

JOSÉ LOIS CARBALLAL JUNIOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ANCORAGEM AO CONCRETO: CHUMBADOR QUÍMICO

Recife

2013

JOSÉ LOIS CARBALLAL JUNIOR

ANCORAGEM AO CONCRETO: CHUMBADOR QUÍMICO

Trabalho de Graduação
apresentado à Universidade
Federal de Pernambuco para
obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia Civil.

Área de Concentração:
Estruturas

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Horowitz

Recife
2013

JOSÉ LOIS CARBALLAL JUNIOR

ANCORAGEM AO CONCRETO: CHUMBADOR QUÍMICO

Trabalho de Graduação
apresentado à Universidade
Federal de Pernambuco para
obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia Civil.

Recife
2013

Catálogo na fonte

Bibliotecário Vimário Carvalho da Silva, CRB-4 / 1204

C263a Carballal Junior, José Lois.

Ancoragem ao concreto: chumbador químico. / José Lois Carballal Junior. - Recife: O Autor, 2013.

67 folhas, il., tabs.

Orientador: Profº. Dr. Bernardo Horowitz.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2013.

Inclui Bibliografia.

1. Engenharia Civil. 2. Construção Civil. 3. Estruturas metálicas. 4. Ancoragem. 5. Chumbador. I. Horowitz, Bernardo. (orientador). II. Título.

RESUMO

A associação e ancoragem das estruturas metálicas com elementos estruturais de concreto, através do uso de chumbadores, é cada vez mais comum na indústria da construção civil. A junção de materiais de comportamentos diferentes chama a atenção para as uniões, que precisam ser devidamente projetadas e executadas para assegurar o melhor desempenho ao conjunto.

Os chumbadores podem ser classificados em duas categorias: os de pré-concretagem, que são posicionados antes da concretagem, e os de pós-concretagem, com o concreto já endurecido. Ambas as categorias possuem vários tipos de chumbadores que, ao depender do seu formato, transmitem esforços ao concreto de maneiras diferentes. A escolha do chumbador vai depender de diversos fatores, desde o tipo e magnitude da carga, até as condições do ambiente. A escolha errada pode ocasionar graves acidentes.

Neste trabalho, serão apresentados diferentes tipos de chumbadores, com suas vantagens e desvantagens, dando uma ênfase aos chumbadores químicos. Será avaliado os chumbadores químicos quanto aos esforços de cisalhamento e tração, bem como a combinação dos mesmos. Também é relatada a carência de certificação relacionada a chumbadores no Brasil. Os softwares de dimensionamentos de chumbadores são baseados nas normas Americana (ACI), Canadense (CSA), no código International BuildingCode (IBC), ou pelo European Technical Approval Guideline (ETAG). Para este trabalho, será considerada a norma Americana (ACI).

Palavras-chave: ancoragem, chumbador químico.

ABSTRACT

The anchoring of steel structures with concrete structural elements through the use of anchors is common in nowadays constructions. The combination of different materials behavior draws attention to the anchor bolts, which need to be properly designed and implemented to ensure the best performance and safety.

Anchor bolts can be classified into two categories, which are cast-in anchors that are positioned before concreting the structure, and the post-installed anchors which are installed in hardened concrete. Both types have many different types of anchors that can be divided in categories according to format and load transmission. Choosing the anchor bolt will depend on many factors, it goes from type and magnitude of the load till the environmental conditions, the wrong choice on which anchor bolt to use can end up on big disasters

This work will present different types of anchors, showing advantages and disadvantages, with an emphasis on adhesive anchors. It will be shown how to calculate the force supported by an adhesive anchor bolt due to shear, tensile, and the combination of both forces. The lack of certification related to anchors in Brazil is also reported in this work. The anchor bolt software's are based on the American standards(ACI), Canadian (CSA), International Building Code (IBC), or on the European Technical Approval Guideline (ETAG). In this work the American code (ACI) will be used as reference.

Keyword : anchor bolt, adhesive anchor.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 –Transferência de Carga: a) atrito, b) mecânica, c) aderência
- Figura 2.2 –Chumbadores de pré-concretagem: a) parafuso, b) L, c) J, d) placa-base
- Figura 2.3 –Diversos tipos de chumbadores mecânico de expansão.
- Figura 2.4–Chumbadores de expansão jaqueta e cone: a) parafuso, b) prisioneiro. (Âncora)
- Figura 2.5 –Chumbador de Expansão Jaqueta e Cone (Fisher).
- Figura 2.6–Chumbador de Expansão (Fisher).
- Figura 2.7 – Procedimento de instalação do chumbador de expansão (Fisher).
- Figura 2.8–Chumbador de Rosca Interna Drop-in (Hilti).
- Figura 2.9 – Procedimento de instalação do chumbador tipo drop-in (Walsywa).
- Figura 2.10–Chumbador do tipo parafuso (Hard).
- Figura 2.11 – Procedimento de instalação do chumbador tipo parafuso (Hard).
- Figura 2.12 –Chumbador de segurança (Hilti).
- Figura 2.13 – Procedimento de Instalação do chumbador de segurança (Hilti).
- Figura 2.14 – Chumbadores químico: a) bisnaga, b) capsula vidro, c) capsula plástica
- Figura 2.15 – Procedimento de instalação do chumbador químico bisnaga (Hilti).
- Figura 2.16 – Procedimento de instalação do chumbador químico bisnaga. (Hilti)
- Figura 2.17 – Bi-componente HILTI HIT-HY 200 e barra roscada HIT-Z (Hilti).
- Figura 2.18 – Broca com sistema de extração de pó e procedimento de instalação (Hilti).
- Figura 2.19 – Procedimento de instalação do chumbador químico capsula vidro (Fisher).
- Figura 2.20 – Procedimento de instalação do chumbador químico capsula plástica (Hilti).
- Figura 3.1 – Diversas formas de ruptura devido à tração.
- Figura 3.2 – (a) Esquema do cone de quebra do concreto, (b) área de influência.
- Figura 3.3 – Quebra lateral do concreto devido a proximidade a borda.
- Figura 3.4 – Diversas formas de ruptura devido ao cisalhamento.
- Figura 3.5 – Limpeza com Ar comprimido
- Figura 3.6 – Colapso de placas de concreto do túnel Big Dig em Boston.
- Figura 3.7 – 17th Street Bridge Canopy Failure
- Figura 3.8 – Queda da marquise do HRN e chumbador expansivo utilizado.
- Figura 4.1 – Área projetada de ruptura do concreto para diferentes situações.
- Figura 4.2 –Carga excêntrica
- Figura 4.3 – área de influência projetada: a) único chumbador, b) grupo de chumbadores
- Figura 5.1 – Vista em Planta de Força de Cisalhamento paralela a borda.
- Figura 5.2 – Chumbador posicionado próximo a mais de uma borda
- Figura 5.3 – Área projetada de ruptura do concreto
- Figura 5.4 – área projetada de ruptura do concreto para diferente situações
- Figura 5.5 – Excentricidade do carregamento de cisalhamento
- Figura 6.1 – Exemplo
- Figura 6.2 – Visão Geral Programa Hilti Profis Anchor
- Figura 6.3 – Material Base
- Figura 6.4 – Chapa de fixação
- Figura 6.5 – Configuração das ancoragens
- Figura 6.6 – Perfis
- Figura 6.7 – Cargas
- Figura 6.8 – Cargas majoradas

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Distância mínima a borda

Tabela 3.2 - Espaçamento para chumbadores em grupo

Tabela 4.1 - Mínima Resistência Característica do Adesivo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Considerações Gerais	11
1.2 Justificativa	11
1.3 Objetivos	11
1.4 Metodologia	11
2 CHUMBADORES	13
2.1 Introdução	13
2.2 Transferência de Carga	13
2.3 Tipos de Chumbadores	14
2.3.1 Chumbadores de pré-concretagem	14
2.3.2 Chumbadores de pós-concretagem	14
2.3.2.1 Chumbadores Mecânicos	14
2.3.2.1.1 Chumbador de Expansão Jaqueta e Cone	15
2.3.2.1.2 Chumbador de Expansão	16
2.3.2.1.3 Chumbador de Expansão por percussão (Drop-in)	17
2.3.2.1.4 Chumbador Tipo Parafuso	18
2.3.2.1.5 Chumbador de Segurança	19
2.3.2.2 Chumbadores Químicos	20
2.3.3 Comparativo	24
2.3.3.1 Chumbador de pré-concretagem Vs. pós-concretagem	24
2.3.3.2 Mecânico Vs. Químico	25
2.4 Fatores que influenciam na Escolha do Chumbador	26
2.4.1 Resistência à Vibração	26
2.4.2 Resistência à Corrosão	26
2.4.3 Resistência à Temperatura	26

3 ESTADOS LIMITES E NORMAS	27
3.1 Norma ACI 318-11	27
3.1.1 ACI 355.2 e ACI 355.4	27
3.2 Tipos de Ruptura	28
3.2.1 Ruptura devido à tração	28
3.2.1.1 Rompimento do Chumbador	29
3.2.1.2 Arrancamento do Chumbador	29
3.2.1.3 Quebra do Cone de Concreto	30
3.2.1.4 Fissuração do Concreto	30
3.2.1.5 Quebra lateral do Concreto	30
3.2.2 Falha do Adesivo	31
3.2.3 Ruptura devido ao Cisalhamento	31
3.2.3.1 Quebra do Chumbador e Fendilhamento do Concreto	32
3.2.3.2 Quebra do Concreto devido ao Efeito Alavanca	32
3.2.3.3 Quebra Lateral do Concreto	32
3.3 Fatores que Influenciam na Capacidade de Carga	32
3.3.1 Profundidade de Embutimento	33
3.3.2 Distância a borda	33
3.3.3 Distância entre chumbadores	33
3.3.3.1 Grupo de Chumbadores	34
3.3.4 Resistência do Concreto (f_{ck})	34
3.3.5 Cuidados na instalação	34
3.4 Acidentes relacionados à Chumbadores	35
4 Cálculo de Resistência a Tração	38
4.1 Considerações da Norma ACI 318	38
4.2 Carga suportada pelo aço do chumbador	39
4.3 Carga para quebra do concreto	39

4.4 Carga suportada pelo adesivo.....	42
5 Cálculo de Resistência ao Cisalhamento	46
5.1 Carga suportada pelo aço do chumbador	46
5.2 Carga para quebra do concreto.....	46
5.3 Quebra do Concreto devido ao Efeito Alavanca.....	50
5.4 Combinação de esforços de tração e cisalhamento	51
6 EXEMPLO DE CÁLCULO.....	52
6.1 Funcionamento do Software.....	52
6.1.1 Material Base	53
6.1.2 Chapa de Fixação	53
6.1.3 Configuração das ancoragens.....	54
6.1.4 Perfis	54
6.1.5 Cargas.....	54
6.2 Resultado do Software	55
7 CONCLUSÃO	65
8 BIBLIOGRAFIA.....	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

A associação e ancoragem das estruturas metálicas com elementos estruturais de concreto, através do uso de chumbadores, é cada vez mais comum na construção civil. A utilização de chumbadores vem, a cada década, evoluindo e ganhando cada vez mais importância no mundo da engenharia. Antigamente, a depender do caso, para se fazer uma ancoragem era necessário quebrar a peça de concreto, instalar uma armação ancorada em forma de “J” ou “L”, para posterior nova concretagem ou groutamento (Castanheira, 2006). Hoje em dia, não é necessário tanto trabalho, pois com desenvolvimento das furadeiras e chumbadores, é possível obter o mesmo resultado através de um furo no concreto, e instalação de um chumbador mecânico ou químico. Com isso, existe um ganho de produtividade e uma redução de mão-de-obra, dois fatores vitais para redução de custo de uma obra.

1.2 Justificativa

O presente trabalho de conclusão de curso, na área de Engenharia Civil retrata sobre uma ferramenta que é bastante utilizada na construção civil nos dias de hoje, porém, com pouca literatura e nenhuma certificação existente no país. No Brasil, os consumidores utilizam informações fornecidas pelos fabricantes, ou softwares de dimensionamento de chumbadores. Já na Europa e Estados Unidos, a aplicação de chumbadores é mais comum, existindo certificações e normas rigorosas.

1.3 Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho é explorar os diversos tipos de chumbadores, levantando suas vantagens e desvantagens, com ênfase no chumbador químico. Além desse objetivo, esse trabalho mostra o método de dimensionamento de chumbadores, na qual a norma americana ACI e softwares são baseados.

1.4 Metodologia

Este trabalho foi realizado através de pesquisas na internet, consulta a catálogos de empresas especializadas em chumbadores, assim como, trabalhos

realizados sobre o assunto. Normas técnicas também foram usadas como referência.

Uma análise da norma americana ACI, bem como o método em que se baseia, CCD, será detalhado. Será realizado um exemplo no software Hilti PROFIS Anchor, para melhor entendimento do equacionamento da norma ACI.

2 CHUMBADORES

2.1 Introdução

A associação e ancoragem das estruturas metálicas com elementos estruturais de concreto através do uso de chumbadores é cada vez mais comum na construção civil. A junção de materiais de comportamentos diferentes chama a atenção para as uniões, que precisam ser devidamente projetadas e executadas, para assegurar o melhor desempenho ao conjunto.

Os chumbadores podem ser classificados em duas categorias, o de pré-concretagem, que são posicionados antes da concretagem, e o de pós-concretagem, instalados com o concreto já endurecido. Ambas as categorias possuem vários tipos chumbadores, e ao depender do seu formato, transmitem esforços ao concreto de maneiras diferentes.

2.2 Transferência de Carga

Esta transferência de carga pode ser feita por atrito, por ancoragem mecânica, por aderência ou por uma combinação entre estes tipos, conforme mostra Figura 2.1.

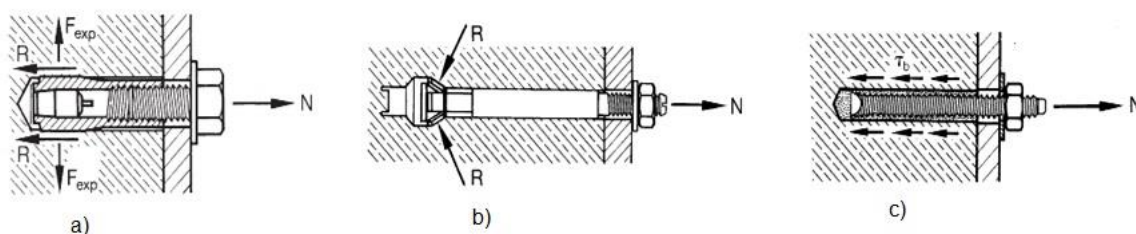


Figura 2.1 –Transferência de Carga: a) atrito, b) mecânica, c) aderência

A transferência de carga por atrito acontece devido à expansão lateral do chumbador, exercendo uma força de expansão contra a parede do concreto. A ancoragem mecânica ocorre em chumbadores que possuem uma parte do chumbador de maior diâmetro dentro de um trecho no fundo do furo, “rabo de andorinha”. Esse princípio de ancoragem é também o mesmo dos chumbadores de pré-concretagem. Por outro lado, a transferência de carga por aderência é característica dos chumbadores químicos, onde se usa um adesivo químico na interface entre concreto-chumbador (Wollmershauser, 2004).

2.3 Tipos de Chumbadores

2.3.1 Chumbadores de pré-concretagem

Os chumbadores de pré-concretagem são aqueles que são posicionados na armadura antes da concretagem. Este tipo de chumbador é utilizado quando o projetista já sabe onde deve ser locado o chumbador. Existem vários formatos de chumbadores de pré-concretagem, como pode ser visto na Figura 2.2.

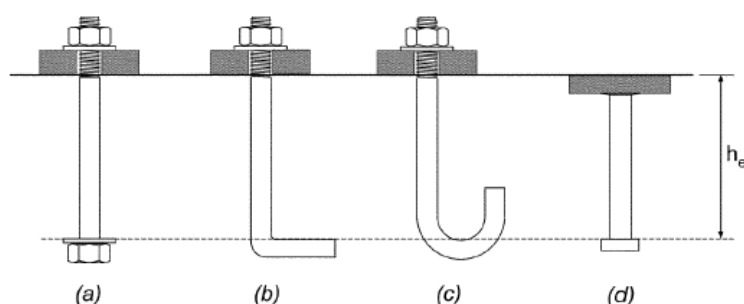


Figura 2.2 –Chumbadores de pré-concretagem: a) parafuso, b) L, c) J, d) placa-base

A transferência de carga é feita através da ancoragem mecânica. O problema encontrado com a utilização de chumbadores de pré-concretagem está ligado ao correto posicionamento do chumbador, onde, ao depender do caso, pode ser necessário o auxílio de um topógrafo para correta locação do chumbador (Silva, 2010).

2.3.2 Chumbadores de pós-concretagem

Chumbadores de pós-concretagem são utilizados quando de antemão não se conhece a exata locação do chumbador. Outro fator relevante a utilização deste tipo de chumbador esta ligado ao tempo de execução. Enquanto a utilização de chumbadores de pré-concretagem exige uma grande precisão na locação, o chumbador de pós-concretagem pode ser instalado rapidamente, o que reduz o tempo de execução total da obra. Entretanto, quando o furo realizado encontra armadura, o mesmo deve ser desviado. Os chumbadores de pós-concretagem podem ser divididos em duas categorias, mecânicos e químicos.

2.3.2.1 Chumbadores Mecânicos

Existem vários tipos de chumbadores mecânicos. O tipo mais comum, no mercado brasileiro, são os chumbadores de expansão, conhecidos como “parabolt”, onde a transferência de carga se dá por atrito entre a parte expandida

do chumbador e a parede do furo do concreto. A expansão do chumbador pode ser dada através do torque ou através de golpes de punção. Ver Figura 2.3.



Figura 2.3 –Diversos tipos de chumbadores mecânico de expansão.

São apresentados os chumbadores de expansão jaqueta e cone, expansão por torque, expansão por percussão do tipo drop-in, tipo parafuso, e de segurança.

2.3.2.1.1 Chumbador de Expansão Jaqueta e Cone

O chumbador de expansão jaqueta e cone, mais conhecido como “parabolt”, é um chumbador de grande utilização na indústria da construção civil. Sua ancoragem é dada através da expansão da jaqueta ao ser pressionada contra o cone. Esta é uma ancoragem econômica. Sua montagem é segura devido ao controle de expansão por torque, tem pequeno diâmetro e profundidade de perfuração, onde o diâmetro de perfuração é igual o diâmetro da jaqueta. Outra vantagem é que a jaqueta e o cone já vêm pré-montado, o que evita perdas. Este tipo de chumbador é destinado a pequenas cargas como a de apoio para tubulações, dutos de ventilação, e barras roscadas. Podem ser encontrados diversos modelos de chumbador de expansão com jaqueta e cone. Figura 2.4 mostra chumbador com parafuso e com prisioneiro. O tipo da jaqueta também pode variar.

A carga recomendada para tração e para cisalhamento de um chumbador do tipo jaqueta e cone, com embutimento de 51mm instalado em um concreto de 20 MPa e uma bitola de 3/8”, é de 459 kgf e 560 kgf, respectivamente (Fisher, 2013).



Figura 2.4—Chumbadores de expansão jaqueta e cone: a) parafuso, b) prisioneiro. (Âncora)

O procedimento de instalação é iniciado com a realização de um furo utilizando uma broca de mesmo diâmetro que a jaqueta do chumbador a ser instalado. Após o furo, são inseridos a jaqueta e o cone e posicionada a estrutura metálica a ser fixada para que, em seguida, possa ser colocado o parafuso. O parafuso deve ser apertado e o torque deve ser medido com o auxílio de um torquímetro, para evitar fissuração ou quebra do concreto. O torque irá forçar a jaqueta contra o cone provocando sua expansão. O procedimento de instalação pode ser visto na Figura 2.5.



Figura 2.5 – Chumbador de Expansão Jaqueta e Cone (Fisher).

2.3.2.1.2 Chumbador de Expansão

Este tipo de chumbador é muito similar ao de jaqueta e cone, porém, é uma peça única e o dispositivo de expansão se encontra próximo a ponta do chumbador. O mecanismo de expansão é controlado por torque. Tem pequeno diâmetro e profundidade de perfuração, e o diâmetro de perfuração é igual ao diâmetro do chumbador.

Outra vantagem é que a maior parte de seu comprimento é roscado, permitindo acomodar várias espessuras de componentes a fixar. Este tipo de chumbador tem uma capacidade de carga maior que o tipo jaqueta e cone, e tipo “drop-in”. A carga recomendada para tração e cisalhamento de um chumbador de expansão com embutimento de 50mm, instalado em um concreto de 20 MPa e uma

bitola de 3/8", é de 630 kgf e 810 kgf, respectivamente (Fisher, 2013). O chumbador de expansão pode ser visto na Figura 2.6.

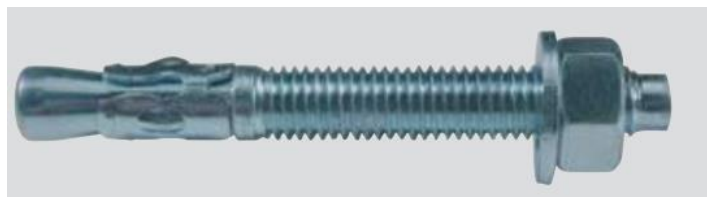


Figura 2.6 – Chumbador de Expansão (Fisher).

O procedimento de instalação é similar ao do chumbador de expansão do tipo jaqueta e cone. Inicialmente é feito um furo com uma broca de mesma bitola que o chumbador a ser instalado. Em seguida, com auxílio de um martelo, o chumbador é inserido no furo, e com o torque, ocorre a expansão do chumbador. O procedimento pode ser visto na Figura 2.7.

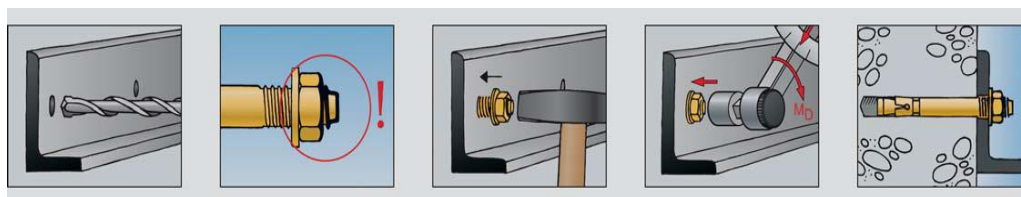


Figura 2.7 – Procedimento de instalação do chumbador de expansão (Fisher).

2.3.2.1.3 Chumbador de Expansão por percussão (Drop-in)

Este tipo de chumbador realiza a transferência de carga por atrito devido a expansão, porém, a expansão é causada por golpes de punção. Como vantagem, este chumbador apresenta uma excelente relação custo x benefício, e uma pequena profundidade de perfuração, porém, o trabalho de instalação é maior. Este tipo de chumbador é destinado a pequenas cargas, como a de apoio para tubulações. A carga recomendada para tração e para cisalhamento, em concreto de 20 MPa e uma bitola de 3/8", é de 410 kgf e 560 kgf, respectivamente (Fisher, 2013). O chumbador do tipo "Drop-in" pode ser visto na Figura 2.8.



Figura 2.8 – Chumbador de Rosca Interna Drop-in (Hilti).

Diferentemente dos chumbadores de expansão controlado por torque, a expansão do chumbador do tipo “Drop-in” acontece através de golpes de punção. Inicialmente, é feito o furo e sua limpeza, sendo esse furo do mesmo diâmetro que a jaqueta. Posteriormente, a jaqueta deve ser introduzida no furo, utilizando um batedor específico para determinada jaqueta. A expansão da jaqueta é realizada através de golpes efetuados por esse batedor. Com o chumbador devidamente expandido pode-se então posicionar a peça a ser fixada. Coloca-se o parafuso e a arruela, e é dado o torque final. A Figura 2.9 ilustra este procedimento.

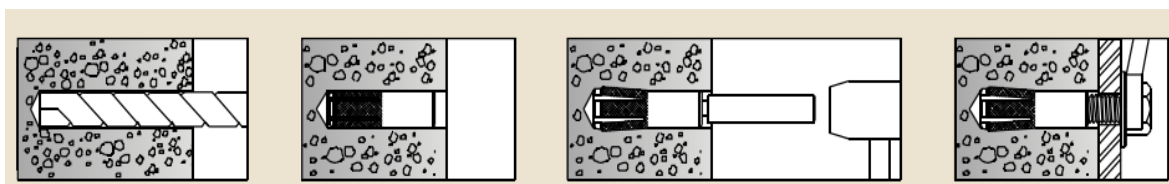


Figura 2.9 – Procedimento de instalação do chumbador tipo drop-in (Walsywa).

2.3.2.1.4 Chumbador Tipo Parafuso

O chumbador tipo parafuso é composto por uma peça única, sua instalação é rápida e fácil. Como vantagens pode-se considerar a possibilidade de reduzir a distância de borda e entre ancoragens, pois não há expansão. Outra vantagem é que esse sistema é removível e reutilizável, e existe identificação das dimensões gravada na cabeça do chumbador, facilitando inspeções. A transferência de carga é feita por aderência distribuída por todo o corpo do chumbador. A carga recomendada para tração e para cisalhamento em concreto de 27,6 MPa e uma bitola de 3/8”, com embutimento de 50mm, é de 440 kgf e 570 kgf, respectivamente (Hard, 2013). Figura 2.10 mostra o chumbador tipo parafuso.



Figura 2.10 – Chumbador do tipo parafuso (Hard).

O procedimento de instalação é muito simples. Inicialmente é feito o furo com a broca apropriada, onde esse furo deve ter um comprimento de uma polegada a mais que o embutimento requerido. Em seguida, deve-se inserir o chumbador, tipo parafuso, e uma pressão deve ser aplicada sobre a cabeça do chumbador, para laminar os primeiros fios de roscas. O parafuso deve ser apertado até assentar a cabeça firmemente contra o suporte. Em materiais densos, é recomendado o uso de uma chave mecânica. Por final, deve ser verificado se o embutimento está correto e se o torque máximo não foi ultrapassado (Hard, 2013). A Figura 2.11 mostra as etapas da instalação do chumbador tipo parafuso.

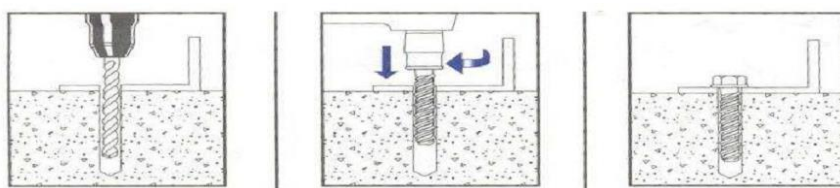


Figura 2.11 – Procedimento de instalação do chumbador tipo parafuso (Hard).

2.3.2.1.5 Chumbador de Segurança

Entre os chumbadores mecânicos, existe também o chumbador de segurança, que obtém a sua força de ancoragem pela expansão de uma parte do chumbador dentro de um trecho, no fundo do furo, que é maior em diâmetro do que o restante. A seção de diâmetro aumentado do furo pode ser pré-alargada ou alargada através do processo de expansão, durante a aplicação do chumbador (DNIT, 2006). Figura 2.12 mostra o chumbador de segurança.



Figura 2.12 – Chumbador de segurança (Hilti).

Este tipo de chumbador suporta grandes cargas, pois a sua transferência de carga é dada pela ancoragem mecânica, mesmo mecanismo que os chumbadores de pré-concretagem. Este chumbador não é comercializado no Brasil.

O procedimento de instalação do chumbador de segurança pode ser visto na Figura 2.13. A instalação se inicia com a realização do furo utilizando uma broca compatível com o chumbador a ser instalado (1). Em seguida, é feito o processo de limpeza, utilizando uma bomba de ar ou um sistema de ar comprimido para melhor resultado (2). Posteriormente, deve-se inserir o chumbador no furo com a mão, de

modo que o cone seja posicionado no fundo do furo perfurado (3). A tampa de plástico que protege o varão não deve ser retirada. Em seguida, é utilizada uma furadeira específica. Durante o procedimento de fixação, tanto a energia de impacto e de perfuração é transferida para a manga da ferramenta de ajuste, até que a manga deslize sobre a extremidade cônica do parafuso de ancoragem, gerando a expansão na ponta do chumbador (4). O chumbador possui um anel de uma determinada cor, que indica o progresso da operação de ajuste. O chumbador é corretamente instalado quando a marca do anel está alinhada com a superfície de concreto. Por fim, deve-se retirar a tampa protetora de plástico (4), fixar a peça a ser instalada por meio da arruela e porca cônica, e aplicar um torque, sem exceder os valores máximos, dado na tabela de especificações do fabricante (5) (Hilti, 2013). Este procedimento pode variar, a depender do fabricante e do tipo do chumbador.

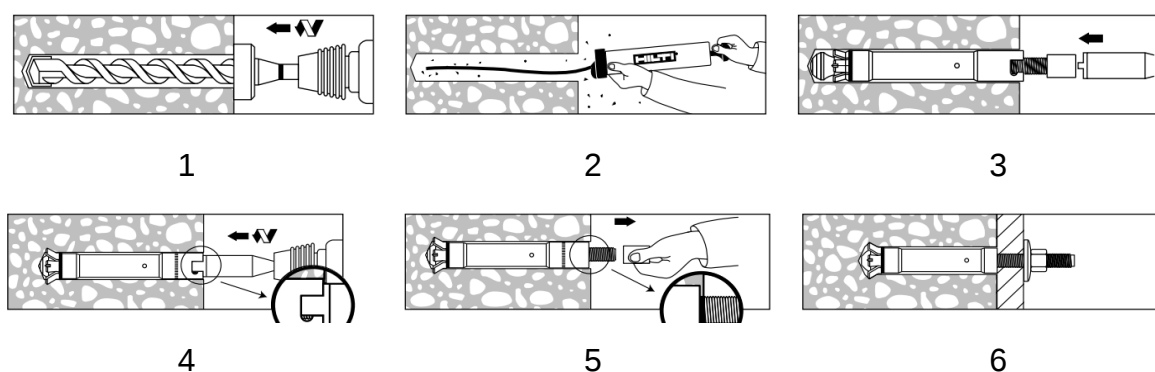


Figura 2.13 – Procedimento de Instalação do chumbador de segurança (Hilti).

2.3.2.2 Chumbadores Químicos

Os chumbadores químicos obtêm a sua resistência de ancoragem através de um composto químico, colocado entre a parede do furo e a parte embutida do chumbador. Os materiais usados incluem resina epóxi, resina de poliéster, materiais com base de cimento ou outros tipos semelhantes, que endurecem através de reação química (DNIT, 2006).

A transferência de carga, nesse sistema, é feita através da aderência, possibilitando a diminuição do espaçamento entre chumbadores e entre bordas. Entre outras vantagens dos chumbadores químicos está a elevada capacidade de carga, em função do contato com concreto estar distribuído ao longo de todo o comprimento do embutimento, o que permite desenvolver máxima resistência a

tração. Além disso, não existe forças de expansão como nos chumbadores mecânicos. Esses aspectos diminuem a concentração de tensão, reduzindo a possibilidade da ocorrência de fissuras. Produtos específicos podem suportar vibrações, tendo bom desempenho, tanto com cargas estáticas quanto com cargas dinâmicas, ou até mesmo, serem instalados em locais submersos (Pattex, 2008).

Os chumbadores químicos são comercializados em bisnagas bi componentes ou em capsulas, conforme pode ser visto na Figura 2.14.

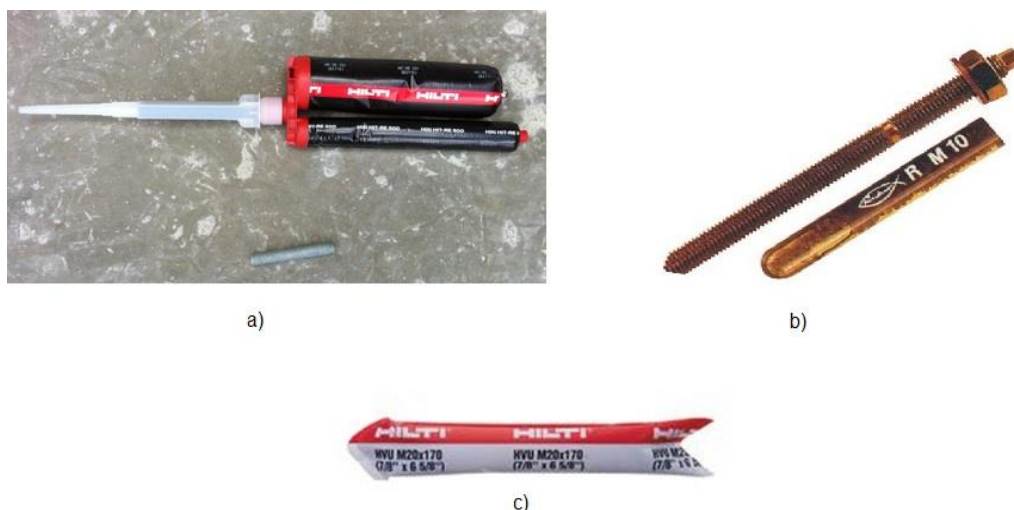


Figura 2.14 – Chumbadores químico: a) bisnaga (HILTI), b) capsula vidro (fisher), c) capsula plástica (HILTI)

Em determinadas situações, o chumbador químico é a única solução para a fixação de uma carga ao concreto. A aplicação de um chumbador pode ser por diversas vezes muito problemática, entre elas está a fixação em local úmido ou submerso, onde os efeitos de corrosão e ambientais devem ser considerados. Outro problema enfrentado é quando o concreto, material base, se encontra fissurado. Existe também o problema de fixação de uma carga com pouca distância entre outra carga ou pouca distância da borda do concreto. O chumbador químico tem a capacidade de suportar grandes cargas, próxima a borda, sem gerar tanta pressão interna (Pattex, 2008). O chumbador químico apresenta vantagens em relação aos chumbadores expansivos em todos esses problemas apresentados, devido ao seu método de transferência de carga, que é por aderência e não por atrito.

O chumbador químico em bisnaga bi componente é utilizado com auxílio de um dispensador, fazendo com que exista uma mistura entre os componentes no bico de saída da bisnaga. O procedimento de instalação do chumbador químico,

utilizando a bisnaga, inicia-se com a perfuração do furo com diâmetro um pouco maior que o chumbador a ser instalado. Após o furo, é realizada a limpeza, uma das etapas mais importantes da instalação, onde deve ser utilizada uma bomba manual ou de ar comprimido, fazendo a limpeza duas vezes. O processo de limpeza é continuado com a utilização de uma escova de aço e posterior bombeamento de ar (Hilti, 2013). O procedimento de instalação pode ser visto na Figura 2.15.

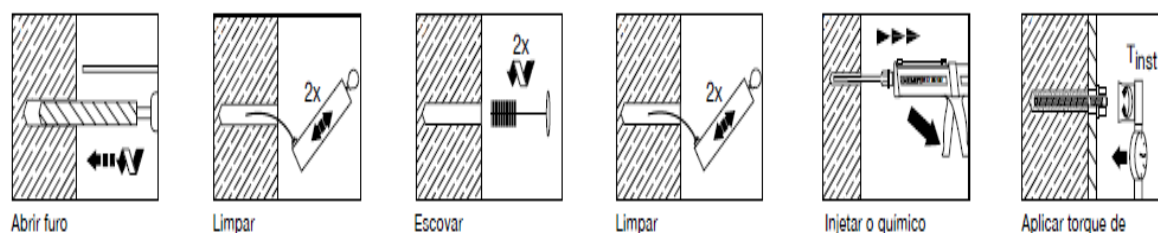


Figura 2.15 – Procedimento de instalação do chumbador químico bisnaga (Hilti).

O adesivo é então aplicado utilizando um dispensador como pode ser visto na Figura 2.16. Esse adesivo deve preencher apenas 2/3 do furo. Em seguida, deve-se posicionar o chumbador no furo com adesivo ainda mole. O torque de aperto só pode ser dado após o tempo de cura do adesivo, que pode variar de acordo com produto e fabricante.



Figura 2.16 – Procedimento de instalação do chumbador químico bisnaga. (Hilti)

Com o intuito de reduzir o tempo do processo de instalação e aumentar a produtividade, fabricantes de chumbadores químicos trabalham no desenvolvimento de componentes químicos e nas brocas de perfuração. A fabricante Hilti, por exemplo, lançou um chumbador químico em bisnaga bi-componente HIT HY 200 A, que ao ser utilizado com barra roscada da HIT-Z, não necessita da limpeza do furo, reduzindo o tempo de instalação e aumentando a produtividade, conforme visto na Figura 2.17.

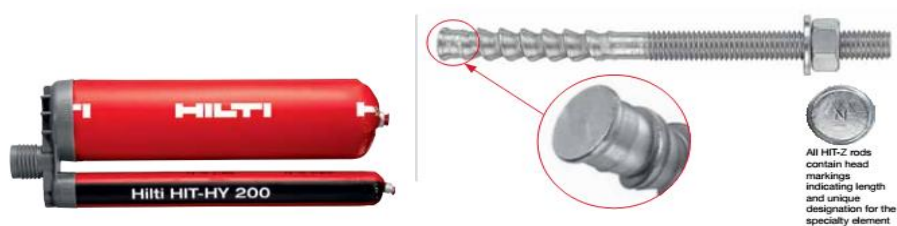


Figura 2.17 – Bi-componente HILTI HIT-HY 200 e barra roscada HIT-Z (Hilti).

Outra novidade é a utilização de uma broca para realização dos furos com um sistema de extração de pó acoplado. A utilização deste sistema pode reduzir em até 60% o tempo de instalação, pois o furo e a limpeza são realizados em única etapa, como pode ser visto na Figura 2.18. (Hilti, 2013)



Figura 2.18 – Broca com sistema de extração de pó e procedimento de instalação (Hilti).

O chumbador químico em capsula de vidro é outro tipo encontrado no mercado. Seu procedimento de instalação se inicia com furo e limpeza. A cápsula deve ser inserida no furo e barra roscada deve ser introduzida com percussão, efetuado com uma furadeira elétrica, para isso é necessário utilizar o dispositivo percussor fornecido pela empresa. Ao quebrar a capsula, o componente inicia sua reação. Deverá ser respeitado o tempo de cura, que varia em função da temperatura, até que o total endurecimento da resina seja atingido. Figura 2.19 mostra a sequencia de instalação do chumbador químico em capsula de vidro.

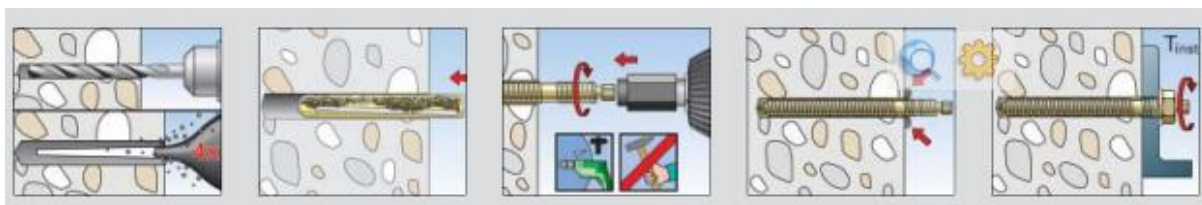


Figura 2.19 – Procedimento de instalação do chumbador químico capsula vidro (Fisher).

Este tipo de chumbador também pode ser utilizado em perfurações úmidas, onde o tempo de cura geralmente é o dobro. Para perfurações submersas o tempo de cura pode até quadruplicar, a depender da resina.

O chumbador químico em capsula plástica é muito parecido com o de capsula de vidro. O procedimento de instalação inicia-se como os demais, furo e limpeza, sendo o procedimento visualizado na Figura 2.20. A ampola plástica deve ser inserida no furo, onde os eventuais excessos que fiquem fora do furo não devem ser cortados. A porca e a contra-porca devem ser colocadas na extremidade da barra, separadas por uma arruela. Um adaptador sextavado deve ser acoplado em um martetele específico, e em seguida a barra deve ser introduzida no furo. Não se deve tocar na barra durante o tempo de cura total. Apenas após a cura deve-se apertar a porca, e fixar o material desejado (Hilti, 2013).

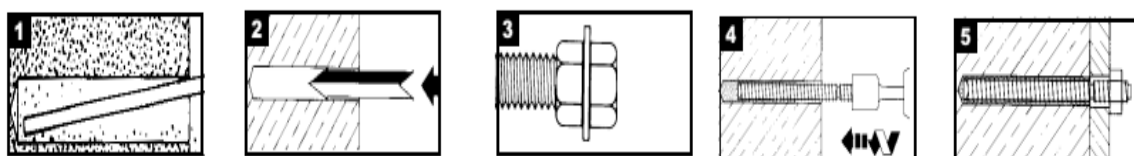


Figura 2.20 – Procedimento de instalação do chumbador químico capsula plástica (Hilti).

2.3.3 Comparativo

2.3.3.1 Chumbador de pré-concretagem Vs. pós-concretagem

Os chumbadores de pré-concretagem são utilizados quando existe um projeto bem definido quanto a locação do chumbador. Devido a essa característica, pode ser necessário o apoio de uma equipe de topografia, para correta locação do chumbador. Como vantagem, o chumbador de pré-concretagem é capaz de suportar elevadas cargas, a depender da dimensão do chumbador, devido ao mecanismo de transferência de carga ser mecânica.

Já o chumbador de pós-concretagem, tem como principal vantagem em relação ao chumbador de pré-concretagem, sua rapidez de instalação. A capacidade de carga irá variar de acordo com tipo de chumbador utilizado.

2.3.3.2 Mecânico Vs. Químico

Os chumbadores mecânicos têm como principal característica a transferência de carga por atrito, exceto o chumbador de segurança. Os chumbadores mecânicos expansivos apresentam como vantagem:

1. Bom custo x benefício,
2. Facilidade e rapidez de instalação;
3. Instalação em qualquer orientação;
4. Carga pode ser aplicada logo após a instalação;

Como desvantagem os chumbadores mecânicos expansivos apresentam:

1. Relativa baixa resistência à tração;
2. Não recomendado para utilização em áreas de tensão, onde pode existir a quebra ou fissuração do concreto;
3. Não resiste a esforços dinâmicos ou vibratórios.

Já o chumbador químico apresenta as seguintes vantagens em relação ao chumbador mecânico.

1. Maior capacidade de carga: como as cargas são distribuídas ao longo de todo o comprimento do embutimento, o sistema desenvolve uma máxima resistência à tração;
2. Não existem forças de expansão: não existe pressão radial sobre o material da base, o que elimina a possibilidade de falhas por fadiga ou ocorrência de fissuras, diminuindo a necessidade de distanciamento entre chumbadores e para borda;
3. Resistência a vibrações: produtos específicos suportam tanto as cargas estáticas quanto as dinâmicas, sem apresentar qualquer falha de ancoragem;
4. Local de instalação: pode ser instalado em local úmido ou saturado.

E como desvantagens do chumbador químico estão:

1. Necessidade de esperar o tempo de cura para aplicação da carga,
2. Ao depender do tipo do chumbador químico, pode existir perda da capacidade de carga em função da temperatura de trabalho.

2.4 Fatores que influenciam na Escolha do Chumbador

Durante a escolha do chumbador a ser utilizado, existem alguns fatores que devem ser levados em consideração. Além de analisar o tipo do material base e a carga a ser aplicada, deve ser também analisada e considerada a presença de vibração, se o ambiente é favorável ou não a corrosão, e a temperatura ambiente em que o chumbador químico irá trabalhar (Castanheira, 2006).

2.4.1 Resistência à Vibração

Vibrações devido à ação do vento ou de operações de máquinas devem ser levadas em consideração para escolha do tipo do chumbador a ser utilizado. A presença de vibrações caracteriza o carregamento dinâmico, que pode ser muito prejudicial aos chumbadores expansivos, podendo gerar folgas entre o chumbador e o concreto, e possível arrancamento. Como a transferência de carga do chumbador químico é por aderência de toda superfície concreto-adesivo, a resistência ao carregamento dinâmico é maior.

2.4.2 Resistência à Corrosão

A corrosão no chumbador acaba gerando desgastes e perda de espessura, reduzindo drasticamente a resistência do chumbador. O local de aplicação deve ser levado em consideração na hora do dimensionamento, pois o meio ambiente pode ser mais ou menos agressivo ao chumbador. Os chumbadores devem ser protegidos contra a corrosão, podendo ser revestidos com material galvanizado para aumentar a resistência a corrosão.

2.4.3 Resistência à Temperatura

A temperatura pode ser um fator desfavorável aos chumbadores químicos. Com o aumento da temperatura, a capacidade de carga dos chumbadores químicos diminui, pois seu adesivo pode amolecer. Neste caso, deve-se analisar o intervalo de temperatura de operação do chumbador e verificar a temperatura máxima de operação (Castanheira, 2006).

3 ESTADOS LIMITES E NORMAS

Existem vários possíveis tipos de ruptura que podem ocorrer, onde a ruptura está correlacionada ao tipo de carregamento exercido no chumbador. Um dos principais tipos de ruptura é a do cone de concreto. Diversos métodos são utilizados para se ter uma estimativa da força última relativa à ruptura do cone de concreto. Este trabalho se baseia no método Concrete Capacity Design (CCD), que foi desenvolvido por Eligehausen et al. (1995), e defende a teoria que a superfície de cone de ruptura apresenta um ângulo de 35 graus. Suas teorias são baseadas nos conceitos da mecânica da fratura e estudos experimentais.

O método CCD é base para muitas normas de cálculo e dimensionamento de chumbadores. Como no Brasil existe uma grande carência de normatização, foi escolhida a norma americana ACI 318 como base para este trabalho. Todo o equacionamento presente nos capítulos 4 e 5 deste trabalho são retirados do apêndice D, da norma americana ACI 318-11.

3.1 Norma ACI 318-11

A norma Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) foi elaborada pelo American Concrete Institute. Esta norma abrange os materiais, projeto e construção de concreto estrutural usado em edifícios e em outras estruturas. O apêndice D, desta norma, trata sobre Ancoragem ao Concreto, trazendo todo equacionamento para dimensionamento de chumbadores sujeitos a tração, ao cisalhamento, ou combinação das duas forças. Este apêndice traz também requisitos de distanciamento de borda, espaçamento entre chumbadores, e espessura mínimas da base de concreto, bem como procedimentos de instalação e inspeção dos chumbadores.

Esta norma é uma das opções de normatização utilizada em softwares de chumbadores de grandes empresas como a Hilti e a Fisher.

3.1.1 ACI 355.2 e ACI 355.4

Como existe uma grande incerteza em relação à resistência de chumbadores de pós-concretagem, devido a grande quantidade de variáveis que podem afetar seu desempenho, e para que o equacionamento apresentado no apêndice D seja válido, estes chumbadores devem atender aos requisitos das normas ACI 355.2 e ACI 355.4.

A norma ACI 355.2, Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete, prescreve programas e requisitos de avaliação para chumbadores mecânicos de pós-concretagem para uso em concreto, de acordo com as disposições de concepção do ACI 318. Critérios são prescritos para determinar se os chumbadores são aceitáveis para utilização apenas em concreto não fissurado, ou tanto em concreto fissurado, quanto não fissurado. Categorias de desempenho para os chumbadores são estabelecidos. As categorias de desempenho do chumbador são utilizadas pela norma ACI 318, para atribuir fatores de redução da capacidade de carga e outros parâmetros de projeto.

Já a norma ACI 355.4, Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary, tem objetivo similar a norma 355.2, porém é destinada a chumbadores químicos, onde critérios são fornecidos para estabelecer a força característica do adesivo, reduções para condições adversas, categoria do chumbador e requisitos de controle de qualidade.

As normas existentes no Brasil da ABNT NBR 14918, e a NBR 15049 são baseadas e muito parecidas como as normas ACI 355.2 e 355.4, respectivamente. Apesar de existirem normas de avaliação de desempenho, através de ensaios descritos nas normas acima, o Brasil ainda é muito carente na questão de certificação, que ainda não existe. A única garantia dos construtores é a informação oferecida pela fabricante do chumbador.

3.2 Tipos de Ruptura

3.2.1 Ruptura devido à tração

As rupturas devido à tração podem ocorrer por rompimento do chumbador, escorregamento do chumbador, quebra do concreto, fissuração do concreto, quebra lateral do concreto, ou falha do adesivo quando utilizando chumbadores químicos, conforme pode ser visualizado na Figura 3.1.

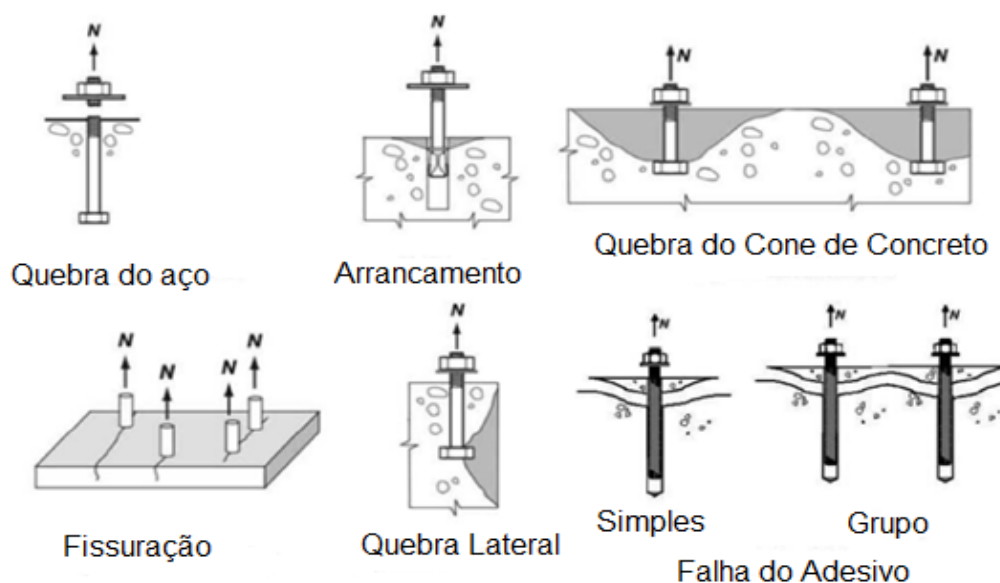


Figura 3.1 – Diversas formas de ruptura devido à tração.

3.2.1.1 Rompimento do Chumbador

O rompimento do chumbador ocorre quando a resistência última do material do chumbador é excedida. Este tipo de rompimento pode ocorrer para chumbadores com grandes comprimentos de embutimento e/ou com pequena área de seção de aço (Castanheira, 2006).

Geralmente o comportamento do chumbador está relacionado a sua rigidez, capacidade de deformação, e ao grau de absorção de energia do chumbador. Nesse caso o fator determinante de sua resistência a tração é sua seção transversal, lembrando que quando ocorre o escoamento do chumbador, há uma redução da área da seção transversal.

3.2.1.2 Arrancamento do Chumbador

O arrancamento do chumbador geralmente ocorre em chumbadores mecânicos de expansão. O arrancamento se dá quando a força aplicada é maior que o atrito produzido pelo mecanismo de expansão (Hilti, 2013). A norma em estudo aborda apenas o cálculo da resistência ao arrancamento para chumbadores de pré-concretagem. Para os chumbadores de pós-concretagem de expansão e de segurança, não existe uma equação para o cálculo da resistência, devido à grande quantidade de variáveis que influenciam na sua capacidade de carga. Para determinar o valor de resistência desses chumbadores, é necessários realizar testes de acordo com ACI 355.2, utilizando o valor característico, quantil de 5%, valor com 95% de probabilidade de ser excedido, com confiança de 90%.

3.2.1.3 Quebra do Cone de Concreto

A quebra do concreto pode ocorrer por diversos motivos, entre eles estão a baixa resistência do concreto, carregamento de tração alto, ou profundidade de ancoragem insuficiente. A norma ACI é baseada no modelo CCD, que tem como característica a quebra do cone de concreto, formando um ângulo de 35 graus, como pode ser visto na Figura 3.2. Este modelo é baseado no conceito da mecânica da fratura e estudos experimentais. A angulação de 35 graus faz com que exista um raio de influência de $1,5h_{ef}$. Como se considera uma área quadrada de influência da quebra do concreto, tem-se que a área de influência é $9(h_{ef})^2$, onde h_{ef} é a profundidade de embutimento, como descrito no item 3.4.1 deste trabalho. A Figura 3.2 mostra essa área de influência.

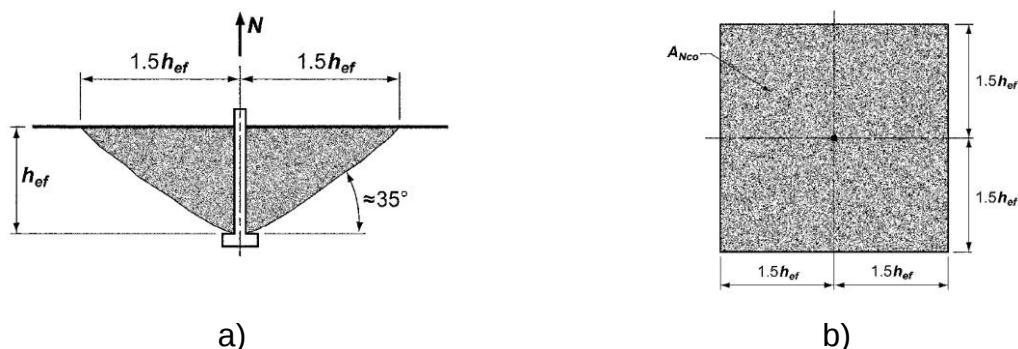


Figura 3.2 – (a) Esquema do cone de quebra do concreto, (b) área de influência.

3.2.1.4 Fissuração do Concreto

Já fissuração pode ocorrer quando o concreto é de baixa qualidade ou sua espessura e larguras são insuficientes para recebimento do chumbador. O dimensionamento, realizado através da norma ACI 318, prevê uma redução de capacidade de carga, quando o dimensionamento é feito para o concreto fissurado.

3.2.1.5 Quebra lateral do Concreto

A quebra lateral do concreto ocorre quando chumbadores são instalados próximos a borda livre do concreto. As tensões transversais, ao redor da cabeça do chumbador, excedem a resistência a tração do concreto na região entre sua cabeça a borda livre, ocasionando a ruptura lateral. A resistência à ruptura lateral pode ser aumentada com o maior distanciamento da borda, aumento do diâmetro do chumbador, e aumento de resistência à tração do concreto (Martins Jr., 2006.).

A Figura 3.3 mostra a quebra lateral do concreto, devido ao posicionamento de chumbadore expansivo de jaqueta e cone próximo à borda.



Figura 3.3 – Quebra lateral do concreto devido a proximidade a borda.

A norma ACI 318 apresenta apenas equacionamento para chumbador de pré-concretagem. Este tipo de quebra é muito comum para chumbadores de pós-concretagem de expansão, que são controlados pelos requerimentos da ACI 355.2.

3.2.2 Falha do Adesivo

A falha do adesivo pode ocorrer quando a carga aplicada ao chumbador é maior que a aderência produzida pela ancoragem química. A resistência do adesivo pode ser diminuída bruscamente, caso o processo de instalação não seja realizado corretamente (Eligehausen et. al., 2006). As impurezas no furo, presença de bolhas de ar, ou até mesmo a má mistura dos componentes químicos são fatores chaves, que podem acarretar falha no adesivo.

3.2.3 Ruptura devido ao Cisalhamento

As rupturas devido ao cisalhamento podem ocorrer por rompimento do chumbador, seguido por fendilhamento do concreto, quebra do concreto por efeito alavanca, ou quebra lateral do concreto próximo à borda. A Figura 3.4 mostra as rupturas devido ao cisalhamento.

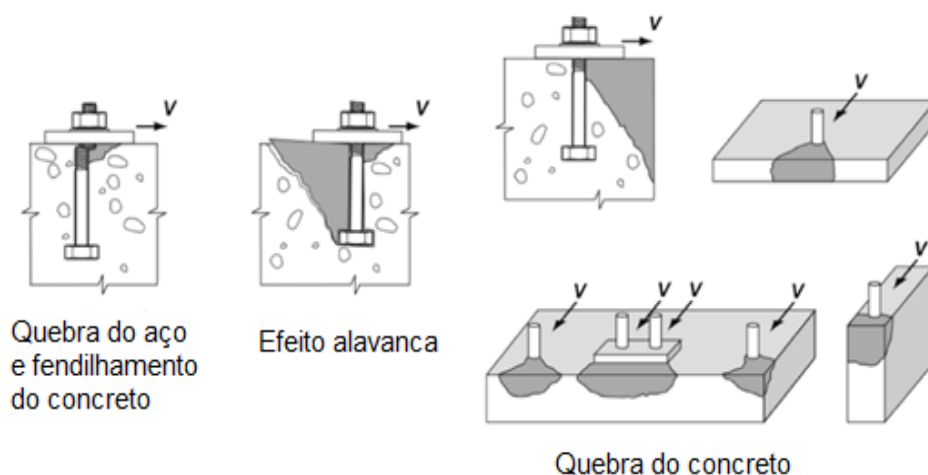


Figura 3.4 – Diversas formas de ruptura devido ao cisalhamento.

3.2.3.1 Quebra do Chumbador e Fendilhamento do Concreto

Este tipo de ruptura ocorre quando a resistência última do material do chumbador é excedida. Este tipo de rompimento tem maior probabilidade de acontecer em chumbadores, com pequena área de seção de aço e alta carga de cisalhamento. Geralmente este tipo de ruptura também acarreta o fendilhamento do concreto, próximo ao local de ruptura na direção da força de cisalhamento.

3.2.3.2 Quebra do Concreto devido ao Efeito Alavanca

A quebra por efeito alavanca ocasiona a quebra do concreto no lado oposto ao sentido da carga de cisalhamento. Este tipo de quebra ocorre com mais frequência em chumbadores com pequena profundidade de embutimento, quando instalado em concreto de baixa resistência com adesivo de baixa qualidade.

3.2.3.3 Quebra Lateral do Concreto

A quebra lateral do concreto ocorre quando o chumbador é posicionado muito próximo a borda do concreto, e a força de cisalhamento atuante é na direção da borda. Para se evitar este tipo de ruptura, é de extrema importância a locação do chumbador dentro dos limites de distanciamento em relação à borda do concreto.

3.3 Fatores que Influenciam na Capacidade de Carga

Para garantir a capacidade de carga desejada, uma série de fatores devem ser levados em consideração e cuidados devem ser tomados durante a instalação dos chumbadores. Entre os principais fatores estão a profundidade de

embutimento, distância para a borda, distância entre chumbadores, resistência a compressão do concreto, tipo de carregamento e cuidados na instalação. A presença de corrosão e temperaturas elevadas também são fatores relevantes, que influenciam negativamente na capacidade de carga.

3.3.1 Profundidade de Embutimento

A profundidade de embutimento é a profundidade total atingida pelo chumbador. É através da profundidade total que o chumbador transfere a força de ancoragem para o concreto que o envolve. A profundidade de embutimento efetiva será, normalmente, a profundidade da superfície de ruptura quando o chumbador esta sujeito à tração (DNIT, 2006). A profundidade de embutimento, h_{ef} , para diferentes tipos de chumbadores podem ser vistas nas Figuras 2.2 e 3.2(a).

3.3.2 Distância a borda

Distância a borda é definida como a distância entre o eixo de um chumbador e a borda mais próxima do concreto. (DNIT, 2006)

De acordo com a norma ACI, quando não determinados pelos testes ACI 355.2 e 355.4, a distância crítica a borda c_{ac} não deve ser tomada menor que os valores da Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Distância mínima a borda

Chumbador químico	$2h_{ef}$
Chumbador de segurança	$2,5h_{ef}$
Chumbador de expansão	$4h_{ef}$

3.3.3 Distância entre chumbadores

A distância entre chumbadores é outro fator bastante relevante para definição da capacidade de carga (Castanheira, 2006). Um chumbador isolado e um chumbador próximo a outro não irão possuir a mesma capacidade de carga e muitos construtores não levam isso em consideração, pois acabam se baseando apenas no valor de um único chumbador, fornecido pelo manual do fabricante. Este erro pode ocasionar o sub dimensionamento de uma determinada estrutura. Quando a distância entre os chumbadores é pequena, cada chumbador terá uma redução de capacidade de carga.

3.4.3.1 Grupo de Chumbadores

Será considerado chumbadores em grupo, quando dois ou mais chumbadores estiverem com um espaçamento menor que o apresentado na Tabela 3.2. Para cada tipo de falha, o espaçamento crítico para considerar chumbadores em grupo é diferente. Caso seja considerado chumbadores em grupo, irá existir uma redução na capacidade de carga, e a equação utilizada no dimensionamento será diferente. Equações de dimensionamento tanto para um único chumbador, quanto para chumbadores em grupo serão abordadas nos capítulos seguintes.

Tabela 3.2 - Espaçamento para chumbadores em grupo

Tipo de falha em investigação	Espaçamento crítico
Quebra do concreto a tração	$3h_{ef}$
Resistência do adesivo químico	$2c_{Na}$
Quebra do concreto ao cisalhamento	$3c_{a1}$

Onde h_{ef} é a profundidade de embutimento, c_{Na} pode ser calculado através da Equação 12, e c_{a1} é a distância para a borda.

3.3.4 Resistência do Concreto (f_{ck})

A resistência característica a compressão do concreto, f_{ck} , é outro fator relevante para o dimensionamento de chumbadores, pois a resistência da quebra do concreto é proporcional a raiz quadrada do f_{ck} .

Na norma ACI, o f_{ck} é representado por f'_c , onde para efeitos de cálculo este valor não deve exceder 10.000 psi (68,95 MPa), para chumbadores de pré-concretagem e o valor de 8.000 psi (55,16 MPa), para chumbadores de pós-concretagem.

3.3.5 Cuidados na instalação

Na instalação muitos cuidados devem ser tomados, entre os principais estão à locação para chumbadores de pré-concretagem, limpeza e tamanho do furo para chumbadores de pós-concretagem.

A correta locação do chumbador de pré-concretagem é a parte mais importante de sua instalação, pois a locação errada do chumbador pode tornar toda estrutura falha, podendo ser necessário a quebra do concreto e nova locação.

Para chumbadores de pós-concretagem, principalmente para chumbadores químicos, a limpeza a é uma das etapas mais importantes durante a instalação. Todo detrito e poeira, dentro do furo, devem ser removidos para que a aderência entre o adesivo e o concreto seja a maior possível. A não limpeza do furo, ou limpeza mal feita irá acarretar em grande diminuição de capacidade de carga (Hilti, 2013). Como pode ser visto no item 2.3.2.2 deste trabalho, a instalação dos chumbadores químicos necessita de um procedimento de limpeza, que deve se repetir de 4 até 6 vezes utilizando bomba manual de ar, ar comprimido e escova de aço. A Figura 3.5 mostra sistema de ar comprimido que pode ser utilizado para a limpeza do furo.



Figura 3.5 – Limpeza com Ar comprimido

O tamanho do furo é outro fator bastante relevante, principalmente para chumbadores expansivos. Geralmente em chumbadores expansivos, o diâmetro do furo tem que ter o mesmo diâmetro que o do chumbador, para que durante a instalação exista sua expansão e uma boa força de atrito. Caso o furo tenha um diâmetro maior que o exigido, a capacidade de carga será influenciada, pois o chumbador pode ficar folgado em trechos do furo e a força de atrito pode ser menor. Para evitar furos de maior diâmetro que o desejado, deve se utilizar furadeiras de boa qualidade e o operador deve ter experiência em furos, garantindo sua horizontalidade.

3.4 Acidentes relacionados à Chumbadores

A escolha errada do chumbador pode ocasionar acidentes graves, como a do colapso de placas de concreto do teto do túnel Big Dig em Boston, a queda da

coberta de uma ponte em Atlanta, e queda de uma marquise de um hospital no Ceará.

O colapso de placas de concreto, pesando aproximadamente 3 toneladas, do teto do túnel Big Dig em Boston, ocorreu em 10 de Julho de 2006. Estas placas caíram em cima de um veículo matando o passageiro e ferindo gravemente o motorista. Parte do túnel ficou interditada por quase um ano. Após uma investigação feita pela comissão de segurança dos transportes americana, foi constatado a utilização de chumbador químico a base de epóxi, com baixa resistência a cargas de longa duração e a cargas de tração constante (NTSB, 2007).

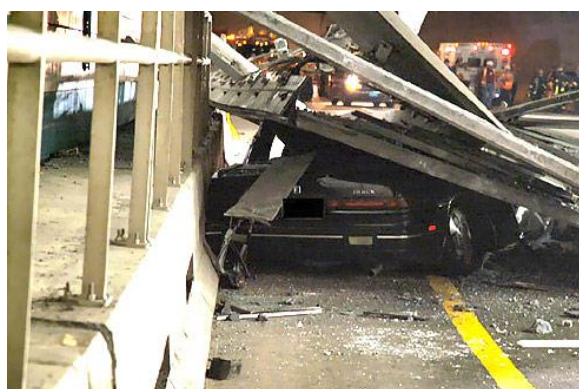
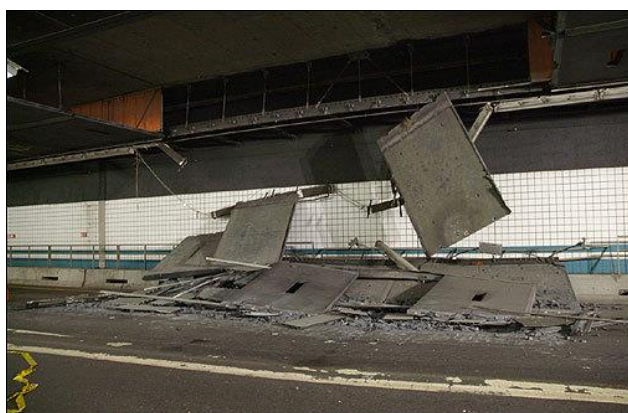


Figura 3.6 – Colapso de placas de concreto do túnel Big Dig em Boston.

Outro acidente que chamou atenção foi a quebra de uma estrutura de cobertura em uma ponte de Atlanta, em 13 de Agosto de 2011. Assim como o problema do túnel Big Dig, as principais causas para este acidente foram a baixa resistência a longo prazo do adesivo epóxi escolhido e a carga a tração contínua. Como causas secundária, a investigação apontou a má ou incompleta mistura dos componentes do adesivo, a existência de bolhas de ar, e a alta temperatura em serviço (WJE, 2012).

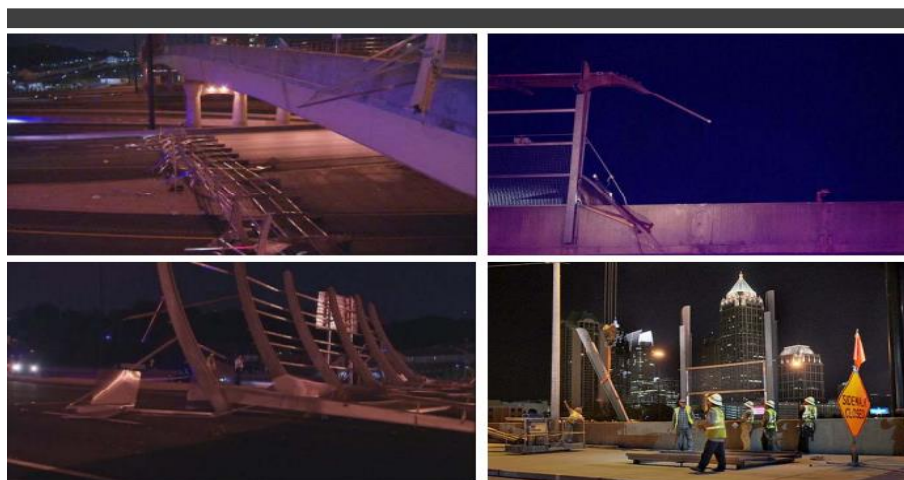


Figura 3.7 – 17th Street Bridge Canopy Failure

Outro acidente recente, devido ao errado dimensionamento de chumbadores, causou a queda de parte da marquise do Hospital Regional da Zona Norte (HRN), em Sobral, no Ceará. O jornal O Estado relata que o relatório da vistoria apontou que a causa do desabamento da marquise (6m x 15m) do Hospital foi a fixação dos chumbadores no mesmo sentido da marquise. Como efeito, houve o aumento no diâmetro dos furos, devido ao desgaste no concreto provocado pelos movimentos próprios das estruturas em balanço, diminuindo a força de atrito entre o concreto e os chumbadores. Como consequência, houve o arrancamento dos chumbadores metálicos e ruína da marquise. Figura 3.8 mostra a marquise após sua queda e o chumbador expansivo utilizado em sua ancoragem.



Figura 3.8 – Queda da marquise do HRN e chumbador expansivo utilizado.

4 Cálculo de Resistência a Tração

Este trabalho só ira contemplar cálculos para chumbador químico, instalado em um concreto com densidade normal. Para o cálculo de resistência a tração de um chumbador químico é necessário realizar três verificações: carga suportado pelo aço do chumbador, carga para quebra do concreto, e a carga suportada pelo adesivo do concreto. O valor obtido nas três verificações deve ser multiplicado pelo fator de redução de capacidade de carga, encontrado no item 4.1, e o maior dos três valores encontrados deve ser inferior ao esforço que será aplicado ao chumbador.

4.1 Considerações da Norma ACI 318

Para o dimensionamento de um chumbador químico, através da norma ACI 318, é preciso ser levado em conta algumas considerações. O concreto base, a ser instalado o chumbador, será considerado de densidade normal. Os chumbadores serão considerados único, ou em grupo, de acordo com Tabela 3.2. Deve também ser considerado um fator de redução de capacidade de carga, que é obtido através da seguinte forma:

a) Quebra do chumbador governada por falha do aço com comportamento dúctil:

- Cargas de tração.....0,75
- Cargas de cisalhamento....0,65

b) Quebra do chumbador governada por falha do aço com comportamento frágil:

- Cargas de tração.....0,65
- Cargas de cisalhamento....0,60

c) Quebra do cone de concreto, quebra lateral do concreto, arrancamento do chumbador, ou efeito alavanca.

- Cargas de tração:

Para chumbadores químicos, a categoria do chumbador deve ser determinada através dos ensaios descritos em ACI 355.4, onde os fatores para cada categoria são os seguintes:

Categoria 1	0,65
(baixa sensibilidade à instalação e alta confiabilidade)	
Categoria2	0,55
(média sensibilidade à instalação e média confiabilidade)	
Categoria 3	0,45

(alta sensibilidade à instalação e baixa confiabilidade)

- Cargas de cisalhamento....0,75

4.2 Carga suportada pelo aço do chumbador

A primeira verificação é a carga suportada pelo aço do chumbador que pode ser calculada pela seguinte equação:

$$N_{sa} = A_{se,N} f_{uta} \quad (1)$$

Onde $A_{se,N}$ é a área da seção transversal do chumbador em pol.^2 , e f_{uta} é o limite de resistência à tração do aço do chumbador e não pode ser maior que o menor valor entre $1,9f_y$ e $125,000\text{psi}$ ($861,8\text{ MPa}$), onde f_y é o limite de escoamento do aço do chumbador.

Para dimensionamento de chumbadores é utilizado o limite de resistência à tração e não o limite de escoamento. Isto se deve ao fato de que o aço dos chumbadores não tem patamar de escoamento bem definido e o limite convencional é baseado em deformação.

4.3 Carga para quebra do concreto

A carga para quebra do concreto, N_{cb} para um único chumbador, e N_{cbg} para um grupo de chumbadores, não deve exceder os seguintes valores:

a) Único chumbador:

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \quad (2)$$

b) Grupo de chumbadores

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ec,N} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \quad (3)$$

A_{Nco} é a área projetada de ruptura do concreto de um único chumbador com distância a borda igual ou superior a $1,5h_{ef}$, conforme pode ser visto na Figura 3.2.

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 \quad (4)$$

Já A_{Nc} é a área projetada de ruptura do concreto de um único chumbador ou grupo de chumbadores, que deve desprezar as áreas superpostas no caso de chumbadores em grupo ou áreas que ultrapassam os limites da borda. Figura 4.1 mostra o cálculo de A_{Nc} para diferentes situações.

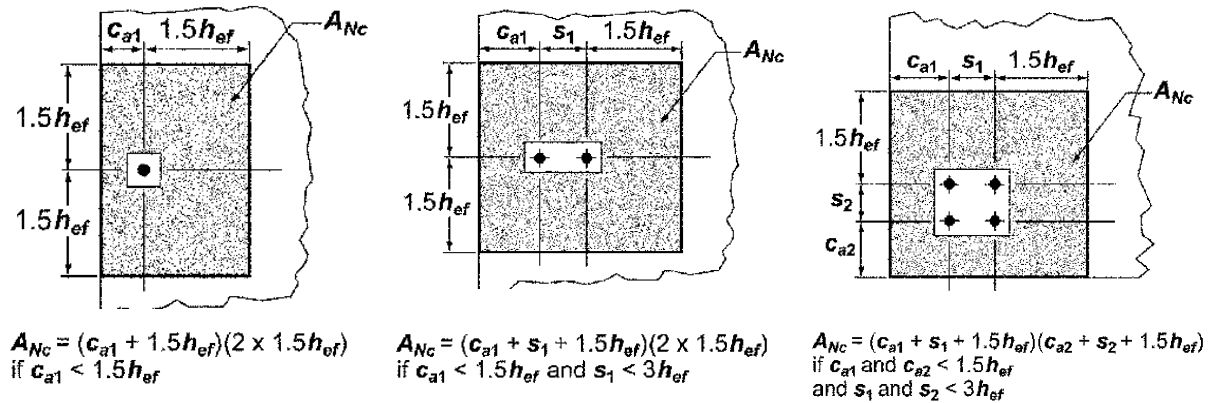


Figura 4.1 – Área projetada de ruptura do concreto para diferentes situações.

A carga de quebra do concreto básica para um único chumbador em concreto fissurado, N_b , não deve exceder o seguinte valor:

$$N_b = k_c \lambda_a \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad (5)$$

Onde:

$k_c = 24$ para chumbadores de pré-concretagem

$k_c = 17$ para chumbadores de pós-concretagem

O valor de $k_c = 17$, para chumbadores de pós-concretagem, pode ser aumentado com base nos resultados dos testes ACI 355.2 ou 355.4, mas não deve exceder 24.

O fator de modificação para concreto leve λ_a é baseado na densidade do concreto, onde para chumbador químico, por falha do adesivo, esse fator assume o valor de $0,6\lambda$. Para um concreto de densidade normal, λ assume o valor de 1,0. A classificação da densidade é de acordo com os padrões da American Society for Testing and Materials (ASTM), e a definição do fator λ é encontrada no item 8.6.1 da norma ACI 318-11.

O coeficiente de modificação para chumbadores em grupo carregados excentricamente, $\Psi_{ec,N}$, é calculado através da seguinte equação:

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2e'_N}{3h_{ef}}\right)} \quad (6)$$

Onde o valor de $\Psi_{ec,N}$ não deve ser maior que 1,0 e e'_N é a excentricidade da força aplicada, onde apenas devem ser considerados os chumbadores que estão

trabalhando a tração, como pode ser visto na Figura 4.2. Quando a carga for excêntrica aos dois eixos, o valor de $\Psi_{ec,N}$ deve ser calculado separadamente para cada eixo e o produto dos resultados obtidos será utilizado como valor do coeficiente $\Psi_{ec,N}$.

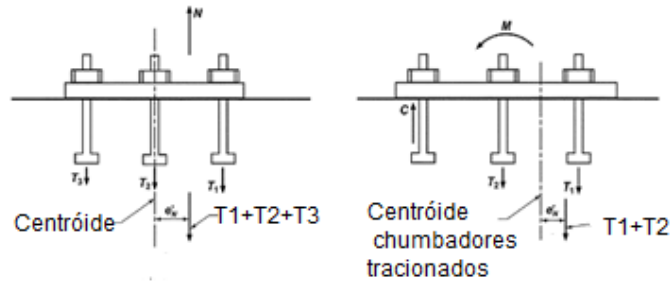


Figura 4.2 –Carga excêntrica

O coeficiente de modificação para os efeitos de borda $\Psi_{ed,N}$, tanto para chumbadores em grupo quanto para um único chumbador, é calculado da seguinte forma:

$$\Psi_{ed,N} = \begin{cases} 1,0 & \text{se } c_{a,\min} \geq 1,5h_{ef} \\ 0,7 + 0,3 \frac{c_{a,\min}}{1,5h_{ef}} & \text{se } c_{a,\min} < 1,5h_{ef} \end{cases} \quad (7)$$

Onde $c_{a,\min}$ é a menor distância do eixo do chumbador a borda.

O coeficiente de modificação relacionado a fissuração, $\Psi_{c,N}$, pode ser considerado os seguintes valores para quando o concreto sobre tensão é considerado não fissurado:

$\Psi_{c,N} = 1,25$ para chumbadores de pré-concretagem; e

$\Psi_{c,N} = 1,4$ para chumbadores de pós-concretagem, onde o valor de $k_c = 17$.

Quando existe fissuração o valor de $\Psi_{c,N}$ deve ser adotado como 1,0.

O coeficiente de modificação $\Psi_{cp,N}$ é apenas utilizado para chumbadores de pós-concretagem em concreto não fissurado. Este coeficiente irá reduzir o valor da resistência caso o chumbador seja posicionado a uma distância da borda menor que a distância crítica a borda, estabelecida na Tabela 3.1.

$$\Psi_{cp,N} = \begin{cases} 1,0 & \text{se } c_{a,\min} \geq c_{ac} \\ \frac{c_{a,\min}}{c_{ac}} & \text{se } c_{a,\min} < c_{ac} \end{cases} \quad (8)$$

Para todos os outros casos, incluindo chumbadores de pré-concretagem $\Psi_{cp,N}$, deve ser tomado igual a 1,0.

4.4 Carga suportada pelo adesivo

A carga suportada pelo adesivo, N_a para um único chumbador, e N_{ag} para um grupo de chumbadores, não deve exceder os seguintes valores:

a) Único chumbador:

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \Psi_{ed,Na} \Psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (9)$$

b) Grupo de chumbadores:

$$N_{ag} = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \Psi_{ec,Na} \Psi_{ed,Na} \Psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (10)$$

A_{Na0} é a área de influência projetada de um único chumbador químico, com distancia a borda igual ou superior a c_{Na} . Enquanto A_{Na} é a área de influência projetada de um único chumbador ou grupo de chumbadores, que deve desprezar as áreas superpostas no caso de chumbadores em grupo ou áreas que ultrapassam os limites da borda. Figura 4.3 mostra o cálculo de A_{Na0} e A_{Na} .

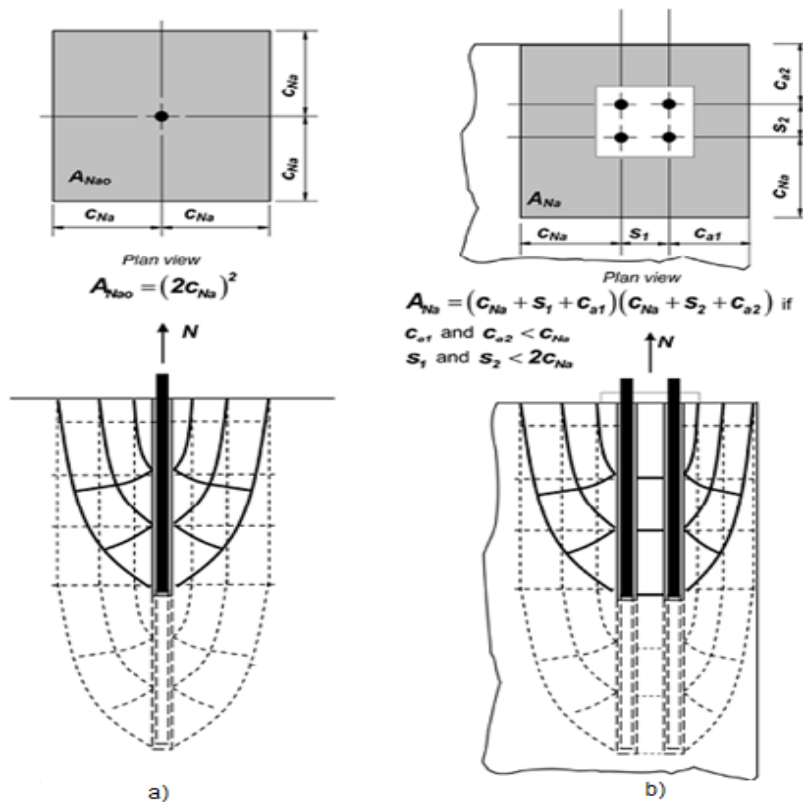


Figura 4.3 – área de influência projetada: a) único chumbador, b) grupo de chumbadores

Logo temos que área A_{Na} é:

$$A_{Na} = (2c_{Na})^2 \quad (11)$$

Onde c_{Na} é definido através da seguinte equação:

$$c_{Na} = 10d_a \sqrt{\frac{\tau_{uncr}}{1100}} \quad (12)$$

Onde d_a é o diâmetro do chumbador em polegada, o valor de 1100 leva a unidade lb/pol², e τ_{uncr} é a resistência característica do adesivo em psi para um concreto não fissurado.

A carga básica de resistência do adesivo para um único chumbador é dada através da seguinte equação:

$$N_{ba} = \lambda_a \tau_{cr} \pi d_a h_{ef} \quad (13)$$

O valor τ_{cr} representa a tensão característica do adesivo que deve ser tirada dos testes feitos de acordo com ACI 355.4 para concreto fissurado. Caso o concreto seja não fissurado, durante a utilização do chumbador, pode se utilizar τ_{uncr} no lugar de τ_{cr} na Equação 13. Os valores de τ_{uncr} e τ_{cr} podem ser retirados da Tabela 4.1 caso obedeça aos seguintes itens:

- O chumbador deve obedecer os requerimentos da norma ACI 355.4
- O chumbador deve ser instalado em furos feitos com uma furadeira de impacto rotativa ou perfuratriz.
- O concreto na hora da instalação deve possuir um f_{ck} de no mínimo 2500 psi (17,2 MPa)
- O concreto deve ter uma idade mínima de 21 dias
- A temperatura do concreto não deve ser superior a 50°F (10°C) na hora da instalação.

Tabela 4.1 – Mínima Resistência Característica do Adesivo

Ambiente de Instalação	Umidade do concreto na hora da instalação	Temperatura de pico do concreto quando em serviço	τ_{cr} , psi	τ_{uncr} , psi
Descoberto	Seco até totalmente saturado	175°F (79,4°C)	200 (1,4MPa)	650 (4,5MPa)
Coberto	Seco	110°F	300	1000

		(43,3°C)	(2,1MPa)	(6,9MPa)
*Quando a tensão de tração for permanente, os valores de τ_{uncr} e τ_{cr} devem ser multiplicados por 0,4. * Chumbadores químicos sujeitos a terremotos, τ_{uncr} deve ser multiplicado por 0,4 e τ_{cr} por 0,8.				

Para o dimensionamento de um chumbador químico, sujeito a carga permanente, deve ser obedecido $N_{ua,s} \leq 0,55 \phi N_{ba}$, onde $N_{ua,s}$ é a carga normal solicitante e o valor 0,55 é um fator de redução correlacionado com testes realizados pelo ACI 355.4, visando satisfazer uma vida útil de no mínimo 50 anos a uma temperatura de 50°F (10°C) e de no mínimo 10 anos a uma temperatura de 110°F (43,3°C). Para se atingir uma maior vida útil ou maiores temperaturas este fator deve ser reduzido.

O coeficiente de modificação para chumbadores químicos em grupo carregados excentricamente, $\Psi_{ec,N}$, é calculado através da seguinte equação:

$$\Psi_{ec,Na} = \frac{1}{\left(1 + \frac{e'_N}{c_{Na}}\right)} \quad (14)$$

Onde o valor de $\Psi_{ec,N}$ não deve ser maior que 1,0 e e'_N é a excentricidade da força aplicada, onde apenas devem ser considerados os chumbadores que estão trabalhando a tração como, pode ser visto na Figura 4.2. Quando a carga for excêntrica aos dois eixos, o valor de $\Psi_{ec,Na}$ deve ser calculado separadamente para cada eixo e o produto dos resultados obtidos será utilizado como valor do coeficiente $\Psi_{ec,Na}$.

O coeficiente de modificação para os efeitos de borda $\Psi_{ed,Na}$ tanto para chumbadores em grupo quanto para um único chumbador é calculado da seguinte maneira:

$$\Psi_{ed,N} = \begin{cases} 1,0 & \text{se } c_{a,\min} \geq c_{Na} \\ 0,7 + 0,3 \frac{c_{a,\min}}{c_{Na}} & \text{se } c_{a,\min} < c_{Na} \end{cases} \quad (15)$$

O coeficiente de modificação $\Psi_{cp,Na}$ serve para se evitar a fissuração, diminuindo o valor da resistência para chumbadores posicionados a uma distância

menor que a distância crítica a borda. Este coeficiente é destinado para base de concreto não fissurado e sem reforço adicional.

$$\Psi_{cp,Na} = \begin{cases} 1,0 & \text{se } c_{a,\min} \geq c_{ac} \\ \frac{c_{a,\min}}{c_{ac}} & \text{se } c_{a,\min} < c_{ac} \end{cases} \quad (16)$$

Os valores de distância crítica para borda, c_{ac} , podem ser encontrados na Tabela 3.1. O valor de $\Psi_{cp,Na}$ não deve ser menor que c_{Na}/c_{ac} . Para qualquer outro caso o valor $\Psi_{cp,Na}$ deve ser igual 1,0.

5 Cálculo de Resistência ao Cisalhamento

Para o cálculo de resistência ao cisalhamento de um chumbador químico é necessário realizar três verificações: carga suportada pelo aço do chumbador, carga de quebra do concreto, e quebra do concreto devido ao efeito alavanca. O valor obtido nas três verificações deve ser multiplicado pelo fator de redução de capacidade de carga encontrado no item 4.1, e o maior dos três valores encontrados deve ser inferior ao esforço aplicado ao chumbador.

5.1 Carga suportada pelo aço do chumbador

A carga devido a cisalhamento para o rompimento do chumbador é calculada através da seguinte expressão:

$$V_{sa} = 0,6 A_{se,V} f_{uta} \quad (17)$$

Onde $A_{se,V}$ é a área da seção transversal do chumbador em pol.², e f_{uta} é a resistência específica a tração do aço do chumbador e não pode ser maior que o menor valor entre $1,9f_y$ e 125,000psi (861,8 MPa), onde f_y é limite de escoamento do aço do chumbador.

5.2 Carga para quebra do concreto

A carga para quebra do concreto devido ao cisalhamento, V_{cb} para um único chumbador, e V_{cbg} para um grupo de chumbadores não deve exceder os seguintes valores:

a) Para força de cisalhamento perpendicular à borda para único chumbador:

$$V_{cb} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \Psi_{ed,V} \Psi_{c,V} \Psi_{h,V} V_b \quad (18)$$

b) Para força de cisalhamento perpendicular à borda para um grupo de chumbadores:

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \Psi_{ec,V} \Psi_{ed,V} \Psi_{c,V} \Psi_{h,V} V_b \quad (19)$$

c) Para força de cisalhamento paralela à borda, os valores V_{cb} e V_{cbg} assumem o dobro dos valores obtidos nas Equações 18 e 19 respectivamente, onde o valor de $\Psi_{ed,V}$ é 1,0.

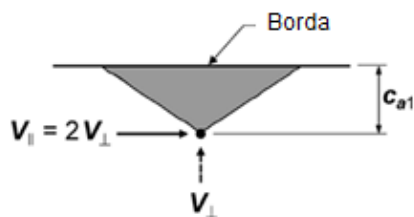


Figura 5.1 – Vista em Planta de Força de Cisalhamento paralela a borda.

d) Para chumbadores posicionados em uma quina, onde existe a proximidade de mais de uma borda, o valor deve ser calculado para cada borda isoladamente, adotando o menor valor.

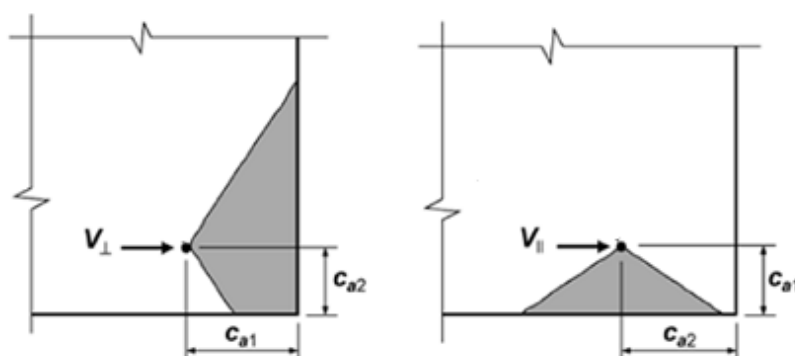


Figura 5.2 – Chumbador posicionado próximo a mais de uma borda

O termo A_{vco} é a área projetada de ruptura do concreto no lado da borda de um único chumbador com distância a borda igual ou superior a $1,5c_{a1}$, na direção perpendicular a força de cisalhamento. Podemos calcular A_{vco} admitindo a base de uma semi-pirâmide com comprimento lateral paralelo a borda com $3c_{a1}$ e $1,5c_{a1}$ de profundidade como pode ser visto na Figura 5.3.

$$A_{vco} = 4,5(c_{a1})^2 \quad (20)$$

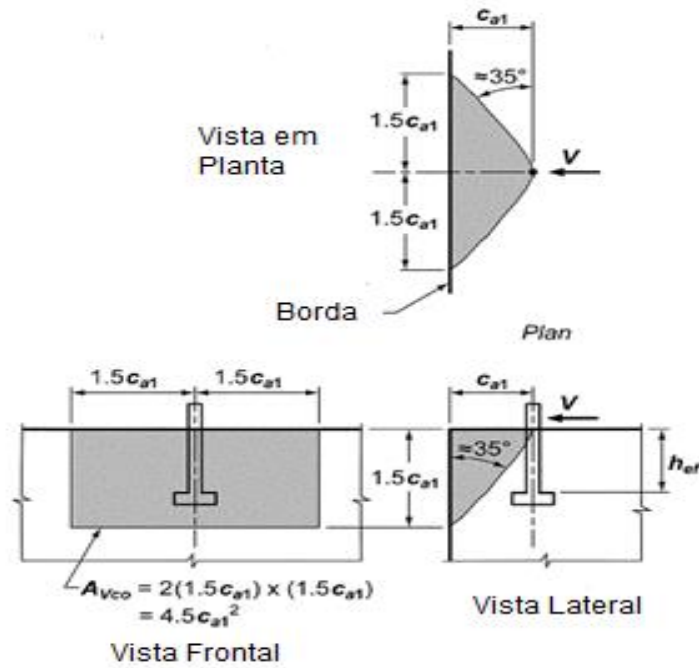


Figura 5.3 – Área projetada de ruptura do concreto

Já A_{vc} e a área projetada de ruptura do concreto no lado da borda para um único chumbador ou grupo de chumbadores onde são desprezadas as áreas superpostas no caso de chumbadores em grupo. Figura 5.4 mostra o cálculo de A_{vc} para diferentes situações.

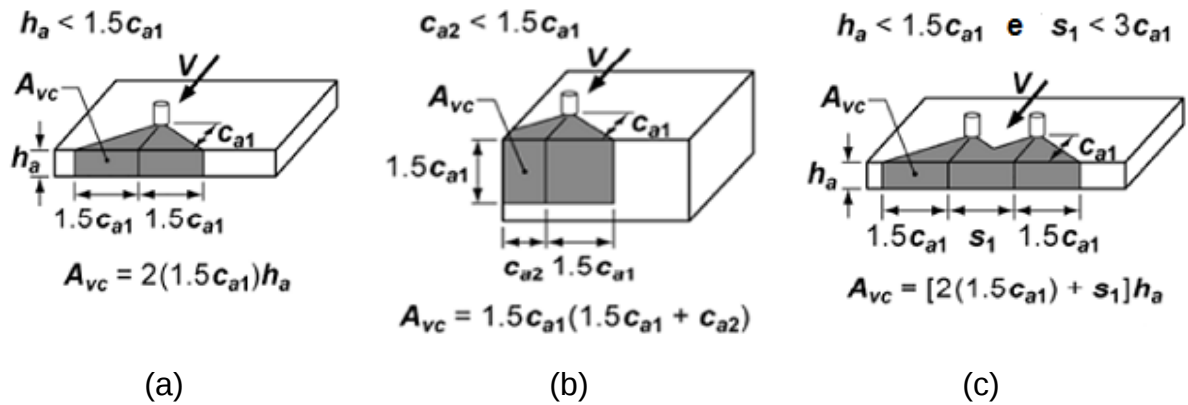


Figura 5.4 – área projetada de ruptura do concreto para diferente situações

Para a carga de quebra do concreto básica ao cisalhamento para um único chumbador, V_b , deve ser utilizado o menor valor encontrado nas Equações 21 e 22.

$$V_b = \left(7 \left(\frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right) \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (21)$$

Onde l_e é o comprimento de suporte de carga ao cisalhamento podendo ser admitido como os seguintes valores:

$l_e = h_{ef}$ para chumbadores de rigidez constante ao longo da seção embutida no concreto. Onde deve obedecer: $l_e \leq 8d_a$

$l_e = 2d_a$ para chumbadores de expansão controlados por torque onde existe uma camisa de expansão.

$$V_b = 9\lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (22)$$

O coeficiente de modificação para chumbadores em grupo carregados excentricamente, $\Psi_{ec,V}$, é calculado através da seguinte equação:

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2e'_V}{3c_{a1}}\right)} \quad (23)$$

Onde o valor de $\Psi_{ec,V}$ não deve ser maior que 1,0 e e'_V é a excentricidade da força aplicada, onde apenas os chumbadores que estão recebendo a força de cisalhamento devem ser levados em consideração para determinar o valor de e'_V .

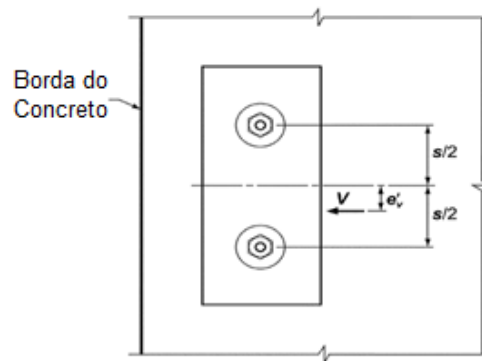


Figura 5.5 – Excentricidade do carregamento de cisalhamento

O coeficiente de modificação para os efeitos de borda $\Psi_{ed,V}$ tanto para chumbadores em grupo quanto para um único chumbador é calculado da seguinte maneira, utilizando o menor valor de c_{a2} :

$$\Psi_{ed,V} = \begin{cases} 1.0 & \text{se } c_{a2} \geq 1.5c_{a1} \\ 0.7 + 0.3 \frac{c_{a2}}{1.5c_{a1}} & \text{se } c_{a2} < 1.5c_{a1} \end{cases} \quad (24)$$

Onde c_{a1} é distância para borda mais próxima e c_{a2} é a distância para segunda borda mais próxima.

O coeficiente de modificação relacionado a fissuração, $\Psi_{c,V}$, pode ser considerado os seguintes valores:

$\Psi_{c,V} = 1,4$ para concreto não fissurado:

$\Psi_{c,V} = 1,4$ para concreto fissurado com reforço na borda com barras menores que No. 4

$\Psi_{c,V} = 1,2$ para concreto fissurado com reforço na borda com barras maiores que No. 4

O coeficiente de modificação relacionado espessura do concreto, $\Psi_{h,V}$, quando a espessura h_a da base de concreto for menor que $1,5 c_{a1}$ pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\Psi_{h,V} = \sqrt{\frac{1,5c_{a1}}{h_a}} \quad (25)$$

Onde $\Psi_{h,V}$ não pode ser menor que 1,0.

5.3 Quebra do Concreto devido ao Efeito Alavanca

A carga de quebra do concreto devido ao efeito alavanca ocasionado pela força de cisalhamento, V_{cp} para um único chumbador, e V_{cpg} para um grupo de chumbadores não deve exceder os seguintes valores:

a) Único chumbador:

$$V_{cp} = k_{cp} N_{cp} \quad (26)$$

Onde para os chumbadores químicos N_{cp} deve ser adotado o menor entre N_a obtido na Equação 9 e N_{cb} obtido na Equação 2.

b) Grupo de chumbadores:

$$V_{cpg} = k_{cp} N_{cpg} \quad (27)$$

Onde para os chumbadores químicos N_{cpg} deve ser adotado o menor entre N_{ag} obtido na equação 10 e N_{cbg} obtido na equação 3.

O valor de $k_{cp} = 1,0$ para $h_{ef} < 2,5$ pol. (63,5 mm) e $k_{cp} = 2,0$ para $h_{ef} \geq 2,5$ pol. (63,5 mm).

5.4 Combinação de esforços de tração e cisalhamento

Quando existe a presença dos esforços de tração e cisalhamento ao mesmo tempo, deve se obedecer as situações listadas abaixo.

- a) Se $V_{ua}/\phi V_n \leq 0,2$ para a maior força de cisalhamento, então a seguinte condição deve ser satisfeita: $N_{ua} \leq \phi N_n$
- b) Se $N_{ua}/\phi N_n \leq 0,2$ para a maior força de tração, então a seguinte condição deve ser satisfeita: $V_{ua} \leq \phi V_n$
- c) Se Se $V_{ua}/\phi V_n > 0,2$ para a maior força de cisalhamento, e $N_{ua}/\phi N_n > 0,2$ para a maior força de tração, então a seguinte condição deve ser satisfeita: $\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1,2$

Onde N_n e V_n são a capacidade de carga de dimensionamento que são calculadas conforme capítulos 4 e 5 respectivamente, ϕ é o fator de redução encontrado na seção 4.1 deste trabalho, e N_{ua} , e V_{ua} são as tensões de tração e cisalhamento solicitantes respectivamente.

6 EXEMPLO DE CÁLCULO

Para melhor entendimento do equacionamento exposto nos capítulos 4 e 5 um exemplo foi rodado no software Hilti Profis Anchor (Hilti, 2013), onde o resultado detalhado é mostrado neste capítulo.

O exemplo se trata da utilização de quatro chumbadores químicos para fixar uma chapa de base a um pilar de concreto. Esta chapa de base irá ancorar uma linha de vida durante o período de construção de uma fábrica de cerveja. Os valores de solicitação são de 480 kgf para tração e 320 kgf para cisalhamento. Detalhes e dimensões do desenho podem ser vistos na Figura 6.1, onde a medida é em milímetro (mm) para distância e kgf para força.

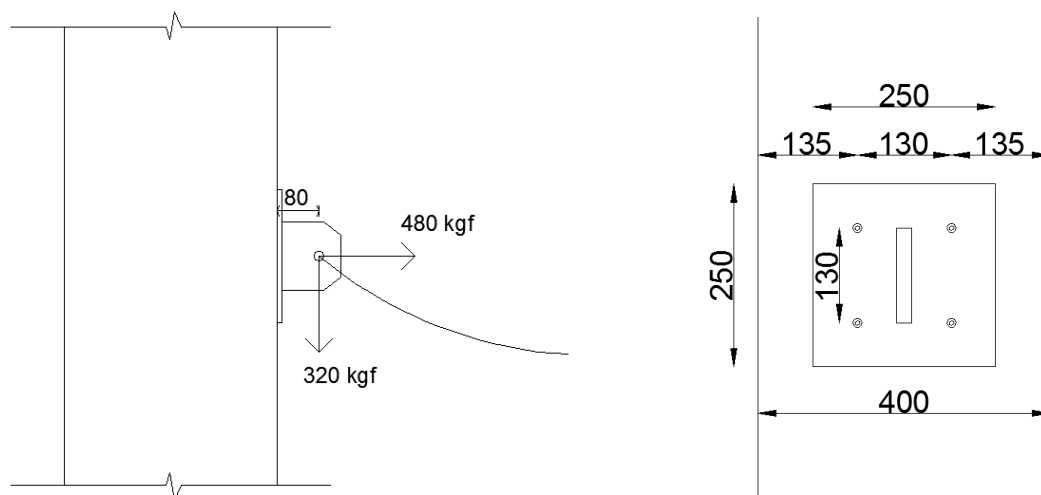


Figura 6.1 – Exemplo

Para este exemplo foi utilizado chumbador químico HIT-HY 150 MAX com HAS de 3/8". O item 6.1 explica como funciona o software, e o item 6.2 mostra os resultados obtidos.

6.1 Funcionamento do Software

O software Hilti Profis Anchor possui uma interface de fácil utilização. O idioma do programa apresentado neste exemplo se encontra em português de Portugal. A Figura 6.2 mostra a tela principal do programa. Na parte superior do programa existem várias abas para definição do problema, como: material base, chapa de fixação, configuração de ancoragens, perfis, e cargas. Nas janelas da lateral esquerda do programa é possível escolher o chumbador a ser utilizado. No centro uma figura do problema é mostrada, sendo possível a edição dos valores de

dimensão e cargas. E ao lado direito está uma coluna de resultados mostrando a porcentagem de utilização para tração, corte (cisalhamento), e a combinação de ambas as forças.

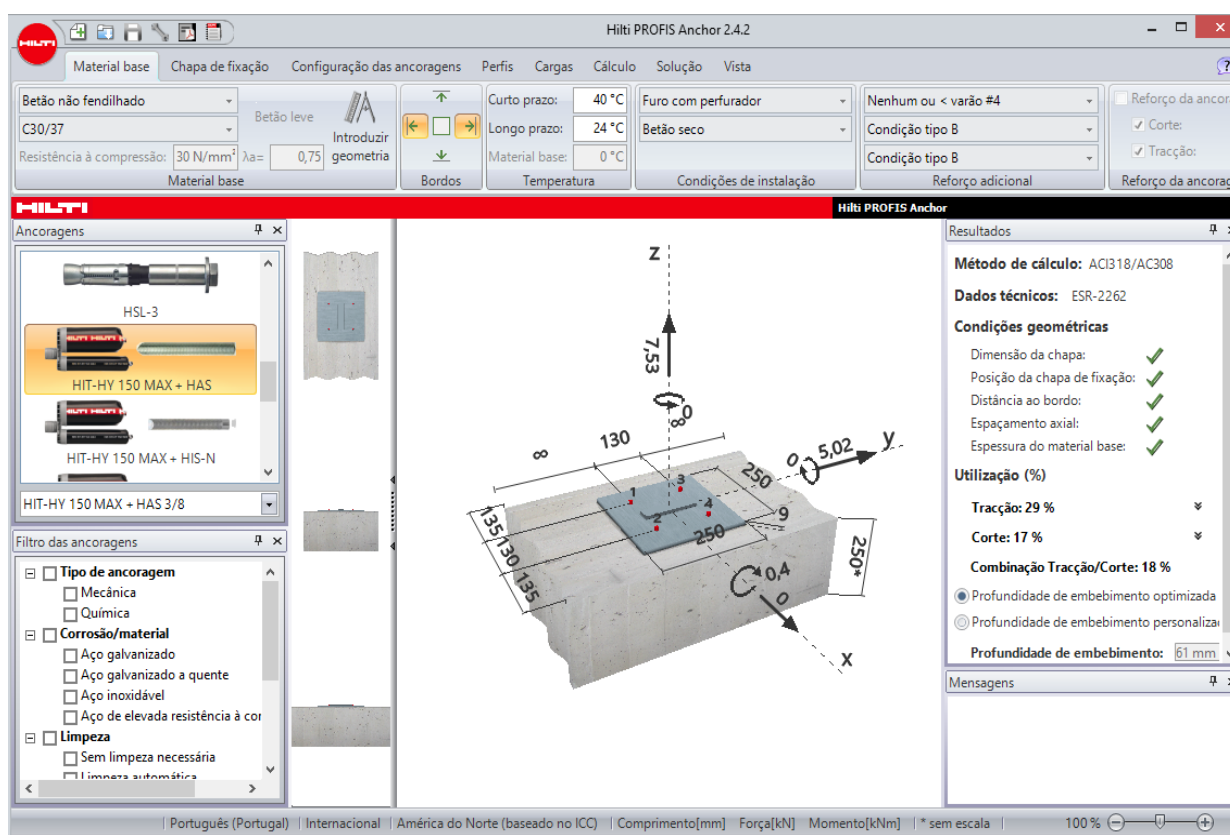


Figura 6.2 – Visão Geral Programa Hilti Profis Anchor

6.1.1 Material Base

A primeira aba a ser preenchida é a da definição do material base. Neste caso, por se tratar de um pilar, que trabalha apenas à compressão, foi utilizado concreto não fissurado de 30 MPa. Nesta aba também é definido a geometria, temperatura, condições de instalações, e a definição da existência ou não de reforço adicional. Figura 6.3 mostra os componentes da aba Material base.

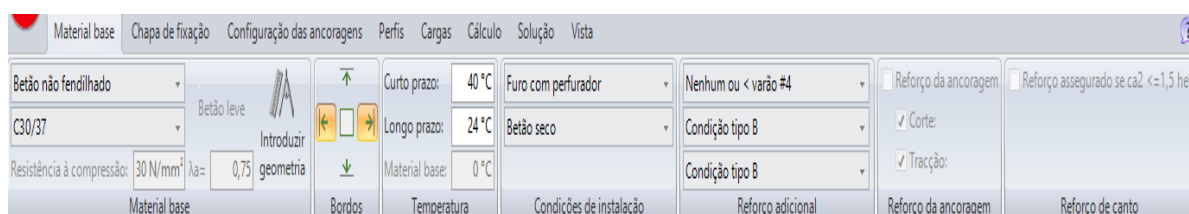


Figura 6.3 – Material Base

6.1.2 Chapa de Fixação

Na aba chapa de fixação é definido o formato da chapa, sua espessura, e seu afastamento do material base. Figura 6.4 mostra que para este exemplo foi

utilizado uma chapa de fixação quadrada com 9mm de espessura, sem afastamento para o concreto.

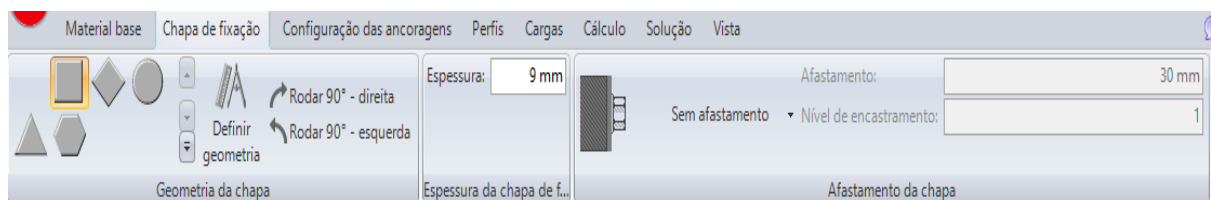


Figura 6.4 – Chapa de fixação

6.1.3 Configuração das ancoragens

A configuração das ancoragens é definida na terceira aba, onde o usuário deve definir a configuração e posicionamento dos chumbadores. Para avaliação pela norma ACI não é necessário entrar com dados de espaçamento reduzido ou de distância aos bordos, pois o programa verifica automaticamente se estão em grupo ou não, e a proximidade de borda. Figura 6.5 mostra a aba Configuração das ancoragens.

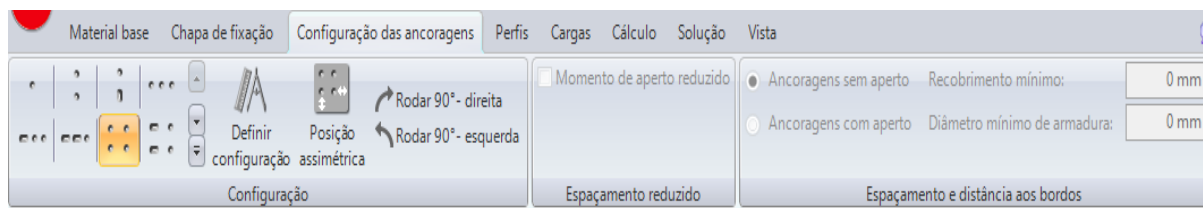


Figura 6.5 – Configuração das ancoragens

6.1.4 Perfis

A próxima aba se refere ao perfil soldado a chapa de fixação. Nesta aba é definido o perfil, sua dimensão e sua excentricidade. Figura 6.6 mostra a aba Perfis.

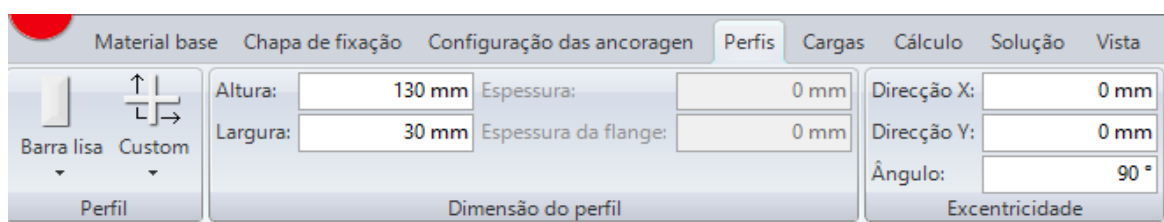


Figura 6.6 – Perfis

6.1.5 Cargas

A última aba a ser preenchida antes da obtenção dos resultados é a aba de Cargas. Além das cargas, nesta aba também é definido por qual norma o dimensionamento irá se basear, no caso, foi utilizada a norma ACI 318. O cálculo sísmico deve ser inserido caso exista. Figura 6.7 mostra a aba de Cargas.

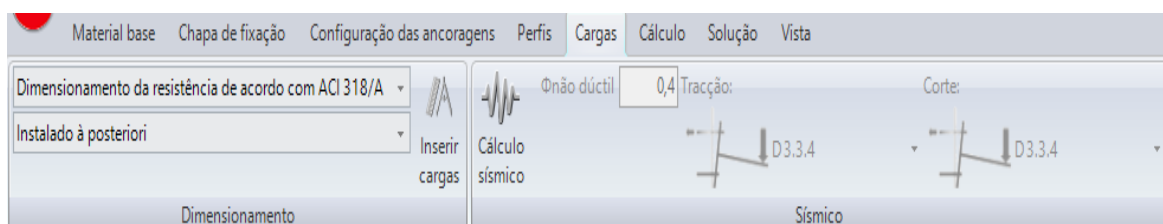


Figura 6.7 – Cargas

As cargas inseridas no programa já devem ser majoradas de acordo com a norma utilizada. De acordo com a norma ACI 318, o carregamento solicitante deve ser majorado da seguinte maneira: $1,2D + 1,6L$, onde D representa cargas mortas, e L representa cargas vivas. Como este exemplo se trata de uma linha de vida, consideramos apenas cargas vivas, logo a carga solicitante é majorada através da multiplicação da carga pelo coeficiente 1,6.

Lembrando que devido a distância de 8cm entre o pilar e o carregamento de cisalhamento existe um momento, que também deve ser inserido no programa. Figura 6.8 mostra os carregamentos inseridos no programa.

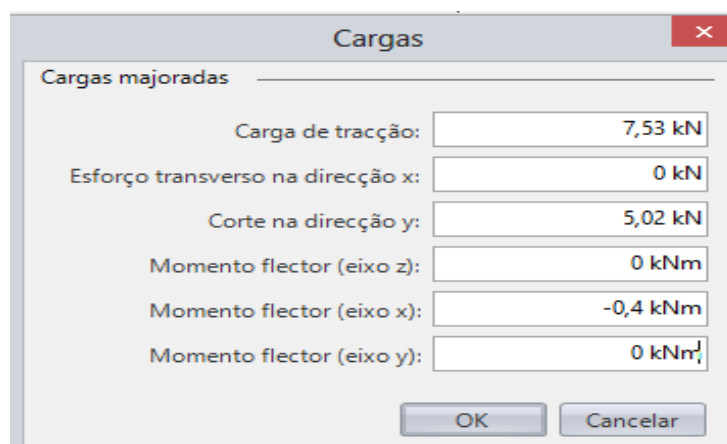


Figura 6.8 – Cargas majoradas

6.2 Resultado do Software

O resultado gerado pelo programa mostra detalhadamente todo o processo de cálculo. Na resolução do problema é possível notar a utilização de equações da norma ACI. Em azul ao lado de cada equação está o número da equação que pode ser encontrada neste trabalho. O relatório se encontra nas seguintes folhas deste trabalho.

Valores que seriam retirados dos testes ACI 355.4, como o limite de resistência à tração do aço do chumbador, e a tensão característica do adesivo, já são dados pelo próprio programa ao escolher o chumbador a ser utilizado.


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

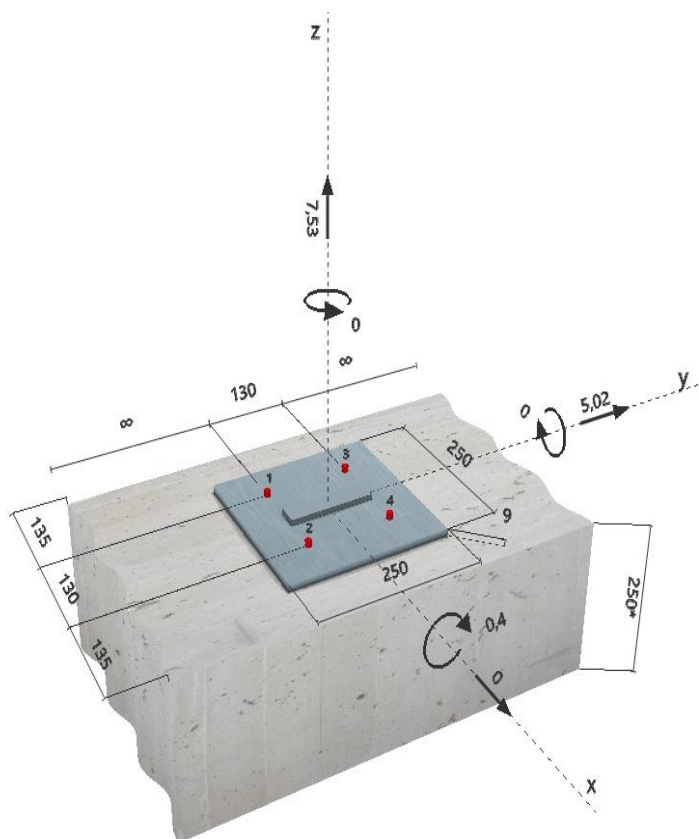
Empresa:
Projectista:
Endereço:
Telefone | Fax:
E-mail:

Página: 1
Projecto:
Sub Projecto | Pos. N.º:
Data: 27/06/2013

Comentários do projectista:
1 Dados de Cálculo

Tipo e dimensão da ancoragem:	HIT-HY 150 MAX + HAS 3/8
Prof. efectiva de ancoragem:	$h_{ef,opb} = 60 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = 191 \text{ mm}$)
Material:	ASTM F 568M Class 5.8
Homologação N.º:	ESR-2262
Publicados Válidos:	01/03/2013 01/08/2014
Verificação:	método de cálculo ACI 318 / AC308
Afastamento da chapa:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (sem afastamento da chapa); $t = 9 \text{ mm}$
Chapa de fixação:	$l_x \times l_y \times t = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$; (Espessura da chapa recomendada: não calculado)
Perfil:	Barra lisa; ($L \times W \times T$) = $130 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 0 \text{ mm}$
Material Base:	Betão não fendilhado betão , C30/37, $f_c' = 4351 \text{ psi}$; $h = 250 \text{ mm}$, Temp. curto/longo: 40/24 °C
Instalação:	Diâmetro de furo com perfurador, Condições de instalação: seco
Armadura:	Tracção: condição B, Corte: condição B; não presença de armadura adicional de reforço à fendilhação armadura de bordo: nenhuma ou < 4 varões

Cargas sísmicas (categorias C,D,E ou F) não

Geometria [mm] & Carga [kN, kNm]



Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone / Fax:

E-mail:

Página:

2

Projecto:

Sub Projecto / Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

2 Combinação de Carga/Resultantes

Combinação de Carga: Cargas de dimensionamento

Reacções nas ancoragens [kN]

Tracção: (+Tracção;-Compressão)

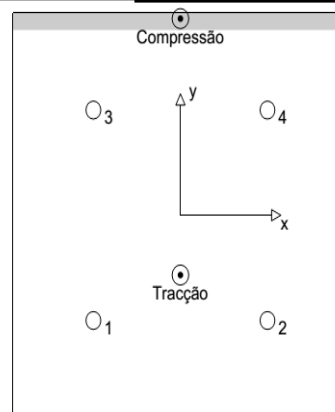
Ancoragem	Tracção	Carga de corte	Corte em x	Corte em y
1	3,254	1,255	0,000	1,255
2	3,254	1,255	0,000	1,255
3	0,896	1,255	0,000	1,255
4	0,896	1,255	0,000	1,255

Extensão máxima à compressão da alvenaria: 0,02 [‰]

Resistência máxima à compressão da alvenaria: 0,58 [N/mm²]

Tracção resultante em (x/y)=(0/-37): 8,299 [kN]

Compressão resultante em (x/y)=(0/121): 0,769 [kN]



3 Análise à Tracção

	Carga N_{ua} [kN]	Capacidade ϕN_n [kN]	Utilização $\beta_N = N_{ua}/\phi N_n$	Estado
Rotura do aço*	3,254	16,249	21	OK
Rotura por aderência**	8,299	28,618	29	OK
Rotura por cone de betão**	8,299	35,127	24	OK

* ancoragem mais solicitada ** grupo de ancoragens (ancoragens sob tracção)

3.1 Rotura do aço

 N_{sa} = ESR value

Refere-se a ICC-ES ESR-2262

 $\phi N_{steel} \geq N_{ua}$

ACI 318-08 Eq. (D-1)

Variáveis

n	$A_{se,N}$ [mm²]	f_{ua} [N/mm²]
1	50	499,87

Cálculos

(Eq. 1)
$$\frac{N_{sa}}{24,999}$$

Resultados

N_{sa} [kN]	ϕ_{steel}	ϕN_{sa} [kN]	N_{ua} [kN]
24,999	0,650	16,249	3,254


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone / Fax:

E-mail:

Página:

3

Projecto:

Sub Projecto / Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

3.2 Rotura por aderência

$$(Eq. 10) \quad N_{ag} = \left(\frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \right) \psi_{ed,Na} \psi_{g,Na} \psi_{ec,Na} \psi_{p,Na} N_{a0} \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16b)}$$

$$\phi N_{ag} \geq N_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-1)}$$

$$A_{Na} = \text{ver ICC-ES AC308, Parte D.5.3.7}$$

$$(Eq. 11) \quad A_{Na0} = s_{cr,Na}^2 \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16c)}$$

$$s_{cr,Na} = 20d \sqrt{\frac{\tau_{k,uncr}}{1450}} \leq 3 h_{ef} \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16d)}$$

$$(Eq. 12) \quad c_{cr,Na} = \frac{s_{cr,Na}}{2} \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16e)}$$

$$(Eq. 15) \quad \psi_{ed,Na} = 0,7 + 0,3 \left(\frac{c_{a,min}}{c_{cr,Na}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16m)}$$

$$\psi_{g,Na} = \psi_{g,Na0} + \left[\left(\frac{s_{avg}}{s_{cr,Na}} \right)^{0,5} \cdot (1 - \psi_{g,Na0}) \right] \geq 1,0 \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16g)}$$

$$\psi_{g,Na0} = \sqrt{n} - \left[(\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{k,c}}{\tau_{k,max,c}} \right)^{1,5} \right] \geq 1,0 \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16h)}$$

$$\tau_{k,max,c} = \frac{k_c}{\pi \cdot d} \sqrt{h_{ef} \cdot f_c} \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16i)}$$

$$(Eq. 14) \quad \psi_{ec,Na} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2e_{N1}}{s_{cr,Na}}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16j)}$$

$$(Eq. 13) \quad N_{a0} = \tau_{k,c} \cdot k_{bond} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{ICC-ES AC308 Eq. (D-16f)}$$

Variáveis

$\tau_{k,c,uncr}$ [N/mm ²]	d_{anchor} [mm]	h_{ef} [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	s_{avg} [mm]	n	$\tau_{k,c}$ [N/mm ²]
11,10	10	60	135	130	4	11,10
k_c	f_c [psi]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	c_{ac} [mm]	k_{bond}	
24	4351	0	37	96	1,00	

Cálculos

$s_{cr,Na}$ [mm]	$c_{cr,Na}$ [mm]	A_{Na} [mm ²]	A_{Na0} [mm ²]	$\psi_{ed,Na}$	$\tau_{k,max}$ [N/mm ²]
181	90	96705	32752	1,000	14,28
$\psi_{g,Na0}$	$\psi_{g,Na}$	$\psi_{ec1,Na}$	$\psi_{ec2,Na}$	$\psi_{p,Na}$	N_{a0} [kN]
1,315	1,048	1,000	0,710	1,000	20,038

Resultados

N_{ag} [kN]	ϕ_{bond}	ϕN_{ag} [kN]	N_{ua} [kN]
44,028	0,650	28,618	8,299


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone | Fax:

E-mail:

Página:

4

Projecto:

Sub Projecto | Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

3.3 Rotura por cone de betão

$$(Eq. 3) \quad N_{cbg} = \left(\frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \right) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-5)}$$

$$\phi N_{cbg} \geq N_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-1)}$$

$$(Eq. 4) \quad A_{Nc0} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-6)}$$

$$(Eq. 6) \quad \psi_{ec,N} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 e_{N1}}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-9)}$$

$$(Eq. 7) \quad \psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \left(\frac{c_{a,min}}{1,5 h_{ef}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-11)}$$

$$(Eq. 8) \quad \psi_{cp,N} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1,5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-13)}$$

$$(Eq. 5) \quad N_b = k_c \lambda \sqrt{f_c} h_{ef}^{1,5} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-7)}$$

Variáveis

h_{ef} [mm]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	$\psi_{c,N}$
60	0	37	135	1,000
c_{ac} [mm]	k_c	λ	f_c [psi]	
96	24	1	4351	

Cálculos

A_{Nc} [mm ²]	A_{Nc0} [mm ²]	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{cp,N}$	N_b [kN]
96705	32752	1,000	0,710	1,000	1,000	25,775

Resultados

N_{cbg} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕN_{cbg} [kN]	N_{ua} [kN]
54,041	0,650	35,127	8,299



www.hilti.com

Profis Anchor 2.4.1

Empresa:
Projectista:
Endereço:
Telefone | Fax: |
E-mail:

Página: 5
Projecto:
Sub Projecto | Pos. N.º:
Data: 27/06/2013

4 Análise ao Corte

	Carga V_{ua} [kN]	Capacidade ϕV_n [kN]	Utilização $\beta_v = V_{ua}/\phi V_n$	Estado
Rotura do aço*	1,255	7,500	17	OK
Cedência do aço (com braço de binário)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura por efeito de alavanca (aderência)**	5,020	43,402	12	OK
Rotura do bordo de betão na direcção x+**	5,020	57,721	9	OK

* ancoragem mais solicitada ** grupo de ancoragens (ancoragens relevantes)

4.1 Rotura do aço

V_{sa} = ESR value Refere-se a ICC-ES ESR-2262
 $\phi V_{steel} \geq V_{ua}$ ACI 318-08 Eq. (D-2)

Variáveis

n	$A_{se,V}$ [mm ²]	f_{uta} [N/mm ²]
1	50	499,87

Cálculos

(Eq. 17)
$$\frac{V_{sa}}{12,499}$$

Resultados

V_{sa} [kN]	ϕ_{steel}	ϕV_{sa} [kN]	V_{ua} [kN]
12,499	0,600	7,500	1,255



www.hilti.com

Profis Anchor 2.4.1

Empresa:
Projectista:
Endereço:
Telefone | Fax:
E-mail:

Página: 6
Projecto:
Sub Projecto | Pos. N.º:
Data: 27/06/2013

4.2 Rotura por efeito de alavanca (aderência)

(Eq. 27) $V_{cp} = k_{cp} \left[\left(\frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \right) \psi_{ed,Na} \psi_{g,Na} \psi_{ec,Na} \psi_{p,Na} N_{a0} \right]$ ACI 318-08 Eq. (D-31)

$\phi V_{cp} \geq V_{ua}$ ACI 318-08 Eq. (D-1)
ver ICC-ES AC308, Parte D.5.3.7

(Eq. 11) $A_{Na0} = s_{cr,Na}^2$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16c)

$s_{cr,Na} = 20 d \sqrt{\frac{\tau_{k,uncr}}{1450}} \leq 3 h_{ef}$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16d)

(Eq. 12) $c_{cr,Na} = \frac{s_{cr,Na}}{2}$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16e)

(Eq. 15) $\psi_{ed,Na} = 0,7 + 0,3 \left(\frac{c_{a,min}}{c_{cr,Na}} \right) \leq 1,0$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16m)

$\psi_{g,Na} = \psi_{g,Na0} + \left[\left(\frac{s_{avg}}{s_{cr,Na}} \right)^{0,5} \cdot (1 - \psi_{g,Na0}) \right] \geq 1,0$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16g)

$\psi_{g,Na0} = \sqrt{n} - \left[(\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{k,c}}{\tau_{k,max,c}} \right)^{1,5} \right] \geq 1,0$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16h)

$\tau_{k,max,c} = \frac{k_c}{\pi \cdot d} \sqrt{h_{ef} \cdot f_c}$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16i)

(Eq. 14) $\psi_{ec,Na} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{c,N}}{s_{cr,Na}}} \right) \leq 1,0$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16j)

(Eq. 16) $\psi_{p,Na} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{c_{cr,Na}}{c_{ac}} \right) \leq 1,0$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16p)

(Eq. 13) $N_{a0} = \tau_{k,c} \cdot k_{bond} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$ ICC-ES AC308 Eq. (D-16f)

Variáveis

k_{cp}	$\tau_{k,c,uncr}$ [N/mm ²]	$\tau_{k,c}$ [N/mm ²]	d_{anchor} [mm]	h_{ef} [mm]	s_{avg} [mm]	n
1,000	11,10	11,10	10	60	130	4
k_c	f_c [psi]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	c_{ac} [mm]	k_{bond}
24	4351	0	0	135	96	1,00

Cálculos

$s_{cr,Na}$ [mm]	$c_{cr,Na}$ [mm]	A_{Na} [mm ²]	A_{Na0} [mm ²]	$\psi_{ed,N}$	$\tau_{k,max}$ [N/mm ²]
181	90	96705	32752	1,000	14,28
$\psi_{g,Na0}$	$\psi_{g,Na}$	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{p,Na}$	N_{a0} [kN]
1,315	1,048	1,000	1,000	1,000	20,038

Resultados

V_{cp} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕV_{cp} [kN]	V_{ua} [kN]
62,003	0,700	43,402	5,020


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone | Fax:

E-mail:

Página:

7

Projecto:

Sub Projecto | Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

4.3 Rotura do bordo de betão na direcção x+

$$(Eq. 19) \quad V_{cbg} = \left(\frac{A_{Vc}}{A_{Vc0}} \right) \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} \psi_{parallel,V} V_b \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-22)}$$

$$\phi V_{cbg} \geq V_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-2)}$$

 A_{Vc} ver ACI 318-08, Parte D.6.2.1, Fig. RD.6.2.1(b)

$$(Eq. 20) \quad A_{Vc0} = 4,5 c_{a1}^2 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-23)}$$

$$(Eq. 23) \quad \psi_{ec,V} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2e_v}{3c_{a1}}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-26)}$$

$$(Eq. 24) \quad \psi_{ed,V} = 0,7 + 0,3 \left(\frac{c_{a2}}{1,5c_{a1}} \right) \leq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-28)}$$

$$(Eq. 25) \quad \psi_{h,V} = \sqrt{\frac{1,5c_{a1}}{h_a}} \geq 1,0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-29)}$$

$$(Eq. 21) \quad V_b = \left(7 \left(\frac{l_e}{d_a} \right)^{0,2} \sqrt{d_a} \right) \lambda \sqrt{f_c} c_{a1}^{1,5} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-24)}$$

Variáveis

c_{a1} [mm]	c_{a2} [mm]	e_{cV} [mm]	$\psi_{c,V}$	h_a [mm]
135	-	0	1,400	250
l_e [mm]	λ	d_a [mm]	f_c [psi]	$\psi_{parallel,V}$
60	1	10	4351	2,000

Cálculos

A_{Vc} [mm ²]	A_{Vc0} [mm ²]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{ed,V}$	$\psi_{h,V}$	V_b [kN]
108338	82013	1,000	1,000	1,000	22,293

Resultados

V_{cbg} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕV_{cbg} [kN]	V_{ua} [kN]
82,458	0,700	57,721	5,020

5 Combinação de Cargas de Tracção e Corte

β_N	β_V	ζ	Utilização $\beta_{N,V}$ [%]	Estado
0,290	0,167	5/3	18	OK

$$\beta_{NV} = \beta_N + \beta_V \leq 1$$

6 Avisos

- Assume-se que a chapa é suficientemente rígida e indeformável de modo a não se deformar quando sujeita às acções previstas!
- A condição A é aplicável quando as superfícies de rotura potenciais são atravessadas por armadura de reforço adicional que ligue o potencial prisma de rotura do betão ao elemento estrutural. A condição B é aplicável quando tal reforço não é providenciado, ou quando a rotura por arranque (pullout) ou alavanca (pryout) são condicionantes.
- O comportamento das ancoragens químicas é influenciado pelo método de limpeza. Efectuar referência às INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO nos relatórios de avaliação de serviço relativas às instruções de limpeza e instalação.
- A versão actual do software não tem em consideração requerimentos específicos para aplicações ao tecto. Consultar homologação relativa (ex. secção 4.1.1 do ICC-ESR 2322) para mais detalhes.
- A verificação da transferência de cargas para o material base e a resistência ao corte devem ser verificadas de acordo com o ACI318!

O cálculo da fixação cumpre o regulamento em vigor!


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone / Fax:

E-mail:

Página:

8

Projecto:

Sub Projecto / Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

7 Pormenores da Instalação

Chapa de fixação, aço: -

Perfil: Barra lisa; 130 x 30 x 0 mm

 Diâmetro do furo na chapa: $d_f = 11$ mm

Espessura da chapa (introduzir): 9 mm

Espessura da chapa recomendada: não calculado

Limpeza: É necessária uma limpeza cuidada do furo (Limpeza Premium)

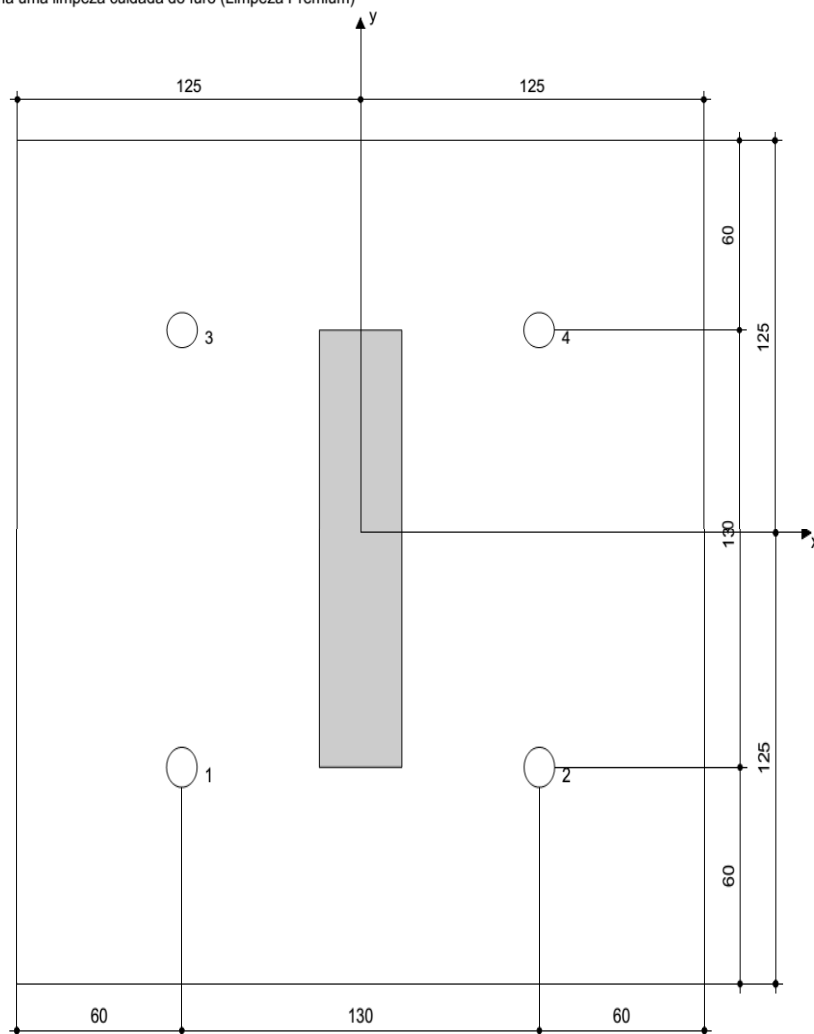
Tipo e dimensão da ancoragem: HIT-HY 150 MAX + HAS, 3/8

Torque de aperto: 0,020 kNm

Diâmetro do furo no material base: 11 mm

Profundidade do furo: 60 mm

Espessura mínima do material base: 92 mm


Coordenadas das ancoragens mm

Ancoragem	x	y	c_{-x}	c_{+x}	c_{-y}	c_{+y}
1	-65	-65	135	265	-	-
2	65	-65	265	135	-	-
3	-65	65	135	265	-	-
4	65	65	265	135	-	-

A introdução de dados e resultados deve ser verificada de modo a corresponder às condições existentes e assegurar a sua plausibilidade!
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti é uma marca registrada da Hilti AG, Schaan


Profis Anchor 2.4.1
www.hilti.com

Empresa:

Projectista:

Endereço:

Telefone | Fax:

E-mail:

Página:

9

Projecto:

Sub Projecto | Pos. N.º:

Data:

27/06/2013

8 Observações; Cooperação

- Todas as informações e todos os dados contidos no Programa só dizem respeito à utilização dos produtos da Hilti e baseiam-se em princípios, fórmulas e regulamentações de segurança em conformidade com avisos técnicos da Hilti e instruções de funcionamento, montagem, ligação, etc., que o utilizador deve seguir à risca. Todos os números aí apresentados são médias; em consequência, testes de utilização específicos devem ser conduzidos antes da utilização do produto da Hilti aplicável. Os resultados dos cálculos executados por intermédio do Programa assentam essencialmente nos dados que aí inseriu. Em consequência, é o único responsável pela ausência de erros, exaustividade e pertinência dos dados inseridos ao seu cuidado. Além disso, é o único responsável pela verificação dos resultados do cálculo e da sua validação por um perito, particularmente no que diz respeito ao cumprimento de normas e permissões aplicáveis antes da sua utilização para o seu sítio em particular. O programa só serve para ajudar a interpretar as normas e as permissões sem nenhuma garantia respeitante à ausência de erros, à exactidão e à pertinência dos resultados ou a sua adaptação a uma aplicação específica.
- Deverá tomar todas as medidas necessárias e razoáveis para impedir ou limitar os danos causados pelo Programa. Mais particularmente, deverá adoptar disposições próprias para efectuar regularmente cópias de segurança dos programas e dos dados e, se aplicável, executar as actualizações regularmente fornecidas pela Hilti. Se não utilizar a funcionalidade AutoUpdate do Programa, deve certificar-se de que utiliza em cada caso a versão actual e actualizada do Programa, executando as actualizações manualmente através do Sítio Web da Hilti. A Hilti não assumirá qualquer responsabilidade por nenhuma consequência, como por exemplo, a necessidade de recuperar requisitos ou programas perdidos ou danificados, que derivem de uma falta culpável da sua parte quanto às suas obrigações.

7 CONCLUSÃO

Ancoragem ao concreto, através da utilização de chumbadores, é de fato uma tendência atual na indústria da construção civil. Com o uso de chumbadores de pós concretagem é possível reduzir o tempo e custo da obra, pois não é necessário gastar tempo locando os chumbadores de pré-concretagem. Foram apresentados diversos tipos de chumbadores e mostrado a importância das etapas de instalação. O não correto cumprimento de algumas das etapas de instalação, conforme especificação do fabricante, pode ocasionar perda da capacidade de carga ou até mesmo falha do chumbador.

Ao escolher o chumbador a ser utilizado em uma obra, deve-se analisar o tipo do material base, a carga de projeto, a presença ou não de vibração, resistência à corrosão, e a resistência à temperatura. Para atingir a capacidade de carga desejada deve ser levada em conta a profundidade de embutimento, distância a borda, distância entre chumbadores, resistência a compressão do concreto, tipo de carregamento e cuidados na instalação.

O chumbador químico tem se mostrado uma das melhores opções entre os chumbadores de pós concretagem. Como sua transferência de carga é feita através da aderência, o espaçamento entre chumbadores e entre bordas pode ser menor do que os utilizados em chumbadores expansivos. O chumbador químico possui alta capacidade de carga, onde as cargas são distribuídas ao longo de todo o comprimento do embutimento, desenvolvendo uma máxima resistência à tração, e a não existência de forças de expansão, o que diminui a concentração de tensão, reduzindo a possibilidade da ocorrência de fissuras.

Por fim, o trabalho mostrou a dependência de normatização e certificações estrangeiras, devido à carência no país. O usual é a utilização de softwares de dimensionamento ou consulta com as fabricantes de chumbadores, onde é muito importante exigir testes de capacidade de carga, antes de se especificar o tipo de chumbador a ser utilizado.

8 BIBLIOGRAFIA

ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. ACI 318-11:Appendix D - Anchoring to Concrete, American Concrete Institute. Farmington Hills, MI, 2011.

Ancora. Sistemas de Fixação. Disponível em <<http://www.ancora.com.br/catalogo/pdf/catalogo.pdf>>. Acesso em 20/06/2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15049. Chumbadores de adesão química instalados em elementos de concreto ou de alvenaria estrutural – determinação do desempenho. São Paulo 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 14918. Chumbadores mecânicos pós-instalados em concreto – Avaliação do desempenho. Dezembro 2002.

ASTM C567. Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete. American Society for Testing and Materials, 2011.

Castanheira M.C., Ancoragens. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pela Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2006.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT Norma 082 ES. *Furos no concreto para ancoragens de armaduras - Especificação de Serviços*. Rio de Janeiro 2006.

Eligehausen, R., Cook, R., and Appl, J.; "Behavior and Design of Adhesive Bonded Anchors," ACI Structural Journal Vol. 103, No. 6, págs. 822-831, Dezembro 2006.

Eligehausen, R., Fuchs, W., Breen, J.; Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete. ACI Structural Journal, Vol. 92, No. 1, págs. 73-94, 1995.
Fisher. Sistemas de Fixação. Disponível em <<http://www.fischerbrasil.com.br/desktopdefault.aspx/tabid-1764/>>. Acesso em 12/05/2013.

Hard. Wedge-Bolt Chumbador Mecânico Tipo Parafusa. Disponível em <<http://www.hard.com.br/wp-content/uploads/2013/01/catalog-completo.pdf>>. Acesso 10/07/2013.

Hilti. Sistemas de Ancoragem. Disponível em <http://www.hilti.com.br/holbr/page/module/product/prca_catnavigation.jsf?lang=pt&nodeId=-433627>. Acesso em 16/05/2013.

Martins Jr., J. N., Resistência à Tração de um Sistema de Ancoragem Embutido no Concreto Sujeito a Carga de Impacto. Dissertação de Mestrado da Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Janeiro, 2006.

NTSB. *Ceiling Collaps in the Interstate 90 Connector Tunnel Boston, Massachusetts July 10, 2006*. National Transportation Safety Board. Washington D.C. Julho 2007.

O ESTADO, Fixação de chumbadores metálicos causou desabamento da marquise, Disponível <<http://www.oestadoce.com.br/noticia/fixacao-de-chumbadores-metalicos-causou-desabamento-da-marquise>> Fevereiro 2013, Acesso em 02/07/2013.

Pattex. Chemical Anchor Technical Handbook. Henkel. Julho, 2008.

Silva, L. F., Gomes, R.B., Pinos de Ancoragens sob cargas de Tração. UFG, 2010.

Walsywa. Walsywa Fixação para Construção Civil - Catálogo Técnico de Fixação Mecânica, 2013.

WJE. *17th Street Bridge Canopy Failure Investigation*. Atlanta Georgia. Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc. Duluth, Georgia. Janeiro 2012.

Wollmershauser R. E., Types of Anchors for Anchoring to Concrete. Tulsa, Oklahoma, 2004.