRIMENTO, PÁG. 19, TABELA 7.2 CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL E COBRIMENTO NOMINAL

2.3 CORPOS DE PROVA

Entender as características dos elementos que serão utilizado para a construção de uma estrutura, como valor de resistência à compressão e à tração, é muito importante para o desenvolvimento de projetos, pois permite ao calculista utilizar estes elementos na sua forma mais eficiente possível. Desta maneira vários tipos de ensaios foram criados e são utilizados para medir os parâmetros de resistências. No caso deste estudo, para que seja possível realizar um ensaio de corrosão com concreto armado com barras de aço e PRFV, foram confeccionados “mini vigas”

representando os corpos de prova de seção retangular e comprimento específico. Os mesmos foram expostos a névoa salina.

2.4 BARRA DE AÇO

2.4.1 Definição e Importância

O concreto simples, ou seja, sem ter armadura apresenta baixa resistência à tração e se torna frágil quando exposto a alguma solicitação, é de suma importância associar o aço ao concreto, para aumentar a resistência da estrutura (Libânio,2004).

Na construção civil, especificamente no concreto armado, classifica-se como barra toda àquela com diâmetro nominal de 6,3mm ou superior, obtida exclusivamente por laminação a quente sem processo posterior de deformação mecânica. De acordo com o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25 e CA-50 (ECIVIL DESCOMPLICANDO A ENGENHARIA, site - <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-barra-de-aco.html>)

2.4.2 Fabricação

Em sua produção são necessárias duas matérias-primas: minério de ferro e coque. Esse processo é denominado siderurgia, começando com a chegada do minério de ferro, e finalizando com sua comercialização. Um alto forno chega a ter altura de 50 a 100 metros, variando sua temperatura em 1000°C no topo a 1500°C em sua base. O minério de ferro, coque e fundente são colocados em seu topo e em sua base é inserido ar quente. Em temperaturas elevadas, ocorrem reações químicas entre o coque e o minério de ferro, separando o ferro do oxigênio. O ferro reage com o carbono do coque, formando dióxido de carbono (CO₂) (Libânio,2004).

2.4.3 Características

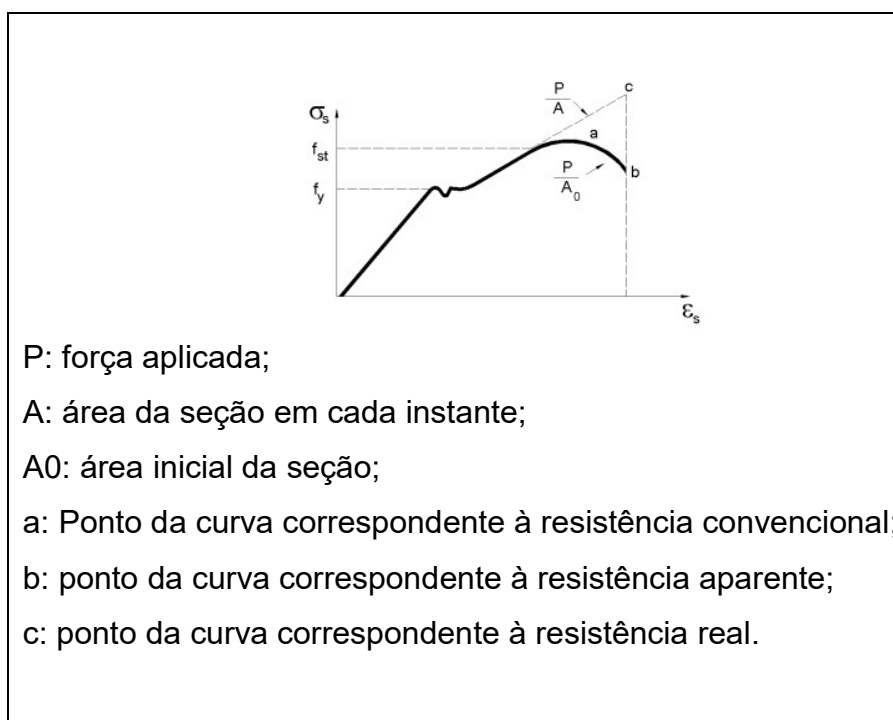
Aços estruturais apresentam resistência e ductilidade, as quais são de extrema importância para a Engenharia Civil (Libânio,2004).

2.4.3.1 Tratamento a quente

Estão incluídos neste grupo os aços CA-25 e CA-50. O estiramento do aço acontece em temperaturas acima de 720°C em sua zona crítica. Nessa temperatura a estrutura interna do aço sofre modificação, resultando em uma melhor resistência mecânica. O aço aceita solda comum, possuindo diagrama tensão-deformação com patamar de escoamento, resistindo a incêndios moderados e perdendo resistência, apenas, com temperaturas acima de 1150 °C (LIBÂNIO,2004).

A seguir a figura 05 representa o diagrama de tensão-deformação do aço, quando tratados a quente.

FIGURA 5 – DIAGRAMA DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE AÇOS TRATADOS A QUENTE



FONTE – ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 3, AÇO PARA ARMADURAS, 2003, DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.FEC.UNICAMP.BR/~ALMEIDA/EC702/EESC/ACOS.PDF](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/eesc/acos.pdf).

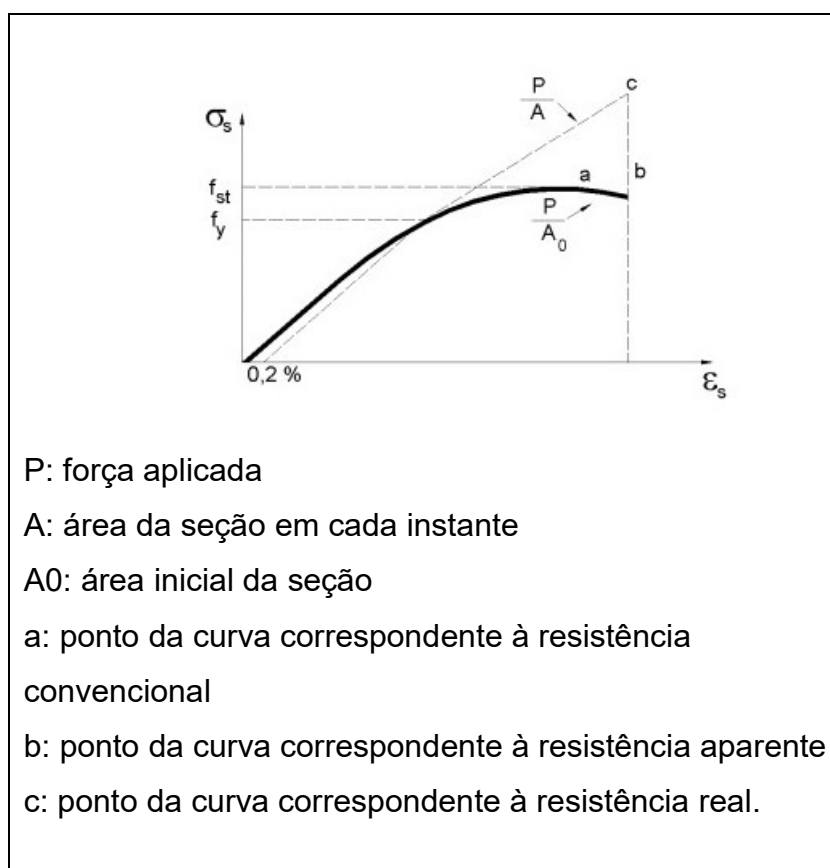
2.4.3.2 Tratamento a Frio

Grupo do aço CA-60, este processo é realizado à 720 °C abaixo da zona crítica. Este tratamento resulta no aumento da resistência mecânica e sua rigidez, diminuindo sua resistência à corrosão e ductilidade, ou seja, decréscimo do alongamento e da

estricção. O diagrama de tensão-deformação do aço apresentam patamar de escoamento convencional, torna-se mais difícil a solda e sua temperatura da ordem de 600°C, o tratamento a frio é perdido (LIBÂNIO,2004).

A seguir a figura 06 representa o diagrama de tensão-deformação do aço, quando tratados à frio.

FIGURA 6 – DIAGRAMA DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE AÇOS TRATADOS A FRIO



FONTE – ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 3, AÇO PARA ARMADURAS, 2003,
DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.FEC.UNICAMP.BR/~ALMEIDA/EC702/EESC/ACOS.PDF](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/eesc/acos.pdf)

2.4.3.3 Características Mecânicas

As características mecânicas mais importantes para a definição de um aço são o limite elástico, a resistência e o alongamento na ruptura. Essas características são determinadas através de ensaios de tração. O limite elástico é a máxima tensão que o material pode suportar sem que se produzam deformações plásticas ou remanescentes. A resistência é a máxima força de tração que a barra suporta, dividida pela área de seção transversal inicial da barra. O Alongamento na ruptura é o aumento

do comprimento da barra correspondente à ruptura, apresentado em porcentagem (LIBÂNIO,2004).

O aço utilizado no concreto armado deve oferecer:

- Ductilidade e homogeneidade;
- Alto valor na relação entre limite de sua resistência e limite de seu escoamento;
- Soldabilidade;
- Resistência aceitável a corrosão.

Segundo a NBR 7480 (ABNT,2007) “A barra não pode romper ou fissurar na zona onde o corpo de prova for tracionado quando este for dobrado a 180° em um pino de com o diâmetro conforme a figura 07”.

FIGURA 7 – PROPRIEDADES MECÂNICAS EXIGÍVEIS DE BARRAS E FIOS DE AÇO DESTINADOS A ARMADURAS PARA CONCRETO ARMADO

Tabela B.3 — Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado

Categoria	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento a 180 °		Aderência	
	Resistência característica de escoamento ^a	Limite de resistência ^b	Alongamento após ruptura em 10 Φ ^c	Alongamento total na força máxima ^d	Diâmetro do pino mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
	f_{yk} MPa ^e	f_{st} MPa ^f	A %	A_{gt} %	Φ < 20	Φ ≥ 20	Φ > 10 mm	Φ ≥ 10 mm
CA-25	250	1,20 f_y	18	-	2Φ	4Φ	1,0	1,0
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3Φ	6Φ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y ^c	5	-	5Φ	-	1,0	1,5

^a Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_s da ABNT NBR ISO 6892.

^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892).

^c Φ é o diâmetro nominal, conforme 3.4.

^d O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).

^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1 kgf/mm².

^f f_{st} mínimo de 660 MPa.

FONTE - REQUISITOS DE PROPRIEDADE MECÂNICAS A TRAÇÃO TABELA B.3, PÁG, 12 DA NBR 7480 (ABNT, 2007).

2.4.4 Barras e Fios

A barra de aço CA-50 e CA-60 são a mais usuais em obras, os vergalhões são encontrados no mercado com 12 metros de comprimento. E tem importância para garantir a resistência do elemento estrutural de concreto armado.

NBR 7480 (ABNT, 2007) 4.3 As barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado devem ser isentos de defeitos prejudiciais, tais como: esfoliação (escamas), corrosão, manchas de óleo, redução de seção e fissuras transversais. Uma oxidação do produto pode ser admitida quando for superficial, sem comprometimento de sua conformação geométrica. Em caso de dúvida quanto à sua gravidade dos defeitos observados, o material de ser submetido a ensaios para a comprovação de suas propriedades.

A Figura 08 mostra a classificação das barras, conforme sua laminação, se quente ou fria

FIGURA 8 – CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAS

BARRAS $\varnothing \geq 5$ Laminação a Quente										
CA - 25					CA - 50					
5	6,3	8	10	12,5	16	20	22	25	32	40

FIOS $\varnothing \leq 10$ Laminação a Frio												
CA - 60												
2,4	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	10

FONTE – ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 3, AÇO PARA ARMADURAS, 2003, DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.FEC.UNICAMP.BR/~ALMEIDA/EC702/EESC/ACOS.PDF](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/eesc/acos.pdf)

2.5 POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO

2.5.1 Definição

Segundo o Professor Daniel Cardoso da PUC-RIO “os Polímeros Reforçados com Fibra de Vidro (PRFV) são materiais que são projetados especificamente para atender as questões de sustentabilidade, consumo energético, resistência e durabilidade”.

2.5.2 Histórico

Quando a Segunda Guerra Mundial terminou, houve a necessidade de satisfazer a demanda da indústria aeroespacial a qual não eram atendida pelos materiais tradicionais.

Após inúmeros estudos, investiram no desenvolvimento de novos materiais, os que incorporavam fibras fortes em uma matriz polimérica obtinham melhores resultados.

Os materiais PRF oferecem inúmeras vantagens em relação ao aço, algumas de suas propriedades inovadoras são: alta resistência à tração, leveza, resistência à corrosão, não conduzir eletricidade e a possibilidade de melhorar suas propriedades mecânicas alterando sua composição e o tipo de fibra ou até mesmo sua orientação, tornam os compósitos viáveis em aplicações em diferentes indústrias. Seus componentes individuais (fibras e polímeros) não têm função estruturais, mas juntos, as fibras fornecem resistência e rigidez ao compósito suportando a maior parte da carga aplicada, enquanto a resina as encapsula, transferindo assim tensões e fornecendo proteção. Este produto é comercializados em forma de barras, ou em malhas, semelhantes aos do aço (NANNI, Antonio, et al, 2013).

Para a Empresa a Haizer 2019, empresa responsável em fornecer o PRFV de produção Russa utilizado neste estudo, apesar do aço ter bom comportamento em ambientes não agressivos, quando exposto a um ambiente agressivo se corrói facilmente podendo levar a estrutura ao colapso. A possibilidade de utilizar as barras estruturais e telas de malhas elaboradas a partir de Polímeros Reforçados com Fibras (PRF), vem despertando muito interesse.

O crescimento do uso desse material é devido ao fato dele apresentar grandes expectativas pela alta durabilidade e resistência. O concreto armado com PRFV além das vantagens técnicas, apresenta vantagens econômicas relacionadas, principalmente, à redução de etapas do processo produtivo e de mão de obra, garantindo maior velocidade e produtividade ao processo (Monte et al, 2014). Devido as suas características particulares, para a utilização do concreto armado com PRF é necessário seguir uma metodologia que considere essas diferenças Ribeiro (2009).

Seu alto custo e a dificuldade de encontrar a tecnologia usada em sua produção, resultam em até hoje não serem utilizadas amplamente no Brasil.

2.5.3 Normas Técnicas do PRFV

As normas que dirigem os projetos de estruturas armadas com barras de PRF já são existem em diversos países do mundo, cada uma delas redigidas por entidades que regulamentam as atividades tecnológicas de um país.

Abaixo as normas que regem o uso das PRF:

- ACI 440.1R-15 – Estados Unidos;
- AASHTO LRFD GRFP 2009 – Estados Unidos;
- CAN/CSA-S806-02 – Canadá;
- CNR-DT 203/2006 – Itália;
- GOST 31938-2012 – Rússia.

No Brasil, não há normas emitidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que forneça parâmetros para o projeto de estruturas de concreto armadas com barras de PRF, para que seja possível a elaboração dessas normas são necessários estudos avançados sobre o seu comportamento em face às agressividades ambientais do nosso país. Portanto, nesse estudo por opção será utilizado as recomendações da ACI 440.1R (ACI,2015).

A norma ACI 440.1R-15 foi criada pelo Instituto Americano do Concreto, que fornece recomendações para o projeto de estruturas de concreto reforçadas com barras de PRF.

Segundo ACI 440. 1R (ACI,2015) para aspectos de cálculo quanto a resistência das seções transversais devem ser executados seguindo as hipóteses:

- A deformação no concreto e no PRF deve ser proporcional à distância do eixo neutro (ou seja, uma seção plana antes do carregamento, permanece plana após o carregamento);
- A resistência à tração do concreto é ignorada;
- O comportamento à tração do PRF é linearmente elástico até a falha da barra e existe aderência perfeita entre o concreto e o PRF.

2.5.4 Propriedades do PRFV

Este item trata-se das propriedades do PRFV de produção russa, material o qual são fornecidos aqui no Brasil pela Empresa Haizer.

Os materiais PRFV são leves, não corrosivos e exibem alta resistência à tração. Estes materiais estão prontamente disponíveis em formas de barras rígidas, telas e malhas rígidas e flexível reforçadas com fibras de basalto e/ou vidro.

O coeficiente de dilatação térmica das barras de compósitos de fibras correspondem aos indicadores do concreto, fator que impede o surgimento de fissuras

e rupturas do concreto, permitindo uma ampla utilização nas construções marinhas, portuárias, autopistas, construções para o isolamento térmico, suporte das linhas de transmissão elétricas e redes industriais, dentre outras aplicações. Dependendo das exigências do projeto é indicado a melhor fibra. São produzidas barras com fibras de vidro, basalto, carbono ou aramida, ou mediante a combinação dessas fibras.

As recomendações de projeto do comitê 440. 1R (ACI 2015), diz que o método dos estados limites é semelhante ao projeto de barras de concreto armado com aço. Porém no caso do concreto armado tradicional, geralmente o escoamento do aço ocorre antes do esmagamento do concreto, o que resulta em uma falha dúctil. Já no caso do concreto armado com PRFV a falha da barra é súbita e catastrófica, então os modos de falha (ruptura do PRFV e esmagamento do concreto) são frágeis, porém aceitáveis, desde que a resistência e critérios de serviços estejam satisfeitos. Para compensar a falta de ductilidade, o ACI 440 (2015) prescreve uma margem de segurança maior do que a usada para o concreto armado tradicional, de forma que a barra tenha uma reserva mais alta de resistência. O ACI Committee 440 (2015) comenta os resultados experimentais de ensaios realizados por Nanni (1993), Jaeger et al (1997), GangaRao e Vijay (1997), Theriault e Benmokrane (1998), que indicaram que quando as barras de armadura PRFV falham à tração, a falha é súbita e conduz ao colapso da barra. Uma falha mais progressiva, menos catastrófica, com maior deformabilidade foi observada quando a viga falha devido ao esmagamento do concreto. O uso de concreto de alta resistência permite o melhor uso das propriedades de alta resistência das barras de PRFV e pode aumentar a rigidez da seção fissurada. (RIBEIRO, Bruna Campos, et al,2016)

A tabela 01 mostra um comparativo entre o aço e PRFV fornecido pela empresa Haizer.

TABELA 1 – COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS ENTRE O AÇO E PRFV

CARACTERÍSTICAS	AÇO	PRFV
Limite de resistência à tração - Mpa	390	800
Alongamento relativo - %	14	2,2
Módulo de elasticidade - Mpa	200.000	50.000
Limite de resistência à compressão -	390	300
Limite de resistência à transversal -	273	150
Resistência à corrosão	corrosivo	não corrosivo
Condutibilidade térmica	sim	não corrosivo
Condutibilidade elétrica	sim	não
Diâmetro produzidos - mm	6 a 80	4 a 32
Comprimento - m	12	conforme solicitação do cliente
Característica ecológica		não tóxico (pelo grau de influência no organismo humano). Classe 4 do perigo ambiental (Pouco perigoso ao meio ambiente).
Durabilidade	conforme normas de construção - estimada 50 anos	projetada para não menos de 80 anos
Correspondência entre barras, por sua resistência à tração - diâmetro mm e área mm ²	6A-III - 28,3	PRFV4 - 12,6
	8A-III - 50,3	PRFV5 - 19,62
	10A-III - 78,5	PRFV6 - 28,3
	12A-III - 113,1	PRFV8 - 50,3
	14A-III - 153,9	PRFV10 - 78,5
	16A-III - 201,0	PRFV12 - 113,1
	18A-III - 254,3	PRFV14 - 153,9
Peso em kg para barras equivalentes à mesma tração, em relação direta	20A-III - 314,0	PRFV16 - 201,0
	6A-III - 0,222	PRFV4 - 0,028
	8A-III - 0,395	PRFV5 - 0,035
	10A-III - 0,670	PRFV6 - 0,051
	12A-III - 0,920	PRFV8 - 0,087
	14A-III - 1,280	PRFV10 - 0,132
	16A-III - 1,980	PRFV12 - 0,188
	18A-III - 2,000	PRFV14 - 0,265
	20A-III - 2,470	PRFV16 - 0,365

FONTE – SITE EMPRESA HAZER, 2019, DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://WWW.HAZERGROUP.COM/SAIBAMA1s](https://www.haizergroup.com/saibama1s)

2.5.4.1 Vantagens e desvantagens do PRFV

As vantagens de uso em relação ao aço:

- Maior resistência (2 vezes mais que a malha tradicional de aço)
- Mais leve
- Não necessita de barreiras físicas de proteção contra a corrosão (Cloreto e Química)
- Alta durabilidade
- Preços competitivos

As desvantagens em relação ao aço:

- Produção Russa, o que possibilita o atraso de entrega do material.
- Falta de ductilidade
- Mão de obra especializada
- Menor aderência no concreto, possuem propriedades anisotrópicas e propriedades mecânicas distintas das do aço, o que acaba influenciando o comportamento da aderência.

Abaixo a figura 09 mostra um comparativo do peso do PRFV em relação ao peso do aço.

FIGURA 9 – COMPARATIVO DE PESO ENTRE O AÇO E O PRF RUSSO

AÇO			PRF			Peso A/PRF
d (mm)	Peso Linear (kg/m)	Long./Peso (m/ton)	d (mm)	Peso Linear (kg/m)	Long./Peso (m/ton)	
6	0,22	4 500	4	0,027	35714	7,93
10	0,67	1 621	6	0,05	20 000	12,3
12	0,92	1 120	8	0,07	12 500	13,0

FONTE – SITE EMPRESA HAZER, 2019, DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://WWW.HAIZERGROUP.COM/SAIBAMAIS](https://www.haizergroup.com/saibamaais)

2.5.4.2 Matéria Prima do PRFV

A barra é composta de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro - PRFV, confeccionada com fibra de vidro (fio ou mecha) anticorrosiva, resistente aos álcalis com um lubrificante adequado. Como aglutinante é utilizado um composto polimérico baseado em resinas epóxi. O componente principal do compósito é a resina ЭД - 20 ou seus análogos, por exemplo, CYD - 128, anidrido metiltetrahidroftálico como endurecedor, aditivos especiais endurecedor e modificador.

2.5.4.3 Produção do PRFV

Para que a barra seja confeccionada, o fio ou mecha da fibra de vidro ou de basalto é inicialmente impregnado com um polímero líquido. Depois de encharcadas, as mechas passam por um rolo, com o objetivo de retirar da fibra o excesso de polímero. As mechas de fibra formam o corpo principal da barra, dando-lhe o diâmetro adequado para que possa ser enrolada e para que assuma a característica de uma

barra corrugada. A barra assim formada, passa por um forno a uma temperatura de 180°C a 330°C, onde é realizado o processo de polimerização do compósito. Para a aceleração do processo de resfriamento, a barra passa por uma banheira de água e, posteriormente, por uma estação onde é cortada com o tamanho necessário. As barras de PRFV são produzidas de 2mm até 42mm de diâmetro.

2.5.5 Aderência das barras de PRFV

Estudos apontam que existe uma menor aderência entre PRFV e o concreto, compreender a aderência é útil para que se possa entender o comportamento mecânico e o desempenho das estruturas em concreto armado, especialmente sob o ponto de vista da fissuração, condições de trabalho e situações limites. A partir delas, são fixadas as hipóteses de cálculo, as disposições dos elementos construtivos, e demais aspectos que garantem a segurança das estruturas, como por exemplo, o comprimento de ancoragem (ALCANTARA et al., 2004).

Conforme Sidnea Eliane Campos Ribeiro 2009, a aderência da barra de PRFV é dependente do processo industrial, das propriedades mecânicas da própria barra, das condições ambientais e das propriedades da superfície da barra. Ao ancorar uma barra no concreto, a força de aderência pode ser transferida por resistência de adesão da interface, também conhecida como aderência química, resistência de atrito na interface e por travamento devido à irregularidade da interface. Outro fato a se observar é que nas barras de PRFV, a resistência de aderência é transferida da resina para as fibras, e uma falha de aderência na resina é possível.

2.6 ENSAIOS

Além de caracterizar materiais, os ensaios servem como um guia para entender o comportamento do material.

2.6.1 Ensaio de Flexão em três pontos

A técnica aplicada no ensaio de flexão em três pontos consiste em apoiar o corpo de prova em dois pontos localizados a uma distância L e aplicar uma carga concentrada no meio do vão. O carregamento da peça é aumentado gradativamente até a viga atingir o colapso.

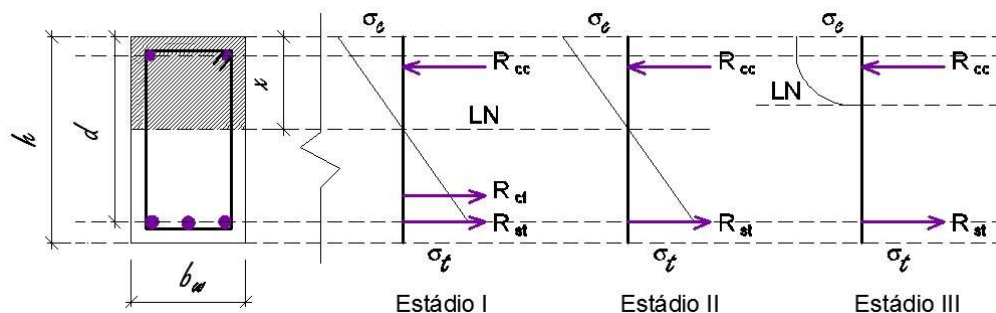
No ensaio de flexão é encontrado os seguintes estágios de grandezas:

- Deformações absoluta;
- Flechas;
- Rotações.

Item 3.6 da ABNT 15575-2 diz Flecha é o máximo afastamento entre a elástica e a posição primitiva de uma barra ou de uma placa submetida à flexão. (ABNT NBR 15575-2_2013 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais)

A figura 10 mostra os estágios do concreto armado tradicional sob flexão.

FIGURA 10 – ESTÁGIOS DAS SEÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOB FLEXÃO



FONTE - SITE MAIS ENGENHARIA - ENSAIO DE FLEXÃO SIMPLES – VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Primeiro estágio: na parte inferior da viga a tração é menor que a resistência, assim sendo longe de ser atingida o limite da viga mas gerando uma leve fissura na mesma.

Segundo estágio: Com a fissura existente passa a comprimir o concreto e tracionar a armadura formando a forma elástica.

Terceiro estágio: Quando recebe a maior capacidade de compressão e ocorre esmagamento do concreto e tracionando o aço, chegando ao limite da peça com ela se rompendo havendo fissuras na parte superior da viga.

2.6.2 Ensaio de Corrosão (Exposição a Névoa Salina)

O ensaio por névoa salina é realizado pelo seguinte procedimento. Ao colocar a amostra para teste dentro da câmara logo em seguida ela é pulverizada por uma solução de cloreto de sódio, uma porcentagem de 5%. Mantendo uma temperatura constante dentro da câmara, logo que a amostra recebe uma constante pulverização

ela se mantém húmida. Sendo mantida dentro da câmara por um dia até 42 dias dependendo da amostra a ser analisada. No interior da câmara a amostra fica em constante movimento, deste modo o ensaio tende a ficar completamente exposto ao NaCl (UFRGS, 2011, Ensaio Acelerados de Corrosão).

Segundo a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a corrosão é um tipo de deterioração que pode ser facilmente encontrada em peças metálicas, que produz alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais. Tendo o produto da corrosão um volume diferente do material original, este acaba perdendo suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, etc. Em certos casos quando a corrosão está em níveis elevados, torna-se impraticável sua remoção, sendo, portanto, a prevenção e o controle as melhores formas de evitar problemas. Os ensaios acelerados de corrosão são utilizados no acompanhamento do desenvolvimento de um produto ou no controle de qualidade após sua produção.

11. Abaixo a ilustração de uma câmara que realiza o ensaio por névoa salina, figura

FIGURA 11 – CÂMERA DE ENSAIO DE CORROSÃO POR NÉVOA SALINA



Fonte: Lactec, 2019

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

3.1 CONFECÇÃO DAS VIGAS

Este capítulo tem como objetivo mostrar a confecção das estruturas que serão examinadas nos ensaios de flexão e corrosão por exposição à nevoa salina.

Para a realização dos ensaios, foi necessária a confecção das formas para vigas, onde foram utilizadas tábuas de madeira de pinus, com 10 mm de espessura. O molde das vigas que serão preenchidas com armadura e concreto. Como dimensões, seguiram um modelo de 15 cm x 20 cm e 1 m de comprimento.

A disposição das armaduras, respeitou o que exige a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) sobre cobrimento e valores mínimos e máximos de taxa de armadura.

Assim segue os arranjos para as vigas que foram ensaiadas:

- Na primeira viga, quatro barras de Aço CA-50 com 1m de comprimento, diâmetro de 10 mm. Utilizou-se estribos simples com dimensão de 10 cm x 15 cm, e diâmetro de 4.2 mm de aço CA-60, os mesmos foram espaçados a cada 10 cm. Para a amarração do estribo na barra de aço foi utilizado o arame recozido BWG 18.
- Na segunda viga, quatro barras de PRFV com 1m de comprimento, diâmetro de 10 mm. Utilizou-se estribos simples com dimensão de 10 cm x 15 cm, e diâmetro de 4.2 mm de PRFV, os mesmos foram espaçados a cada 10 cm. Para a amarração do estribo na barra de PRFV foi utilizado cinta de nylon.
- Na terceira viga, quatro barras de PRFV com 1m de comprimento, diâmetro de 10 mm. Utilizou-se estribos simples com dimensão de 10 cm x 15 cm, e diâmetro de 4.2 mm em aço CA-60, os mesmos foram espaçados a cada 10 cm. Para a amarração do estribo na barra de PRFV foi utilizado arame recozido BWG 18.

Ambas com seu cobrimento de 2,5 cm, conforme tabela 7.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014). Resultando conforme indica a figura 12.

FIGURA 12 – CAIXARIA DAS VIGAS



Fonte – Os Autores, 2019

Foi constatada uma diferença de 2,083 Kg quanto ao peso da armadura de aço em relação a armadura de PRFV. A armadura composta com ambos os materiais obteve uma diferença de 1.728 Kg em relação a armadura de aço. Conforme mostra tabela 02 abaixo:

TABELA 2 – COMPARATIVO DO PESO DAS COLUNAS DE AÇO E PRFV

MATERIAL	PESO (Kg)
AÇO CA-50	2.855
PRFV	0,772
BARRA DE PRFV COM ESTRIBO DE AÇO CA-60	1.127

Fonte – Os Autores, 2019

O concreto utilizado nesta análise, é composto por um cimento CII F40. Como traço do concreto, utilizou-se o recomendado para vigas, na própria embalagem do cimento.

Traço do concreto:

- 0,072m³ de areia o equivalente a 4 latas de 18L;
- 0,099m³ de pedra ou 5 latas e meia de 18L;
- 0,027m³ de água ou 1 lata e meia de 18L;

- Coloração cinza.

Para obter-se uma mistura homogênea do concreto, foi utilizado uma betoneira, ferramenta utilizada em obras de construção civil, para mistura dos materiais que compõe o concreto, conforme figura 13.

FIGURA 13 – BETONEIRA UTILIZADA PARA O PREPARO DO CONCRETO



Fonte – Os Autores, 2019

Assim que misturados os materiais que compõe o concreto utilizando o traço indicado na embalagem do cimento, iniciou-se o enchimento dos moldes, figura 14.

FIGURA 14 – MOLDES ENCHIDOS E PRONTOS PARA INICIAR O PROCESSO DE CURA



Fonte – Os Autores, 2019

Após o enchimento, iniciou-se o processo de cura em ambiente úmido para que fosse cumprido o tempo exato 28 dias. Para uma cura adequada foi necessário deixá-las nos sete primeiros dias encharcadas com água para que fatores externos como temperaturas elevadas do ambiente, ventos e baixa umidade do ar não atrapalhem o

processo de endurecimento. Uma cura mal feita é identificada pela fissuração e até pequenas trincas que surgem na superfície do concreto.

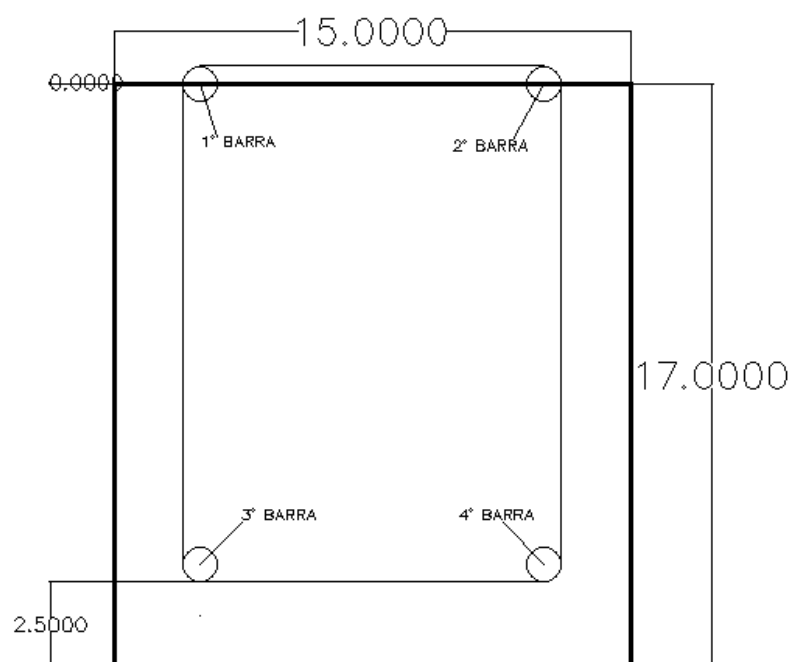
3.2 Confeção dos Corpos de Prova para Ensaio de Corrosão por Exposição à Nevoa Salina

Juntamente a confecção das formas de madeira de pinus para as vigas, foram feitas, a confecção de duas formas para os corpos de prova com dimensões 15cmx 17,5cm e 26cm de comprimento, com intenção de testar a resistência da armadura quando exposta a um ambiente corrosivo.

Para efeito de igualdade, o arranjo da armadura dentro dos corpos de provas, seguiu a seguinte forma:

- O primeiro corpo de prova, utilizou quatro barras de Aço CA-50 com diâmetro de 10mm e estribos simples de Aço CA-60 10 cm x 15 cm com diâmetro de 4,2 mm. Conforme indicada na figura 15 a primeira e a segunda barra estão aparentes, bem abaixo do cobrimento mínimo de 2,5 cm prescrito pela norma 6118:2014, tabela 7.2.
A terceira e quarta barra está ajustada respeitando o cobrimento necessário.
- O segundo corpo de prova, utilizou quatro barras de PRFV com diâmetro de 10 mm e amarradas e estribos simples de PRFV 10 cm x 15 cm com diâmetro de 4,2 mm. Conforme indicada na figura 15, a primeira e a segunda barra estão aparentes, bem abaixo do cobrimento mínimo de 2,5 cm prescrito pela norma 6118:2014, tabela 7.2.
A terceira e quarta barra está ajustada respeitando o cobrimento necessário.

FIGURA 15 – ARRANJO DAS BARRAS DENTRO DO CORPO DE PROVA



Fonte – Os Autores, 2019

Para o preenchimento dos corpos de prova, foi utilizado o mesmo concreto das vigas e seguiu-se o mesmo método de cura das vigas. A figura 16 a seguir mostra o resultados depois de cumprido os 28 dias de cura.

FIGURA 16 – CORPOS DE PROVA PRONTOS PARA O INÍCIO DO ENSAIO DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA



Fonte – Os Autores, 2019

4. ENSAIOS E RESULTADOS

Assim que cumpridos os vinte e oito dias de cura, os moldes foram desmoldados e levados para a realização dos ensaios. Foi contratado os serviços prestados pela empresa LACTEC, especializada em fornecer serviços tecnológicos, como ensaios de flexão em vigas e de corrosão. Os ensaios foram executados e devidamente acompanhados por todos os integrantes da equipe no laboratório LAME que está localizado dentro da Universidade Federal do Paraná Campus Centro Politécnico.

4.1 ENSAIO DE FLEXÃO EM TRÊS PONTOS:

As três vigas foram colocadas sobre apoios de roletes metálicos de 50 mm, que permaneceram de maneira transversal ao comprimento das peças durante os ensaios, a 25 mm de distância das extremidades.

Posicionou-se um relógio comparador na parte superior das vigas, próximo a carga aplicada, para que fosse possível medir a deformação durante os ensaios. Posteriormente foi aplicada a carga no meio do vão de 0,95 metros, com velocidade constante, aproximadamente 100Kgf/s. As leituras foram realizadas a cada 200Kgf (LACTEC, 2019).

Podendo assim, observar o comportamento de ambas as vigas conforme a força ia sendo elevada. A figura 17 mostra a máquina utilizada no ensaio.

FIGURA 17 – MÁQUINA ONDE FOI REALIZADO O ENSAIO DE FLEXÃO



Fonte – Os Autores, 2019

4.1.1 Resultados

Os resultados aqui descritos foram emitidos pela empresa Lactec e estão localizados no item ANEXO 01 – RELATÓRIO DOS ENSAIOS LACTEC.

A tabela 03 mostra os resultados obtidos através do ensaio de flexão em três pontos.

TABELA 3 - TABELA COM OS RESULTADOS DO ENSAIO DE FLEXÃO

VIGA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO		
Caregamento (kgf)	Deformação (mm)	Observação
4.200	0,361	Fissuras com espessura menores que 5mm
4.800	0,362	Fissuras com espessura menores que 5mm
7.000	0,362	Fissuras se tornaram trincas
7.900	0,362	Aço entrou no patamar de escoamento do aço
8.250	0,362	Ruptura
VIGA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV		
Caregamento (kgf)	Deformação (mm)	Observação
2.000	0,13	Fissuras com espessura menores que 5mm
2.800	0,13	Fissuras com espessura menores que 5mm
5.600	0,13	Fissuras se tornaram trincas
7.100	0,13	Ruptura
VIGA EM CONCRETO ARMADO COM ARMADURA MISTA		
Caregamento (kgf)	Deformação (mm)	Observação
1.600	0,16	Fissuras com espessura menores que 5mm
5.000	0,16	Percebeu-se o aumento da espessura das fissuras
7.900	0,16	Ruptura

Fonte – Os Autores, 2019

Viga de concreto armado com Aço CA-50:

- Na viga de concreto armado com aço CA-50, as fissuras começaram a surgir em suas extremidades, quando o esforço localizado no centro da peça atingiu 4.200 Kgf, com espessuras menores de 5 mm e flecha de 0,361 mm. As fissuras no centro da peça apareceram quando atingido o esforço de 4.800 Kgf e sua flecha passou a ser 0,362 mm (figura 18). A partir de 7.000 Kgf a abertura das fissura, se tornaram trincas e começaram a passar de 1 cm de espessura. Assim que o esforço alcançou 7.900 Kgf, o aço entrou no seu patamar de escoamento, chegando ao colapso com 8.250 Kgf (figura 19). A flecha se manteve a mesma até a ruptura final.

FIGURA 18 – VIGA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO SUBMETIDA A UM ESFORÇO DE 4.800 KGF



Fonte – Lactec, 2019

FIGURA 19 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO



Fonte – Os Autores, 2019

Viga de concreto armado com PRFV:

- Seu comportamento diferenciou da viga de concreto armado com aço, pois o PRFV não tem patamar de escoamento e quando atingi seu limite máximo de resistência, rompe bruscamente. Fissuras quase imperceptíveis começaram a aparecer com 2.000 Kgf no centro da peça, onde a força estava sendo aplicada, com uma flecha de 0,130 mm, a qual se manteve até o final do ensaio. A partir de 2.800 Kgf, apareceram mais fissuras no centro da peça, porém as espessuras não passaram de 5 mm de abertura. Apenas quando o esforço atingiu 5.600 Kgf, as fissuras, passaram a ser trincas, com 1 cm de espessura (figura 20). Assim que o esforço alcançou 7.100 Kgf a viga foi ao colapso (figura 21).

FIGURA 20 – VIGA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV SUBMETIDA A UM ESFORÇO DE 5.600 KGF



Fonte – Lactec, 2019

Figura 21 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV



Fonte – Os Autores, 2019

Viga de concreto armado com barra de PRFV e estribos de aço CA-60:

- O comportamento da peça foi parecido com o da viga armada somente com PRFV. As primeiras fissuras apareceram quando o esforço no centro da peça, atingiu 1.600 Kgf, com abertura menor que 5 mm (figura 22). Conforme a força aumentava, apareciam mais fissuras de mesmo tamanho de abertura. Quando atingido 5.000 Kgf as fissuras aumentaram suas aberturas (figura 23). A flecha, que obteve leitura inicial de 0,160 mm e se manteve até o final. A peça chegou ao colapso com 7.900Kgf (figura 24).

FIGURA 22 – VIGA DE CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60 SUJEITADA A UMA FORÇA DE 1.600 KGF



Fonte – Os Autores, 2019

FIGURA 23 – VIGA DE CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60 SUJEITADA A UMA FORÇA DE 5.000KGF



Fonte – Os Autores, 2019

FIGURA 24 – COLAPSO VIGA EM CONCRETO ARMADO COM BARRA DE PRFV E ESTRIBOS DE AÇO CA-60



Fonte – Os Autores, 2019

4.2 ENSAIO DE CORROSÃO POR EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA

O Ensaio de corrosão por exposição a nevoa salina neutra, foi realizado nas amostras denominadas corpos de prova. As amostras foram expostas a uma Câmara de Névoa Salina, modelo USC – 02 BASS. A metodologia de ensaio surgiu com base na norma ASTM B117 (2016) – EUA, com tempo de exposição de 508 horas. A solução usada para criar o ambiente marítimo é cloreto de sódio (NaCl) em água deionizada com concentração de 5% (50g/Litro), tendo seu ph entre 6,5 e 7,2. O fluxo de névoa teve média de 1-2 ml/hora, com temperatura de 35° +/- 2°C.

4.2.1 Resultados

Após a conclusão do tempo de exposição, as amostras foram inspecionadas visualmente, obtendo os seguintes resultados:

- Corpo de prova em concreto armado com aço (figura 25): A amostra apresentou corrosão na parte metálica na face superior do corpo
- Corpo de prova em concreto armado com PRFV (figura 26): A amostra não apresentou alteração visível perceptível.

FIGURA 25 – IMAGEM DA AMOSTRA DO CORPO DE PROVA EM CONCRETO ARMADO COM AÇO APÓS O ENSAIO DE 508 HORAS DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA NEUTRA



Fonte – Lactec, 2019

FIGURA 26 – IMAGEM DA AMOSTRA DO CORPO DE PROVA EM CONCRETO ARMADO COM PRFV APÓS O ENSAIO DE 508 HORAS DE EXPOSIÇÃO À NÉVOA SALINA NEUTRA



Fonte – Lactec, 2019

5. CONCLUSÃO

As barras de Polímero Reforçado com Fibra de Vidro PRFV são resistentes a tração, e não se corroem quando expostas a ambientes agressivos. As mesmas quando utilizadas em vigas de concreto armado e submetidas ao um esforço de flexão, apresentam comportamento diferente das vigas armadas com aço, pois o aço é um material dúctil ao contrário do PRFV.

Após meses de estudo foi possível observar, através dos ensaios realizados, que as barras de PRFV se tornam uma opção viável como substituição das barras de aço no concreto armado, principalmente em locais, onde se tem um ambiente corrosivo. Também observou-se que junção dos dois materiais, resultou em uma maior resistência no ensaio de flexão, comparada a viga armada somente com PRFV.

Para que seja possível a utilização das barras de PRFV aqui no Brasil, onde ainda não existe normas técnicas que regem o dimensionamento desse material, é recomendável que seja seguido o que mencionam as normas americanas. As normas técnicas que foram seguidas nesse estudo, informam que existem peculiaridades desse material que devem ser levadas em consideração.

Segundo a ACI 440 1R. (2015), deve-se haver uma preocupação quanto ao dimensionamento das mesmas, para sua utilização no concreto armado. As barras de PRFV, são barras frágeis e com baixo modulo de elasticidade, resultando assim, diferentemente das vigas em concreto armadas com aço, uma ruptura imediata, sem que a estrutura demonstre muitas deformações. A ACI recomenda que o PRFV por medidas de segurança, não seja utilizado em construções maiores que 3 pavimentos. Mas ressaltam que se utilizado combinado com o aço, podem ser dimensionadas tais estruturas. No reforço estrutural ele é uma alternativa viável em qualquer projeto no qual seja a melhor opção.

Como recomendação, esta análise, abre a oportunidade de novos estudos com as barras de PRFV, assim podendo comparar os resultados, com os que regem as normas ACI 440.1R (2015). Reforçando a importância de conhecer novos materiais, o que nos dá a chance de que, através dessas análises seja possível a elaboração de Normas Técnicas Brasileiras (NBR).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NORMA NBR 6118. 2014. PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO.

ABNT - NBR 8681. AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS – PROCEDIMENTO.

ABNT NBR 7480:2007. AÇO DESTINADO A ARMADURAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO – ESPECIFICAÇÃO.

ABNT NBR 7480:2007. AÇO DESTINADO A ARMADURAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO – ESPECIFICAÇÃO.

ABNT NBR 15575-2, EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO – PARTE 2: REQUISITOS PARA OS SISTEMAS ESTRUTURAIS.

ABNT NBR 15575-1, EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO – PARTE 1: REQUISITOS GERAIS.

ABNT NBR 5738:2015, CONCRETO — PROCEDIMENTO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS DE PROVA.

ACI 440. 1R-15: GUIDE FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF STRUCTURAL CONCRETE REINFORCED WITH FIBER-REINFORCED POLIMER BARS.

A.HERNÁNDEZ CARNEIRO, Dr. Ing. Julio; WAINSHOTOK RIVAS, Dr. Ing. Hugo; DEL CARMEN DÍAZ PÉREZ, Msc Isel. EMPLEO DE BARRAS Y TELAS DE MALLAS DE PRF COMO REFUERZO DEL HORMIGÓN Y EL FERROCEMENTO. DISEÑO ESTRUCTURAL.

BASTOS DOS SANTOS, Prof. Dr. Paulo Sérgio. FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA UNESP - Campus de Bauru/SP, FACULDADE DE ENGENHARIA, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf> Acesso em: 08/2019

CÂMARA DE ENSAIO DE CORROSÃO POR NÉVOA SALINA/ DE ALTA CAPACIDADE. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/ascott-analytical-equipment/product-18618-440562.html> Acesso em: 08/2019

ECIVIL DESCOMPLICANDO A ENGENHARIA, Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-barra-de-aco.html> Acesso em: 08/2019

FERREIRA DE SOUZA JÚNIOR, Tarley. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, NOTAS DE AULA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto> Acesso em: 08/2019

GALVINFO CENTER - UM PROGRAMA DO INTERNATIONAL ZINC ASSOCIATION. ENSAIO DE NÉVOA SALINA. Disponível em: http://www.icz.org.br/site/pdf/galvanizacao/GalvInfoNote_3_4.pdf Acesso em: 08/2019.

HAIZER GROUP. Disponível em: <https://www.haizergroup.com/barras-e-malhas> Acesso em: 07/2019

HENRIQUE CAMPOS BOTELHO, Manoel; MARCHETTI, Osvaldemar, LIVRO - CONCRETO ARMADO EU TE AMO, 1998.

M. PINHEIRO, Libânio; D. MUZARDO, Cassiane; P. SANTOS, Sandro. ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 3, AÇO PARA ARMADURAS, 2003. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Acos.pdf> Acesso em: 07/2019

NANNI, Antonio; DE LUCA, Antonio; JAWAHERI ZADEH, Hany. REINFORCED CONCRETE WITH FRP BARS MECHANICS AND DESIGN 2014

NOLASCO, Gláucia. ENSAIO DE FLEXÃO SIMPLES – VIGAS DE CONCRETO ARMADO, 2014. Disponível em: <https://maisengenharia.wordpress.com/2014/10/31/ensaio-de-flexao-simples-viga-de-concreto-armado/> Acesso em: 08/2019.

PFEIL, Walter, LIVRO - CONCRETO ARMADO: DIMENSIONAMENTO, 1989.

RIBEIRO, Bruna Campos, et al, REVISTA - ANÁLISE TEÓRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADAS COM BARRAS DE PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRAS, 2016. Disponível em: PDF. Acesso em: 08/2019.

ROCHA, Ivan. CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, Revista on-line IPOG Especialize, 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/353803757/ivan-rocha-12414181-pdf>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS), ENSAIOS ACELERADOS DE CORROSÃO, 2011. Disponível em: <http://videos.ufrgs.br/lume/arquivos/ensaios-acelerados-de-corrosao/view>. Acesso em: 08/2019.

ANEXOS

ANEXO 01 – RELATÓRIO DOS ENSAIOS LACTEC



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019

Página 1 de 12
Emissão: 22/10/2019

Título:	RELATÓRIO DE ENSAIOS
Objetivo:	Ensaio de flexão em vigas de concreto
Orçamento:	11851/2019
Pedido:	- / -
Solicitante:	FRANCINE MAIA Cidade: Curitiba - PR TEL.: (41) 99999-0816 E-mail: fran_maia_oliveira@hotmail.com
Amostra:	Corpos de prova 0,15 x 0,20 x 1,0 m e 0,15 x 0,17 x 0,26 m.
Executante:	Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 Jardim das Américas Caixa Postal 19067 CEP 81531-980 Curitiba – Paraná – Brasil Jeferson Luiz Bronholo - jeferson.lui@lactec.org.br Área de Estruturas Cíveis T + 55 (41) 3361-6320 F + 3361-6141

Equipe técnica: Mateus Miranda Costa Pinto EC/Área de Estruturas Cíveis Brenda Maria Rudek EC/Área de Estruturas Cíveis Rafael Arnecke EC/Área de Estruturas Cíveis Fernando Mendes Brito EC/Área de Estruturas Cíveis	Revisão:  Jeferson Luiz Bronholo EC/Área de Estruturas Cíveis Aprovação:  Betina Lepretti Medeiros Gerente EC/Área de Estruturas Cíveis
--	---

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 2 de 12
Emissão: 22/10/2019

1. AMOSTRAS

As amostras foram entregues no LACTEC/EC pelo solicitante, onde foram registradas conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação das amostras

Registro LACTEC	Descrição dos materiais	Registro de origem
1.0591.19	Viga de concreto 0,15 x 0,20 x 1,0 m	Polímero de vidro diâmetro 10 mm
1.0592.19	Viga de concreto 0,15 x 0,20 x 1,0 m	Aço CA 50 - diâmetro 10 mm
1.0593.19	Corpo de Prova de concreto 0,15 x 0,17 x 0,26 m	Aço CA 50 - diâmetro 10 mm
1.0594.19	Corpo de Prova de concreto 0,15 x 0,17 x 0,26 m	Polímero de vidro diâmetro 10 mm

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 3 de 12
Emissão: 22/10/2019

SUMÁRIO

1. AMOSTRAS	2
2. PROCEDIMENTO DE ENSAIO	4
3. RESULTADOS OBTIDOS.....	4
3.1. ENSAIO DE FLEXÃO EM VIGAS DE CONCRETO	4
4. HISTÓRICO DE REVISÕES	12

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	2
QUADRO 2 - FLEXÃO EM TRÊS PONTOS – AMOSTRA: 1.0591.19	5
QUADRO 3 - FLEXÃO EM TRÊS PONTOS – AMOSTRA: 1.0592.19	5

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 4 de 12
Emissão: 22/10/2019

2. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

Para a realização dos ensaios de flexão em três pontos, foram entregues ao laboratório duas vigas de concreto, possuindo seção transversal de 0,15 x 0,20 m e comprimento de 1 m. As amostras foram produzidas de maneira distinta, conforme descreve o Quadro 1. Os corpos de prova já tinham atingido seu tempo mínimo de cura quando foram entregues ao laboratório.

Para a realização dos ensaios, as vigas foram colocadas sobre apoios de roletes metálicos com diâmetro de 50 mm, que permaneceram de maneira transversal ao comprimento das peças durante os ensaios, a 25 mm de distância das extremidades. Foi posicionado um relógio comparador acima da viga, 30 mm afastado do ponto de aplicação da carga, a fim de medir a deformação durante os ensaios. Posteriormente, foi aplicada a carga no meio do vão de 0,95 m com velocidade constante (aprox. 100 kgf/s) e foram realizadas as leituras a cada 200 kgf de carregamento até o término do ensaio, com a ruptura das vigas.

Para a execução dos ensaios de envelhecimento acelerado em câmara de nevoa salina segundo a ABNT NBR 8094:1983, foram entregues pelo cliente corpos de prova com dimensões aproximadas de 0,15 x 0,17 x 0,26 m, sendo uma amostra moldada com armadura convencional aparente e a outra com armadura formada por barras de PRFV.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Ensaio de flexão em vigas de concreto

Nos quadros a seguir são apresentados os resultados obtidos para os ensaios de flexão realizados com as vigas de concreto entregues ao laboratório.

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 5 de 12
Emissão: 22/10/2019

Quadro 2 - Flexão em três pontos – amostra: 1.0591.19

Carregamento (kgf)	Deformação (mm)	Observações
0,0	0,000	-
200,0	0,123	-
400,0	0,126	-
600,0	0,128	-
800,0	0,130	-
1000,0	0,131	-
1200,0	0,131	-
1400,0	0,131	-
1600,0	0,131	-
1800,0	0,131	-
2000,0	0,131	Fissura
2200,0	0,131	-
2400,0	0,131	-
2600,0	0,131	-
2800,0	0,131	-
3000,0	0,131	-
3200,0	0,131	Fissura
3400,0	0,131	-
3600,0	0,131	-
3800,0	0,131	-
4000,0	0,131	-
4200,0	0,131	-
4400,0	0,131	-
4600,0	0,131	-
4800,0	0,131	-
5000,0	0,131	-
5200,0	0,131	-
5400,0	0,131	-
5600,0	0,131	Fissura
5800,0	0,131	-
6000,0	0,131	-
6200,0	0,131	-
6400,0	0,131	-
6600,0	0,131	-
6800,0	0,131	-
7000,0	0,131	-
7100,0	Ruptura	

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.

Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.

O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 6 de 12
Emissão: 22/10/2019

Quadro 3 - Flexão em três pontos – amostra: 1.0592.19

Carregamento (kgf)	Deformação (mm)	Observações
0,0	0,000	-
200,0	0,358	-
400,0	0,360	-
600,0	0,360	-
800,0	0,361	-
1000,0	0,361	-
1200,0	0,361	-
1400,0	0,361	-
1700,0	0,361	-
1800,0	0,361	-
2000,0	0,361	-
2200,0	0,361	-
2400,0	0,361	-
2600,0	0,361	-
2800,0	0,361	-
3000,0	0,361	-
3200,0	0,361	-
3400,0	0,361	-
3600,0	0,361	-
3800,0	0,361	-
4000,0	0,361	-
4200,0	0,361	Fissura nas extremidades
4400,0	0,361	-
4600,0	0,362	-
4800,0	0,362	Fissura por baixo
5000,0	0,362	-
5200,0	0,362	-
5400,0	0,362	-
5600,0	0,362	Fissura
5800,0	0,362	-
6000,0	0,362	-
6200,0	0,362	-
6400,0	0,362	Fissura no meio
6600,0	0,362	-
6800,0	0,362	-
7000,0	0,362	-
7200,0	0,362	-
7400,0	0,362	-
7600,0	0,362	-
7800,0	0,362	-
8000,0	0,362	-
8200,0	0,362	-
8250,0	Ruptura	

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.

Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.

O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 7 de 12
Emissão: 22/10/2019

REGISTROS FOTOGRAFICOS

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 8 de 12
Emissão: 22/10/2019



Figura 1 - Detalhe do ensaio



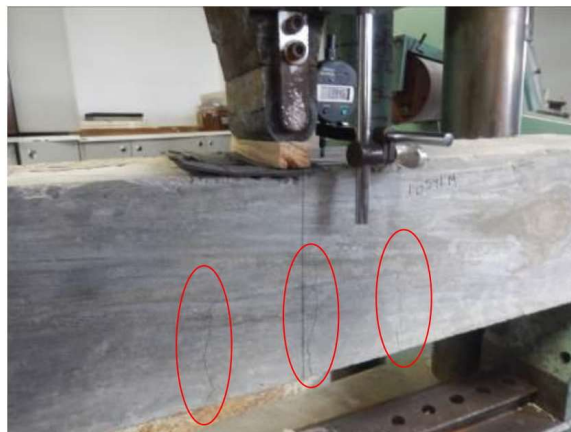
Figura 2 – Detalhe do ensaio – vista transversal

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 9 de 12
Emissão: 22/10/2019**Figura 3 – Fissuras – Carregamento 2000 kgf – Amostra 1.0591.19****Figura 4 – Fissuras – Carregamento 2800 kgf – Amostra 1.0591.19**

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 10 de 12
Emissão: 22/10/2019



Figura 5 – Fissuras – Carregamento 5600 kgf – Amostra 1.0591.19



Figura 6 – Ruptura – Carregamento 7100 kgf – Amostra 1.0591.19

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 11 de 12
Emissão: 22/10/2019



Figura 7 – Fissuras – Carregamento 4800 kgf – Amostra 1.0592.19



Figura 8 – Fissuras – Carregamento 6400 kgf – Amostra 1.0592.19

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório

REL EC 12193/2019 – R1

ESTE DOCUMENTO CANCELA E SUBSTITUI O RELATORIO REL EC 12193/2019 – R0

Página 12 de 12
Emissão: 22/10/2019



Figura 9 – Ruptura – Carregamento 8250 kgf – Amostra 1.0592.19

4. HISTÓRICO DE REVISÕES

REVISÃO	DATA	RESPONSÁVEL	HISTÓRICO
R0	02/09/2019	Mateus/Jeferson	Versão inicial
R1	22/10/19	Brenda/Jeferson	Revisado cabeçalho

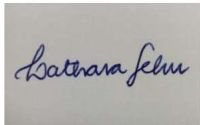
*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*



Relatório
REL EM 12390/2019 – R2

Página 1 de 5
Emissão: 22/10/2019

Título:	Ensaio de exposição à névoa salina neutra
Objetivo:	Apresentar resultados obtidos em amostras de concreto após ensaio de exposição à névoa salina neutra.
Orçamento:	ORÇ 2019_12901-Rev.1
Protocolo:	Nº 31074
Solicitante:	Francine Maia CPF: 089.184.179-26.
Amostra:	Blocos de concreto.
Executante:	Institutos Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 Jardim das Américas Caixa Postal 19067 CEP 81531-980 Curitiba – Paraná – Brasil

Equipe técnica: Lathara Kalili de Oliveira Schu Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais Kelvin Luan Becker Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais Natalia Rodrigues da Costa Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais Letícia Tereski Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais	Revisado por: Mateus Kublinski Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais Emitido por:  Assinado digitalmente por LATHARA KALILI DE OLIVEIRA SCHU: 02422235095 Data: 22/10/2019 17:36:18 Lathara Kalili de Oliveira Schu Ensaio Elétrico e Materiais Ensaio e Análises Laboratoriais
---	--

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados ou amostrados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

Relatório

REL EM 12390/2019 – R2

Página 2 de 5
Emissão: 22/10/2019

1 INTRODUÇÃO

Atendendo à solicitação da cliente Sra. Francine Maia, foram realizados ensaios de exposição à névoa salina neutra em amostras de bloco de concreto descritas no item 2.

2 AMOSTRA

As amostras foram recebidas em 09/09/2019, identificadas pelo solicitante conforme abaixo:

- Amostra 01: Bloco 1.0594.19 (Figura 01 - a);
- Amostra 02: Bloco 1.0593.19 (Figura 01 - b).



Figura 01: Amostra 01 (a) e 02 (b) recebidas para realização do ensaio.

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados ou amostrados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

Relatório

REL EM 12390/2019 – R2

Página 3 de 5
Emissão: 22/10/2019

3 MÉTODO DE ENSAIO

3.1 Normas

- **ASTM B117 - 2016:** *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.*

3.2 Equipamentos e Materiais

- Câmara de Névoa Salina modelo USC-02 BASS (Figura 02), com pulverizador lateral.
- Número de série: FC-1611-67-SE-113.
- Volume útil: 710 litros.
- Dimensões principais internas (mm): largura = 920, comprimento = 920, altura = 850.



Figura 02: Imagem da Câmara de Névoa Salina - BASS.

3.3 Procedimento de ensaio

O ensaio de exposição à névoa salina neutra foi realizado nas amostras descritas no item 2. A metodologia de ensaio seguiu com base norma ASTM B117 com tempo de exposição definido pelo solicitante obedecendo às seguintes condições:

- Solução salina: cloreto de sódio (NaCl) em água deionizada com concentração de 5% (50 g/L);
- pH da solução entre 6,5 e 7,2;
- Fluxo de névoa com média de 1-2 mL/hora;
- Temperatura 35 ± 2 °C;
- Período de exposição: 500 horas (solicitado pelo cliente).

Após conclusão do ensaio a amostra foi inspecionada visualmente quanto à presença de corrosão, manchas e demais alterações de aspecto perceptíveis.

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados ou amostrados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

Relatório

REL EM 12390/2019 – R2

Página 4 de 5
Emissão: 22/10/2019

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos para o ensaio de exposição à névoa salina estão apresentados na Tabela 01 e nas Figuras 03 e 04.

Tabela 01: Resultados obtidos após 508* horas de ensaio de exposição à névoa salina.

Amostra	Resultado
01	508 horas* ensaio: As amostras não apresentaram alterações visuais perceptíveis.
02	508 horas* ensaio: As amostras apresentaram aumento na corrosão da parte metálica na face superior, surgimento de corrosão entre as rachaduras e desprendimento de parte do cimento envolvendo a barra metálica.

*As amostras foram ensaiadas por um período de 508 horas devido ao término do período de 500 horas ter ocorrido fora do expediente do laboratório. As amostras foram então retiradas da câmara no próximo momento em que houve expediente efetivo.



Figura 03: Imagens da amostra 01 após 508 horas de ensaio de exposição à névoa salina neutra.

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
Os resultados se referem somente aos itens ensaiados ou amostrados.
O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

Relatório
 REL EM 12390/2019 – R2

Página 5 de 5
 Emissão: 22/10/2019



Figura 04: Imagens da amostra 02 após 508 horas de ensaio de exposição à névoa salina neutra.

5 COMENTÁRIOS

A análise conclusiva dos resultados apresentados é de responsabilidade do solicitante.

6 HISTÓRICO DE REVISÕES

Controle de Revisões		
Nº	Data	Descrição
R1	15/10/2019	Alteração do solicitante na página inicial e no item 1.
R2	22/10/2019	Adição de comentário a respeito do tempo efetivo de ensaio no item 4.

* * *

*Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelo Lactec.
 Os resultados se referem somente aos itens ensaiados ou amostrados.
 O laboratório não é responsável pela amostragem, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.*

ANEXO 02 - CARTA DE AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA HAZER

**CARTA DE AUTORIZAÇÃO DO USO DE MARCA E IMAGENS**

A **HAIZER Importação e Exportação Ltda.**, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 26.440.564/0001-39, registrada na Junta Comercial do Estado de Santa Catarina sob o NIRE nº 42205527684, com sede em Araquari – SC, na Rodovia A 280 A, nº 6777 – Sala 104-A, Box 07, KM 04, Itinga, CEP 89245-000, neste ato representada por seu sócio administrador Marlos Gaio, brasileiro, empresário, **AUTORIZA** os alunos abaixo citados, a utilizar o nome, a marca da empresa Haizer e as imagens cedidas pela empresa, para elaboração e apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, para obtenção de Graduação no curso de Engenharia Civil, da UNIVERSIDADE TUIUTI do PARANÁ, o qual terá o título de ANALISE COMPARATIVA ENTRE ENSAIOS DE FLEXÃO E CORROSÃO UTILIZANDO CONCRETO ARMADO COM BARRA DE AÇO E POLIMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO.

Os alunos autorizados são: **FRANCINE MAIA DE OLIVEIRA**, portadora do CPF nº 089.184.179-26; **RENAN VINICIUS STADINICKI** portador do CPF Nº 064.365.389-92 e; **GUILHERME AUGUSTO DE ASSIS** portador do CPF nº 080.638.029-26, tendo ciência de que o material cedido e esta autorização são apenas para os fins educacionais acima especificados, não podendo ser utilizados para outras finalidades.

As referências à marca da empresa Haizer é necessária, pelo fato de ser a única importadora do material da fábrica Russa para o Brasil, porque cada fábrica existente no mundo utiliza uma fórmula de compósito diferente e, portanto, o material dessa fábrica é a referência didática do trabalho dos alunos acima identificados.

Curitiba, 06 de novembro de 2019.



Marlos Gaio
Sócio - administrador