

**ANA CLAUDIA DE PAULA LOURENÇO**

**ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSAIO  
DE ARRANCAMENTO QUE AVALIA ADERÊNCIA AÇO/CONCRETO.**

Guaratinguetá

2015

**ANA CLAUDIA DE PAULA LOURENÇO**

**ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA O ENSAIO  
DE ARRANCAMENTO QUE AVALIA A ADERÊNCIA AÇO/CONCRETO.**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira

Guaratinguetá

2015

L892e Lourenço, Ana Cláudia de Paula  
Estudo para determinação de uma metodologia para o ensaio de  
arrancamento que avalia aderência aço/concreto / Ana Cláudia de Paula  
Lourenço – Guaratinguetá : [s.n], 2015.  
60 f. : il.

Bibliografia : f. 58-60

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual  
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira

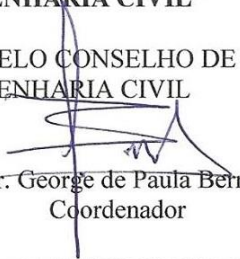
1. Concreto armado 2. Aderências 3. Construção civil – Especificações I.  
Título

CDU 624.012.45

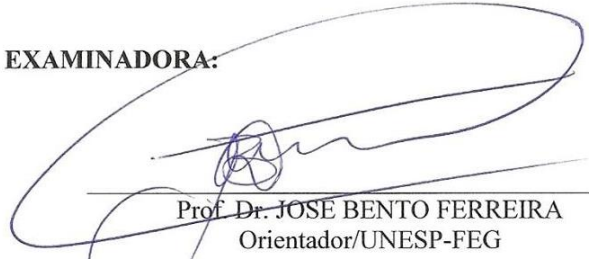
**Ana Claudia de Paula Lourenço**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”


APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
Prof. Dr. George de Paula Bernardes  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. JOSÉ BENTO FERREIRA  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. ANTONIO WANDERLEY TERNI  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. MARCIA REGINA DE FREITAS  
UNESP-FEG

**Dezembro, 2015**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me concedeu a oportunidade e os meios para alcançar meus objetivos.

Agradeço do fundo do coração aos meus pais *Celso e Maria do Carmo* por me apoiarem nos momentos difíceis, pela confiança e pelo carinho, exemplos para mim. Essa conquista também é deles.

As minhas irmãs, *Ana Cecilia e Ana Carolina*, pela amizade, irmandade e apoio de sempre. A toda minha família, pelo incentivo, apoio, carinho e paciência.

Ao meu namorado, *Rodrigo*, por todo amor, carinho, paciência e auxílio durante a minha graduação.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. José Bento Ferreira*, pela amizade, orientação e auxílio durante minha graduação e na realização deste trabalho.

Ao meu amigo e técnico do departamento *Flavio Bernardes* pelo auxílio e amizade na elaboração desse projeto.

Aos amigos da *Moradia da FEG*, e a todos os meus amigos da *FEG* que estiveram ao meu lado durante a minha graduação. Pela amizade, companheirismo e alegria, aos quais considero como minha segunda família.

Aos meus parentes, pelo incentivo e pelos momentos de alegria.

Aos amigos e irmãos que ganhei durante minha vida e que me deram muito apoio e força para seguir em frente, me acompanharam em todos os momentos tristes e felizes.

Meus agradecimentos a todos e todas que de forma direta ou indireta me ajudaram e acompanharam nesta caminhada.

LOURENÇO, A.C DE P. **Estudo para determinação de uma metodologia para o ensaio de arrancamento que avalia a aderência aço/concreto**. 2015. 59f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

Este trabalho fala sobre a importância da aderência do aço ao concreto, em estruturas de concreto armado, do seu ensaio e formas de mensuração utilizadas e como seus resultados são utilizados, no cálculo estrutural, que utiliza como referência as ABNT NBR 6118 e a ABNT NBR 7480. Aborda também a importância de uma avaliação confiável, discutindo falhas que o ensaio utilizado, ABNT NBR 7477, apresenta em circunstâncias específicas, conforme discutido no âmbito da CEE-094. Apresenta também uma proposta inicial de ensaio de arrancamento simplificado, que objetiva analisar a aderência em barras de aço com diâmetro inferior a 10 mm, cujos resultados, quando utilizado o ensaio padronizado pela ABNT NBR 7477, tem apresentado variabilidade excessiva, principal crítica ao ensaio hoje utilizado, sem que se estabeleça diferenciação para barras grossa ou finas. A proposta apresentada ainda se encontra em fase de consolidação da metodologia, dado o tempo necessário e o volume de ensaios necessários. Por esse motivo ainda não é possível se fazer uma comparação entre os valores obtidos e os resultados do ensaio utilizado com base na norma em vigor, isto só poderá ser realizado mais a frente com a continuidade deste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVES:** Ensaio de Aderência, NBR 6118- 2007, NBR 7480- 2007, ABNT NBR 7477- 1982, Nova proposta de ensaio.

LOURENÇO, A.C. de P. **STUDY TO DETERMINE A METHODOLOGY FOR TESTING PEEL ADHESION WHICH EVALUATES THE STEEL/ CONCRETE.** 2015. 59f. GraduateWork (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

This work talks about the importance of the steel adhesion to concrete, reinforced concrete structures, their testing and forms of measurement used and how the results are used in the structural design, which uses as a reference the NBR 6118 and NBR 7480. It also deals with the importance of a reliable assessment, discussing failures that the test used, NBR 7477, features in specific circumstances, as discussed under the EC-094. It also presents an initial proposal for simplified pullout test, which aims to analyze the grip on steel bars with diameter less than 10 mm, which results when used standardized testing by ABNT NBT 7477, has shown excessive variability, the main criticism of the trial today used without distinction to be established thick or thin bars. The proposal also presented methodology is in the consolidation phase, given the time and the volume of necessary tests. For this reason it is not possible to make a comparison between the values obtained and the results of the test used on the basis of the standard in force, this can only be done once the front with a continuation of this work.

**KEYWORDS:** Adhesion test, NBR 6118- 2007, 7480- 2007 NBR, NBR 7477- 1982, New-testing proposal.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenvolvimento das trajetórias das tensões principais junto a uma barra de armadura. ....	15
Figura 2 - Curva tensão de aderência x deslizamento. ....	16
Figura 3 - figuras transversais e de fendilhamento. ....	17
Figura 4 - Acabamento das superfícies de barras lisas. ....	18
Figura 5 - Aderência por atrito. ....	19
Figura 6 - Aderência mecânica. ....	19
Figura 7 - Barras concretadas em posição horizontal. ....	21
Figura 8 - Deformação da peça. ....	24
Figura 9 - Ensaio de Flexão 4 apoios. ....	24
Figura 10 - Modelos de ensaio. ....	25
Figura 11 - Corte da peça usada para o ensaio. ....	26
Figura 12 - Corpo de prova para o ensaio de arrancamento. ....	35
Figura 13 - Disposição geral do ensaio ....	36
Figura 14 - ensaio de arrancamento com anel circunferencial. ....	37
Figura 15 - Ensaio de flexão em Vigas. ....	37
Figura 16 - Ensaio de extremidade de viga ....	38
Figura 17 - Esquema do corpo de prova do ensaio de quatro barras. ....	39
Figura 18 – Esquema geral de ensaio desenvolvido por Duccatti. ....	39
Figura 19 - Primeiro Molde para a realização do ensaio. ....	40
Figura 20 - Segundo molde para a realização do ensaio. ....	41
Figura 21 - Corpo de prova, ensaio de tração e de arrancamento. ....	42
Figura 22 - Moldes dos corpos de prova. ....	43
Figura 23 - Preparação dos corpos de prova. ....	44
Figura 24 - Corpos de prova. ....	44



Figura 25 - Ensaio a compressão. ....	45
Figura 26 - Ensaio de arrancamento. ....	45
Figura 27 - Molde para o segundo ensaio. ....	46
Figura 28 - Moldagem dos corpos de prova. ....	47
Figura 29 - Peças prontas para o ensaio. ....	47
Figura 30 - Ensaio de arrancamento. ....	48
Figura 31 - Molde para os corpos de prova 3. ....	49
Figura 32 - Corpos de prova Terceiro Ensaio. ....	49
Figura 33 - Ensaio de arrancamento. ....	50
Figura 34 - Primeiro ensaio, barra não aderida à peça. ....	51
Figura 35 - Primeiro ensaio, peça sem a barra. ....	52
Figura 36 - Segundo Ensaio, Peças trincadas. ....	53
Figura 37 - Segundo Ensaio, peça quebrada. ....	53
Figura 38 - Segundo Ensaio, Todas as peças do ensaio. ....	54
Figura 39 - Terceiro Ensaio, Deslizamento das peças. ....	55
Figura 40 - Terceiro ensaio, Barra Rompida. ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio de Compressão (Autoria Própria) .....	52
Tabela 2- Ensaio de Arrancamento (Autoria Própria).....	52
Tabela 3 - Ensaio de Compressão ensaio 2 (Autoria Própria).....	54
Tabela 4 - Ensaio de arrancamento ensaio 2 (Autoria Propria).....	54
Tabela 5 - Ensaio de Compressão, ensaio 3 (Autoria Própria).....	56
Tabela 6 - Ensaio de Arrancamento, ensaio 3 (Autoria Própria).....	56

## NOMENCLATURA

$A_{s,calc}$	Área da seção de aço calculada	$m^2$
$A_{s,ef}$	Área de aço efetiva	$m^2$
$f_{bd}$	Resistência de aderência de cálculo de armadura passiva	$Kg/cm^2$
$f_{bpd}$	Resistência de aderência de cálculo de armadura ativa	$Kg/cm^2$
$f_{ctd}$	Resistência à tração de cálculo do concreto	$Kg/cm^2$
$f_{ctk,inf}$	Resistência à tração característica do concreto	
$f_{pyd}$	Resistência de escoamento de cálculo do aço de armadura ativa	$Kg/cm^2$
$L$	Comprimento de contato entre a barra e o concreto no corpo de prova	(mm)
$l_{bp}$	Comprimento de ancoragem básico para armadura ativa	cm
$l_{bpt}$	Comprimento de transferência	Cm
$N$	Comprimento de ancoragem necessário para tela composta por fios lisos ou com mossas.	cm
$P$	Carga de tração aplicada na extremidade inferior da barra	kN

## LETRAS GREGAS

$\gamma_c$	Coefficiente de ponderação da resistência do concreto	
$\Delta$	Deslizamento da barra	mm
$\eta_1, \eta_2, \eta_3$	Coefficiente para cálculo da tensão de armadura positiva	
$\eta_{p1}, \eta_{p2}$	Coefficientes para cálculo da tensão de aderência da armadura ativa	
$\sigma_x$	Tensão longitudinal de tração	MPa
$\sigma_1$	Tensão diagonal de tração	MPa
$\sigma_t$	Tensão circunferencial de tração	MPa
$\sigma_b$	Tensão normal de tração	MPa
$\sigma_r$	Tensão de aderência residual	MPa
$\sigma_{pi}$	Tensão na armadura ativa imediatamente após a aplicação da protensão.	MPa
$\sigma_{p\infty}$	Tensão na armadura ativa após todas as perdas ao longo do tempo	MPa
$T$	Tensão de aderência	MPa
$\tau_o$	Aderência química	MPa
$\tau_a$	Tensões radiais de compressão	MPa
$\phi$	Diâmetro da barra	mm
$\phi_n$	Diâmetro equivalente de um feixe	Mm
$\phi_f$	Diâmetro das barras que constituem um feixe	Mm

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>CAPÍTULO 2 - ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO</b> .....	15
2.1 - CLASSIFICAÇÕES DAS ADERÊNCIAS .....	18
2.1.1 - Aderência por Adesão .....	18
2.1.2 - Aderência por atrito .....	19
2.1.3 - Aderência Mecânica .....	19
2.2 - PROPRIEDADES QUE INFLUENCIAM A ADERÊNCIA .....	20
2.2.1 - Diâmetro da barra .....	20
2.2.2 – Idade do Concreto .....	20
2.2.3 – Posição da barra na concretagem .....	20
2.2.4 – Resistência mecânica do concreto .....	21
2.2.5 – Traço do concreto .....	21
2.2.6 – Adensamento do Concreto .....	21
2.2.7 – Conformação Superficial .....	22
<b>CAPÍTULO 3 - PROBLEMA A SER RESOLVIDO E SUA IMPORTÂNCIA</b> .....	23
3.1 ABNT/CEE-094 .....	23
3.2 - ABNT NBR 14859 .....	27
3.3 ABNT NBR- 6118 .....	28
<b>3.3.1. Como é discutido o ensaio dentro desta norma</b> .....	29
<b>CAPÍTULO 4 - ENSAIOS DE ADERÊNCIA</b> .....	34
4.1 – ENSAIO DE ARRANCAMENTO DIRETO- PULL-OUT TEST .....	34
4.2 - ENSAIO DE ARRANCAMENTO COM ANEL CIRCUNFERENCIAL – “RING PULL – OUT TEST”; .....	36
4.3 - ENSAIOS DE FLEXÃO – “BEAM BEST (BT)” .....	37
4.4 - ENSAIO DE EXTREMO DE VIGA – “ <i>BEAM END TEST</i> ” .....	38
4.5 - ENSAIO DE ADERÊNCIA DO TIPO “PUSH-OUT TEST” .....	38
4.6 - ENSAIOS DAS QUATRO BARRAS .....	38
<b>CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO - PROPOSTA DE NOVO ENSAIO</b> .....	40

5.1 MECANISMOS UTILIZADOS PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	40
5.2 ENSAIOS .....	41
<b>5.2.1 - Primeiro ensaio</b> .....	42
<b>5.2.2 - Segundo ensaio</b> .....	46
<b>5.2.3 - Terceiro ensaio</b> .....	48
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS DOS ENSAIOS</b> .....	51
6.1 - FALHAS OBTIDAS NO PRIMEIRO ENSAIO .....	51
6.2 - FALHAS OBTIDAS NO SEGUNDO ENSAIO .....	53
6.3 - FALHAS OBTIDAS NO TERCEIRO ENSAIO .....	55
<b>CAPITULO 7 - CONCLUSÕES</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade vários modelos estruturais para a construção civil foram criados e desenvolvidos em função da cultura, das técnicas, dos valores financeiros, da arquitetura e do clima. A associação entre aço-concreto foi uma das técnicas, além de muitas outras existentes, mais inovadoras e que resultam em peças resistentes a diferentes tipos de esforços, mostrando-se a solução mais viável, prática e econômica (DE OLIVEIRA, 2011).

A alvenaria pode ser explicada como sendo a moldagem de pedras (o método mais antigo), tijolos (substituiu a pedra) ou blocos, colados por argamassa. Os locais e a época de descoberta do concreto são desconhecidas, mas acredita-se que tenha sido na Mesopotâmia aproximadamente em 14000 a.C. Neste local se buscavam um material que unisse as pedras deixando-as coesas. No início se usou barro ou argila como material ligante e depois foi usado argamassa de cal, sendo esta a mais resistente. Assim se iniciou o uso de cal, cimento e concreto como aglomerante para argamassa de alvenaria (CARVALHO, 2008).

Ainda de acordo com Carvalho (2008) muitas obras foram feitas utilizando outros materiais como cimento Portland e o Romano e todas as estruturas feitas com esse material resistiram bem às ações do tempo. Mas em 1849 foi descoberto o Concreto armado, quando Joseph Louis Lambot, que construía tanques de cimento reforçado com ferros, construiu um barco com o mesmo sistema, patenteou o barco em 1855. O protótipo está exposto no museu de Brignoles, França. Esse concreto foi chamado de ferro-cimento ou cimento armado. Um rico comerciante, Joseph Monier, gostou da ideia do material resistente e duradouro e a adaptou para fazer vasos e logo se usou o concreto armado para vários artefatos e estruturas. Em 1886 o engenheiro alemão Gustav Adolf Wayss comprou as patentes de Monier e construiu vários edifícios na França, Alemanha e Áustria.

A associação entre aço e o concreto em vigas, pilares e lajes tem ocorrido em maior escala nas estruturas de concreto armado. Os elementos são compostos por concreto de qualidade estrutural e as barras são adequadamente dimensionadas e detalhadas. No caso do concreto armado admite-se a interação entre os dois materiais como completa para que ocorra a transferência dos esforços e a compatibilidade de deformação (BARBOSA, 2001).

A ABNT criou uma comissão técnica (CEE- 094) para discutir sobre o uso das barras finas, de 10mm diâmetro ou menor, pois o ensaio não apresenta confiabilidade para esses valores e sim para valores maiores. Como os resultados utilizados em outras diversas normas precisa-se de valores reais e confiáveis pois aqui no Brasil é mais utilizado barras de

diâmetros pequenos e normas como a ABNT NBR 7480, e a ABNT NBR 6118 que usam resultados do ensaio regido pela ABNT NBR 7477, ficam com seus resultados insatisfatórios, pois não se tem a confiabilidade necessária.

Os valores de aderência aço-concreto são de grande importância para a construção civil por isso vários estudos são feitos para se chegar a valores confiáveis e seguros. Nas últimas décadas muitos estudos foram realizados para associação aço-concreto nas edificações, porém, algumas falhas ainda são encontradas, como por exemplo da NBR 7477, que tem como base barras com diâmetro maior ou igual a 10mm.

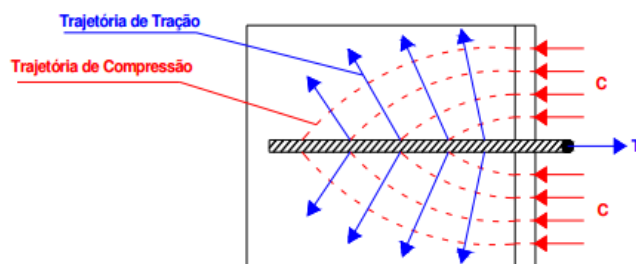
Este trabalho visa encontrar uma possível solução para essas falhas dos resultados dos ensaios, realizando um novo tipo de ensaio com um novo equipamento de ensaio e que visa sanar esse fato e conseguir valores mais aceitáveis de resultados, ajudando a dar mais segurança e durabilidade para as construções.

## CAPÍTULO 2 - ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO

Para a existência de estruturas de concreto armado, deve ocorrer a aderência entre concreto e aço, pois os dois materiais trabalham em conjunto para suportar os esforços solicitantes. A aderência também é quem garante a transferência de esforços entre aço e concreto, a compatibilidade de deformação entre eles, a ancoragem da armadura no concreto, e também previne que haja escorregamento da armadura nos segmentos entre fissuras. A aderência também impede o deslocamento relativo entre concreto e aço, que se deformam igualmente até a tensão limite no concreto (TAVARES, 2012).

Segundo Leonhardt e Monnig (1979), as tensões principais de tração e compressão no concreto são causadas pela tensão de aderência, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Desenvolvimento das trajetórias das tensões principais junto a uma barra de armadura.



Fonte: (LEONHARDT E MONNIG, 1979).

Existem vários modos de ruptura da aderência aço-concreto como, por exemplo, a ruptura do aço, que ocorre quando a tensão na barra atinge a tensão de escoamento do aço, ou a ruptura por deslizamento da barra e por fendilhamento do concreto; as duas últimas são as mais importantes, como podem ser observadas abaixo:

- A ruptura por deslizamento da barra de aço acontece quando os consoles de concreto entre as nervuras são rompidos, e ocorre o deslizamento da barra de aço do interior do concreto, a isso chamamos ruptura dúctil, ou quando o cobrimento de concreto é suficiente e resiste as tensões radiais ou também quando a armadura transversal é suficiente para parar ou diminuir a fissuração por fendilhamento.
- Já a ruptura por fendilhamento ocorre quando o confinamento da barra não é suficiente para garantir o arranchamento da mesma, ele acontece com a ruptura do concreto



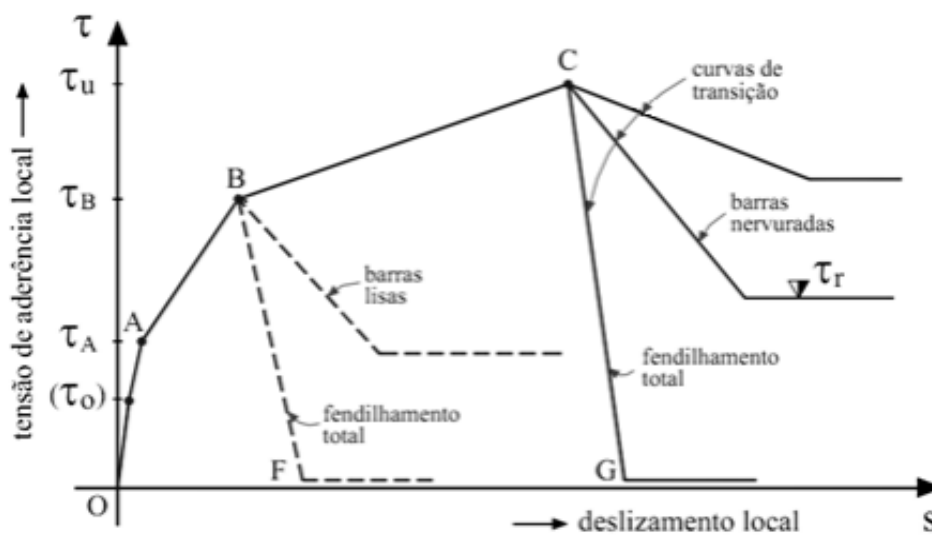
adjacente à barra de aço, essa ruptura ocorre do aumento das tensões que são maiores que a capacidade resistente da peça. (TAVARES, 2012)

Segundo GOTO (1971), nas barras sem nervuras, a adesão química entre o cimento e o aço é que gera a aderência, quando a adesão química se rompe ocorre a resistência ao deslizamento devido ao atrito e quando a resistência acaba a barra é arrancada, deixando um orifício quase não modificado dentro do concreto.

De acordo com BARBOSA (2002), FRANÇA (2004) e VALE SILVA (2010), as barras nervuradas que foram criadas para dar mais aderência do concreto ao aço tem uma forma de aderência diferente, mesmo que a adesão e o atrito ocorram, a resistência ao deslizamento depende da ação mecânica entre o concreto e as nervuras. No caso de adesão química, o efeito é pouco e o atrito só ocorre quando houver o escorregamento da barra no concreto.

TASSIOS (1979), mostra o desenvolvimento das tensões de acordo com o deslizamento, como mostra a figura 2.

Figura 2 - Curva tensão de aderência x deslizamento.



Fonte: (TASSIOS, 1979).

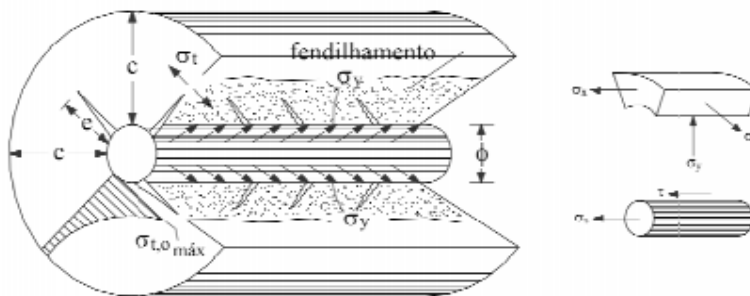
Ele explica ainda que antes da aderência química  $\tau_0$  ser atingida os valores da tensão de aderência são pequenos e com o aumento da carga, ocorre o rompimento da adesão e há posteriormente mobilização por causa das nervuras das barras. As primeiras fissuras ocorrem

após a tensão  $\tau_a$  devido as tensões de tração serem maiores que a resistência a tração do concreto.

Na tentativa de arrancamento da barra surgem as tensões radiais de compressão  $\tau_y$  e longitudinais de tração  $\sigma_x$ . As tensões diagonais de tração  $\sigma_1$ , que causam as fissuras diagonais transversais ao longo da armadura, são decorrentes da combinação das tensões radiais de compressão e longitudinais com as tensões de aderência.

As tensões de compressão também originam as tensões circunferenciais  $\sigma_t$  que por sua vez são responsáveis pelas fissuras por micro-fendilhamento interno e tudo isso ocorre após a fissuração transversal (Figura 3).

Figura 3 - figuras transversais e de fendilhamento.



Fonte: (TASSIOS, 1979)

A tensão  $\tau_b$  é alcançada quando o carregamento aumenta e as fissuras de fendilhamento se propagam. No trecho AB da figura 2 há a perda de aderência e o componente de atrito é introduzido contribuindo na aderência.

As barras lisas são completamente arrancadas quando  $\tau_b$  é atingido, isso acontece porque o atrito não é mais suficiente para manter a aderência, deixando o orifício sem alteração no concreto.

O ramo BF da curva mostra o rompimento por fendilhamento do concreto, para o caso de barras nervuradas, para cobrimento muito pequeno. Segundo Tavares (2012), para cobrimentos maiores, entre os níveis de tensão  $\tau_b$  e  $\tau_u$ , as barras nervuradas tem um escorregamento gradativo devido ao esmagamento do concreto entre as nervuras. O atrito é o único meio que sobra quando  $\tau_u$  é alcançado. A tensão de aderência residual,  $\tau_r$  é o valor

onde ocorre o estacionamento da queda do diagrama, este valor é quase nulo quando o fendilhamento ocorre ao longo do cobrimento (trecho CG).

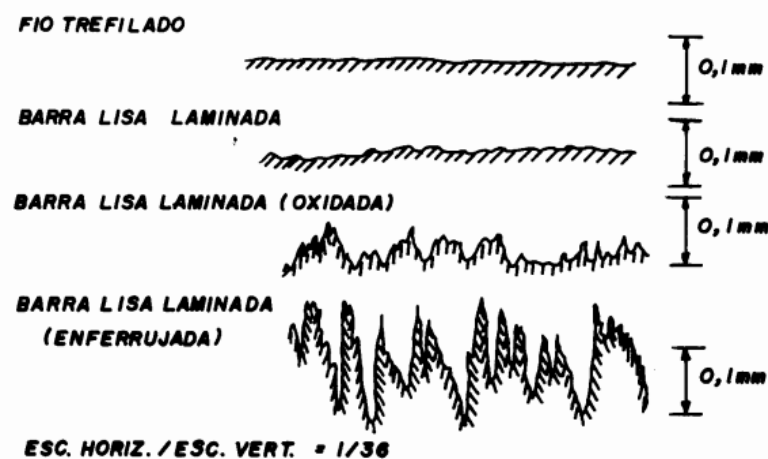
## 2.1 - CLASSIFICAÇÕES DAS ADERÊNCIAS

De acordo com DE OLIVEIRA (2011) a aderência consiste no impedimento de ocorrer deslizamento entre o concreto e uma barra. Ela ajuda na fixação do concreto armado, unindo os materiais utilizados. Conforme Fusco (1995) podemos classificar as aderências em três formas.

### 2.1.1 - Aderência por Adesão

Segundo França (2004) a aderência por adesão origina-se pela reação físico-química que age na interface aço-concreto no decorrer da relação de união com o cimento. A aderência obedece às condições de limpeza da superfície da barra utilizada, como também de sua rugosidade, mas mesmo assim não é suficiente caso ocorra pequenos deslocamentos da barra de aço. A Figura 4 mostra diferentes rugosidades para a barra lisa.

Figura 4 - Acabamento das superfícies de barras lisas.

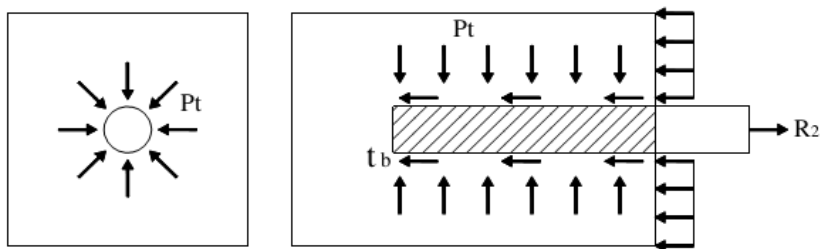


Fonte: (FRANÇA, 2004).

### 2.1.2 - Aderência por atrito

É a aderência que ocorre devido ao surgimento de forças de atrito existentes entre a barra de aço e o concreto e é dependente do coeficiente de atrito entre os dois materiais. Segundo Oliveira (2011) a aderência por atrito acontece em razão das pressões transversais do concreto sobre a armadura.

Figura 5 - Aderência por atrito.

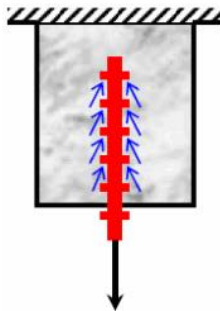


Fonte: (FUSCO, 1995).

### 2.1.3 - Aderência Mecânica

De acordo com França (2004) é a fração de aderência que atua entre o aço e o concreto, ocorrendo devido à presença de nervuras ou estrias na superfície da barra de aço. São dependentes da altura, forma e da distância e inclinação das nervuras. Por meio do modelo de encaixe entre o concreto, das nervuras da barra e o do intertravamento mecânico, originam-se “consoles de concreto” que são requeridos à compressão e ao corte antes que a barra escorregue do concreto, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Aderência mecânica.



Fonte: (OLIVEIRA, 2011).

## 2.2 - PROPRIEDADES QUE INFLUENCIAM A ADERÊNCIA

A tensão de aderência pode ser interpretada como a relação entre a força que atua na barra e a superfície da barra aderida ao concreto. Existem diversos elementos que influenciam no comportamento da aderência como os citados a seguir:

### 2.2.1 - Diâmetro da barra

Ducatti (1993) observou através de estudos na aderência de barras que, conforme se aumenta o diâmetro, diminui-se a resistência de aderência. Esse fator está relacionado com a zona de transição que é mais grossa nas barras que apresentam maior diâmetro.

De acordo com Barbosa (2001), um fator que diminui a tensão máxima de aderência é o aumento do diâmetro da barra, pois a zona de transição torna-se maior em barras com maior diâmetro. Uma maior retenção de água de amassamento do concreto, devido ao diâmetro da barra e a elevada altura das nervuras, aumenta a zona de transição. Essa região se torna mais porosa facilitando o esmagamento ou cisalhamento da parte em contato com as nervuras.

### 2.2.2 – Idade do Concreto

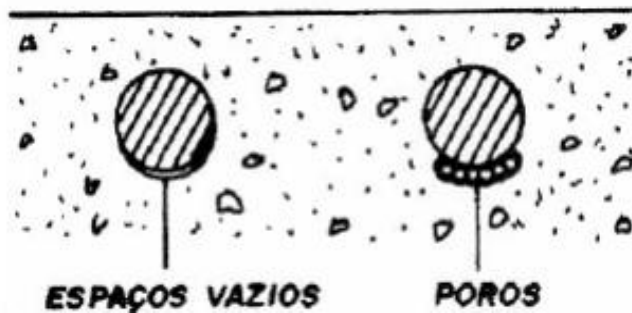
De acordo com Ribeiro (1985), a influência da idade do concreto sobre a aderência é a mesma verificada em relação a resistência à compressão ou à tração do concreto.

### 2.2.3 – Posição da barra na concretagem

A inclinação e a posição da barra no momento da concretagem influenciam a concretagem da peça, tanto no lançamento quanto no adensamento da mesma.

De acordo com Ribeiro (1985), a posição da barra influencia na resistência ao arrancamento, pois as barras concretadas na posição horizontal, na parte superior da forma, tem um comportamento pior do que as concretadas no fundo da forma, devido as barras inferiores ficarem em uma zona onde o adensamento é maior e, conseqüentemente, a argamassa porosa na metade inferior das barras é menor, observe a Figura 7.

Figura 7 - Barras concretadas em posição horizontal.



Fonte: (LEONHARDT, 1979)

#### 2.2.4 – Resistência mecânica do concreto

Quanto maior a resistência do concreto e quanto melhor sua qualidade, maiores serão os esforços de aderência no mesmo. A resistência mecânica do concreto é um dos fatores que mais influenciam a resistência à aderência.

De acordo com Ducatti (1993), em concretos normais com resistência a compressão de até 40 MPa que sofram ruptura por fendilhamento, o fator determinante do estado limite último de carregamento na ancoragem da armadura seria a resistência à tração.

#### 2.2.5 – Traço do concreto

De acordo com Oliveira e Assis (2006), qualquer alteração no traço do concreto, só não terá influência no comportamento de aderência aço-concreto se não modificar a resistência à compressão ou à tração do mesmo.

#### 2.2.6 – Adensamento do Concreto

De acordo com França (2004), o adensamento pode ser crítico para aderência, pois a zonas de ancoragem tem-se uma elevada quantidade de armadura, ocasionando dificuldade de concretagem, dando maior possibilidade para a formação de vazios, tornando a região solicitada mais fraca.

### **2.2.7 – Conformação Superficial**

A barras são classificadas como lisas ou nervuradas.

Nas barras nervuradas a adesão representa uma pequena parte da resistência de aderência e o estado superficial da barra não influencia na resistência. Já nas barras lisas a adesão está diretamente ligada à resistência de aderência e quando a barra é contaminada com desmoldante praticamente não apresenta aderência.

## **CAPÍTULO 3 - PROBLEMA A SER RESOLVIDO E SUA IMPORTÂNCIA.**

O ensaio utilizado hoje ainda tem problemas quanto à confiabilidade e repetitividade, pois a forma como o ensaio é realizado, mesmo utilizando-se os mesmos materiais, não promove um resultado confiável devido às falhas que ocorrem nos ensaios.

### **3.1 ABNT/CEE-094**

A CEE é um comitê técnico que avalia as normas e faz as devidas correções, reescreve, ou até mesmo anula uma determinada norma, caso seja necessário. Cada norma atualizada tem um comitê específico, por exemplo, a citada neste trabalho é ABNT/CEE094(Comissão de Estudo Especial de laje pré-fabricada, pré-laje e armaduras, treliças eletrossoldadas).

Neste comitê citado, as normas avaliadas foram a ABNT NBR 14859-1:2002 e a ABNT NBR14859-2:2002, estudando correções e possíveis adições na norma para que seus resultados durante os ensaios sejam mais satisfatórios.

A norma ABNT NBR 14862:2002 e ABNT NBR 15522:2007- Lajes pré-fabricadas estão sendo analisadas para possivelmente serem canceladas e substituídas, ou seja, uma nova parte da norma avaliada pelo comitê, para o caso, parte 3 e 5, respectivamente. Durante este período de avaliação, a norma continua sendo utilizada e válida até a aprovação da nova norma ou autorização para as mudanças.

Alguns pontos de discussão sobre qual norma deveria ser corrigida ou onde deveria ser feita tal correção foram verificados e cada membro deu sua opinião, segue abaixo alguns pontos.

O senhor Jose Bento Ferreira (ABNT/CEE-094) falou sobre a ABNT NBR 15522:2007 (Laje pré-fabricada- Avaliação do desempenho de vigotas e pré-lajes sob carga de trabalho). O objetivo desta norma é especificar um método de ensaio para a verificação do desempenho de vigotas e pré-lajes utilizadas em lajes pré-fabricadas unidirecionais e bidirecionais, sob cargas de trabalho, para garantir que sua estrutura não se danifique durante o processo de concretagem da laje. Ele diz que o método apresenta problemas, pois na hora da sua execução ele deforma visivelmente a armadura da peça (Figura 8). Ele propõe que seja feito um ensaio de flexão com quatro apoios (Figura 9).



Figura 8 - Deformação da peça.



Fonte: Site da ABNT/CEE-094, Pasta de Colaboração dos Participantes- Apresentações- Apresentação Sr. Jose Bento Ferreira.

Figura 9 - Ensaio de Flexão 4 apoios.



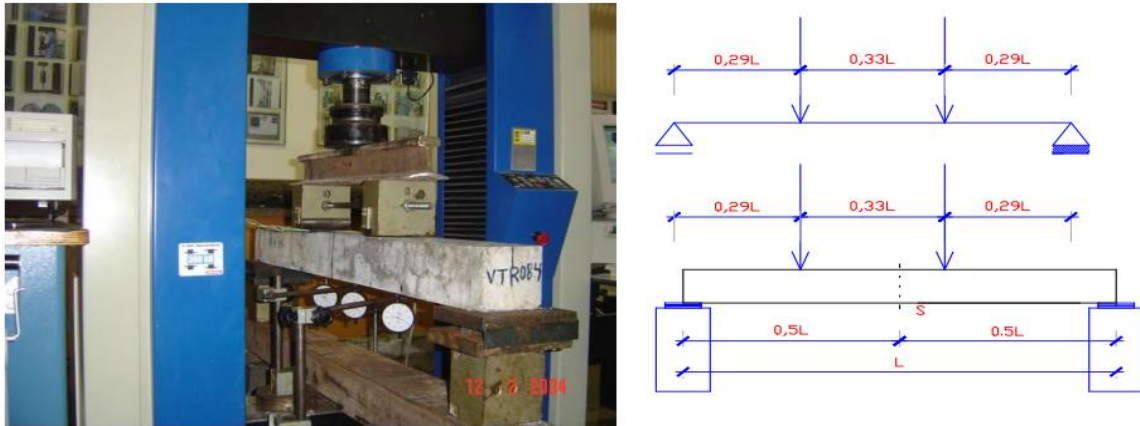
Fonte: Site da ABNT/CEE-094, Pasta de Colaboração dos Participantes- Apresentações- Apresentação Sr. Jose Bento Ferreira.

O Sr. Robson Lopes Pereira (ABNT/CEE-094) diz que na NBR 6118 faltam recomendações sobre como determinar o comprimento de transpasse para emenda de treliças eletrossoldadas, mas a mesma norma (2003) determina que as telas soldadas com fios de aços lisos podem ser tratadas como barras nervuradas.

Ele propõe avaliar experimentalmente o comportamento de vigas treliças das emendadas por transpasse, medir o desempenho da mesma quanto as diversas alturas de treliças em relação à viga de referência e verificar qual a interferência do tipo de instalação em uma viga treliçada com emenda por transpasse, com sinusóides coincidentes ou defasados.

O ensaio se baseou em modelos simplesmente apoiados e submetidos a duas forças concentradas nos terços médios, para todos os modelos.

Figura 10 - Modelos de ensaio.



Fonte: Site da ABNT/CEE-094, Pasta de Colaboração dos Participantes- Apresentações- Apresentação de emendas treliçadas Sr. Robson.

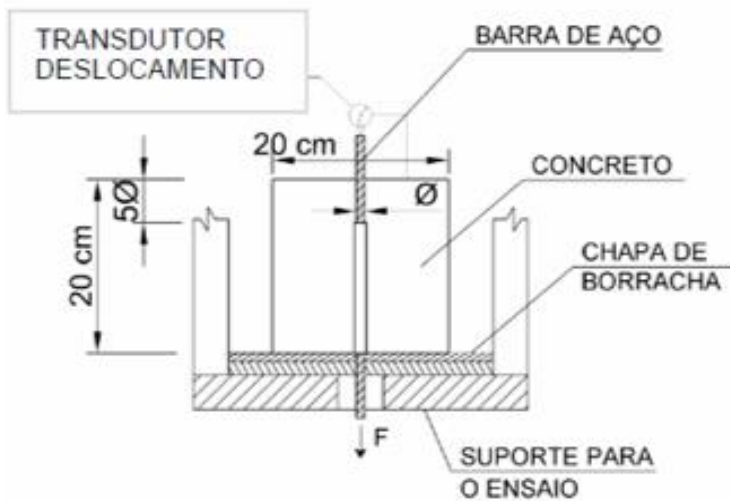
Este ensaio mostrou-se eficiente e deram resultados iguais ou maiores que os seus valores de referência e estão dentro do que a NBR 6118 exige. O único detalhe é que o arranjo entre as partes a serem emendadas deve ser instalado de forma defasada para melhor desempenho quando se trabalha com o comprimento mínimo de transpasse.

O Sr. Andrade (ABNT/CEE-094) questiona a ABNT NBR 7480:1996 que fala do ensaio de conformação obrigatório para bitolas maiores ou iguais a 10 mm e destaca que não se faz nenhuma exigência para ensaio de aderência para bitolas menores que 10 mm. Já na ABNT NBR 7480:2007 (norma vigente) ele destaca que o ensaio de conformação é obrigatório para todas as bitolas de CA60 e CA50 e que a partir das exigências do novo RAC(Registro de Auditores Certificados) os ensaios começaram a ser realizados pelos laboratórios para certificação compulsória.

Outro método de ensaio de aderência é o “*Pull out Test*”. A Rilem-CEB-FIB (1978) determina-se a tensão de aderência através da equação:

$$\tau(\Delta) = \frac{P}{\pi \cdot \phi \cdot L} \quad (1)$$

Figura 11 - Corte da peça usada para o ensaio.



Fonte: Site da ABNT/CEE-094, Pasta de Colaboração dos Participantes- Apresentações- Apresentação Sr Andrade.

O Sr. Fernando Stucchi (ABNT/CEE-094) questiona alguns problemas encontrados na ABNT NBR 6118, principalmente no que diz respeito à ancoragem e conclui, através de alguns experimentos, que barras soltas e telas soldadas têm comportamento equivalente. E que a teoria para ruína por cisalhamento sem estribos, tem margem de segurança maior que a teoria de flexão, como se é desejado, e a ancoragem mínima no apoio ( $7,5\text{cm}$  ou  $>10F$ ) evita o escorregamento da armadura.

O Sr. Marcos Monteiro (ABNT/CEE-094) também questiona a ABNT NBR 6118, no que diz respeito a armaduras treliçadas, observando proibição do uso de fios trefilados lisos no banzo inferior das armaduras treliçadas, observando que os fios entalhados ou nervurados promovem um controle maior da fissuração, porém do ponto de vista dele, a proibição só é justificada quando se comprova que o coeficiente de conformação superficial das barras lisas, no estado limite de serviço, haja aberturas de fissuras superiores ao especificado na norma.

Com base nos experimentos realizados ele conclui que as barras lisas podem ser utilizadas em edificações residenciais e comerciais e para casos especiais (grandes cargas, ambientes agressivos, etc) deve ser feito um estudo detalhado para a especificação do diâmetro do banzo inferior.

O Sr. Noé Marcos Neto da empresa MARKA (ABNT/CEE-094), questiona também a ABNT NBR 6118 no que diz respeito ao cobrimento. Ele diz que na ACI 318, seção 7.7, o cobrimento da armadura é fixado em 1,5 vezes o diâmetro máximo do agregado e não menor

que 9,5mm para ambiente protegido, diz ainda que um importante conceito que ainda não foi incorporado a nossas práticas é relativizar a ideia de proteção à corrosão com a qualidade do concreto.

### 3.2 - ABNT NBR 14859

Esta norma diz respeito aos requisitos para se usar lajes pré-fabricadas e é atualmente dividida em duas partes: ABNT NBR 14859-1 e ABNT NBR 14859-2.

A primeira parte fixa os requisitos para o recebimento e utilização de componentes de lajes pré-fabricadas a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais, para qualquer tipo de edificação, de acordo com as normas NBR 6118, NBR7197 e NBR 9062. Já a segunda parte fixa os mesmos requisitos da anterior, mas para execução de estruturas laminares nervuradas bidirecionais.

Essa norma apresenta alguns pontos que estão sendo discutidos na ABNT/CEE-094 e alguns dos integrantes da comissão questionaram alguns itens, que segue abaixo:

O engenheiro Mario Renato G. Azeredo da empresa Hirata&Associados Consultoria e Projetos Estruturais (ABNT/CEE-094), coloca alguns pontos em relação ao EPS (Poliestireno Expandido) como elemento de enchimento, tais como:

- Densidade mínima de 12 kg/m<sup>3</sup> (alguns fabricantes dizem ter 11 kg/m<sup>3</sup>, mas na realidade vem em torno de 10 kg/m<sup>3</sup> e já se encontrou o valor de 8,4 kg/m<sup>3</sup>);
- Pigmentação do EPS, de cores diferentes para bloco virgem e bloco reciclado;
- Um máximo de 10% em peso de reciclado no bloco;
- Altura mínima do bloco de EPS em 10 cm para intereixo de 40 cm e 12 cm para intereixo de 50 cm, minimizando acidentes.
- Procedimentos executivos e adensamento dos blocos de EPS tem dado um aumento de 3 a 5% no volume de concreto.
- Sobre a altura da treliça ele diz que a norma deve exigir que o banzo superior das treliças estejam dentro do concreto do capeamento.

Sobre as vigotas pré-fabricadas ele diz ser importante normatizar o comprimento das vigotas em relação à forma da estrutura, pois existem casos em que é necessário afastar estribos da posição para posicionamento da vigota, em casos de vigas invertidas as vigotas ficam sobre a armadura positiva e assim o concreto tem dificuldade de cobrir a armadura da viga. Ele sugere que o valor do comprimento da vigota seja o vão mais duas vezes o

cobrimento da armadura, assim o afastamento dos estribos não seria necessário e o problema de concretagem seria resolvido. Já nas treliças eletrossoldadas o comprimento deveria ser maior, de acordo com o diâmetro do ferro do banzo inferior.

O Sr. Itamar Vizotto da ILTRUK (ABNT/CEE-094) faz algumas correções de escrita na norma para que se tenha maior clareza sobre o que está se referindo. Ele adiciona algumas figuras para maior entendimento, e também alguns itens de termos e definições.

### 3.3 ABNT NBR- 6118

A ABNT NBR-6118- Projeto de Estrutura de Concreto, que tem sua versão mais atual em 2014, foi avaliada e discutida pelo comitê ABNT/CB-002 (contém 238 páginas). Esta norma estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estrutura de concreto simples, armado e protendido e exclui aquelas em que se usa concreto leve, pesado ou outros tipos.

Ela trata de requisitos gerais de qualidade da estrutura e a avaliação da conformidade do projeto, diretrizes para a durabilidade das estruturas de concreto, vida útil de projeto, mecanismos de deterioramento e envelhecimento, agressividade do ambiente.

Também mostra quais são os critérios de projeto que visam à durabilidade da estrutura, fala sobre a drenagem, formas arquitetônicas, detalhamento das armaduras, controle de fissuração, manutenção preventiva, propriedade dos materiais, comportamento conjunto dos materiais.

Faz verificação de aderência, critérios de segurança e estados limites ultimo (ELU) e estados limites de serviço (ELS), quais as ações devem ser consideradas, os coeficientes de ponderação a ser usado, valores de resistência e verificação de segurança, os limites para dimensões.

Mostra como calcular os deslocamentos e aberturas de fissuras; faz a análise estrutural; a análise de instabilidade e efeitos de 2<sup>a</sup> ordem; os princípios gerais de dimensionamento; verificação e elementos lineares; detalha os elementos lineares; dimensionamento; verificação e detalhamento de laje; mostra as ações dinâmicas; o uso de concreto simples; efeito do tempo no concreto.

### 3.3.1. Como é discutido o ensaio dentro desta norma

De acordo com a ABNT NBR 6118:2003 os valores de aderência podem ser usados em elementos de concreto armado de acordo com item 3.1.3, ou em concreto com armadura ativa pré-tracionada (protensão com aderência inicial), item 3.1.7, ou em concreto com armadura ativa pós-tracionada (pretensão com aderência inicial), item 3.1.8.

3.1.3 “elementos de concreto armado: 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”.

3.1.7 “Concreto com armadura ativa pré-tracionada (protensão com aderência inicial): Concreto protendido em que o pré-alongamento da armadura ativa é feito utilizando-se apoios independentes do elemento estrutural, antes do lançamento do concreto, sendo a ligação da armadura de protensão com os referidos apoios, desfeita após o endurecimento do concreto; a ancoragem no concreto realiza-se só por aderência”.

3.1.8 “Concreto com armadura ativa pós-tracionada (protensão com aderência posterior): Concreto protendido em que o pré-alongamento da armadura ativa é realizado após o endurecimento do concreto, sendo utilizadas, como apoios, partes do próprio elemento estrutural, criando posteriormente aderência com o concreto de modo permanente, através da injeção das bainhas”.

Ainda de acordo com a norma são feitas algumas verificações da aderência, de acordo com o item 9.3, primeiro com a posição da barra durante a concretagem (item 9.3.1), também a verificação dos valores das resistências de aderência (item 9.3.2). O item 9.3.2 é subdividido em três itens 9.3.2.1, 9.3.2.2 e 9.3.2.3.

No primeiro caso ele calcula a resistência de aderência de cálculo entre a armadura o concreto na ancoragem de armaduras passivas, através da fórmula:

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd} \quad (2)$$

Onde:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad (3)$$

$\eta_1 = 1,0$  para barras lisas (ver tabela 8.2- ABNT NBR 6118);

$\eta_1 = 1,4$  para barras entalhadas (ver tabela 8.2- ABNT NBR 6118);

$\eta_1 = 2,25$  para barras nervuradas (ver tabela 8.2- ABNT NBR 6118);

$\eta_2 = 1,0$  para situações de boa aderência (ver 9.3.1- ABNT NBR 6118);

$\eta_2 = 0,7$  para situações de má aderência (ver 9.3.1- ABNT NBR 6118);

$\eta_3 = 1,0$  para  $\phi < 32$  mm;

$\eta_3 = (132 - \phi)/100$ , para  $\phi \geq 32$  mm;

No segundo item 9.3.2.2 a resistência de aderência de cálculo entre armadura e o concreto na ancoragem de armadura ativa, pré-tracionadas é calculada pela seguinte equação:

$$f_{bpd} = \eta_{p1} \eta_{p2} f_{ctd} \quad (4)$$

Onde:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_C} \quad (3)$$

Calculado na idade de:

-- aplicação de protensão, para cálculo do comprimento de transferência (ver 9.4.5);

-- 28 dias, para cálculo do comprimento de ancoragem (ver 9.4.5)

$\eta_{p1} = 1,0$  para fios lisos;

$\eta_{p1} = 1,2$  para cordoalhas de três e sete fios;

$\eta_{p1} = 1,4$  para fios dentados;

$\eta_{p2} = 1,0$  para situações de boa aderência (ver 9.3.1);

$\eta_{p2} = 0,7$  para situações de má aderência (ver 9.3.1).

No último subitem 9.3.2.3, no escorregamento da armadura, em elementos estruturais fletidos, os valores adotados serão os da tensão de aderência dados em 9.3.2.1 e 9.3.2.2 multiplicado por 1,75.

Em 9.4 (ancoragem das armaduras), as condições gerais tratadas no item 9.4.1 diz no item 9.4.1.1 (ancoragem por aderência) que a ancoragem se dá quando os esforços são

ancorados por meio de um comprimento reto ou com grande raio de curvatura, seguido ou não de gancho.

A ancoragem de armaduras passivas por aderência (item 9.4.2) subdividido em Prolongamento retilíneo da barra ou grande raio de curvatura (item 9.4.2.1), que diz que as barras tracionadas podem ser ancoradas ao longo de um comprimento retilíneo ou com grande raio em sua extremidade, de acordo com algumas condições como, por exemplo, é obrigado o uso de ganchos em barras lisas (ver 9.4.2.3), ou serem sem ganchos nas barras que tenham alternância de solicitação de tração e compressão e nos demais casos as barras podem ser com ou sem gancho e para barras com diâmetro de 32mm ou feixes de barras não recomenda-se ganchos. As barras comprimidas devem ser ancoradas sem ganchos.

Em 9.4.3 trata-se da ancoragem de feixes de barras por aderência, nele é considerado o feixe como uma barra de diâmetro equivalente calculado pela fórmula:

$$\phi_n = \phi_f \sqrt{n} \quad (5)$$

As barras constituídas de feixes devem ter ancoragem reta, sem ganchos e atender alguns critérios segundo a NBR 6118, que são:

Quando o diâmetro equivalente do feixe for menor ou igual a 25 mm, o feixe pode ser tratado como uma barra única, de diâmetro igual a  $\phi_n$ , para a qual vale o estabelecido em 9.4.2.

Quando o diâmetro equivalente for maior que 25 mm, a ancoragem deve ser calculada para cada barra isolada, distanciando a suas extremidades de forma a minimizar os efeitos de concentrações de tensões de aderência; a distância entre as extremidades das barras do feixe não deve ser menor que 1,2 vezes o comprimento de ancoragem de cada barra individual;

Quando, por quaisquer razões construtivas não for possível proceder como recomendado em (b), a ancoragem pode ser calculada para o feixe, como se fosse uma barra única, com diâmetro equivalente  $\phi_n$ . A armadura transversal adicional deve ser obrigatória e obedecer ao que é estabelecido em 9.4.2.6, conforme  $\phi_n$  seja menor, igual ou maior que 32 mm.

Em 9.4.4 trata-se de telas soldadas por aderência, onde se aplica o disposto em 9.3.1 a 9.4.2, e quando a tela for composta de fios lisos ou com mossas, podem ser adotados os mesmos critérios para barras nervuradas, desde que o número de fios transversais soldados ao longo do comprimento de ancoragem necessário seja calculado conforme a expressão:



$$n \geq 4 \frac{A_{s,calc}}{A_{s,ef}} \quad A_{s,calc} \quad (6)$$

Em 9.4.5 trata-se da ancoragem de armaduras ativas (fios e cordoalhas pré-tracionadas) por aderência.

No item 9.4.5.1 calcula-se o comprimento de ancoragem básico, que pode ser obtidos para fios isolados através da fórmula:

$$\ell_{bp} = \frac{\phi f_{pyd}}{4 f_{bpd}} \quad (7)$$

E para cordoalhas de três ou sete fios:

$$\ell_{bp} = \frac{7\phi f_{pyd}}{36 f_{bpd}} \quad (8)$$

Onde:

$f_{bpd}$  deve ser calculado conforme 9.3.2 da NBR 6118:2007, considerando a idade do concreto na data de pretensão para o cálculo do comprimento de transferência e 28 dias para o cálculo do comprimento de ancoragem.

No item 9.4.5.2 é determinado o comprimento de transferência ( $\ell_{bpt}$ )

De acordo com a norma o cálculo deve considerar:

Se no ato da pretensão, a liberação do dispositivo de tração é gradual. Nesse caso, o comprimento de transferência deve ser calculado pelas expressões:

--para fios dentados ou lisos:

$$\ell_{bpt} = 0,7 \ell_{bp} \frac{\sigma_{pi}}{f_{pyd}} \quad (9)$$

-- para cordoalhas de três ou sete fios:

$$\ell_{bpt} = 0,5 \ell_{bp} \frac{\sigma_{pi}}{f_{pyd}} \quad (10)$$

Se no ato da pretensão a liberação não for gradual. Nesse caso os valores calculados em (9) devem ser multiplicados por 1,25.

No item 9.4.5.3 calcula-se o comprimento de ancoragem necessário obtido pela expressão:

$$\ell_{bpt} = \ell_{bpt} + \ell_{bp} \frac{f_{pyd} - \sigma_{p\infty}}{f_{pyd}} \quad (11)$$

No item 9.4.5.4 refere-se a armaduras transversais na zona de ancoragem que são calculadas de acordo com 21.2.

Em 18.3 que se refere a vigas, o item 18.3.2.3 (distribuição longitudinal) tem o subitem 18.3.2.3.1 que fala sobre armaduras de tração na flexão simples, ancoradas por aderência.

## CAPÍTULO 4 - ENSAIOS DE ADERÊNCIA

Existem vários tipos de ensaio encontrados na literatura, muitos deles não permitem determinar a curva de distribuição real das tensões de aderência ao longo da barra em contato com o concreto. Os ensaios mais comuns são:

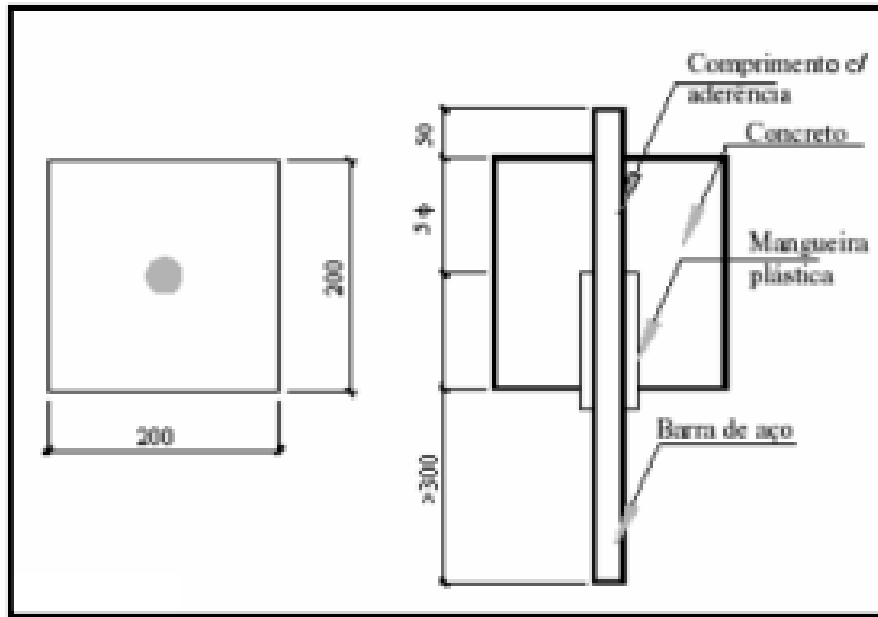
- Ensaio de Arrancamento Direto: “*Pull-out test (POT)*”;
- Ensaio de Arrancamento excêntrico (*cantilever bond test*);
- Ensaio de Arrancamento com Anel Circunferencial – “*ring pull – out test*”;
- Ensaios de Flexão – “*beam test (Bt)*”;
- Ensaio de Extremo de Viga – “*beam end test*”;
- Ensaio de Aderência do Tipo “*push-out test*”;
- Ensaios das Quatro Barras;
- Ensaio de Tração Direta.

No Brasil os ensaios seguem a norma ABNT NBR 7477: 1982 (Determinação do Coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado). Esta norma diz como o experimento deve ser realizado para se determinar o coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado.

### 4.1 – ENSAIO DE ARRANCAMENTO DIRETO- PULL-OUT TEST

É o ensaio mais conhecido e utilizado, consiste na retirada da barra de aço que está aderida a uma peça de concreto e que tem o comprimento de aderência igual a 5 vezes o diâmetro da barra (Figura 12). O atrito entre o concreto e a barra pode ser minimizado colocando-se um cano plástico entre a barra de aço e o concreto. O ensaio consiste em aplicar uma carga em uma das extremidades da barra e a outra extremidade é usada para se fazer a leitura do deslizamento. (TOJAL, 2011).

Figura 12 - Corpo de prova para o ensaio de arrancamento.



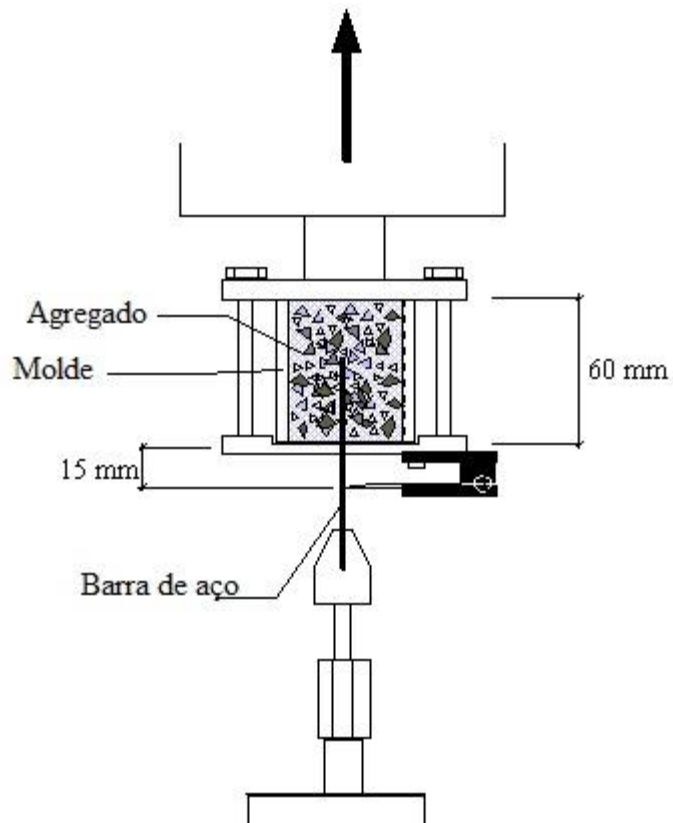
Fonte: (RILEM RC5, 1982).

Segundo Fusco (1995), uma componente de compressão longitudinal surge durante o ensaio e a mesma não existe em regiões de ancoragem da armadura de tração de vigas submetidas à flexão.

De acordo com de Oliveira (2011), um questionamento é feito sobre a validade do ensaio para efeitos de capacidade de ancoragem das barras, analisando as diferenças existentes entre tensões obtidos neste ensaio e o correspondente às regiões de ancoragem das armaduras de concreto armado.

Segundo BARBOSA *et al.* (2000), as vantagens desse ensaio são a facilidade de execução do corpo de prova e o baixo custo, e é possível o isolamento de variáveis que influem na aderência, e também a visualização objetiva do conceito de comprimento mínimo de ancoragem, sendo assim o ensaio didático.

Figura 13 - Disposição geral do ensaio

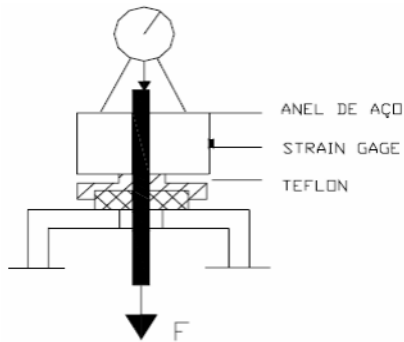


Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

#### 4.2 - ENSAIO DE ARRANCAMENTO COM ANEL CIRCUNFERENCIAL – “RING PULL – OUT TEST”;

O ensaio consiste na retirada de uma barra de aço do interior de um corpo de prova cilíndrico de concreto, envolvido por um anel metálico, que é apoiado contra as placas da máquina de ensaio. Este anel abraça o corpo de prova na região mergulhada. Ele é equipado com *starin-gages* que medem as deformações ocorridas no anel, a tração exercida em um dos extremos da barra e os escorregamentos (FRANÇA, 2004). Veja Figura 14.

Figura 14 - ensaio de arrancamento com anel circunferencial.

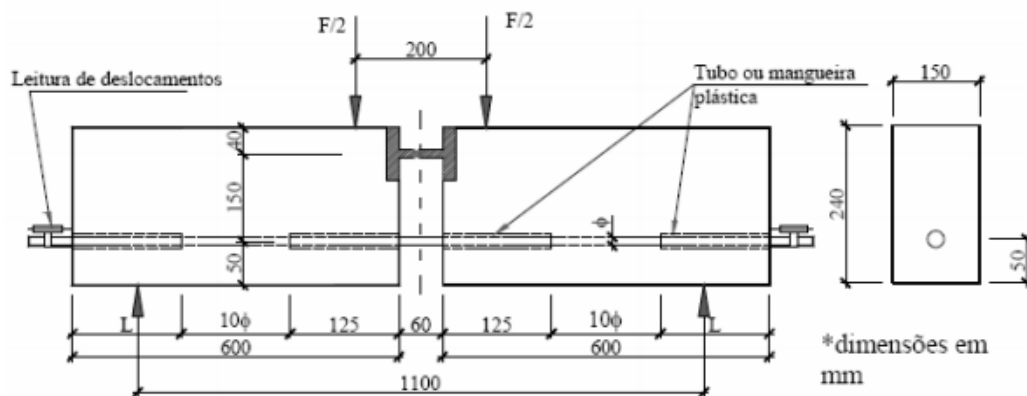


Fonte: (FRANÇA, 2004)

#### 4.3 - ENSAIOS DE FLEXÃO – “BEAM BEST (BT)”

São dois corpos de prova em formato de paralelepípedo de concreto armado, ligados em sua parte inferior pela barra de aço e na parte superior pela rótula metálica (Figura 15). Desta forma a viga é solicitada à flexão simples, sobre dois apoios, por duas forças concentradas de mesmo valor e localizadas a mesma distância da extremidade. Um defletômetro é colocado nas extremidades das barras para se medir o deslocamento relativo da barra em relação ao concreto (SIMPLICIO, 2008).

Figura 15 - Ensaio de flexão em Vigas

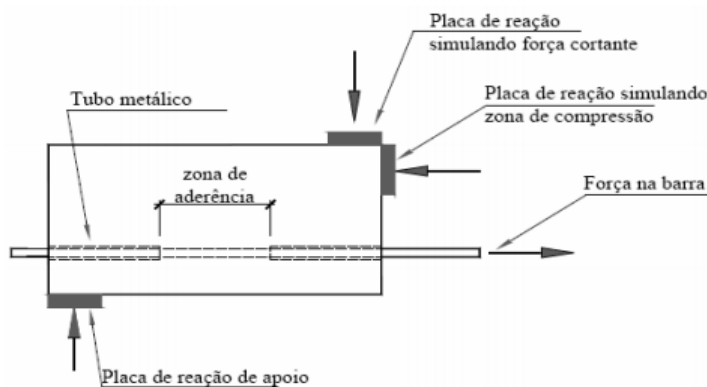


Fonte: (RILEM RC5, 1982)

#### 4.4 - ENSAIO DE EXTREMO DE VIGA – “*BEAM END TEST*”

Conforme França (2004), o ensaio representa uma situação de aderência entre uma fissura de flexão-cisalhamento e o extremo de uma viga simplesmente apoiada. É uma variação do ensaio de flexão, e nada mais é que uma barra na parte inferior de um corpo de prova sendo tracionada e a reação, que simula a zona de compressão da viga, é colocada na parte superior do corpo de prova (Figura 16).

Figura 16 - Ensaio de extremidade de viga



Fonte: (RIBEIRO, 1985)

#### 4.5 - ENSAIO DE ADERÊNCIA DO TIPO “*PUSH-OUT TEST*”

Segundo Oliveira (2011) este ensaio nada mais é que a retirada de uma barra de aço (localizada no centro da peça) de dentro de um corpo de prova de concreto. Quando a ligação aço-concreto é rompida, a barra se desloca com maior ou menor facilidade dentro do concreto, isso depende da rugosidade da superfície (pode ser barra nervurada ou lisa).

#### 4.6 - ENSAIOS DAS QUATRO BARRAS

A barra central, situada em um dos lados do corpo de prova é tracionada enquanto o corpo de prova é mantido imóvel pela força das outras três barras situada do lado oposto, colocadas nos vértices de um triângulo imaginário (ROSSI, 2002). (Figura 17)

Figura 17 - Esquema do corpo de prova do ensaio de quatro barras.

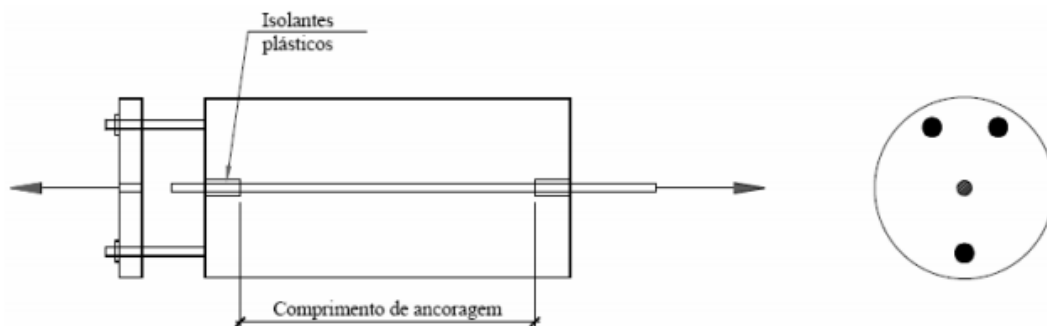


Fonte: (DUCATTI, 1993)

A medida dos deslocamentos da barra/concreto é feita pelo extensômetro fixado ao concreto. As deformações são medidas por extensômetros elétricos fixado ao longo do comprimento da barra.

DUCATTI (1993) testou um ensaio que emenda por transpasse as três barras a uma barra central dentro do cilindro de concreto (Figura 18). A finalidade é eliminar as interferências das tensões de compressão.

Figura 18 – Esquema geral de ensaio desenvolvido por Duccatti.



Fonte: (DUCATTI, 1993)



## CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO - PROPOSTA DE NOVO ENSAIO

O novo ensaio proposto visa ter a confiabilidade e segurança, pois os ensaios utilizados hoje em dia são embasados em outras normas ou na ABNT NBR 7477 e, quando realizados com barras de diâmetro menor ou igual a 10mm, os valores dos resultados não são iguais quando repetidos, o que tira a credibilidade do ensaio. Por isso a ideia é propor um novo mecanismo de ensaio que consiga dar valores mais precisos, pois para um ensaio ser realmente confiável a sua repetição deve dar valores próximos.

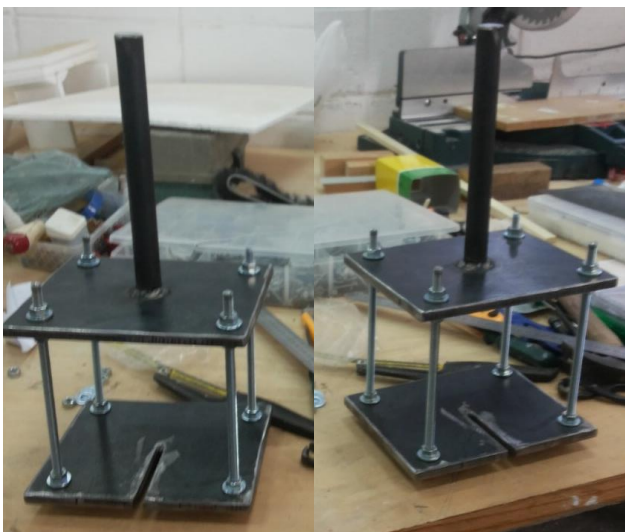
### 5.1 MECANISMOS UTILIZADOS PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção Civil, localizado na FEG-UNESP em Guaratinguetá.

Para a realização destes ensaios foi criado um mecanismo com chapas metálicas, que seriam conectadas à máquina de ensaio de arrancamento para se obter o valor de aderência aço-concreto.

No primeiro ensaio, em uma das chapas, que tem aproximadamente 10mm de espessura, foi feito um corte até o centro da peça que permitiria o encaixe da barra e a centralização do corpo de prova de forma que não fosse necessário a desmontagem do mecanismo, e na outra chapa foi soldada uma barra de aço de  $\phi$  300 mm. Foram feitos furos nos quatro cantos das duas chapas para que elas fossem parafusadas de modo a garantir estabilidade ao mecanismo.

Figura 19 - Primeiro Molde para a realização do ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Este mecanismo não funcionou como previsto, pois na hora que o mecanismo foi acoplado à máquina de ensaio e a mesma começou a tracionar barra para arrancá-la da peça de concreto, a chapa que continha o corte começou a fletir e isso ajudou a alterar os resultados, por isso foi necessário à elaboração de outro molde.

Este segundo molde foi feito com apenas um furo no centro da chapa para que a barra fosse encaixada e para que isso fosse possível, as laterais foram presas em alturas maiores que permitisse colocar a peça sem que fosse necessário o desmonte do mecanismo todo.

Figura 20 - Segundo molde para a realização do ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA,2015).

Este segundo mecanismo permitiu mais estabilidade e não apresentou problemas na execução dos testes seguintes.

## 5.2 ENSAIOS

Para a realização dos ensaios foi necessário a criação de corpos de prova e para cada tentativa foi criado um modelo que permitisse os resultados mais confiáveis.

### 5.2.1 - Primeiro ensaio

O primeiro ensaio realizado foi elaborado um corpo de prova de 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura. Ele foi feito com concreto preparado de acordo com a granulometria da areia e do pedrisco, para isso realizou-se o peneiramento e, de acordo com a porcentagem retida em cada peneira, foi calculada a quantidade de areia e pedrisco necessária para fazer o concreto.

Figura 21 - Corpo de prova, ensaio de tração e de arrancamento.



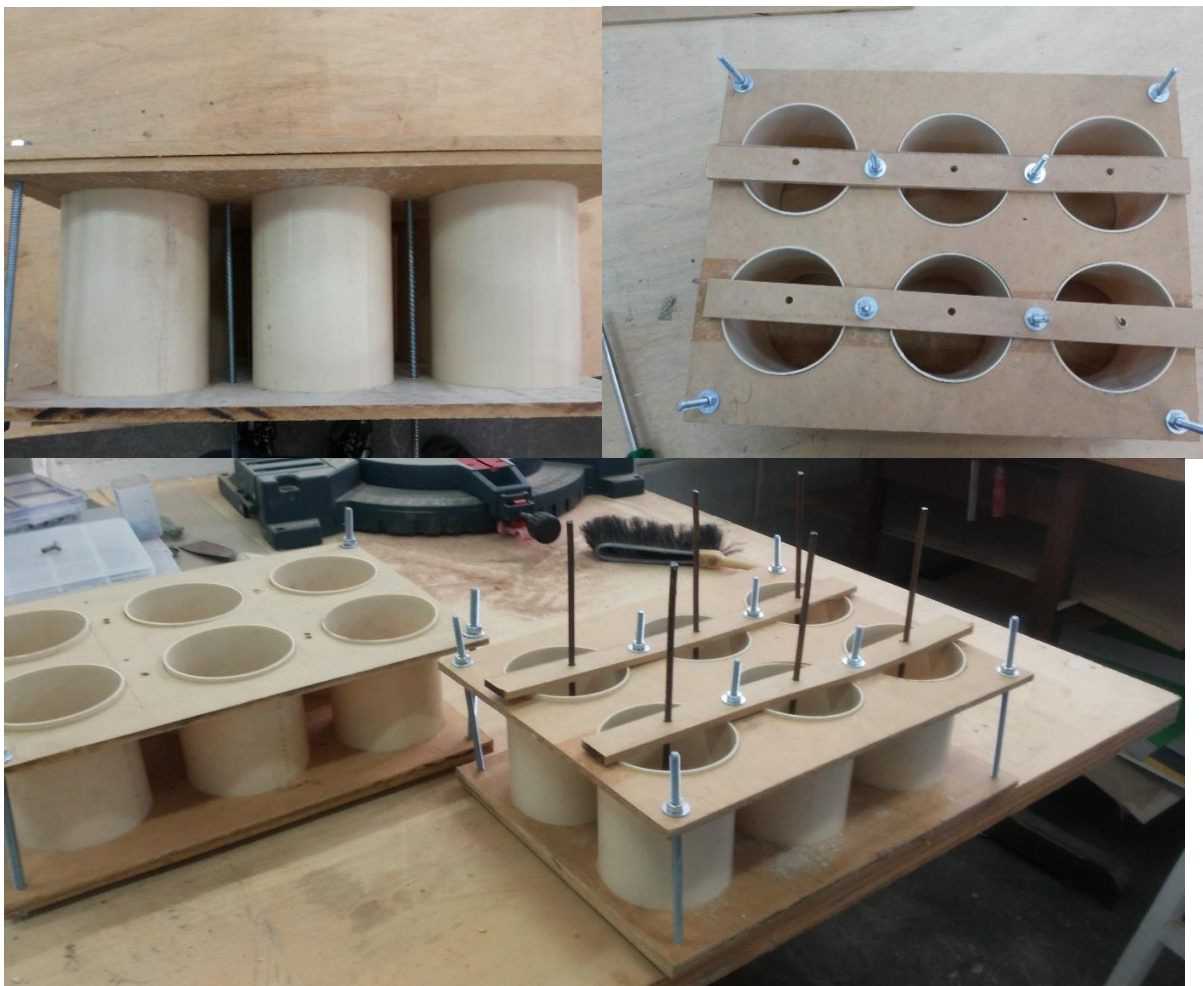
Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Para a realização destes corpos de prova foram feitos moldes em MDF onde se realizou o seguinte procedimento:

1. Pegou-se duas placas de MDF e cortou-se com serra copo de 10 cm de diâmetro de circunferência para o encaixe de tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura;
2. Para a fixação das barras colocou-se travas com furos na parte superior do molde onde seriam encaixadas as barras e centralizadas na peça;
3. Após as placas de MDF terem sido cortadas, a montagem foi realizada juntando uma placa inteira de MDF com a placa cortada, para que não vazasse o concreto, o tubo de PVC foi encaixado no furo e a outra placa de MDF, encaixada na parte superior do tubo;

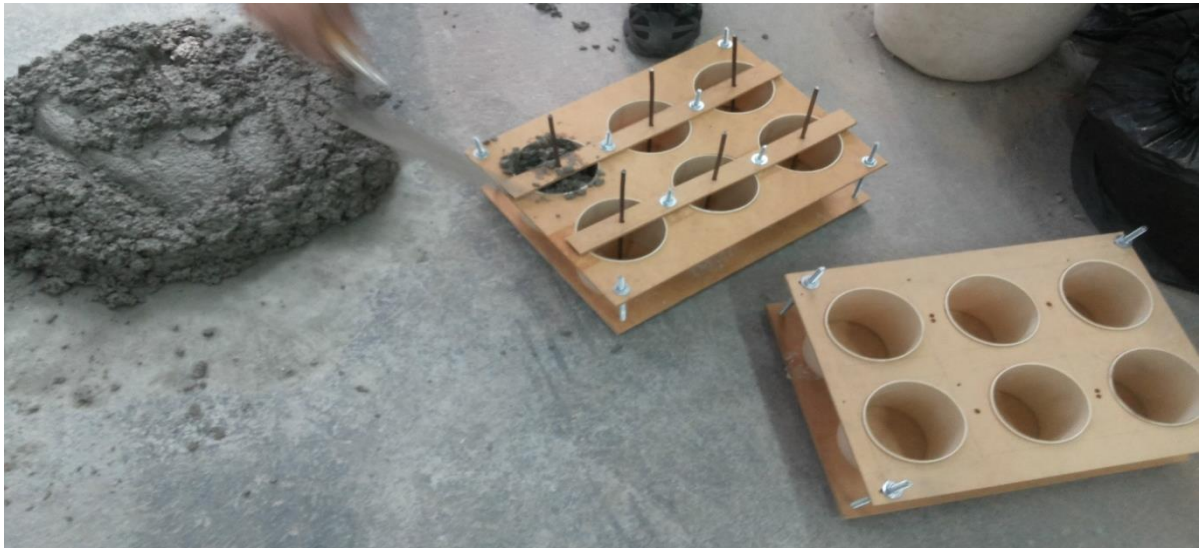
4. Para a fixação usou-se parafuso com porcas e arruelas e encaixou-se as travas, fixou-as e após, encaixou-se as barras de aço ( $\phi=5\text{mm}$ ).
5. Após a montagem dos moldes foi feito o concreto utilizando a areia, pedrisco, cimento e água e colocado nos moldes;
6. Após a elaboração dos corpos de prova, esperou-se 28 dias, que foi o tempo necessário para a cura total do concreto, e se desinformou os mesmos para a realização dos ensaios.

Figura 22 - Moldes dos corpos de prova.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Figura 23 - Preparação dos corpos de prova.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Figura 24 - Corpos de prova.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Foram feitos 6 corpos de prova para ensaio de compressão e 6 corpos de prova para ensaio de arrancamento. O ensaio de compressão foi realizado normalmente de acordo com a ABNT NBR- 7480

Figura 25 - Ensaio a compressão.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA)

O ensaio de arrancamento foi realizado com a ajuda do mecanismo elaborado que foi acoplado a máquina de ensaio.

Figura 26 - Ensaio de arrancamento.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA)

### 5.2.2 - Segundo ensaio

O Segundo ensaio foi feito com o molde utilizado normalmente, mas com algumas adaptações:

1. Para deixar o corpo de prova com uma altura de 10 cm e um diâmetro também de 10 cm, foi colocado poliestireno expandido (isopor) dentro do molde, de modo que a altura ficaria como desejada;
2. Para que a barra ficasse centralizada, uma placa de MDF com um furo central foi colocada no fundo do molde, abaixo do poliestireno expandido que também continha um furo central para a passagem da barra de aço.
3. Logo após a montagem dos moldes foi preparado os corpos de prova, na qual utilizou-se para esse caso, grout (que foi preparado conforme as especificações do fabricante), que tem um tempo de endurecimento mais rápido que o concreto e também uma resistência maior, por isso o preparo foi rápido e a moldagem também.
4. Após o tempo de cura, que foi adotado o mesmo do concreto de 28 dias, foram feitos os ensaios de compressão do concreto e arrancamento das barras de aço.

Figura 27 - Molde para o segundo ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA)

Figura 28 - Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

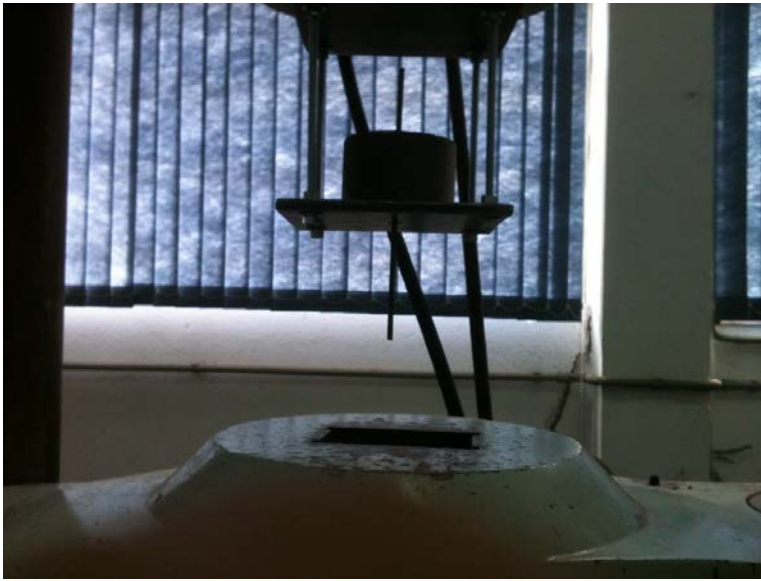
Figura 29 - Peças prontas para o ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)



Figura 30 - Ensaio de arrancamento.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA,2015)

### 5.2.3 - Terceiro ensaio

O terceiro ensaio foi realizado com o mesmo mecanismo do segundo, porém foi utilizado concreto e o molde utilizado foi diferente. Seguiu-se a seguinte sequência para a realização desse ensaio:

O molde deste corpo de prova foi feito de forma que somente 5 cm da barra de aço ficasse aderido ao concreto, permitindo que verificasse a aderência entre aço/concreto e não quebrasse a peça durante o ensaio.

1. A barra de aço foi colocada dentro de um tubo plástico e o tubo foi fixado para não soltar durante o ensaio.
2. Para segurar a barra foi colocada uma placa de MDF com um furo central na parte inferior do molde para encaixar a mesma e ela ficar centralizada no corpo de prova;
3. Na parte superior do molde foi feito um adaptador (em forma de estrela) que fixaria a barra para que ela ficasse centralizada e que também permitiria a colocação do concreto dentro do molde.
4. Para deixar o corpo de prova com a altura correta, no dia seguinte foi retirada as placas de MDF da parte superior e completado o molde com concreto e em seguida desinformado;
5. Após 28 dias os corpos de prova foram retirados para os ensaios.

Figura 31 - Molde para os corpos de prova 3.



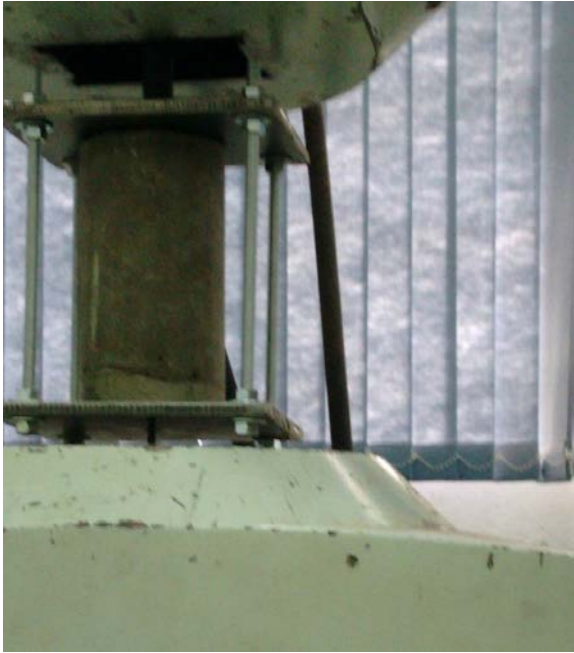
Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Figura 32 - Corpos de prova Terceiro Ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Figura 33 - Ensaio de arrancamento.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

## CAPÍTULO 6 - RESULTADOS DOS ENSAIOS

Como o ensaio foi elaborado com mecanismos específicos criados, algumas falhas ocorreram durante o processo.

### 6.1 - FALHAS OBTIDAS NO PRIMEIRO ENSAIO

No primeiro ensaio elaborado a barra ficou pouco aderida e por esse motivo ela escorregava completamente da peça ou, em alguns casos, ela ficou bem aderida, mas como era um curto pedaço, a barra rompia. E também o mecanismo começou a flambar, o que também prejudicou o ensaio.

Figura 34 - Primeiro ensaio, barra não aderida à peça.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Figura 35 - Primeiro ensaio, peça sem a barra.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Os valores também foram alterados pelo fato de a peça não ter sido elaborada de forma correta.

Tabela 1 – Ensaio de Compressão (Autoria Própria)

<b>Corpo de Prova</b>	<b>Valor (Kg)</b>
01	12500
02	15000
03	13000
04	15000
05	12000
06	150000

Tabela 2- Ensaio de Arrancamento (Autoria Própria)

<b>Corpo de prova</b>	<b>Valor (kg)</b>	<b>Falha</b>
01	1260	Deslizamento da barra
02	1490	Rompimento da barra
03	1450	Rompimento da barra
04	---	Não foi realizado
05	---	Não foi realizado
06	1470	Deslizamento da barra

## 6.2 - FALHAS OBTIDAS NO SEGUNDO ENSAIO

No segundo ensaio, como os corpos de prova foram menores, eles acabaram trincando ou rompendo e não foi possível medir o valor de aderência, pois quando o aparelho começava arrancar a barra de aço, a peça já apresentava problemas.

Figura 36 - Segundo Ensaio, Peças trincadas.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Figura 37 - Segundo Ensaio, peça quebrada.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Figura 38 - Segundo Ensaio, Todas as peças do ensaio.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).

Neste caso, em nenhuma peça a barra foi arrancada. Como se vê na Figura 42, as peças estão quebradas e a que não quebrou apresenta uma trinca e, se o ensaio não fosse interrompido, também iria quebrar a peça, pois a altura da mesma foi muito pequena.

Os valores lidos durante o ensaio não puderam ser conclusivos, pois neste caso todas as peças foram danificadas.

Tabela 3 - Ensaio de Compressão ensaio 2 (Autoria Própria).

<b>Corpo de prova</b>	<b>Valores (Kg)</b>
01	45000
02	42500
03	43000
04	44000
05	44500

Tabela 4 - Ensaio de arrancamento ensaio 2 (Autoria Própria).

<b>Corpo de prova</b>	<b>Valor (Kg)</b>	<b>Falha</b>
01	1260	A barra rompeu
02	1360	A peça de grout trincou
03	1950	A peça quebrou
04	1030	A peça quebrou
05	1370	A peça quebrou
06	1280	A peça quebrou

### 6.3 - FALHAS OBTIDAS NO TERCEIRO ENSAIO

No terceiro ensaio tudo ocorreu como o planejado. As peças saíram inteiras e as barras deslizaram muito pouco pelo corpo de prova e somente uma delas rompeu, o que mostrou que este seria um ensaio mais viável.

Figura 39 - Terceiro Ensaio, Deslizamento das peças.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015)

Figura 40 - Terceiro ensaio, Barra Rompida.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2015).



Os valores deste ensaio foram os mais aceitáveis, pois não se teve nenhum problema nem com a barra de aço nem com a peça de concreto na maioria das peças ensaiadas e somente uma apresentou problema.

Tabela 5 - Ensaio de Compressão, ensaio 3 (Autoria Própria).

<b>Corpo de prova</b>	<b>Valores (kg)</b>
01	39000
02	40000
03	29000
04	35000

Tabela 6 - Ensaio de Arrancamento, ensaio 3 (Autoria Própria).

<b>Corpo de prova</b>	<b>Valor (tf)</b>	<b>Falha</b>
01	0,31	Não apresentou problema
02	1,94	Não apresentou problema
03	1,71	Não apresentou problema
04	1,80	Não apresentou problema
05	----	Não foi medido pois a barra rompeu

## CAPITULO 7 - CONCLUSÕES

A discussão da CEE-094, com relação ao ensaio de aderência usando barras finas, menores ou igual a 10mm de diâmetro, é muito importante. Recomendações sobre algumas normas que usam resultados do ensaio de aderência realizado de acordo com a ABNT NBR 7477, são analisadas e questionadas, como por exemplo, na ABNT NBR 6118 faltam recomendações sobre como determinar o comprimento de transpasse para emenda de treliças, sobre ancoragem, sobre armaduras treliçadas e também sobre o cobrimento da armadura. Já a ABNT NBR 7480 fala sobre o ensaio de conformação para bitolas maiores que 10mm e não faz nenhuma exigência sobre bitolas menores que 10mm.

A ABNT NBR 6118 utiliza os valores de aderência como protensão com aderência inicial (concreto com armadura ativa pré-tracionada) ou aderência posterior (concreto com armadura ativa pós-tracionada). Algumas verificações são feitas como, por exemplo, a resistência de aderência de cálculo entre armadura e concreto na ancoragem de armaduras passivas ( $f_{bd}$ ), a resistência de aderência de cálculo entre armadura e concreto na armadura ativa pré-tracionadas ( $f_{bpd}$ ). Esses valores são utilizados para calcular a tensão de aderência. Diz também sobre a ancoragem das barras por aderência e telas soldadas por aderência.

Considerando-se a necessidade do aço/concreto, em estruturas de concreto, a obtenção de resultados confiáveis, que reproduzam o fenômeno, é extremamente necessária para que a transposição dos cálculos estruturais seja feita para a peça executada, não importando o diâmetro da barra ou fio de aço utilizado.

Com a metodologia de ensaio proposto, pretende-se minimizar a inconstância apresentada pelos ensaios padronizados, e ao mesmo tempo simplificar a sua execução.

Ainda não concluído, a evolução na metodologia empregada já apresentou alguns resultados satisfatórios, mas, para que seja atingido o grau de repetitividade e confiabilidade exigido de um método de ensaio, há a necessidade de mais séries de ensaio, para que as correções de procedimentos e ajustes sejam feitas. E assim se poderá fazer as comparações dos resultados dos ensaios utilizando a norma vigente e os valores deste novo ensaio, para se determinar se esta nova metodologia é realmente confiável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118:2014. Disponível em:

<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=317027>>. Acesso em: 22/10/2015;

ABNT NBR 7477: 1982. Disponível em:

<<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=8093>>. Acesso em: 23/11/2015.

ABNT NBR 7480: 2007. Disponível em:

<<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=908>>. Acesso em: 23/11/2015

ABNT/CEE-094. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb-94>>. Acessado em: 21/10/2015;

BARBOSA, LORRAIN, MICHEL S., MONICA P., ARNAUD, MAURICE, VALE SILVA, BRUNO, **Avaliação de Resistência do concreto armado usando o ensaio de aderência aço-concreto**. CONPAT 2000, Chile.

BARBOSA, M. T. G. **Avaliação do comportamento da aderência em concretos com diferentes classes de resistência**. 203f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) -Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BARBOSA, M.T.G. **Avaliação do comportamento da Aderência em concretos de Diferentes Classes de Resistencia**. Rio de Janeiro 2002.203p. Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2001.

CARVALHO, J.D.N. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. Revista Tecnológica, v. 17, p. 19-28, 2008.

DE OLIVEIRA, P.V.S. **Estudo da Aderência Aço-Concreto: Ensaio de Tirantes**. Universidade Estadual de Goiás (UEG), 2011.

DUCATTI, V. A. **Concreto de elevado desempenho: estudo da aderência com a armadura.** São Paulo. 273p. Tese (Doutorado) -Escola Politecnica, Universidade de São Paulo. 1993

FRANÇA, H. V. **Aderência aço-concreto: uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha.** 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004

FUSCO, P. B. **Técnica de Armar as Estruturas de Concreto.** São Paulo, Pini, 1995.265p

GOTO, Y. **Cracks formed in concrete around deformed tension bars.** ACI Journal Proceedings, Farmington Hills, v.68, n.4, p.244-251,1971.

LEONHARDT, F.; MOMMIG, E. **Construções de concreto.** Rio de Janeiro. Interciência, 1979. 6v.

MONTEIRO, P. J. M., **microstructure of concrete and its influence on the mechanical properties,** California. 197pps. Tese (doutorado), University of California, Berkeley. 1985

OLIVEIRA, M.J.E. de; ASSIS, C. S. de. **Aderência do aço-concreto produzido com agregados reciclado.** Exacta, São Paulo, v.4, n.1, p135-141, Jan, Jun. 2006

RIBEIRO, J. L. D., **Análise Experimental dos Fatores que influenciam a aderência em barras nervuradas.** Porto Alegre. 180pps. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul- RS. 1985

SIMPLICIO, M. A. S. **Estudo sobre aderência entre barras de aço e concreto reforçado com fibras.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 216p. 2008

TASSIOS, T. **Properties of bond between concrete and steel under load cycles idealizing seismic actions.** CEB Bulletin d'Information, Rome, v.1, n.131, p. 67-122, 1979.

TAVARES, A.J., **Aderência aço-concreto: Análise Numérica dos Ensaios pull-out e APULOT.** Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2012.

**TOJAL, T.L. Contribuição ao Estudo da Aderência de Barras de Aço em Concreto Autodensável Reforçado com Fibras Metálicas.** Universidade Federal de Alagoas (UFAL), 2011.

**VALE SILVA, B. Investigação do potencial dos ensaios APULOT e PULL-OUT para estimativa da resistência a compressão do concreto.** 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.