

3 Estudo experimental

Neste capítulo são apresentadas as características das placas de ancoragem e dos blocos de concreto utilizados como material base, a instrumentação, os sistemas de aplicação do carregamento e as demais etapas necessárias para a realização dos ensaios.

3.1. Confecção dos blocos

3.1.1. Características dos blocos

Para a realização de todos os ensaios foram confeccionados quatro tipos de blocos com características geométricas distintas, perfazendo um total de treze blocos, como especificado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Nomenclatura dos blocos de suporte das placas de ancoragem.

Bloco	Designação	Finalidade	Total
Tipo 1	B1-x	Ensaio de placas de pinos únicos, isolada e de canto	1
Tipo 2	B2-x	Ensaio de placas de bordo de pinos únicos	2
Tipo 3	B3-y	Ensaio de placas com quatro pinos	4
Tipo 4	B4-y-z	Ensaio de duas placas com quatro pinos	6
Total			13

Onde **x** é um número de identificação da placa de ancoragem de pino único **y** e **z** são os números de identificação da placa de ancoragem de quatro pinos.

Bloco Tipo 1: O bloco B1 foi projetado para a realização de ensaios de placas com pino único. A localização de cada placa de ancoragem para este tipo de bloco é mostrada na Figura 3.1. No bloco B1 foram chumbadas nove placas de ancoragem, sendo três de canto com armadura de suspensão (Figura 3.1, placas 1 a 3), três de canto sem armadura de suspensão (Figura 3.1, placas 4 a 6) e três isoladas sem esta armadura (Figura 3.1, placas 7 a 9).

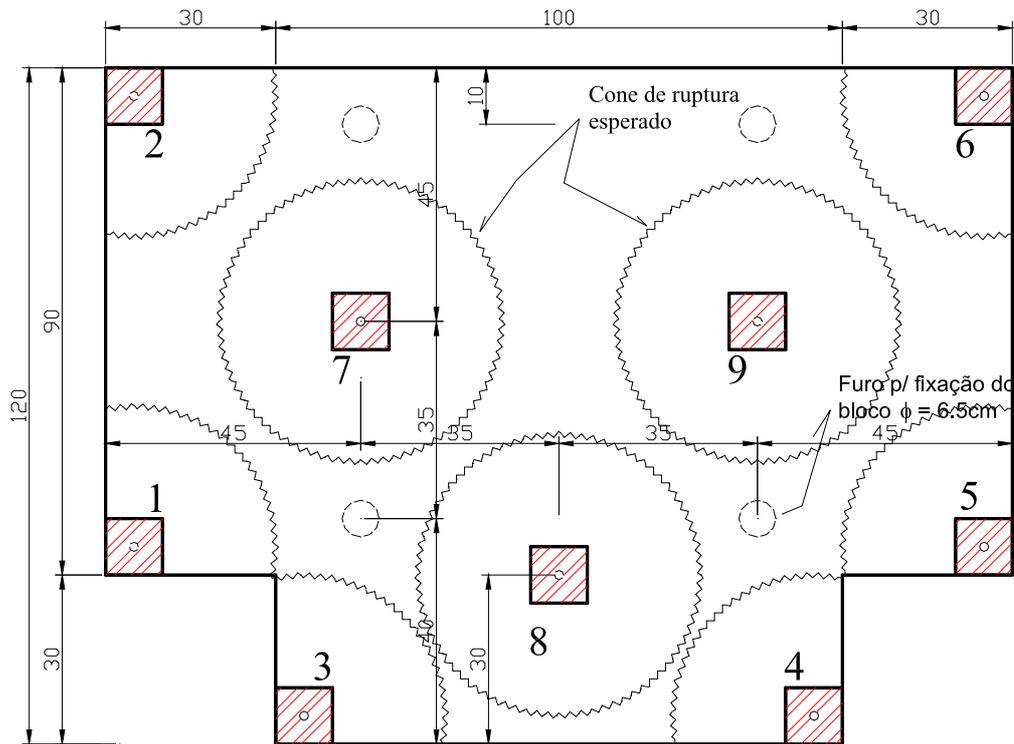


Figura 3.1 - Distribuição das placas de ancoragem para o bloco B1. (Medidas em cm - altura do bloco = 30 cm).

Bloco Tipo 2: Este tipo de bloco foi projetado para a realização de ensaios de pinos únicos com influência de proximidade de um bordo, e ainda a verificação da influência da utilização ou não de uma armadura de suspensão. A localização de cada placa de ancoragem é mostrada na Figura 3.2. Foram construídos dois blocos deste tipo com capacidade para realização de quatro ensaios cada, mas como o objetivo era realizar três ensaios com armadura de suspensão e três sem esta armadura, um bloco ficou com quatro placas (Figura 3.2 (a)) e o outro com duas (Figura 3.2 (b)). As armaduras de suspensão foram colocadas nas placas 10, 11 e 12.

Bloco Tipo 3: Este tipo de bloco foi projetado para realização de ensaios de uma placa com quatro pinos, a fim de se verificar o comportamento de grupo de chumbadores. Foi observada, ainda, a utilização de uma armadura de suspensão trabalhando em conjunto com o grupo de chumbadores. A localização da placa de ancoragem para este tipo de bloco é mostrada na Figura 3.3. Foram construídos quatro blocos deste tipo com capacidade para realização de um ensaio cada, sendo utilizado a armadura de suspensão em um deles.

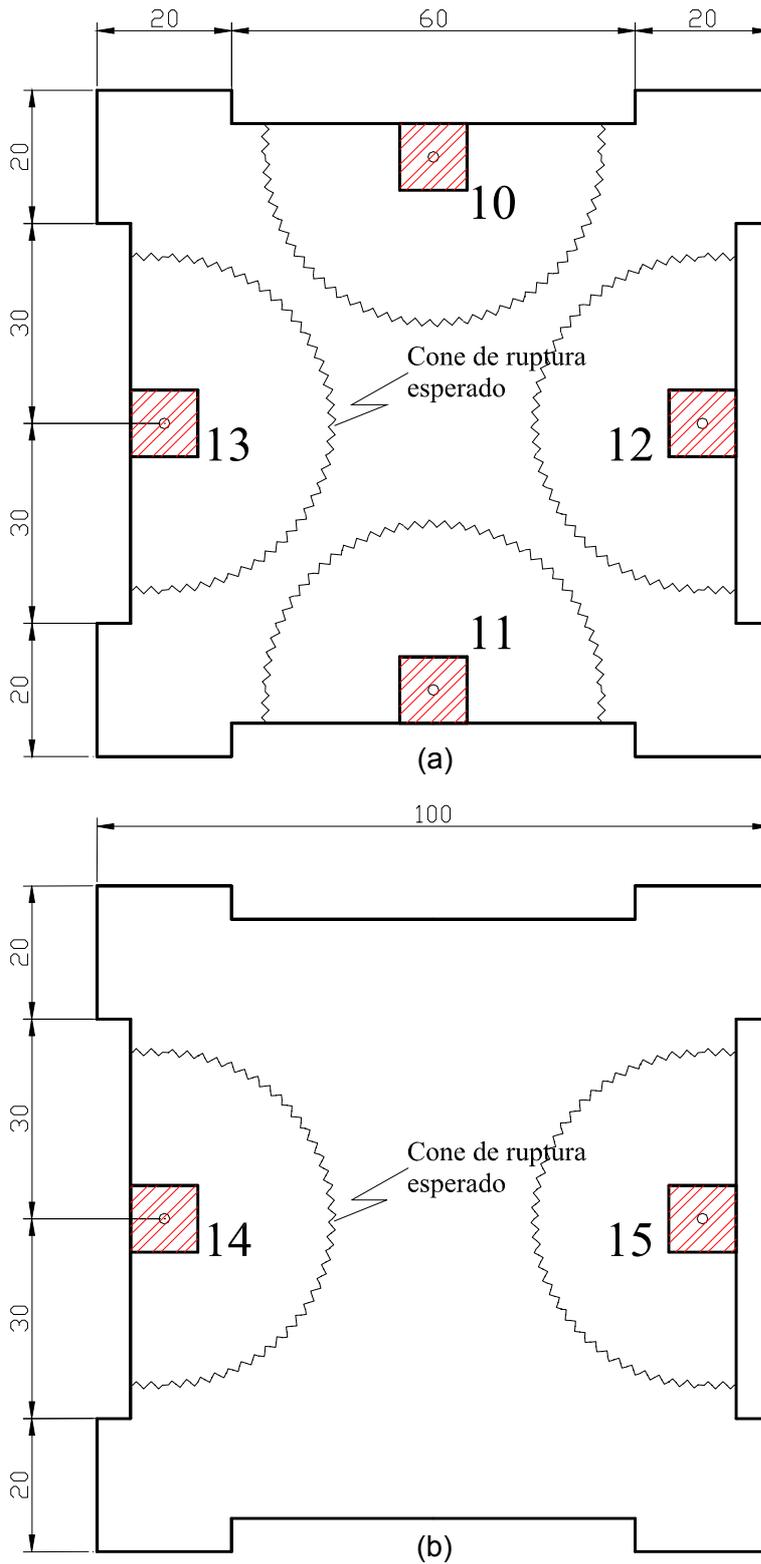


Figura 3.2 - Distribuição das placas de ancoragem para o bloco B2. (Medidas em cm - altura do bloco = 30 cm).

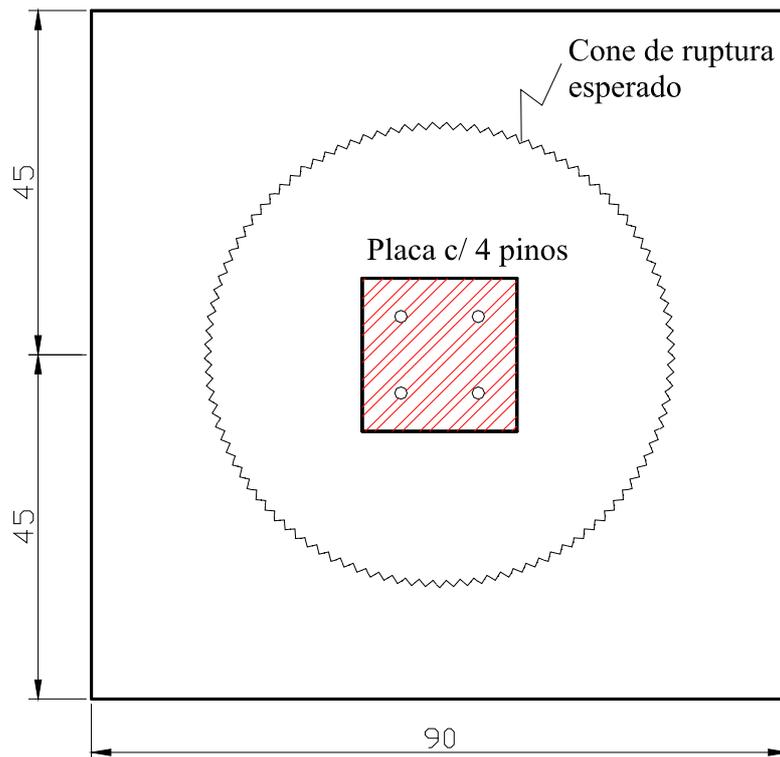


Figura 3.3 - Localização da placa de ancoragem para o bloco B3. (Medidas em cm - altura do bloco = 40 cm).

Bloco Tipo 4: Este tipo de bloco foi projetado para realização de ensaios de duas placas com quatro pinos, com a finalidade de investigar a influência da distância entre grupos de chumbadores. Foram testadas distâncias de 325 mm e 200 mm. A localização de cada placa de ancoragem para este tipo de bloco é mostrada na Figura 3.4.

Considerando que o ângulo formado pelo cone de ruptura comumente observado é de aproximadamente 28° (Farrow, Frigui & Klinger), ou seja, os chumbadores não serão afetados por um bordo a menos que eles sejam colocados a uma distância menor que $h_{ef}/(\tan 28^\circ)$. Baseando-se também nas considerações feitas nos itens 2.7.1 e 2.7.2, definiu-se a geometria dos blocos, para que pinos isolados não sofressem nenhuma influência de proximidade de bordo, com também por outros pinos que já tivessem sido ensaiados no mesmo bloco.

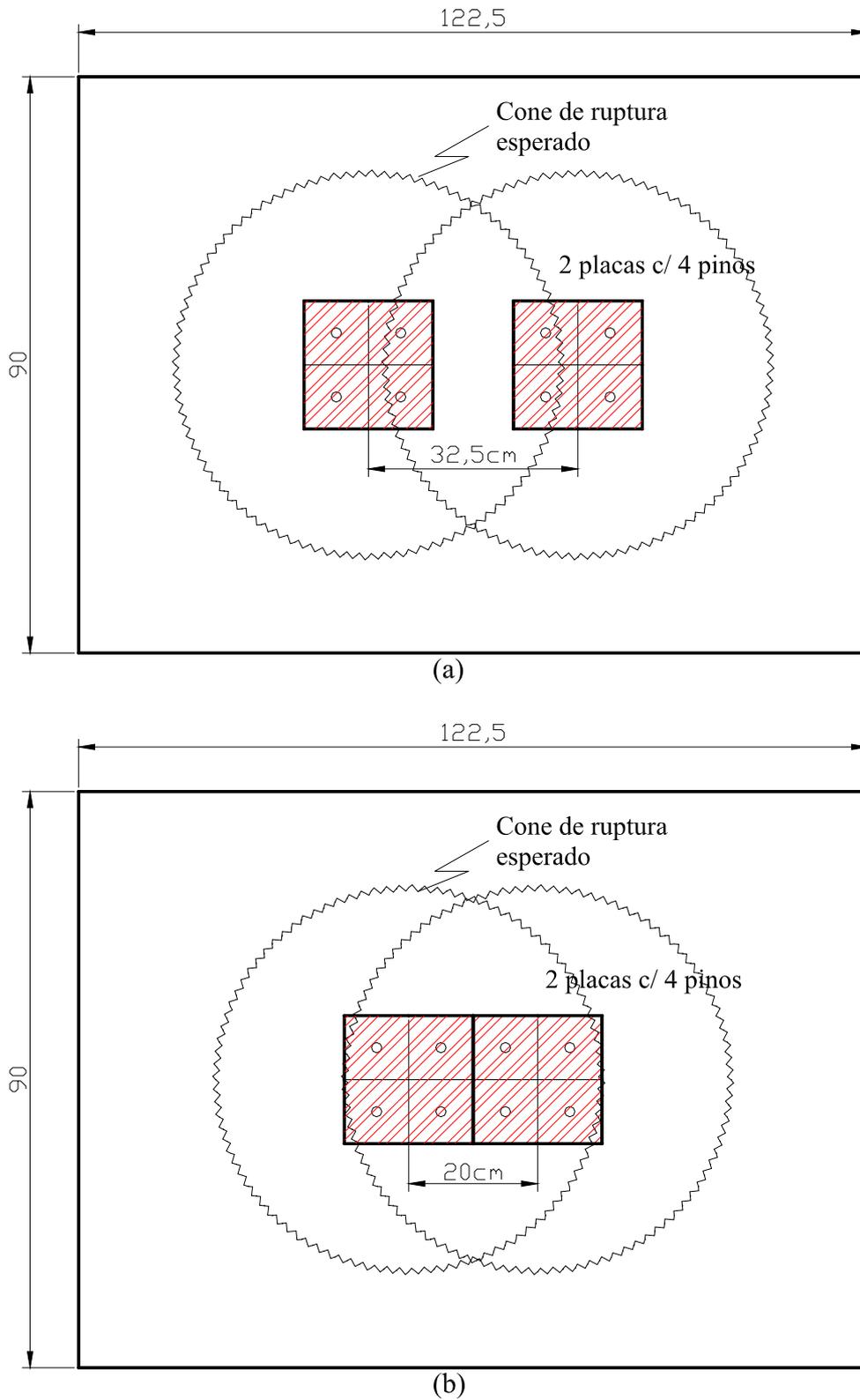


Figura 3.4 - Distribuição das placas de ancoragem para o bloco B4: (a) placas instaladas com 32,5cm de eixo a eixo e (b) placas instaladas com 20cm de eixo a eixo. (Medidas em cm - altura do bloco = 40 cm).

3.1.2. Fôrmas

Na montagem das fôrmas utilizaram-se chapas de compensado com espessura de 1,5 cm enrijecidas com sarrafos de madeira, conforme mostra a Figura 3.5.

Para evitar que as fôrmas ficassem deformadas durante o processo de concretagem, foram introduzidas barras parafusadas nas fôrmas, em pontos estratégicos, para garantir uma rigidez capaz de suportar o peso do concreto durante o processo de vibração. A Figura 3.5 mostra o detalhe destas barras para uma fôrma do bloco B4.

Na realização do reforço das fôrmas com as barras parafusadas, executou-se um arranjo de modo a otimizar a utilização do espaço do laboratório, como também a utilização de modo mais eficaz das barras de reforço. Fazendo a distribuição das fôrmas de maneira que as faces ficassem juntas umas das outras, e assim diminuir a quantidade de barras parafusadas, mantendo a mesma eficiência. A Figura 3.6 mostra o layout das fôrmas e a distribuição das barras de reforço.



Figura 3.5 - Detalhe da fôrma de um bloco B4, mostrando as barras de reforço.

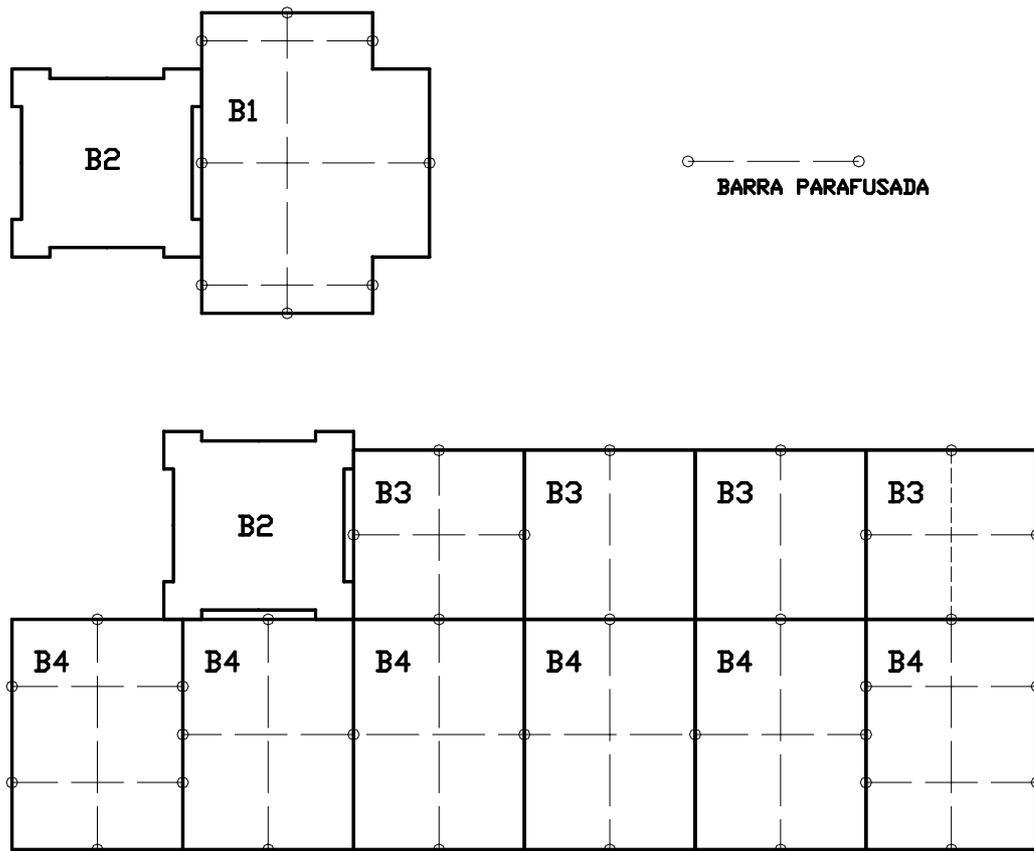


Figura 3.6 - Layout dos blocos com as barras parafusadas.

3.1.3. Armadura construtiva

A armadura construtiva foi projetada para suportar o momento fletor produzido pelo carregamento aplicado durante o ensaio, e minimizar as deformações causadas pela flexão do bloco. Esta armadura foi distribuída nos blocos de modo que a localização dos pinos e dos cones de ruptura não fossem afetada por ela. Esta observação é necessária, uma vez que o objetivo da pesquisa é verificar a carga de ruptura da placa de ancoragem trabalhando numa zona de concreto não armado, com exceção dos casos em que uma armadura que trabalha em conjunto com o chumbador (denominada armadura de suspensão) for o objeto do ensaio. As armaduras de suspensão serão comentadas na próxima Seção.

A título de ilustração, a Figura 3.7 mostra o detalhamento das armaduras construtivas para o bloco B3.

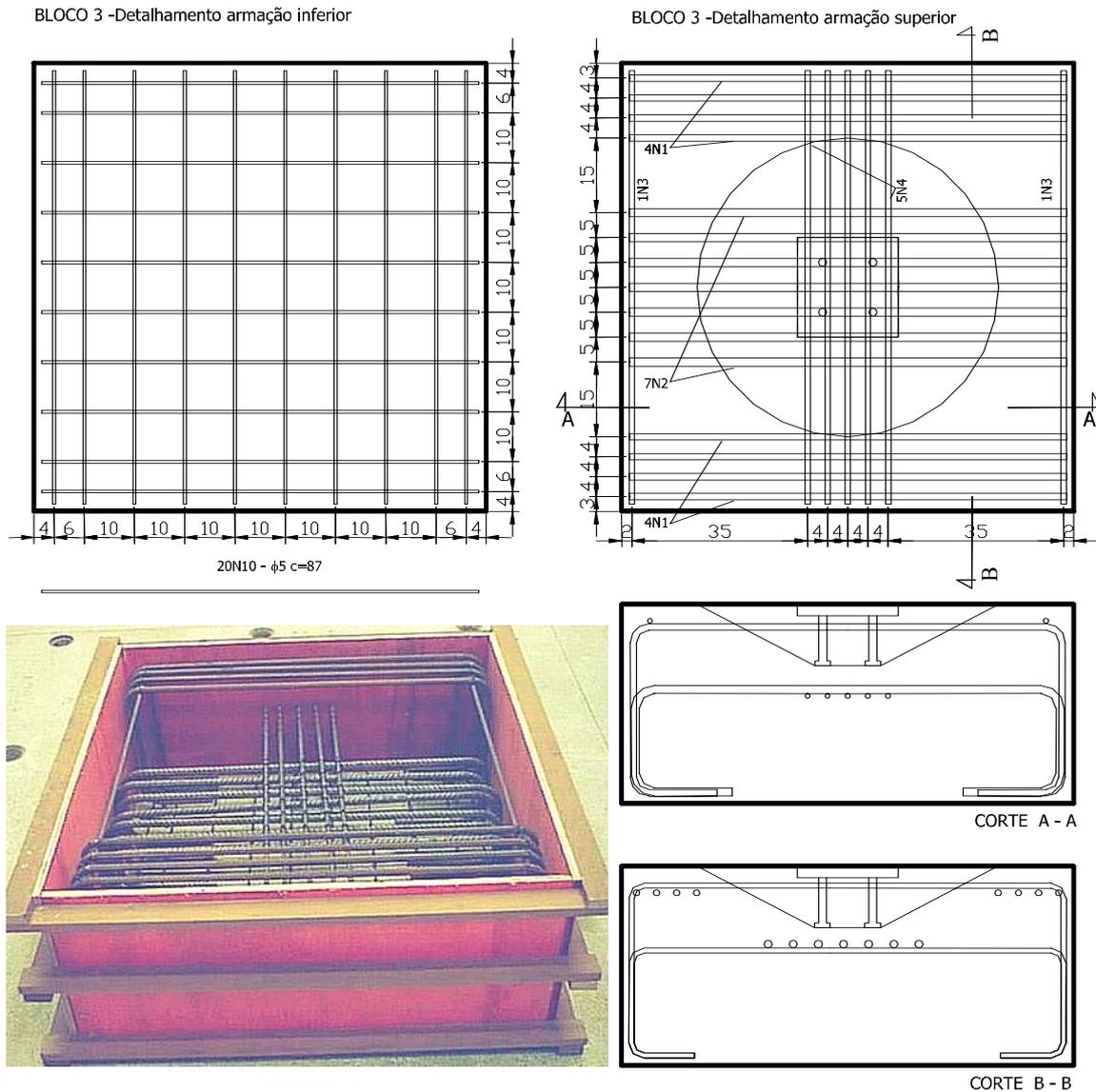


Figura 3.7 - Detalhamento da armadura construtiva para o bloco B3, sem a utilização de armadura de suspensão.

3.1.4. Armadura de suspensão

Foi analisada a eficiência de uma armadura de suspensão empregada nos seguintes casos:

- Placa de pino único com eixo localizado a uma distância de 50 mm de um bordo do bloco (placa de bordo).
- Placa de pino único localizado a uma distância de 50 mm de duas extremidades livres (placa de canto).
- Placa com grupo de quatro pinos trabalhando sem efeito de bordo.

Para o caso de placa de pino único localizada no bordo do bloco foram realizados três ensaios com esta armadura de suspensão, dos seis ensaios executados nestas condições. Para placas de canto foram realizados dois ensaios com armadura de suspensão dos três inicialmente previstos. Este fato ocorreu devido ao surgimento de uma ruptura atípica que aconteceu no ensaio de uma placa situada na vizinhança de um destes pinos de canto, provocando a perda de um certo volume de concreto nas proximidades de um deles e certamente influenciaria o resultado da carga de ruptura, por isso optou-se por ensaiar apenas os dois que permaneceram em condições normais.

Na montagem das armaduras de suspensão empregadas em placas de canto e em placas de bordo foram utilizadas barras de 12,5 mm de diâmetro posicionadas paralelamente ao eixo dos pinos, para transferir a força além do cone de ruptura. A Figura 3.8 mostra o detalhe da armadura de suspensão e o seu posicionamento na fôrma.

As armaduras de suspensão utilizadas para placas de grupo de quatro pinos, constituídas também por barras de 12,5 mm de diâmetro foram distribuídas conforme mostra a Figura 3.9.

3.1.5. Característica do concreto

Com o objetivo de obter um comportamento mais homogêneo do valor da resistência à compressão do concreto, optou-se pela utilização de concreto usinado, de modo que todos os blocos fossem concretados simultaneamente com o concreto de uma mesma betonada. Um outro fator que contribuiu para utilização do concreto usinado foi o volume de concreto relativamente grande ($\approx 5,20 \text{ m}^3$) para ser preparado no laboratório, necessário para concretar todos os blocos numa mesma data.

Por questões de ordem prática foi sugerido que o traço utilizado para o concreto fosse calculado de modo que este apresentasse uma resistência característica (f_{ck}) de aproximadamente 20 MPa.

Foram moldados ao todo vinte e seis corpos-de-prova cilíndricos. A quantidade relativamente pequena de corpos-de-prova se deve ao fato de ter sido feita apenas uma betonada, conseguindo-se assim uma maior homogeneidade do concreto.

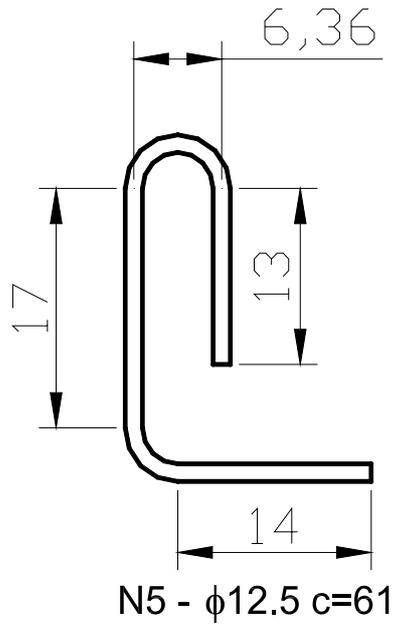


Figura 3.8 - Detalhe da armadura de suspensão usada em placa de canto e de bordo e o posicionamento na fôrma.

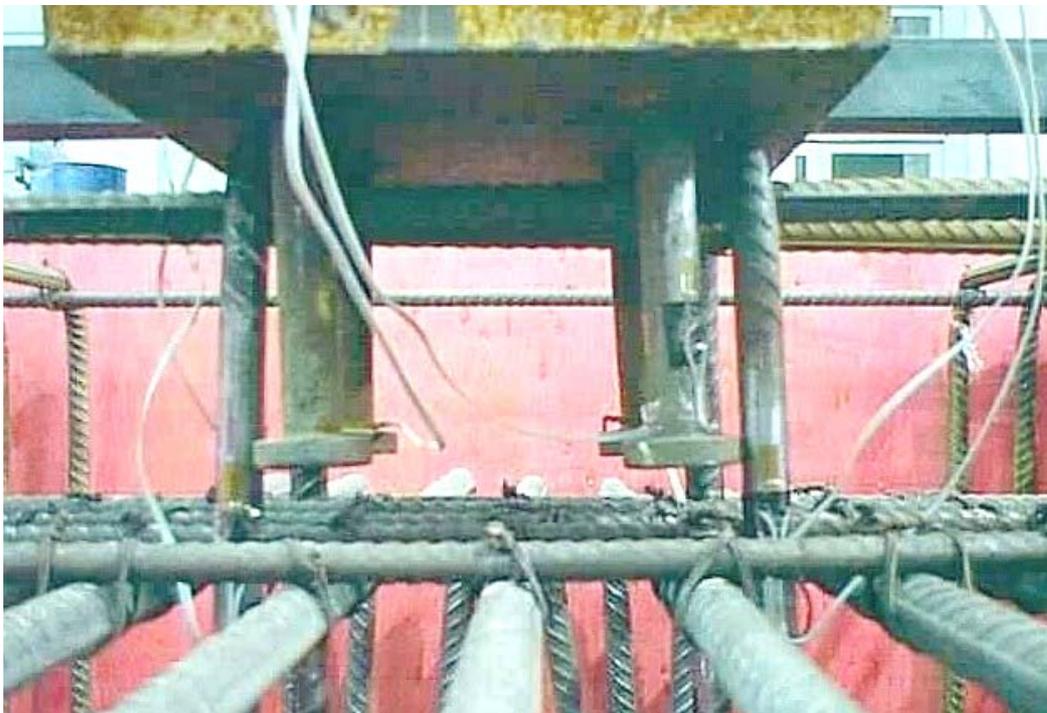
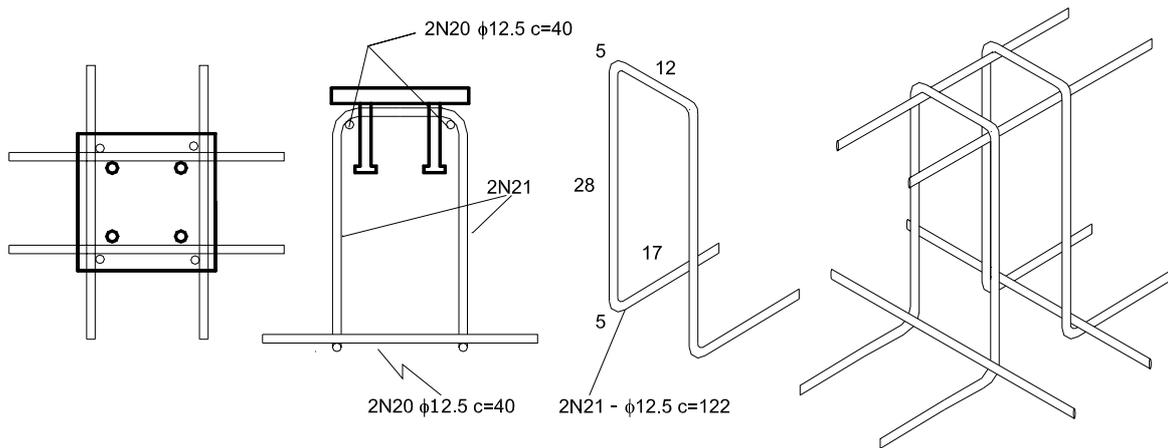


Figura 3.9 - Detalhe da armadura de suspensão usada em grupo chumbadores e o posicionamento na fôrma.

3.2. Sistemas de ancoragem

O sistema de ancoragem objeto desta pesquisa pertence ao grupo dos sistemas de pré-concretagem trabalhando com ancoragem mecânica, compostos de pinos com cabeça soldados na placa de fixação (veja Seção 2.5). Os sistemas estudados são placas de pino único e placas com grupo de quatro pinos simetricamente distribuídos.

3.2.1. Placa de pino único

Inicialmente havia apenas placas com quatro pinos. Estas foram serradas de forma que cada uma delas originasse quatro placas de pino único. O motivo para se estudar o comportamento de chumbador único é que os pinos únicos e isolados, ou seja, sem efeito de proximidade de bordo e sem efeitos de agrupamento de chumbadores, são a base para a formulação dos métodos de cálculo existentes na literatura relacionada. A Figura 3.10 mostra as características da placa de pino único empregada nos ensaios.

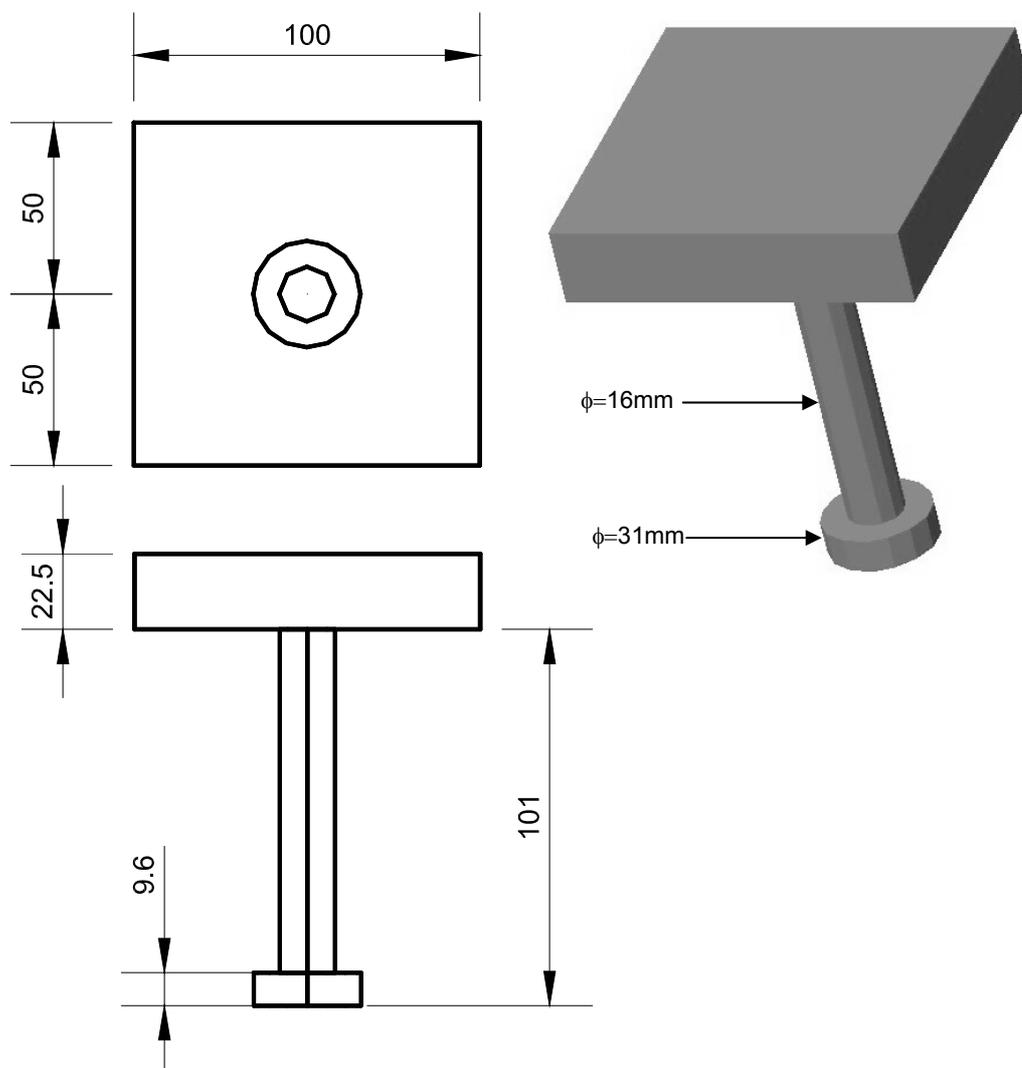


Figura 3.10 - Características da placa de ancoragem de pino único utilizada nos testes.
(Medidas em mm)

3.2.2. Placas de quatro pinos

Os sistemas de ancoragem formados pelo agrupamento de quatro pinos distribuídos simetricamente em uma chapa de aço são utilizados em larga escala em estruturas de usinas nucleares. Sendo assim, conhecer o comportamento deste tipo sistema é de grande importância para que o mesmo seja empregado com segurança. A Figura 3.11 apresenta as características da placa de quatro pinos.

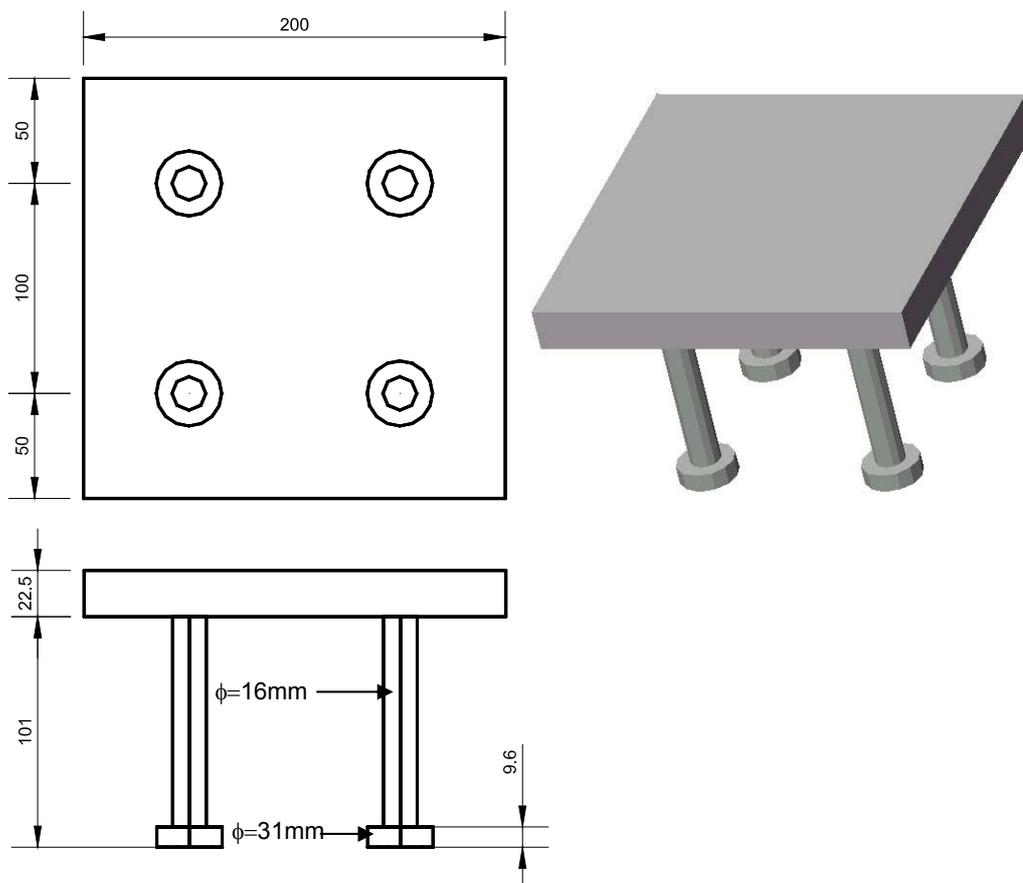


Figura 3.11 - Características da placa de ancoragem de quatro pinos utilizada nos testes.(Medidas em mm)

3.2.3. Adaptação para o ensaio

Conforme mostrou a Figura 3.11, não existia nenhum mecanismo para introdução do carregamento nos sistemas de ancoragem. Após a análise de alguns mecanismos para viabilizar a aplicação do carregamento, optou-se por soldar porcas sobre as placas de modo que estas ficassem centralizadas nos

eixos dos pinos, evitando o surgimento de efeitos de excentricidade do carregamento que gerariam momento fletor nas placas. Esta precaução se faz necessária, uma vez que se deseja estudar o comportamento à tração isoladamente.

A Figura 3.12, mostra a porca soldada sobre a placa de pino único centralizada no eixo do pino. No caso da placa de quatro pinos foram soldadas quatro porcas seguindo este mesmo procedimento.



Figura 3.12 - Porca soldada na placa para permitir a introdução do carregamento.

Na etapa de adaptação das placas de ancoragem foi feita ainda a limpeza dos pinos e das armaduras de suspensão, nos pontos onde posteriormente seriam instaladas os extensômetros para medir a deformação nestes elementos. O esquema da instrumentação será comentado na Seção 3.3.

3.2.4. Posicionamento nas fôrmas

Para que um sistema de ancoragem de pré-concretagem trabalhe de modo eficiente ele deve ser posicionado adequadamente nas fôrmas antes da concretagem. Isto deve ser observado uma vez que existem vários fatores que podem influenciar negativamente o comportamento do sistema de ancoragem. A proximidade de bordo e/ou de outro chumbador pode diminuir bastante a capacidade de carga do sistema. Por isso, na execução da instalação de sistemas de ancoragem de pré-concretagem, uma atenção redobrada com o posicionamento deve ser observada, além do planejamento de meios para evitar

que os sistemas de ancoragem saiam da posição definida em projeto durante a realização da concretagem, por exemplo, com a movimentação dos operários durante a concretagem.

No estudo experimental, foram utilizadas cantoneiras de aço com um ponto de solda nas placas de modo que a posterior retirada destas cantoneiras fosse facilitada, uma vez que a função delas era apenas posicionar as placas de ancoragem no bloco de concreto. Depois de soldadas, as cantoneiras foram parafusadas nas fôrmas conforme mostra a Figura 3.13.

A localização das placas de ancoragem nos blocos foi discutida na Seção 3.1.



Figura 3.13 - Posicionamento das placas de ancoragem para um bloco tipo B4.

3.3. Instrumentação

Para o estudo do comportamento dos sistemas de ancoragem foram realizadas medidas de deformação nos pinos e nas armaduras de suspensão, medidas de deslocamentos relativos e de carga.

3.3.1. Deformações

As deformações nos pinos e nas armaduras de suspensão foram medidas com extensômetros elétricos de resistência com comprimento de 10 mm. As

placas de pino único receberam dois extensômetros instalados no ponto médio da barra do chumbador como mostra a Figura 3.14 (a). Adotou-se este procedimento, uma vez que havia a possibilidade de quebra ou mau funcionamento do extensômetro e consequentemente a perda da medição. Com a utilização de dois extensômetros, além de se reduzir a probabilidade da perda da medição, em caso de funcionamento adequado de ambos pode-se calcular a deformação média, aumentando assim a precisão.

Para as placas de quatro pinos também foram utilizados dois extensômetros para cada placa, também instalados no ponto médio da barra do chumbador com mostra a Figura 3.14(b).

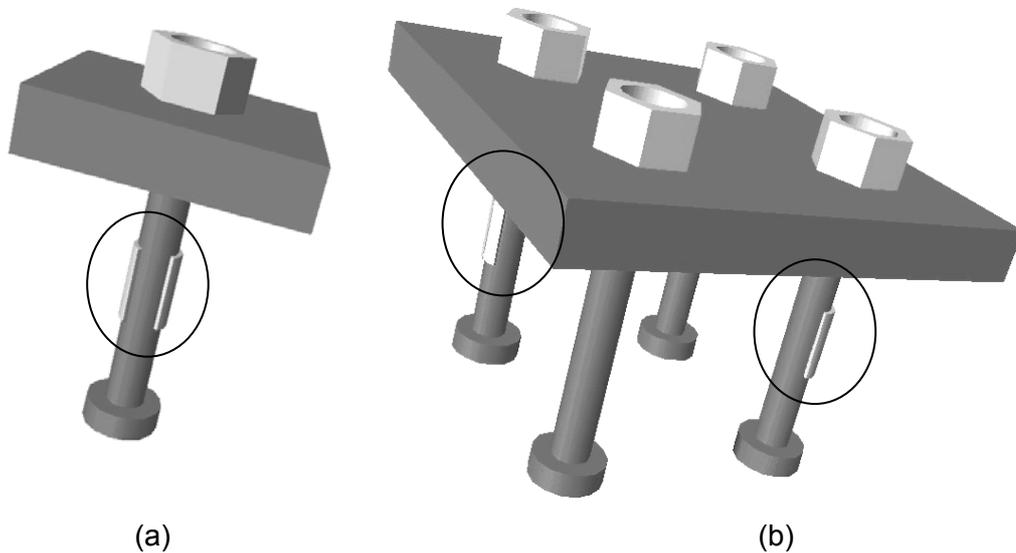


Figura 3.14 - Posicionamento dos extensômetros elétricos nas placas de ancoragem.

As armaduras de suspensão para placas de pino único foram instrumentadas com dois extensômetros localizados em pontos onde se esperava a formação da superfície de ruptura, ou seja, rente a cabeça do chumbador como mostra a Figura 3.15. Assim, à medida que se inicia a movimentação do pino e a carga começa a ser transferida para as armaduras, os extensômetros começam a registrar a deformação. O posicionamento dos extensômetros para esta armadura é mostrado na Figura 3.15 (a). As armaduras de suspensão utilizadas na placa de quatro pinos foram instrumentadas com um extensômetro posicionado em cada uma das quatro barras verticais que foram colocadas paralelamente a cada pino. Estes extensômetros também foram posicionados em pontos onde se esperava a formação da superfície de ruptura (Figura 3.15 (b)).

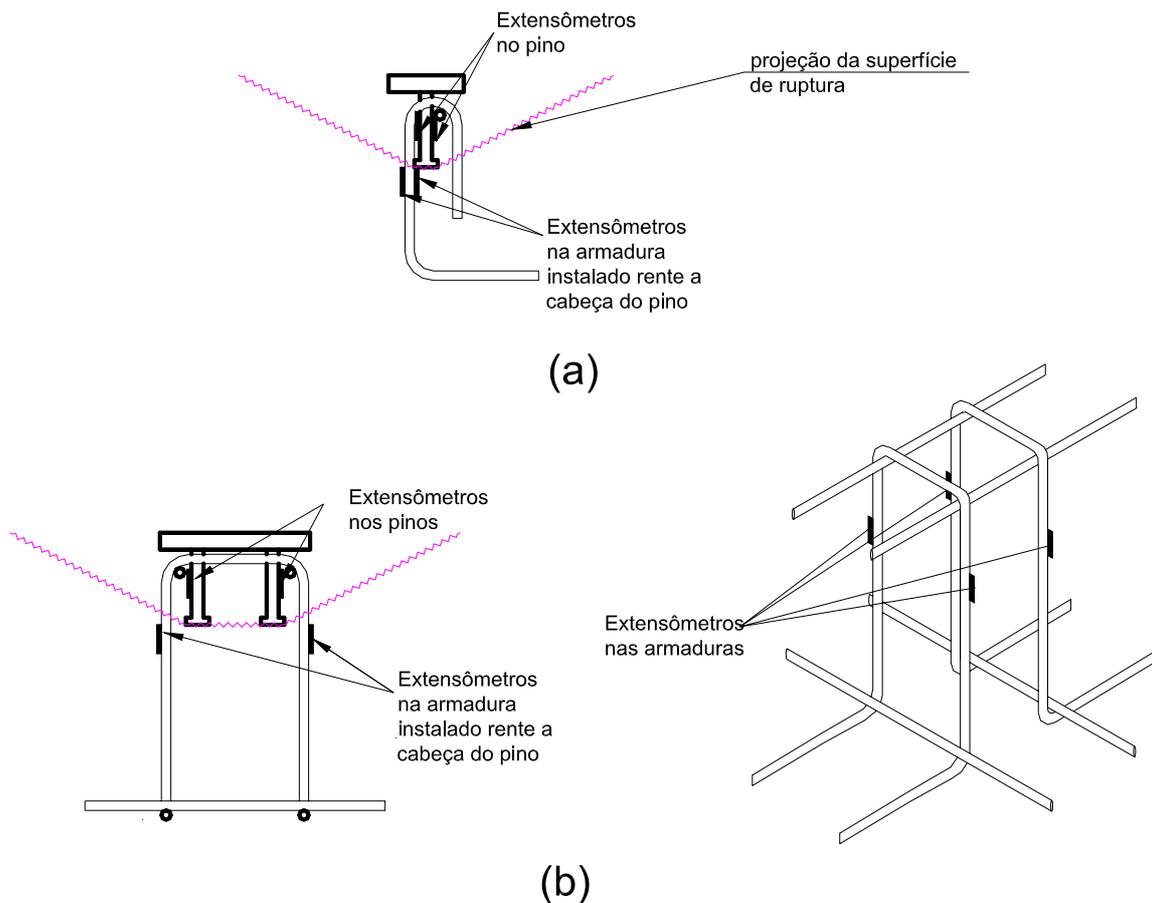


Figura 3.15 - Posicionamento dos extensômetros elétricos nas armaduras de suspensão: (a) armadura para placa de pino único e (b) para placa com quatro pinos.

Depois de colados, nos pinos e nas armaduras de suspensão, todos os extensômetros elétricos receberam uma camada de adesivo plástico, tipo “*protective coating for strain gage C - 5*”, e posteriormente uma camada de cera. A proteção com o adesivo plástico e cera visam evitar a penetração de umidade durante o processo de concretagem, o que inutilizaria o extensômetro elétrico.

3.3.2. Deslocamentos

A obtenção dos deslocamentos relativos se deu através de transdutores de deslocamento relativo (LVDT). Foram obtidos deslocamentos em duas condições:

- (1) Deslocamento do cone de concreto em relação a um ponto externo, ou seja, um ponto fora da superfície do cone de ruptura do concreto (LVDT 1).

(2) Deslocamento da placa de ancoragem em relação à superfície do cone de ruptura do concreto (LVDT 2).

O posicionamento dos transdutores de deslocamento é mostrado na Figura 3.16.

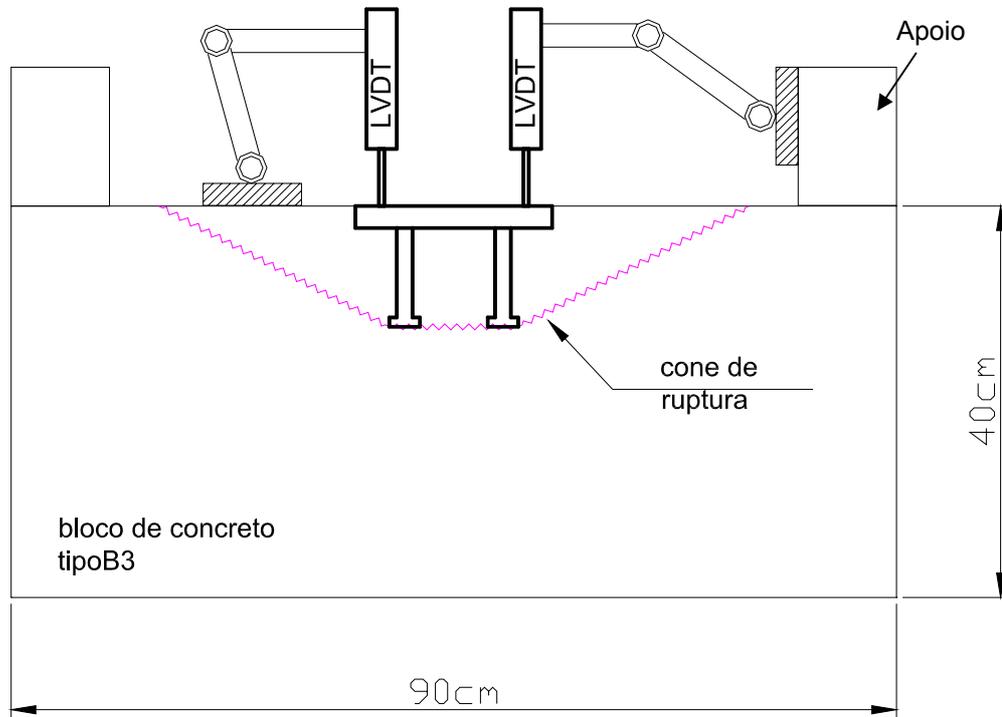


Figura 3.16 - Posicionamento dos transdutores de deslocamento nos blocos.

3.3.3. Sistema de aplicação de carga

A medição do carregamento aplicado foi obtida através de células de carga de 200 kN ou 500 kN, dependendo do tipo da carga prevista para o ensaio. Para o ensaio simultâneo de duas placas de quatro pinos foram utilizadas duas células de carga, sendo o valor da carga do sistema ensaiado a soma das duas medidas.

A aplicação do carregamento se deu através de um macaco hidráulico com capacidade de 300 kN. Para o ensaio da influência de duas placas afastadas 325 mm foram utilizados dois macacos interligados ao mesmo sistema hidráulico, o que garantia a aplicação de um carregamento praticamente igual em cada placa neste sistema de ancoragem com duas placas trabalhando simultaneamente.

Para a introdução da carga de tração nas placas de ancoragem foi necessário construir um sistema para transformar a carga de compressão

produzida pelo macaco hidráulico em carga de tração aplicada nas placas. A Figura 3.17 mostra um esquema geral do mecanismo de aplicação de carga para o bloco Tipo B4 em um ensaio de duas placas de ancoragem. Este esquema geral foi adaptado para cada tipo de ensaio.

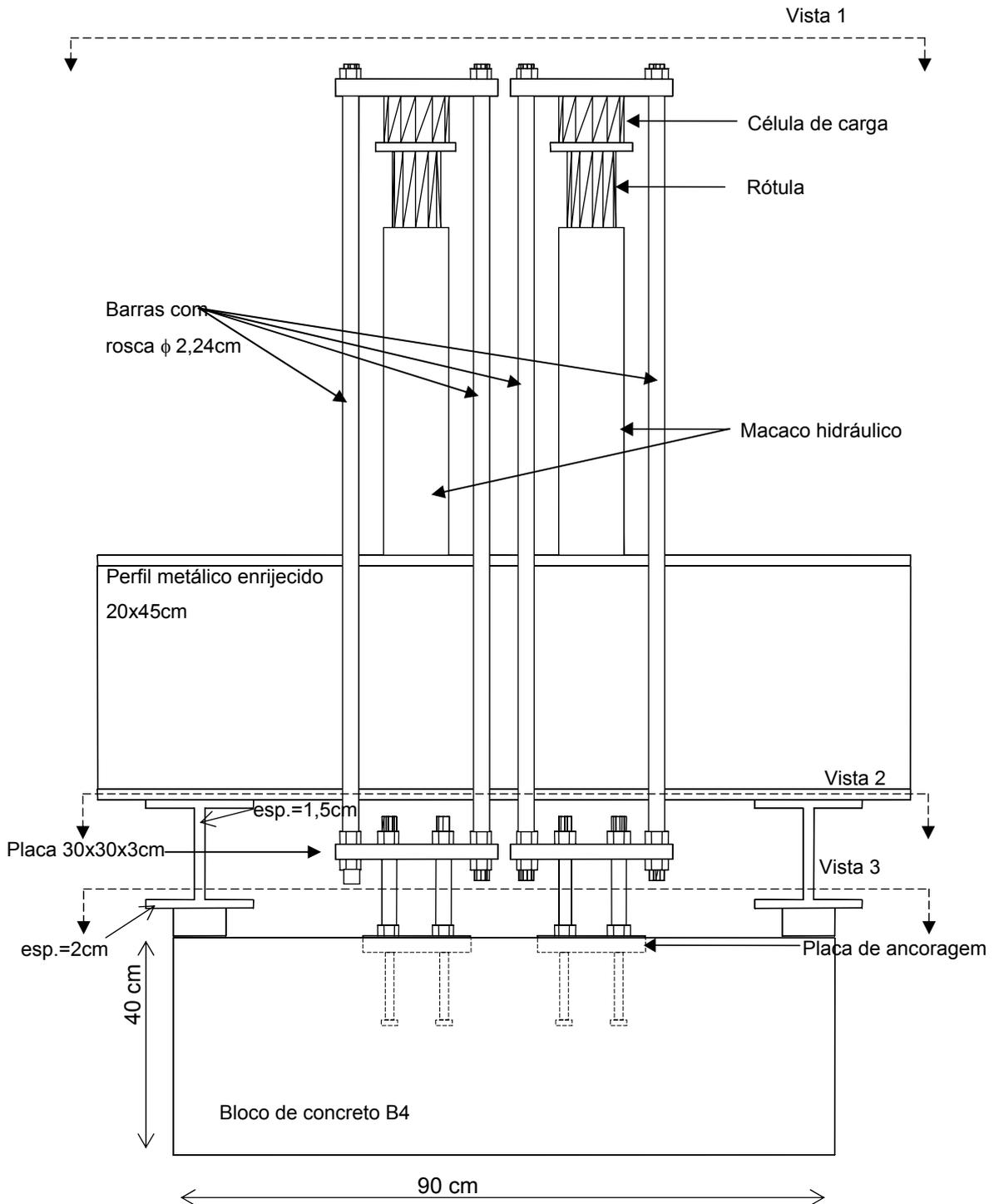


Figura 3.17 -(a) Esquema geral do sistema de aplicação de carga: vista lateral.

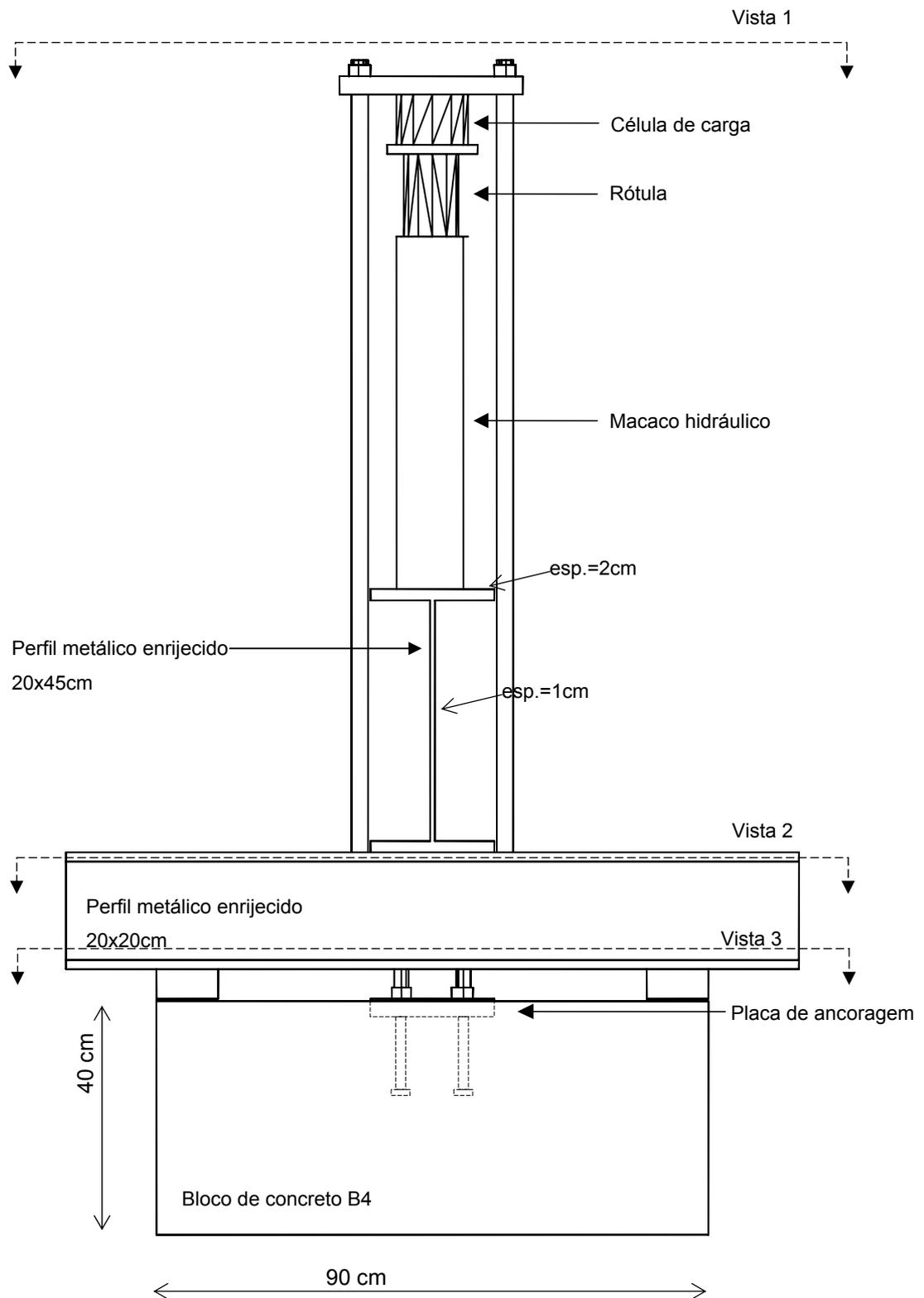


Figura 3.17 - (b) Esquema geral do sistema de aplicação de carga: vista lateral.

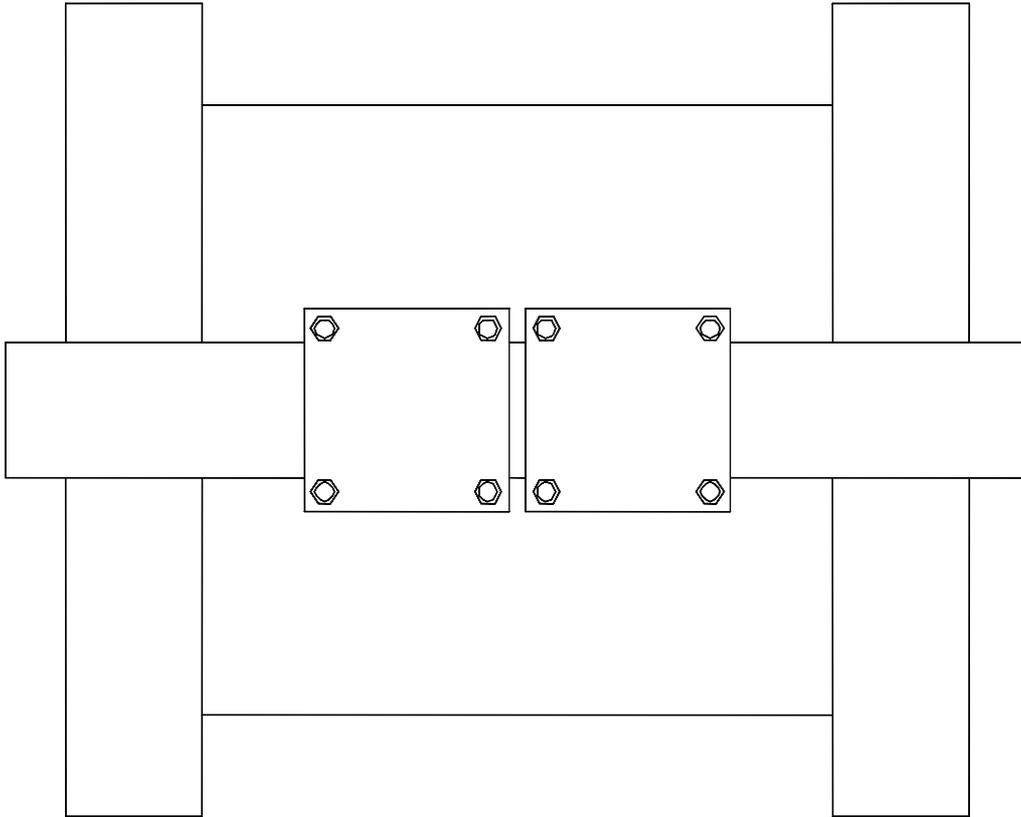


Figura 3.17 - (c) Esquema geral do sistema de aplicação de carga: vista seção 1.

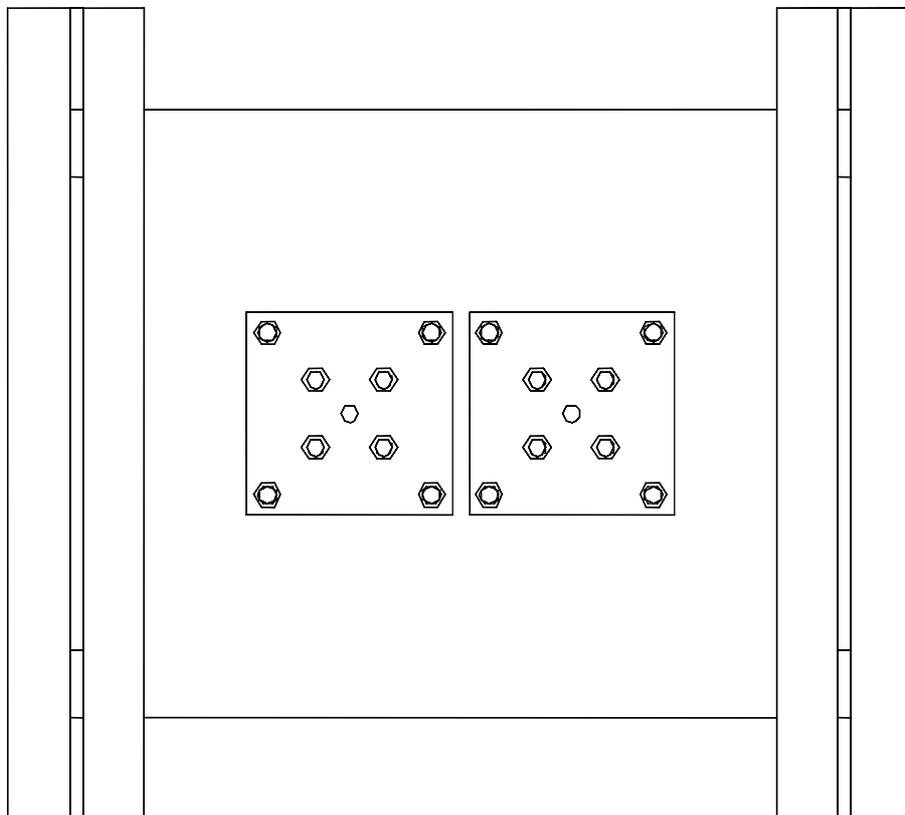


Figura 3.17 - (d) Esquema geral do sistema de aplicação de carga: vista seção 2.

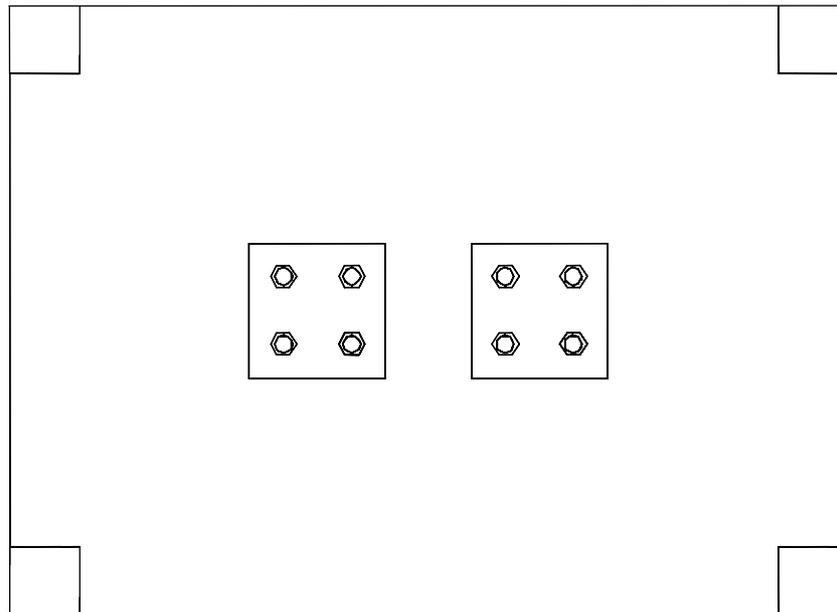


Figura 3.17 - (e) Esquema geral do sistema de aplicação de carga: vista seção 3.

3.4. Execução dos ensaios

3.4.1. Resistência do concreto

A resistência à compressão na data do ensaio é um dos parâmetros utilizados nas principais formulações de estimativa da carga última. Sendo assim, os ensaios de resistência à compressão ocorreram durante todo o período em que eram ensaiadas as placas de ancoragem, o que durou 102 dias. Todos os corpos-de-prova foram ensaiados à compressão na prensa AMSLER UNIVERSAL com capacidade de 1000 KN, no Laboratório de Ensaios Mecânicos do ITUC - Instituto de Tecnologia da Universidade Católica da PUC-Rio, de acordo com a norma NBR-5739 (1994).

Para cada ensaio foram rompidos três corpos-de-prova, e a resistência à compressão considerada foi a média das resistências dos três corpos-de-prova.

3.4.2. Placas isoladas com pino único

Os pinos únicos isolados foram instalados no bloco B1. A consideração de placa isolada diz respeito à condição desta ficar situada suficientemente distante de uma aresta ou de um outro pino de modo que o valor da carga de ruptura não seja influenciado. A condição de chumbador único isolado é base das

formulações existentes na literatura para o cálculo da carga de ruptura do cone de concreto.

Foram realizados três ensaios na condição de chumbador único isolado com o pino embutido numa região de concreto sem armadura de reforço, para a obtenção da carga de ruptura média. Nestes ensaios os apoios foram colocados sobre o bloco.

A Figura 3.18 (a), mostra o arranjo experimental utilizado na placa B1-08, semelhante para B1-07 e B1-09, e a Figura 3.18 (b), mostra o posicionamento dos transdutores de deslocamento no ensaio da placa B1-08.

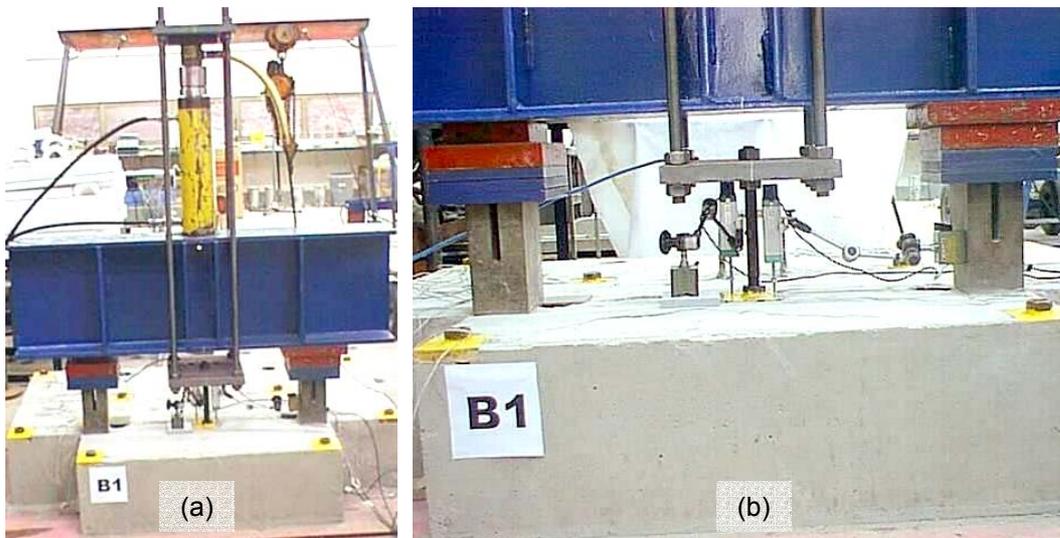


Figura 3.18 - Arranjo experimental para a série de ensaios de placa de pino único isolada (a), e detalhe do ensaio da placa B1-08.

3.4.3. Placas de bordo com pino único

Foram testadas três placas cujos pinos estavam localizados a uma distância de $c=50$ mm de um bordo. O bloco B2 foi utilizado para a instalação destas placas, denominadas B2-13, B2-15 e B2-15. Nestes ensaios não foram utilizadas armaduras de suspensão. O mecanismo de aplicação do carregamento foi semelhante ao utilizado na série de ensaio anterior, também com dois apoios colocados sobre o bloco. Esta série de ensaios pretende avaliar a redução da carga de ruptura causada pela proximidade de um bordo. A Figura 3.19 mostra o arranjo experimental e o aspecto da ruptura na face externa do bloco B2.



Figura 3.19 - Arranjo experimental e forma da ruptura de placa de pino único de bordo.

Esta série de ensaios pretende avaliar a redução da carga de ruptura causada pela proximidade de um bordo. A Figura 3.19 mostra o arranjo experimental e o aspecto da ruptura na face externa do bloco B2.

3.4.4.

Placas de bordo com pino único, com armadura de suspensão

Foram testadas três placas de ancoragem, também utilizando o bloco B2, para avaliação da influência de uma armadura de suspensão posicionada paralelamente ao eixo do chumbador. As placas B2-10, B2-11 e B2-12 foram instaladas no bloco com os pinos posicionados distantes de $c=50$ mm de um bordo. A Figura 3.20 o aspecto da ruptura na face externa do bloco B2.



Figura 3.20 - Ruptura de placa de pino único de bordo com armadura de suspensão.

3.4.5. Placa de canto com pino único

Os três ensaios desta série referem-se às placas B1-04, B1-05 e B1-06 que foram chumbadas no bloco B1. Devido à posição das placas, foi necessário prender o bloco na laje de reação do laboratório. Neste caso um apoio do sistema de aplicação de carga foi colocado sobre o bloco e o outro sobre a laje de reação, como mostra a Figura 3.21.

3.4.6. Placa de canto com pino único, com armadura de suspensão

Para esta série, excepcionalmente, foram realizados dois ensaios. Inicialmente estavam previstos três ensaios, no entanto, o ensaio de outro pino ancorado no bloco B1 apresentou uma ruptura atípica que se estendeu até a vizinhança de um dos pinos desta série, inviabilizando o ensaio do mesmo. O posicionamento do mecanismo de aplicação de carga foi o mesmo utilizado no item anterior.



Figura 3.21 - Arranjo experimental para placa de pino único de canto.

3.4.7. Placa de quatro pinos

Uma placa com quatro chumbadores foi instalada no centro do bloco B3. Foram ensaiadas três placas deste tipo sem armadura de suspensão para a obtenção da carga média de ruptura. Foi utilizado um sistema de aplicação de carga apoiado em quatro pontos do bloco para o último ensaio desta série, tendo em vista que nos dois primeiros ensaios, onde o sistema de aplicação de carga estava sendo apoiado em dois pontos no bloco, observou-se um cone de ruptura atípico apresentando grande quantidade de fissuras que se prolongavam até as laterais do bloco. Observou-se que, com a utilização dos quatro apoios mais afastados do cone de ruptura, a quantidade de fissuras na lateral do bloco diminuiu de maneira considerável. O excesso de fissuras se deveu provavelmente à concentração de tensões geradas pela maior proximidade dos apoios com relação ao cone de ruptura no caso em que foram utilizados dois apoios. A Figura 3.22 apresenta o mecanismo de aplicação de carga utilizando dois apoios (ensaios das placas B3-16 e B3-17) e quatro apoios (ensaio da placas B3-18).



Figura 3.22 - Arranjo experimental para placas de quatro pinos.

3.4.8.

Placa de quatro pinos com armadura de suspensão

Para o estudo da eficiência de uma armadura de suspensão trabalhando em conjunto com uma placa de ancoragem de quatro pinos foi feito um ensaio. A placa B3-19 foi ensaiada com o mesmo esquema de aplicação de carga utilizado para o caso da Seção anterior (3.5.7), sendo usado o esquema de dois apoios sobre o bloco.

3.4.9.

Duas placas de quatro pinos com distância de 325 mm de eixo a eixo

A série de três ensaios apresentadas nesta Seção pretende avaliar o comportamento de duas placas de ancoragem localizadas próxima uma da outra. Como foi comentado, a sobreposição dos cones de ruptura diminui a capacidade de carga da placa.

Nos ensaio de duas placas ancoradas no bloco B4 são incluídos os números de referência de cada placa, na nomenclatura de cada ensaio.

O carregamento foi aplicado simultaneamente nas placas através de dois macacos ligados ao mesmo sistema hidráulico, o que garantiu uma carga praticamente igual em cada placa de ancoragem. O sistema de aplicação de carga foi apoiado sobre o bloco nos quatro pontos mais afastados dos prováveis cones de ruptura, como mostra a Figura 3.23.

Nestes ensaios era inevitável que uma placa de ancoragem rompesse primeiro do que a outra. Desse modo, a carga total do sistema de duas placas trabalhando em conjunto era registrada quando ocorria a ruptura de uma delas. Em seguida era preparado um outro ensaio para a placa que permanecia no bloco com capacidade de suportar carga.

A Figura 3.24 (a), mostra o momento em que era considerada a carga de ruptura do conjunto, ou seja, quando do rompimento da primeira placa, e a Figura 3.24 (b) mostra o momento da ruptura da placa que não havia rompido no primeiro momento.

3.4.10.

Duas placas de quatro pinos com distância de 200 mm de eixo a eixo

Esta série de três ensaios é muito semelhante à série apresentada na Seção anterior (3.4.9), diferindo apenas na distância entre as placas. Neste caso as placas ficaram com as faces tocando uma na outra. A ruptura das duas placas

ocorreu simultaneamente, comportamento semelhante ao de uma placa única composta por oito pinos. A proximidade das placas permitiu a utilização apenas de um macaco hidráulico para a aplicação do carregamento. A Figura 3.25 (a), apresenta o sistema de aplicação do carregamento e a Figura 3.25 (b), mostra a forma de ruptura apresentada nesta série de ensaios.

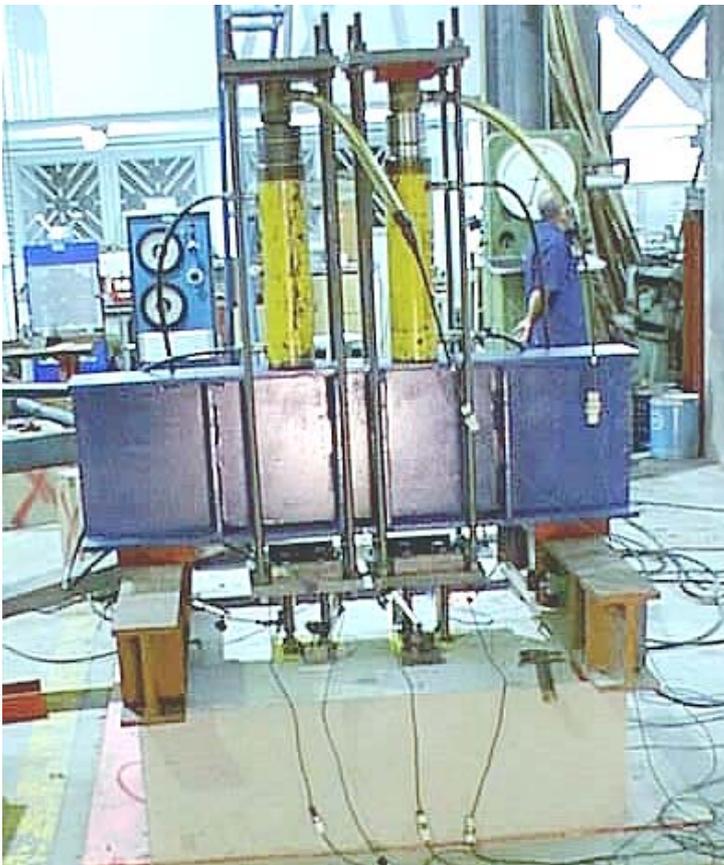


Figura 3.23 - Arranjo experimental utilizando quatro apoios.

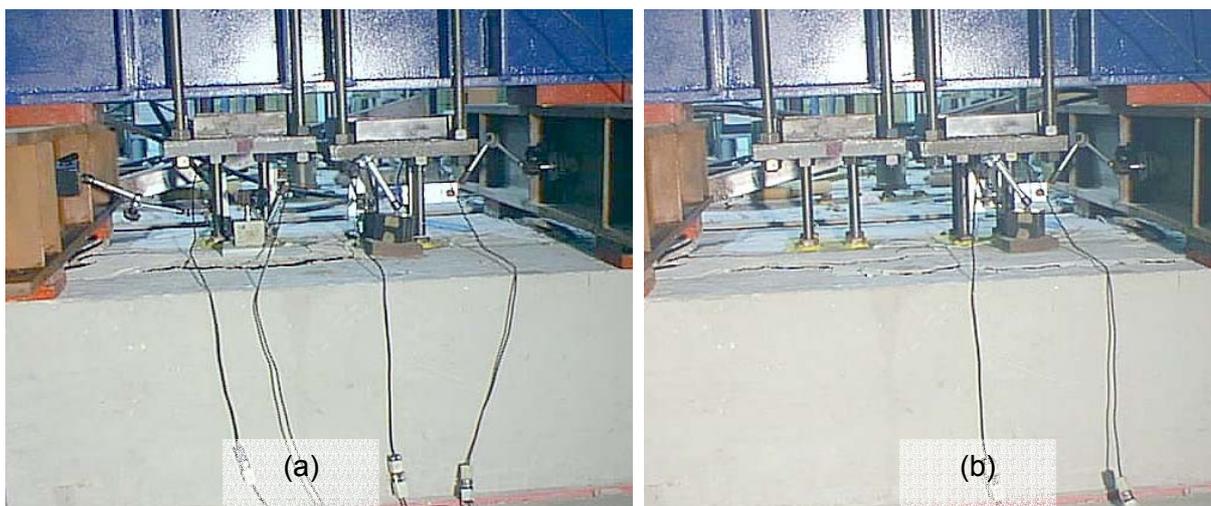


Figura 3.24 - Ruptura da primeira (a) e da segunda placa de ancoragem.

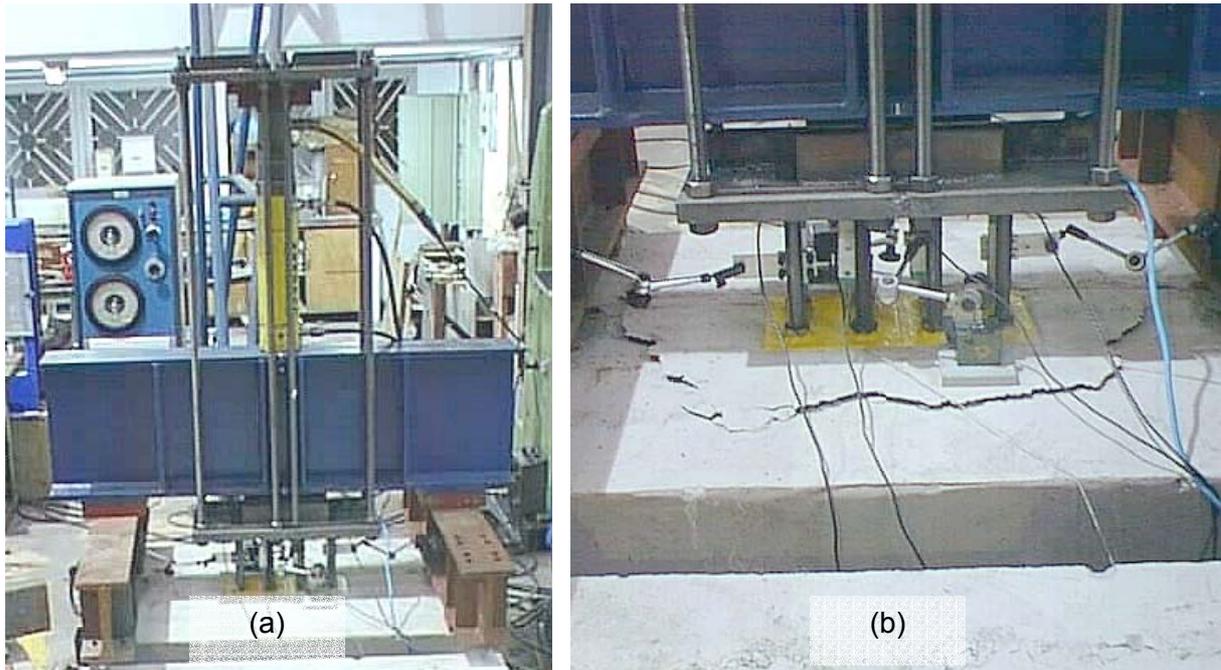


Figura 3.25 - Arranjo experimental (a) e tipo de ruptura (b) para associação de duas placas de quatro pinos com distância de 200 mm de eixo a eixo.