

## 6 Apresentação e Análise dos Resultados

### 6.1. Considerações Iniciais

No presente trabalho os CPs cúbicos foram submetidos a um estado plano de tensões e o processo de preparação dos arenitos sintéticos foi com o uso de equipamentos e condições recomendados por Villarroel (2009), assim foi utilizada uma mesa vibradora para tirar os vazios da mistura, e a cura foi em um ambiente climatizado a 21°C.

### 6.2. Resultados obtidos

#### 6.2.1. Breakout com aplicação de carga no eixo “Y” até os 600 psi

O início do *breakout* foi a partir do minuto 12’30 na carga no eixo “Z” de 1400 psi, processo observado por médio da câmara filmadora instalado dentro do furo, onde as paredes laterais foram alterando-se por efeitos de concentração de tensões até produzir os sólidos que foram preenchendo parcialmente o furo, como mostra a Figura 6.1, onde foi observado o breakout desenvolvido na carga de 2600 psi no minuto 22 do ensaio. Este comportamento se apresentou de forma similar nos três ensaios executados.

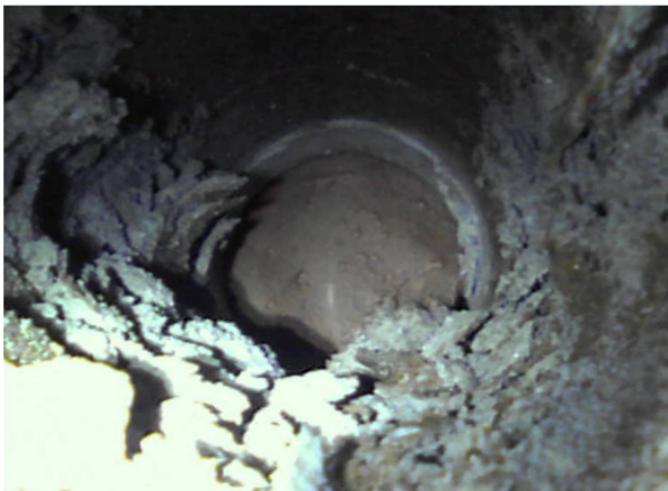


Figura 6.1 – “Caso *Breakout* com aplicação de carga no eixo “Y” até os 600psi”, no minuto 22’00.

### 6.2.2. Breakout com aplicação de carga no eixo “Y” até os 1000 psi

O início do *breakout* no bloco-2 foi a partir do minuto 13’00 na carga de 1600 psi, este fenômeno foi registrado pela câmara filmadora, já no minuto 19’00 na carga de 2800 psi se teve uma imagem do processo de produção de sólidos como mostra a Figura 6.2.



Figura 6.2 – “Caso *Breakout* com aplicação de carga no eixo “Y” até os 1000psi”, no minuto 19’00.

O ensaio do bloco-3 apresentou uma maior resistência aos carregamentos, que pode ser atribuída ao tempo de cura que foi de 15 dias, período em que a mistura de argamassa ficou mais consolidada. Na carga aplicada de 2200 psi se teve o início do *breakout*, mas não se conseguiu terminar o ensaio porque se teve uma desconexão no sistema de pressões da câmara cúbica, na carga de 3200 psi.

Depois de 20 dias foi feito o ensaio com o mesmo bloco e notou-se uma produção de sólidos em toda a superfície interna do furo mostrando que o bloco ficou bem danificado.

Das comparações dos dois casos, observa-se que o *breakout* de cargas em “Y” e “Z” de 600psi, tem menor resistência aos carregamentos, mas o tempo do processo do desenvolvimento do *breakout* é mais longo. Já no segundo caso de cargas em “Y” e “Z” de 1000 psi a resistência foi maior, mas o tempo do desenvolvimento do *breakout* foi mais curto, para um mesmo tipo de *breakout*, como mostram as Figuras 6.1 e 6.2 com os respectivos tempos.

### **6.2.3.**

#### **Tela Centralizada com gravel pack**

##### **Bloco A-1a**

A Figura 6.3, mostra a seqüência de deslocamentos, o clip-vertical tem uma deformação por compressão onde o deslocamento foi em torno de 0,43 mm, já o clip-horizontal tem uma deformação por tração onde o deslocamento foi de -0,34 mm, esses deslocamentos indicam uma pequena ovalização do tubo até a carga de 1200 psi.

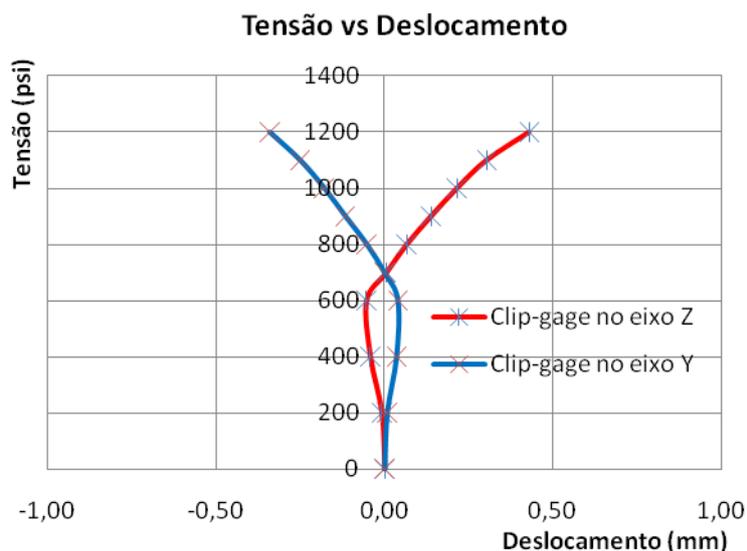


Figura 6.3 - Curvas dos deslocamentos no eixo Z e Y.

Na Figura 6.3, pode se notar que durante as cargas nos eixos “Y” e “Z” o clip-gage Z teve uma ligeira deformação por extensão e no clip-gage Y por compressão, este fenômeno pode ser ocasionado pela primeira vez de uso do transdutor, também pelo encostamento inicial dos atuadores no eixo “Y” e “Z” com cargas possivelmente desiguais.

### Bloco A-1b

Neste ensaio se reutilizou o bloco A-1a denominado A-1b. O procedimento foi realizado considerando a nova seqüência com incremento de cargas depois da ultima leitura estabilizada do carregamento anterior, obtendo-se o seguinte gráfico, como mostra a Figura 6.4.

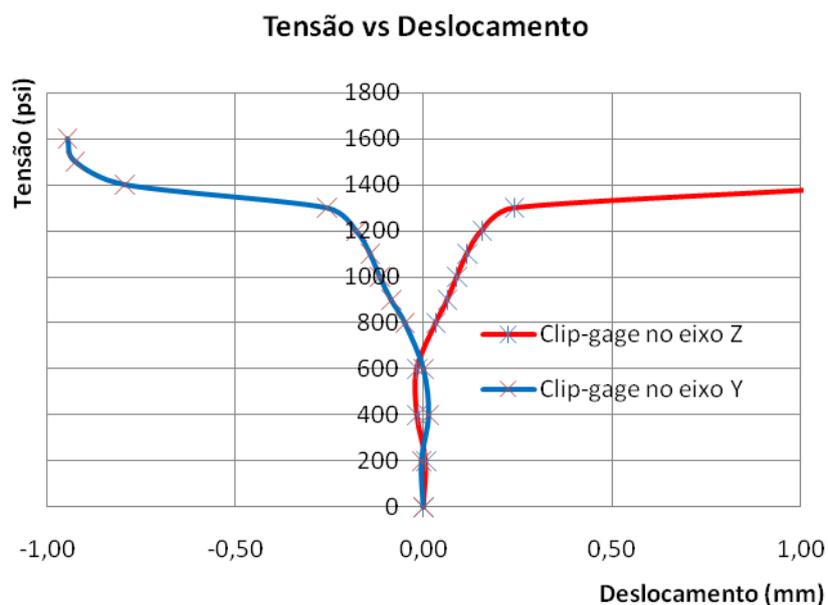


Figura 6.4 - Curvas dos deslocamentos no eixo “Z” e “Y”.

As curvas indicam uma ruptura no bloco na carga de 1300 psi aproximadamente, que também foi percebido no momento de acrescentar as cargas, não oferecendo resistência alguma. O bloco ficou fraturado como mostra a Figura 6.5 (a) e 6.5 (b)



(a) – Fratura interna do bloco.



Figura 6.5 (b) – Fraturas no bloco A-1b.

Produto das pressões aplicadas foi observado marcas dos grãos do *gravel pack* na superfície externa do tubo e do mesmo modo um esmagamento devido á fratura sofrido pelo bloco, como mostra a Figura 6.6.

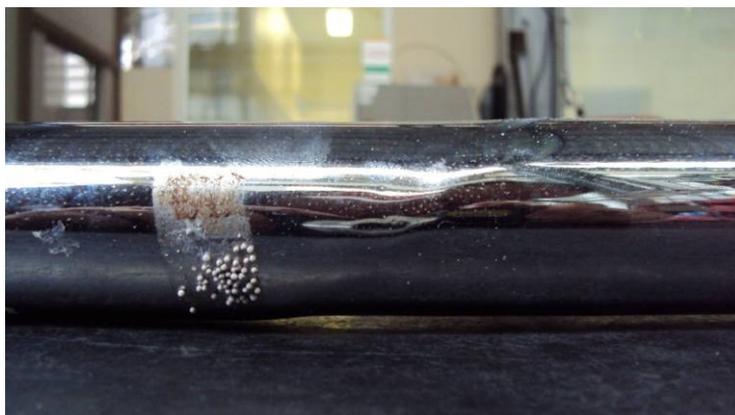


Figura 6.6 - Esmagamento do tubo pelo fraturamento.

### **Bloco A-2**

Com a nova seqüência de carregamentos definidos foi executado o ensaio, tendo como resultado uma curva mais estável, como mostra a Figura 6.7, o clip-gage Z tem um deslocamento por compressão de 0,64 mm que é maior que o deslocamento por tração de -0,58 mm do clip-gage Y.

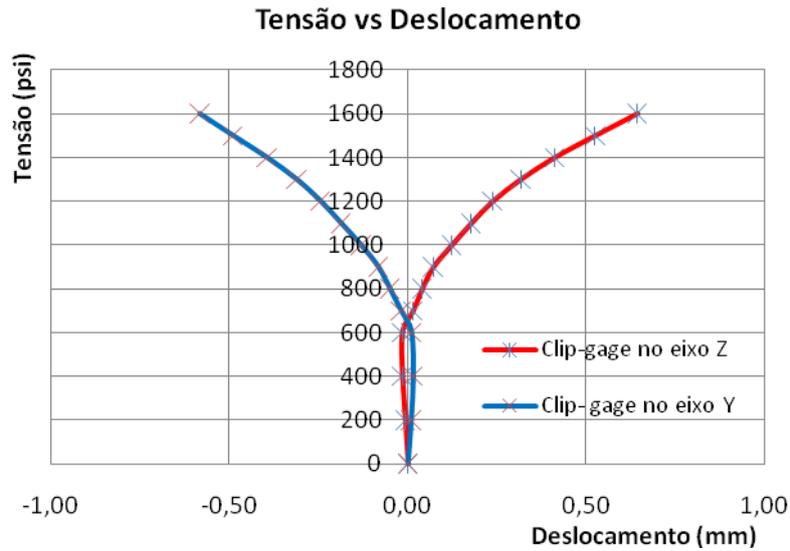


Figura 6.7 – Curva Tensão VS Deslocamento.

### Bloco A-3

Nas curvas de tensão vs deslocamento, como mostra a Figura 6.8 se apresenta similar á curva do bloco A-2, tendo ambas um deslocamento por compressão em “Z” que é maior que da tração em “Y”.

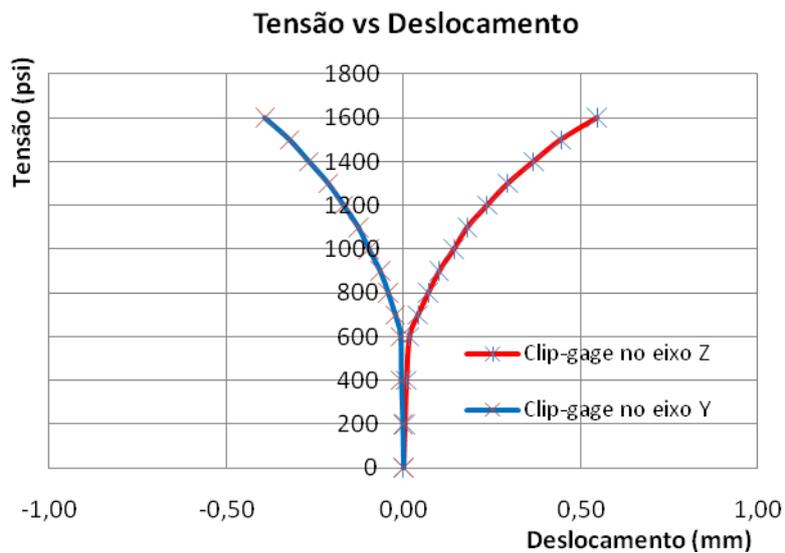


Figura 6.8 – Curva Tensão vs Deslocamento.

A Figura 6.9 mostra as deformações sofridas do tubo nas regiões onde foram colados os strain gage.

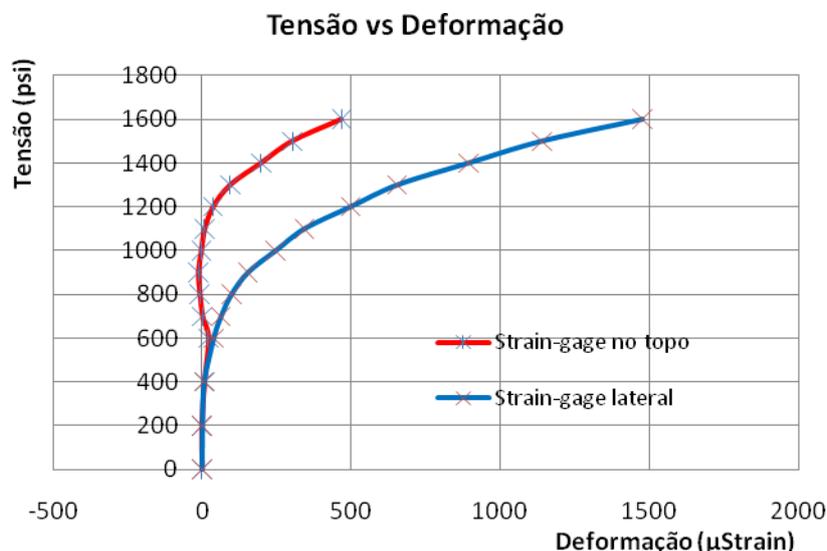


Figura 6.9 – Curva Tensão vs Deformação.

Na fase de carregamento nos eixos “Z” e “Y” o transdutor e os *strain gage* indicaram uma estabilidade contínua segundo as curvas mostradas nos gráficos, até que se deu início aos carregamentos desviadores, onde os deslocamentos em “Z”, por compressão eram maiores que os deslocamentos em “Y” por extensão, em quanto o extensômetro no topo mostraram-se quase estável até os 1100psi, depois com os incrementos de cargas a curva mostrou deformações por compressão, já no caso do extensômetro lateral mostrou uma curva contínua de deformação por compressão.

As curvas do transdutor indicam uma ovalização do tubo com um maior deslocamento por compressão no eixo “Z” resultante das cargas desviadoras, já no caso dos *strain gages* são devidas à resistência do tubo que tem ante as cargas aplicadas e ao comportamento do gravel pack que é provável que se reacomoda dependendo das cargas. A figura 6.10, mostra a interpretação das leituras por médio de um esboço.

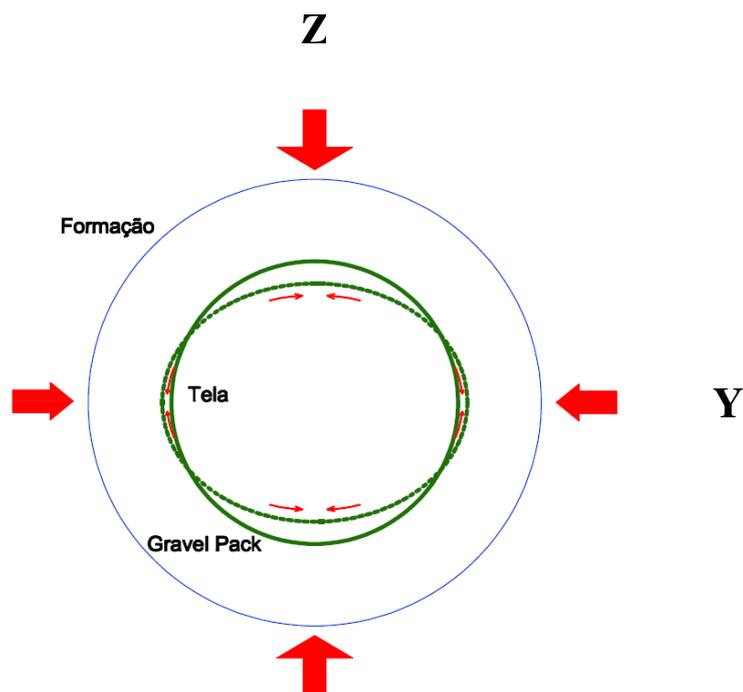


Figura 6.10 - Deformação do tubo pelas cargas aplicadas, segundo as curvas obtidas.

#### 6.2.4. Tela Encostada com gravel pack

##### Bloco B-1

Do ensaio foi observado que segundo as trajetórias das curvas mostradas na figura 6.12, elas têm quase a mesma proporção, sendo um pouco maiores os deslocamentos do *clip-gage Z*, o que indica que no final se tem uma forma ovalizada do tubo, com o eixo “Z” de menor comprimento, este comportamento é atribuído á deformação do furo e aos grãos do gravel que possivelmente tem um reacomodo no início dos carregamentos.

Na Figura 6.11, observa-se a fratura sofrida pelo bloco, provavelmente esta teve maior desenvolvimento no intervalo da curva de 1400 psi a 1500 psi, como mostra a Figura 6.12, onde tem um deslocamento maior que nos outros intervalos de cargas aplicadas, como mostra as curvas na mesma figura.



Figura 6.11 – Fraturamento do bloco B-1.

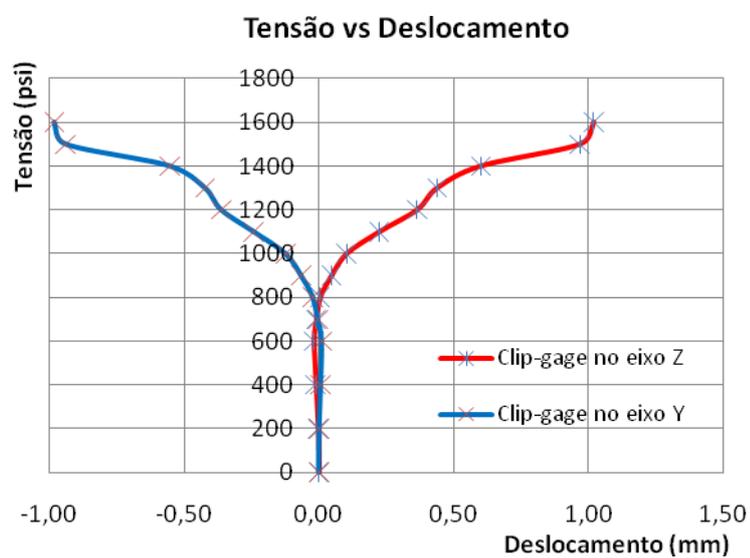


Figura 6.12 – Curva Tensão vs Deslocamento.

No final do ensaio, foi observado que os grãos do *gravel pack* tinham se mobilizado para a base do tubo e a tampa de selagem que não resistiu as pressões, como mostra a Figura 6.13.



Figura 6.13 – Grãos de *gravel pack* mobilizados embaixo do tubo.

### Bloco B-2

O comportamento do bloco foi o similar ao bloco prévio B-1, o fraturamento foi muito parecido, como mostra a Figura 6.14, mas as curvas foram um pouco mais estáveis, se pode atribuir esse desempenho ao maior cuidado para o preenchimento e selado do *gravel pack*, que reteve melhor os grãos dentro do bloco.



Figura 6.14 – Fraturamento do bloco B-2.

Como no ensaio anterior se obteve no intervalo da carga de 1400 psi a 1500 psi o maior deslocamento dos clips nas curvas, e no final, como observado anteriormente, o deslocamento na vertical foi o maior, como mostra a Figura 6.15.

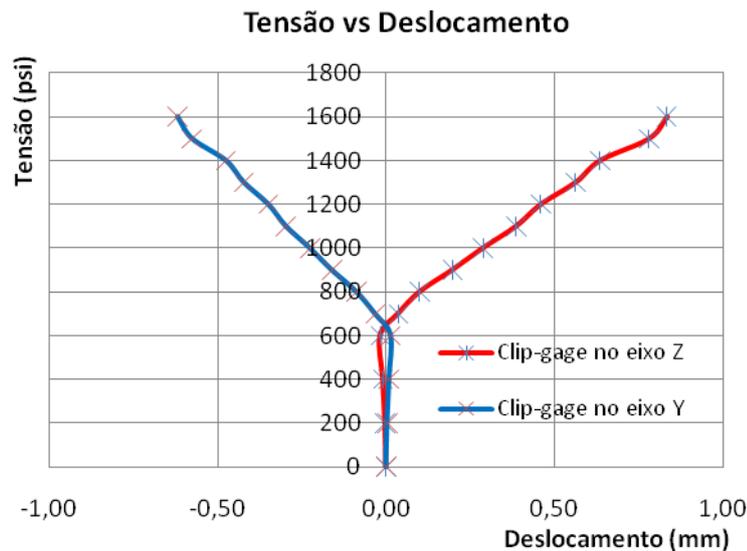


Figura 6.15 – Tensão vs Deslocamento.

### Bloco B-3

Neste ensaio se teve uma pequena variação nas curvas de confinamento, este efeito pode ser causado no momento de encostar os atuadores no início do ensaio, antes de aplicar a cargas nos eixos “Z” e “Y”, mas o comportamento deste bloco foi similar aos casos anteriores, como mostra a Figura 6.16, também o deslocamento no eixo vertical foi maior que do eixo horizontal.

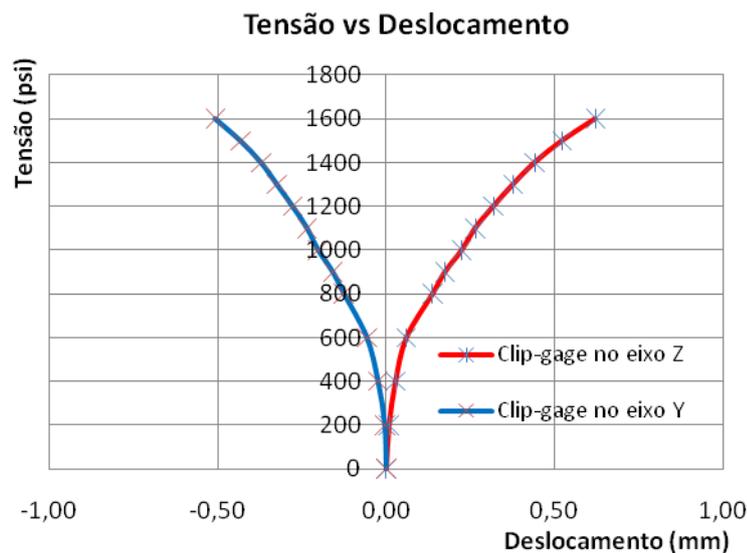


Figura 6.16 – Tensão vs Deslocamento.

O tubo utilizado teve dois extensômetros como no caso do bloco A-3, estes registraram as deformações suportadas pelo tubo, segundo as curvas pode-se interpretar no início das cargas desviadoras, que o tubo por estar encostado na base do furo teve maior deslocamento vertical motivando como indica o *strain gage Z* uma deformação de tração, que depois com os incrementos nas cargas de 1100 psi e 1400 psi aproximadamente, se teve uma deformação constante até que passou a ter uma deformação por compressão, como mostra a figura 6.17. Pelas curvas mostradas se pode entender que as pressões no contorno do tubo vão aumentado e produzindo alterações que foram desde o início com um possível reacomodo dos grãos do *gravel* até uma posterior rigidez dando uma deformação no eixo de maior carga.

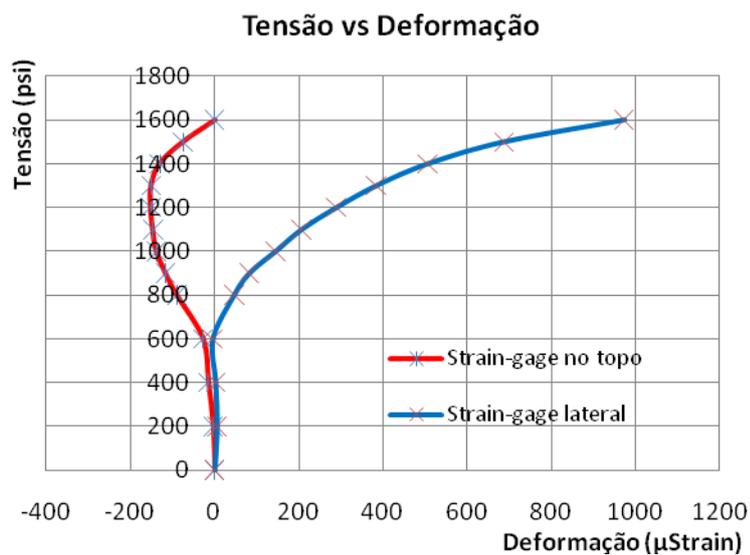


Figura 6.17 – Tensão vs Deformação.

Neste ensaio não se teve essa curva pronunciada deslocamentos de 1400psi até 1500 psi. Finalizado o ensaio o bloco não teve fratura alguma, como mostra a Figura 6.18.



Figura 6.18 – Bloco sem fraturas no final do ensaio.

### 6.2.5. Stand Alone

#### Bloco C-1

Este bloco não chegou a gerar detritos para preencher o espaço vazio entre o furo e o tubo, o que foi notado é que a partir da carga 1400 psi o bloco precisou de um continuo aumento de pressão para que seja mantida uma determinada carga no bloco, o que pode indicar uma redução da resistência do material devido ao fraturamento do mesmo.

Pode-se observar na Figura 6.19 o interior do furo, depois dos carregamentos no bloco C1, que atingiram os 1800 psi.



Figura 6.19 – Interior do furo fraturado do bloco C-1.

### Bloco C-2

Neste ensaio observou-se o processo de produção dos sólidos que foram preenchendo os espaços laterais entre o furo e o tubo, e com os contínuos incrementos de cargas o tubo foi pressionado até dar uma forma ovalada, até a queda de pressão com carga de 5000 psi, ocasionada por uma desconexão no sistema de pressões da câmara cúbica.

A produção de sólidos começou aos 9 min de ensaio na carga de 1400 psi como mostra o vídeo SA-2, e o início das deformações do tubo foi a partir do minuto 24 na carga de 2800 psi como mostra a Figura 6.20. No eixo “Z” o deslocamento (por extensão) foi menor, e no eixo “Y” o deslocamento (por compressão) foi maior produzindo a ovalização.

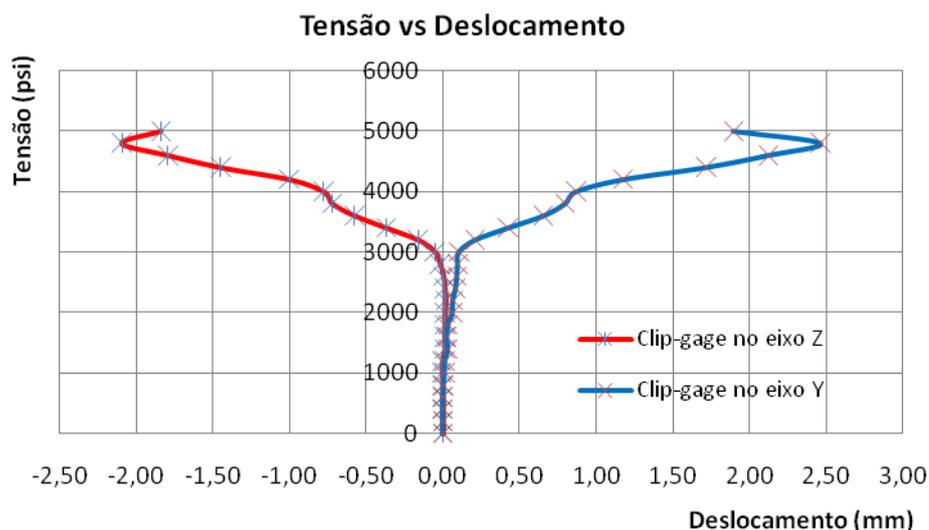


Figura 6.20 – Tensão vs Deslocamento do bloco C-2.

Na carga de 4400 psi, (Figura 6.21) teve-se uma mudança na direção da curva devido a que as tensões de tração ocasionadas pelas pressões laterais gradualmente passaram a ser de compressão devido a que as cargas maiores começaram a ser aplicadas no eixo vertical do tubo pelos arcos do topo e base do furo como mostra o vídeo AS-2 até que na carga de 5000 psi muda outra vez a direção, mas nesta vez é ocasionada pela queda de pressão. Deve-se notar que os *strain gage* são mais sensíveis em comparação com o transdutor de deslocamento.

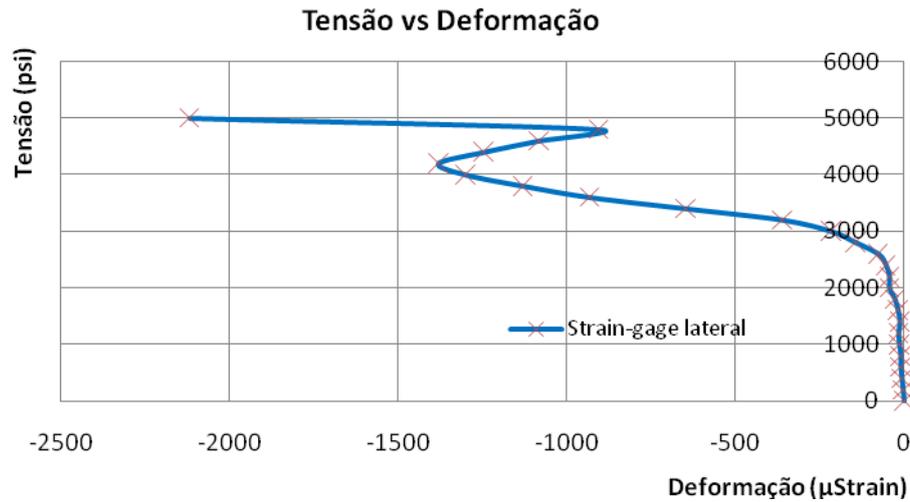


Figura 6.21 – Tensão vs Deformação do Strain-lateral no bloco C-2.

No final do ensaio, o tubo ficou ovalizado como consequência da pressão exercida pelos sólidos produzidos nas laterais, como mostra a Figura 6.22.



Figura 6.22 – Tubo ovalizado pelos sólidos produzidos.

O tubo foi retirado do furo junto com os sólidos produzidos e o formato é como se mostra na Figura 6.23.



Figura 6.23 – Formato (*Breakout*) depois dos carregamentos.

O bloco depois de retirado da câmara se manteve inteiro, não tinha fraturas, mas apresentou fissuras quase paralelas aos eixos “Z” e “Y”, como mostra a Figura 6.24.



Figura 6.24 – Bloco C-2 depois dos carregamentos.

Na Figura 6.25, mostra os sólidos produzidos de diferentes formas e tamanhos extraídos do interior do furo.



Figura 6.25 – Sólidos produzidos no interior do furo.

### Bloco C-3

O transdutor de deslocamento ficou danificado no ensaio anterior, o que o causou a utilização unicamente do tubo instrumentado. A figura 6.26, mostra as deformações sofridas pelo tubo, que deram começo na carga de 3600 psi, onde o strain horizontal teve deformações por extensão até os 6000 psi para logo passar gradualmente para deformações por compressão, do mesmo modo o strain vertical teve uma mudança gradual de deformação de compressão para extensão na carga de 5800 psi,

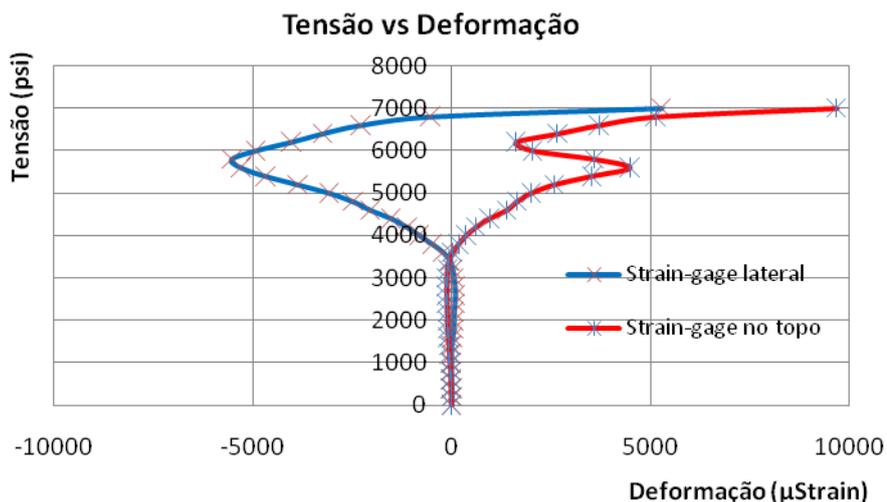


Figura 6.26 – Curvas de tensão vs deformação do bloco C-3

O tubo foi analisado visualmente para conferir as curvas de deformações da Figura 6.26, e especificamente a curva gerada na carga de 6400 psi do *strain*