

4 Ensaio Poliaxiais

Os efeitos de pressões confinantes a grandes profundidades sobre as propriedades mecânicas das rochas são comumente simuladas em laboratórios, executando compressões triaxiais em amostras cilíndricas da rocha. Uma limitação significativa destes métodos convencionais é que as tensões principais, intermédia e mínima, são iguais durante o ensaio, enquanto as tensões reais in situ estão normalmente sujeitas a um estado de tensões anisotrópico, onde as tensões principais máxima, intermédia e mínima, são diferentes ($\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$) (Walsri et al., 2009). Tem sido encontrado usualmente que a resistência a compressão, obtidas nos ensaios triaxiais convencionais não podem representar as tensões reais in situ onde a rocha suporta um estado de tensões anisotrópico (Haimson, 2006).

Uma variedade de dispositivos tem sido desenvolvidos para ensaiar amostras de rocha sobre um estado de tensões verdadeiro. Alguns dos mais recentes incluem os propostos por Reddy et al. (1992), Smart (1995), et al., Wawersik. (1997) Haimson & Chang (2000) e Alexeev et al. (2004). Estes dispositivos são projetados principalmente para testar amostras de rochas sob compressão.

Uma célula poliaxial que foi desenvolvida na Universidade de Wisconsin (Haimson e Chang, 2000), adota corpos de prova retangulares prismáticos de 19 x 19 x 38 mm. A célula apresenta capacidade máxima de aplicação de tensão de 1600 MPa para σ_1 e σ_2 e, 400 MPa para σ_3 . Este sistema está integrado em duas partes principais, que são o equipamento de carregamento biaxial e uma câmara de pressão poliaxial, como mostra a Figura 4.1.

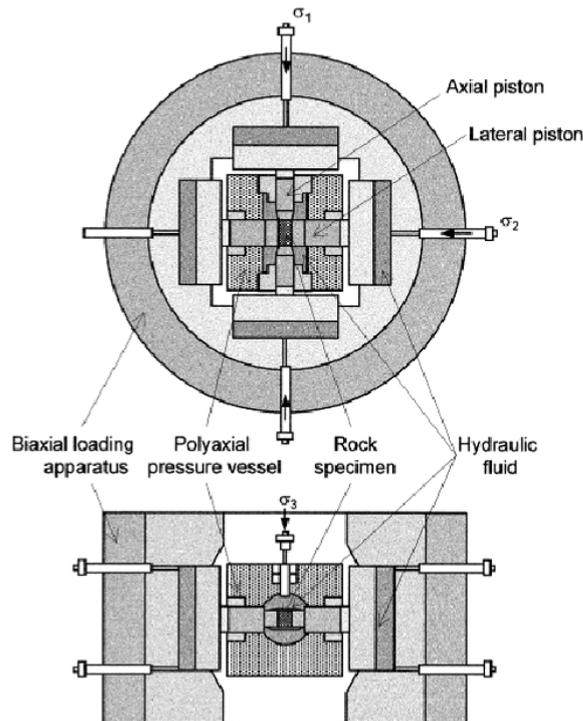


Figura 4.1 - Detalhes do esquema do sistema de ensaio poliaxial (Haimson e Chang, 2000).

O sistema biaxial tem como função a aplicação de cargas laterais, perpendiculares e independentes (σ_1 e σ_2), sendo que o carregamento da tensão principal menor (σ_3) é aplicada hidraulicamente. Esta célula foi usada em uma extensiva série de ensaios por Haimson e Chang (2000) no granito Westerley, obtendo um novo critério de resistência poliaxial, o qual levou em consideração o efeito da tensão principal intermediária.

Haimson e Lee (2004) fizeram ensaios de formação de *breakout* em amostras de (12.7 x 12.7 x 17.8 cm), e (15 x 15 x 23 cm), em uma célula que permite cargas de 150 MPa biaxialmente. A célula é colocada dentro de um equipamento equipado com uma perfuratriz centralizada no topo e na base com um intensificador hidráulico, com capacidade de carregamento de 1.3 MN, que aplica tensão vertical e no topo, como mostra figura 4.2. Para minimizar o atrito entre os pistões e as faces do bloco foram instaladas placas finas de metal, untadas com ácido esteárico.

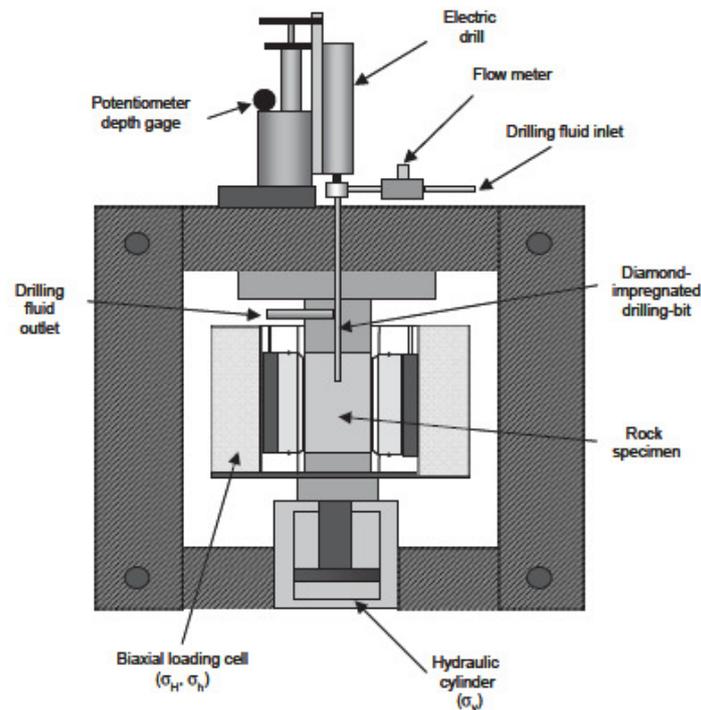


Figura 4.2 – Equipamento utilizado por Haimson (2007).

Morita et al. (2002) utilizou uma célula de grandes dimensões, como mostra a Figura 4.3, para simular e analisar a estabilidade de um reservatório de um calcário. Esta célula é equipada com uma capa de quadrados flexíveis que servem para conter a mostra cúbica com dimensões de (26.7 x 26.7 x 44.4) cm. Desde que uma tensão hidrostática (dois horizontais e uma vertical) é aplicada através da capa por meio de óleo, uma elevada pressão confinante de até 25 kpsi pode ser aplicada na amostra. Depois de aplicar a tensão hidrostática, uma carga poliaxial pode ser acrescentada na mostra através do carregamento de placas instaladas nas quatro faces do revestimento com pistões de carga atrás da capa. As deformações são medidas em duas direções perpendiculares (normalmente nas direções da maior e menor tensão horizontal como no caso de um poço vertical) em duas posições com um instrumento medidor de deformações.



Figura 4.3 – Célula cúbica para ensaios de estabilidade (Morita et al. 2002)

Neste trabalho foi utilizada uma célula cúbica, como mostra a Figura 4.4, instalada na Gerência de Tecnologia de Engenharia de Poços (TEP), do CENPES/PETROBRÁS. O equipamento foi utilizado por Villarroel (2009), este mesmo permite ensaiar corpos de provas cúbicos de até 30 cm de aresta, podendo-se aplicar cargas de até 62.54 MPa em cada pistão. Pela dificuldade de obter amostras reais de grandes dimensões foram confeccionados blocos de arenitos sintéticos, preparados a base de cimento, areia e água.

Um das vantagens de se utilizar amostras de grandes tamanhos, é que se reduz os efeitos da bordas e permite a instalação de acessórios para estudar o comportamento dos sistemas de contenção de sólidos.

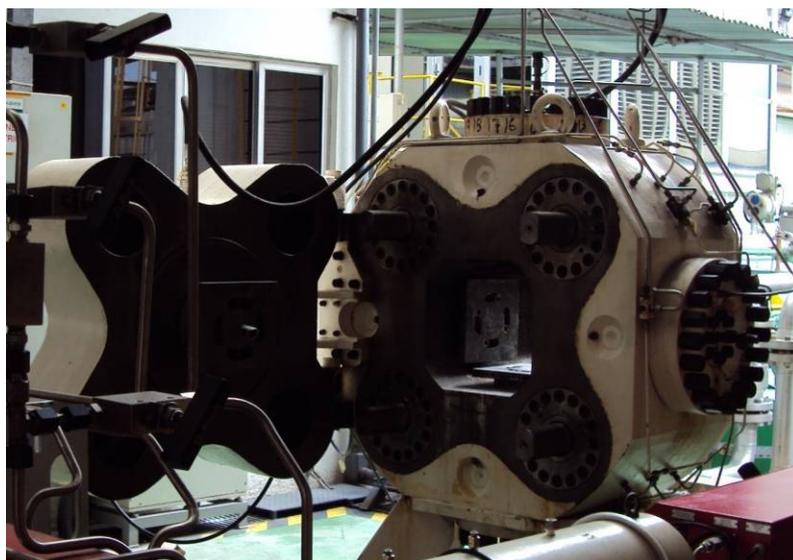


Figura 4.4 – Célula Cúbica do CENPES/PETROBRAS.