

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C. S.; COSTA, A. M.; GONÇALVES, C. J. DE CASTRO; FONSECA, C. F. (1999). **Reavaliação do Comportamento do Poço 1-RJS-480 por ocasião do Fechamento do Revestimento de 9 5/8" no Trecho de Travessia da Zona de Sal**, Relatório PETROBRAS/CENPES/DIPREX/SEDEM-013.

ANDRADE, L. L. (1980). **Os Evaporitos de Sergipe (Geologia, Exploração e Industrialização)**. Seminário apresentado ao Departamento de Química da PUC/RJ.

ASSIS, A. P. (1990). **A Method for Evaluating the transient creep of Potash**. Tese de Doutorado. University of Alberta.

BAAR, C. A (1977). **Applied Salt-Rock Mechanics 1. The in-situ behavior of salt rocks**, 294p.

BILLO, S. M. (1996) Geology of marine evaporites favorable for oil, gas exploration. **Oil and Gas Journal**, feb 05, p 69-73.

BOYLE, J. T.; SPENCE, J. (1983). **Stress Analysis for Creep**, Butterwoth, London.

CHANG, H.K. KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F.; BENDER, A A. (1992). Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. **Tectonophysics**, 213, p 97-138.

COBBOLD, P. R. & SZATMARI, P. (1991). Radial gravitational gliding on passive margins. **Tectonophysics**, 188, p 249-289. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.

COSTA, A. M. (1984). **Uma Aplicação de Métodos Computacionais e Princípios de Mecânica das Rochas no Projeto e Análise de Escavações destinadas a Mineração Subterrânea**. Tese de Doutorado. UFRJ.

COSTA, A. M.; GONÇALVES, C. J. DE CASTRO; AMARAL, C. S. (1997). **Simulação do Comportamento do poço 6-RJS-457-RJ no trecho perfurado em zona de sal e dimensionamento dos revestimentos**, Relatório PETROBRAS/ CENPES/DIPREX/SEDEM-017.

COSTA, A. M.; POIATE JR., E.; FALCÃO, J. L. & COELHO L. F. M (2005). Triaxial Creep Tests in Salt Applied in Drilling Through Thick Salt Layers in Campos Basin – Brazil, **IADC/SPE 92629**.

COSTI, F. (2006). **Metodologia Numérica aplicada a Viscoelasticidade em Polímeros**". Dissertação de Mestrado. PUC-PR.

DOWLING, N. E. (1999). **Mechanical Behavior of Materials. Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue.** Second Edition.

DUSSEAUULT, M. B. (2005). **Alaska Rocks Course on Earth Stresses and Drilling Rock Mechanics - Module H - Stresses and Drilling in and Around Salt Structures,** University of Waterloo and Geomec a.s.

FARMER, P., MILLER, D., PIEPRZAK, A., RUTLEDGE, J., WOODS, R. (1996). **Exploring the subsalt.**

FINDLEY, W. N.; LAI, J. S.; ONARAN, K. (1976). **Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials with an introduction to linear viscoelasticity.** North-Holland Publishing Company, p344.

FJAER, E., HOLT, R. M., HORSRUD P., RAAEN, A. M., RISNES, R. (1996). **Petroleum related rock mechanics.** 2nd ed. Elsevier.

FOSSUM, A. F. & FREDRICH, J.T. (2002). **Salt Mechanics Primer for Near-Salt and Sub-Salt Deepwater Gulf of Mexico.** Field Developments. Sandia Report 2063.

FRAYNE, M. A. & MRAZ, D. Z. (1991). Calibration of a Numerical Model for Different Potash Ores, **Seventh International Congress on Rock Mechanics, Aachen/Deutschland.**

GEORG, D. (1994). Technology That Lead to Mahogany Driving Global Exploration of Salt Bodies, **Offshore,** p27-34

GOODMAN, E. R. (1989). **Introduction to Rock Mechanics.** 2nd ed. John Wiley & Sons.

GRAVINA, C. C. (1997). **Simulação Numérica do Comportamento Mecânico do Sal em Poços de Petróleo,** Dissertação de Mestrado. Unicamp.

JAEGER, J. C. & COOK, N. G. K. (1979). **Fundamentals of Rock Mechanics,** Chapman and Hall, Londres.

KUPFER, D.H. (1974). Boundary shear zones in salt rocks. **IV Symp. Salt,** 1, p215-225.

KINSMAN, D.J.J. (1974). Evaporite deposits of continental margins. **IV Symp. Salt,** 1, p255-259.

MACKAY, F., BOTELHO, F. V. C., INOUE, N., FONTOURA, S. A. B. (2007). Análise do Comportamento de Evaporitos. **4o PDPETRO,** Campinas, SP.

MEDEIROS, F. A. S. (1999). **Análise do Comportamento de Colunas de Revestimento Frente à Movimentação do Sal em Poços de Petróleo,** Dissertação de Mestrado, PUC-Rio.

MUNSON, D. E. & DAWSON, P. R. (1984). Salt Constitutive modeling using mechanism maps, Proceedings, **1st Conference on the Mechanical Behavior of Salt,** Tech Publications, Clausthal, Germany, pp. 717-737.

MUNSON, D. E. & DEVRIES, K. L. (1991). Development and Validation of a Predictive Technology for Creep Closure of Underground Rooms in Salt, **Seventh International Congress on Rock Mechanics**, vol 1, pp 127-134, Aachen/Deutschland.

OLIVEIRA, J. E.; IDAGAWA, L. S.; NOGUEIRA, E. C. (1985). **Evaporitos na Bacia de Campos, Aspectos Geológicos e Problemas de Perfuração**, PETROBRAS/CENPES-475.

OLIVEIRA, P. R. L. (2004). **Análise não linear de Deformação Lenta utilizando o Método dos Elementos Finitos**. Dissertação de Mestrado. UFPR.

POIATE JR., E.; COSTA A. M & FALCÃO J. L (2006). Well Design for Drilling Through Thick Evaporite Layers in Santos Basin – Brazil, **IADC/SPE 99161**.

ROCHA, L. A. S. & AZEVEDO, C. T. (2007). **Projetos de Poços de Petróleo: geopressões e assentamento de colunas de revestimento**. Rio de Janeiro. Editora Interciências: Petrobras.

SHEFFIELD, J. S.; COLLINS, K. B. & HACKNEY, R. M. (1983). Salt Drilling in the Rocky Mountains **IADC/SPE 11374**.

WILLSON, S. M. & FREDRICH J. T. (2005). Geomechanics Considerations for Through an Near Salt Well Design, **SPE 95621**.

APÊNDICE

A. Mapa dos mecanismos de deformação do sal (Munson, 1984; Fossum, A. F. & Fredrich, 2002)

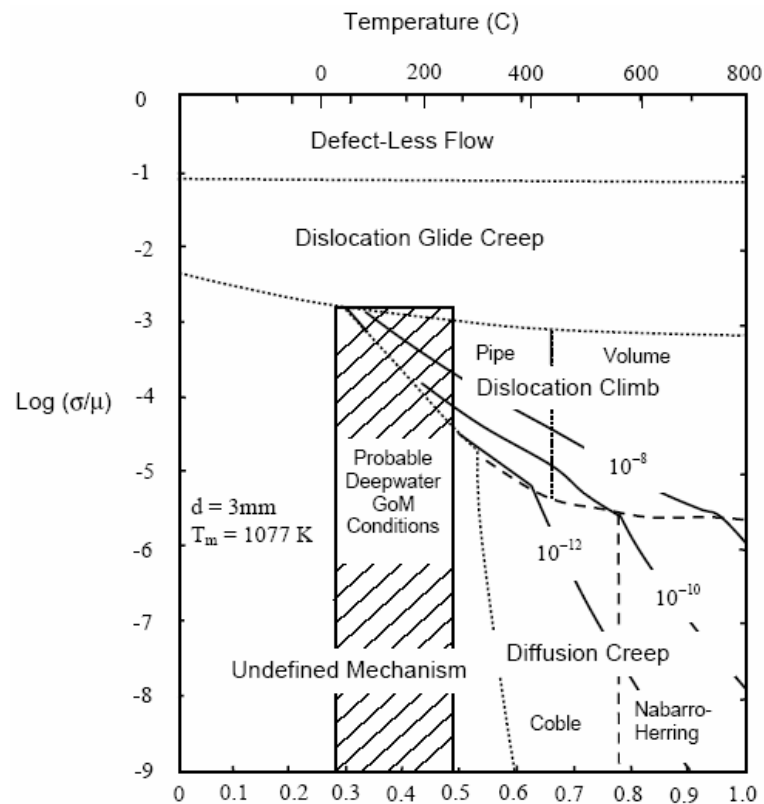
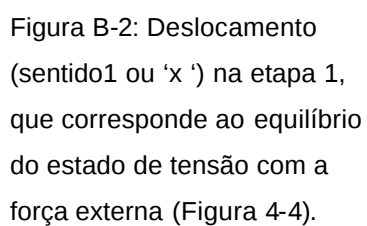


Figura A-1: Mapa dos mecanismos de deformação do sal (Munson, 1984; Fossum, A. F. & Fredrich, 2002)

B.1. Deslocamento Sentido 1



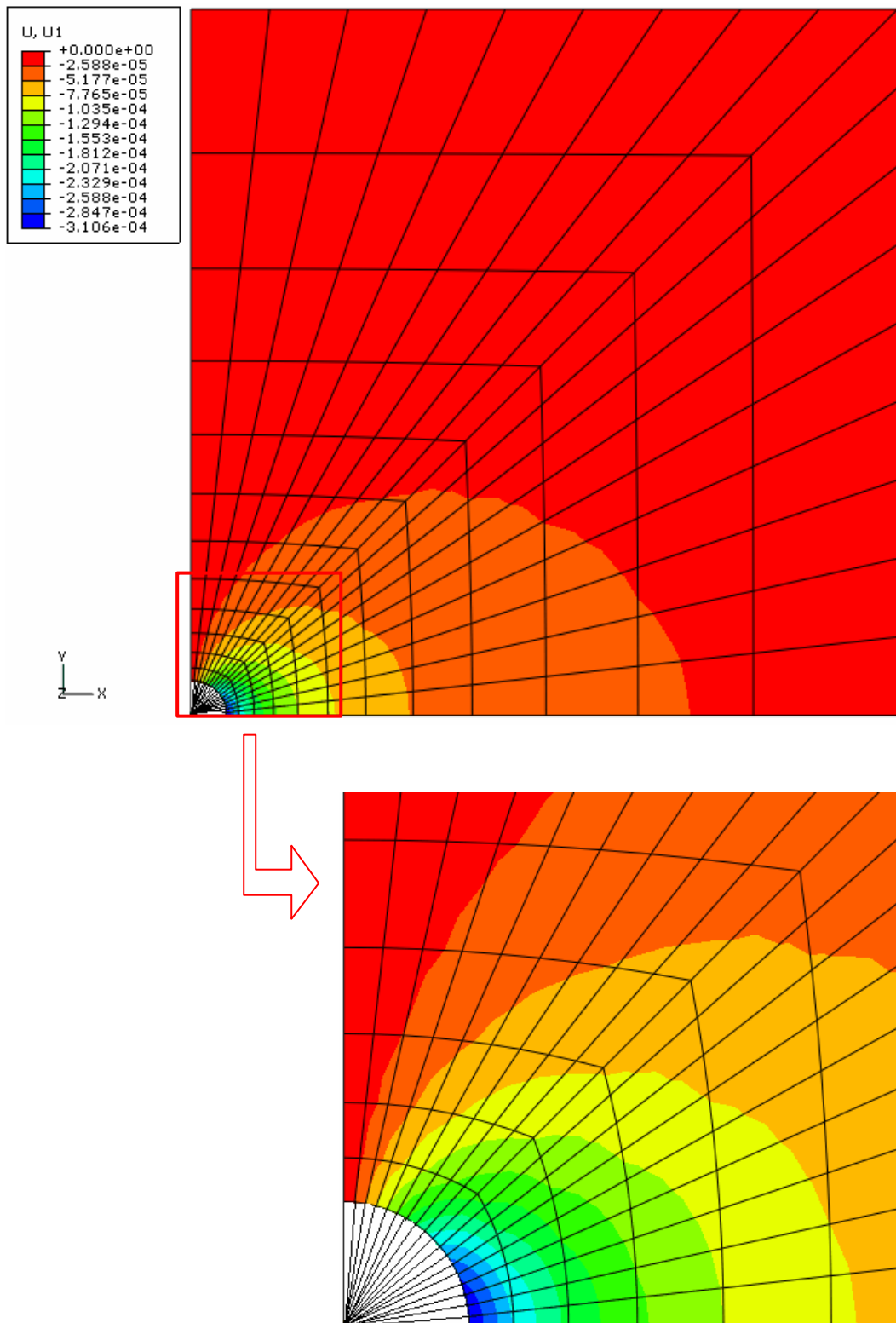


Figura B-3: Deslocamento, em metros, (sentido 1) na etapa 2, que corresponde a desativação dos elementos triangulares (em branco) que compõem o poço para simular a perfuração do poço. Nesta mesma etapa são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg.

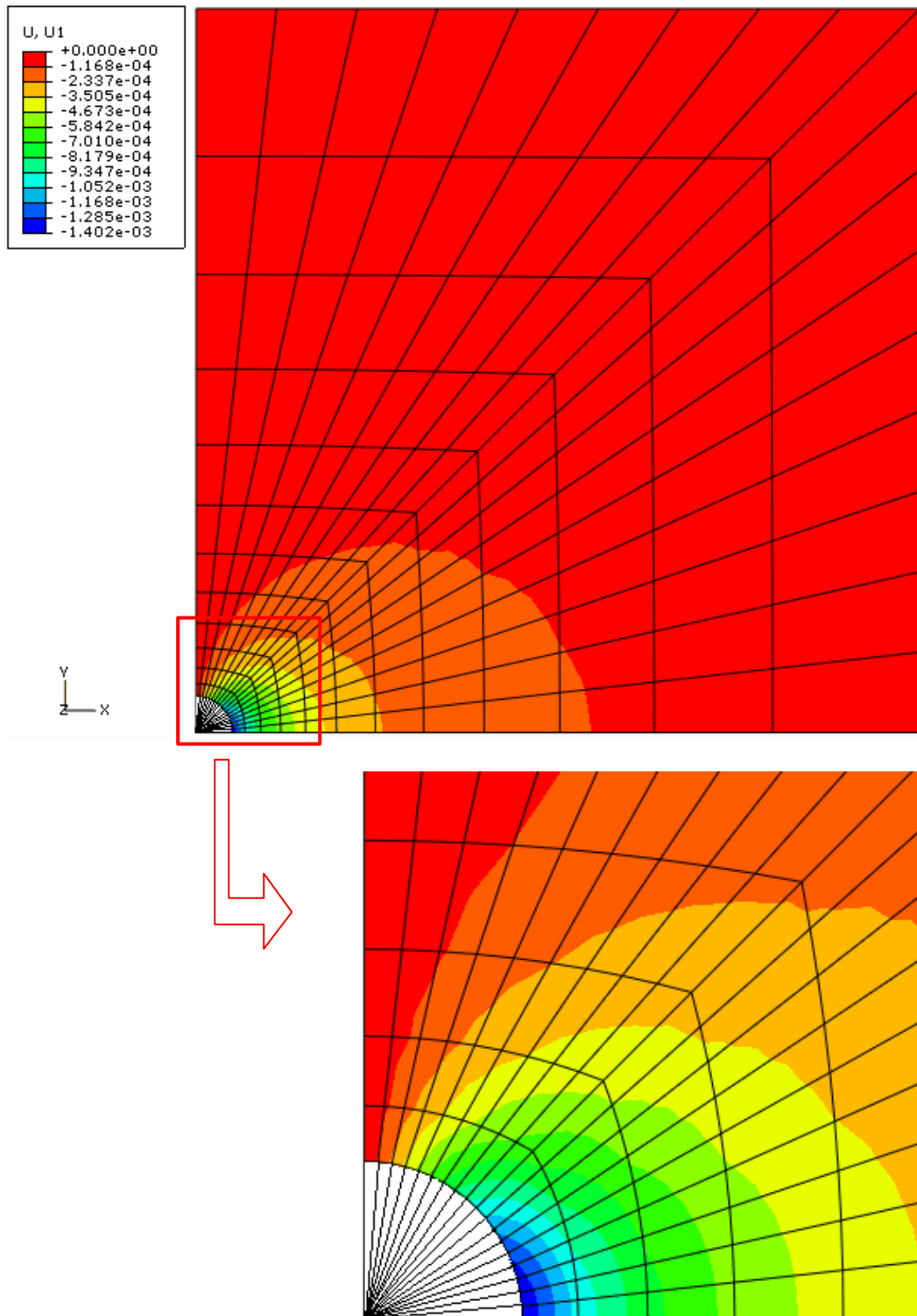


Figura B-4: Deslocamento, em metros, (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos. O sinal negativo da legenda significa que o deslocamento acontece para a esquerda.

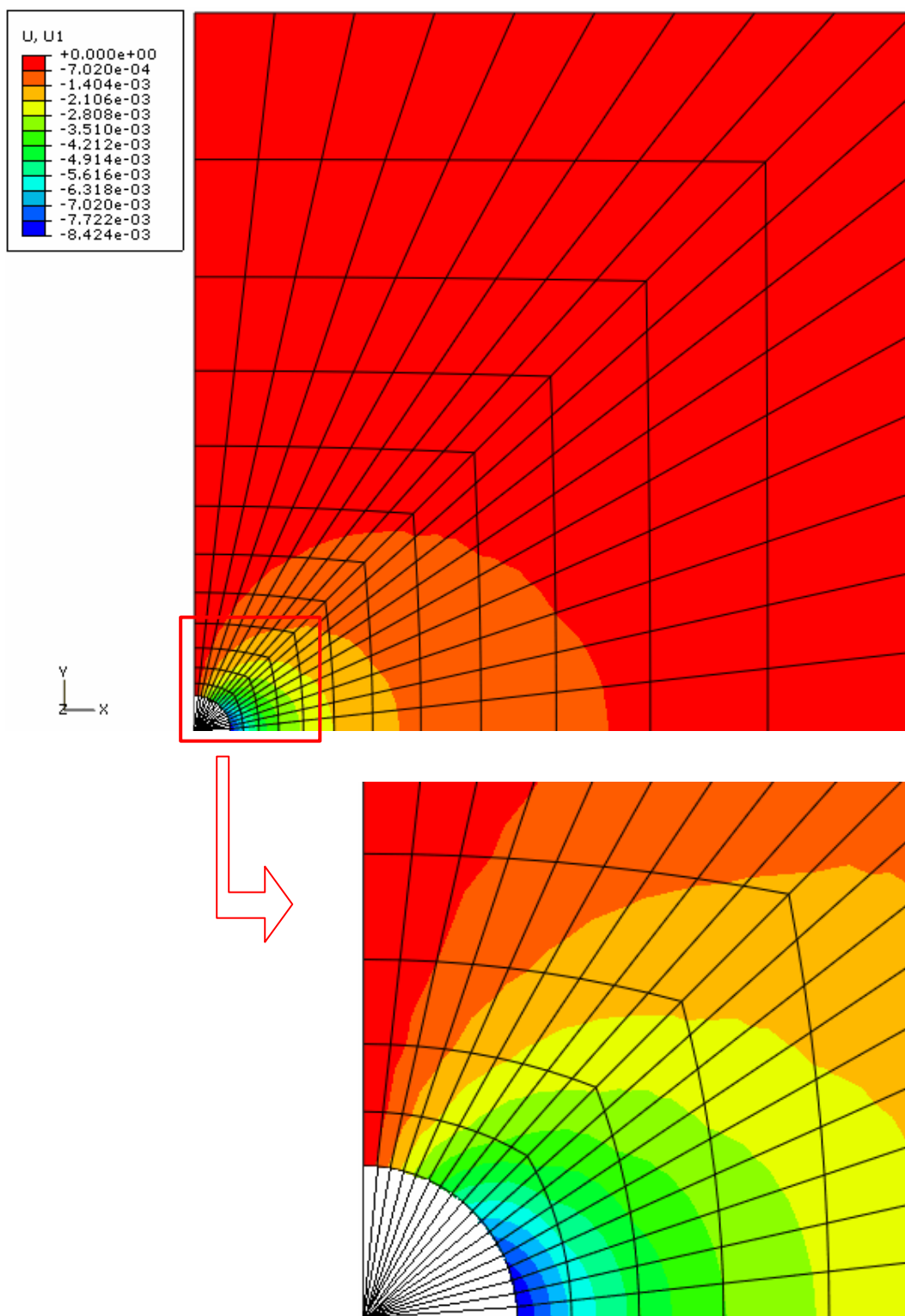


Figura B-5: Deslocamento, em metros, (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias. O sinal negativo significa que o deslocamento acontece para a esquerda.

B.2. Deslocamento Máximo (magnitude)

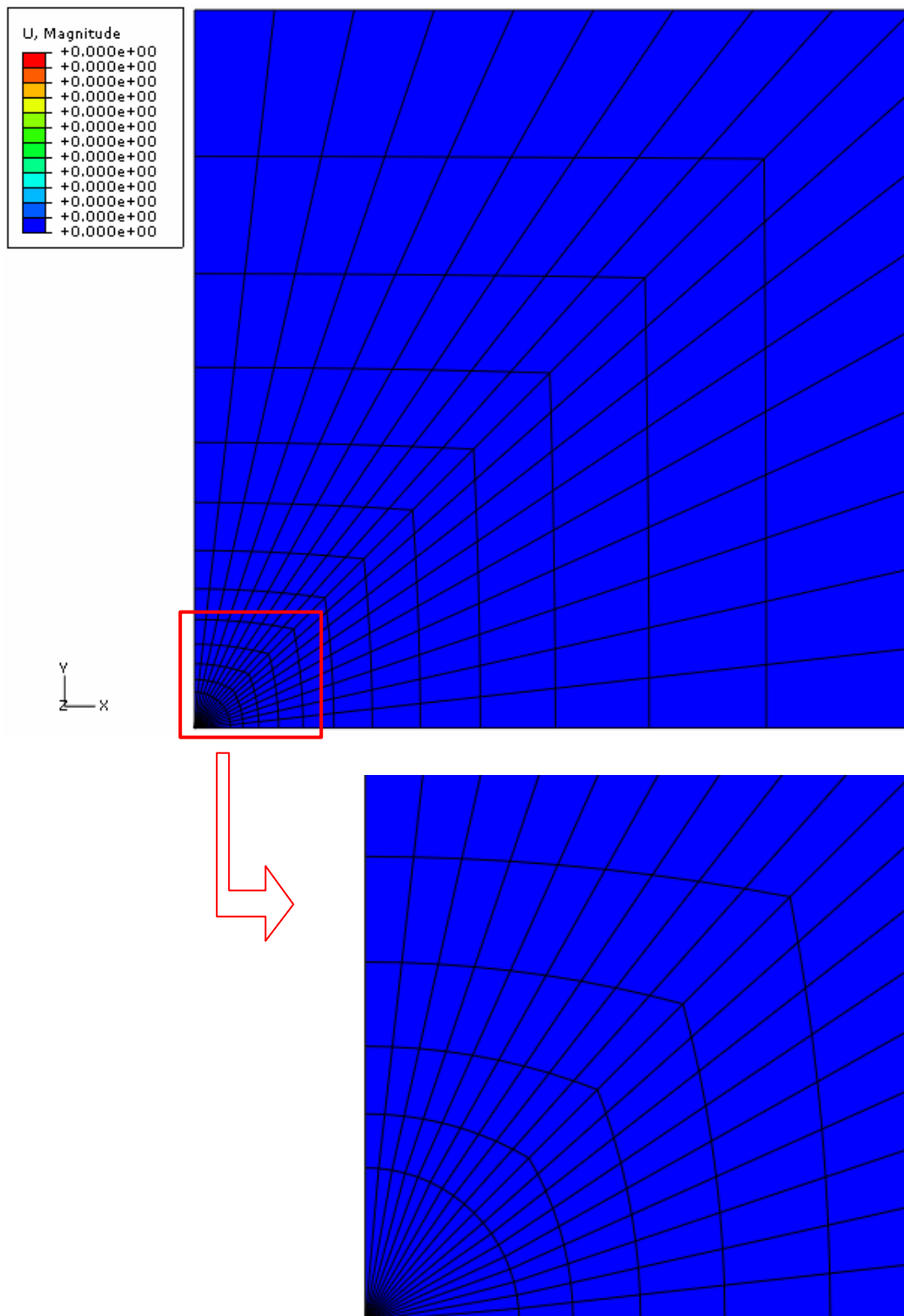


Figura B-6: Magnitude do deslocamento máximo na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

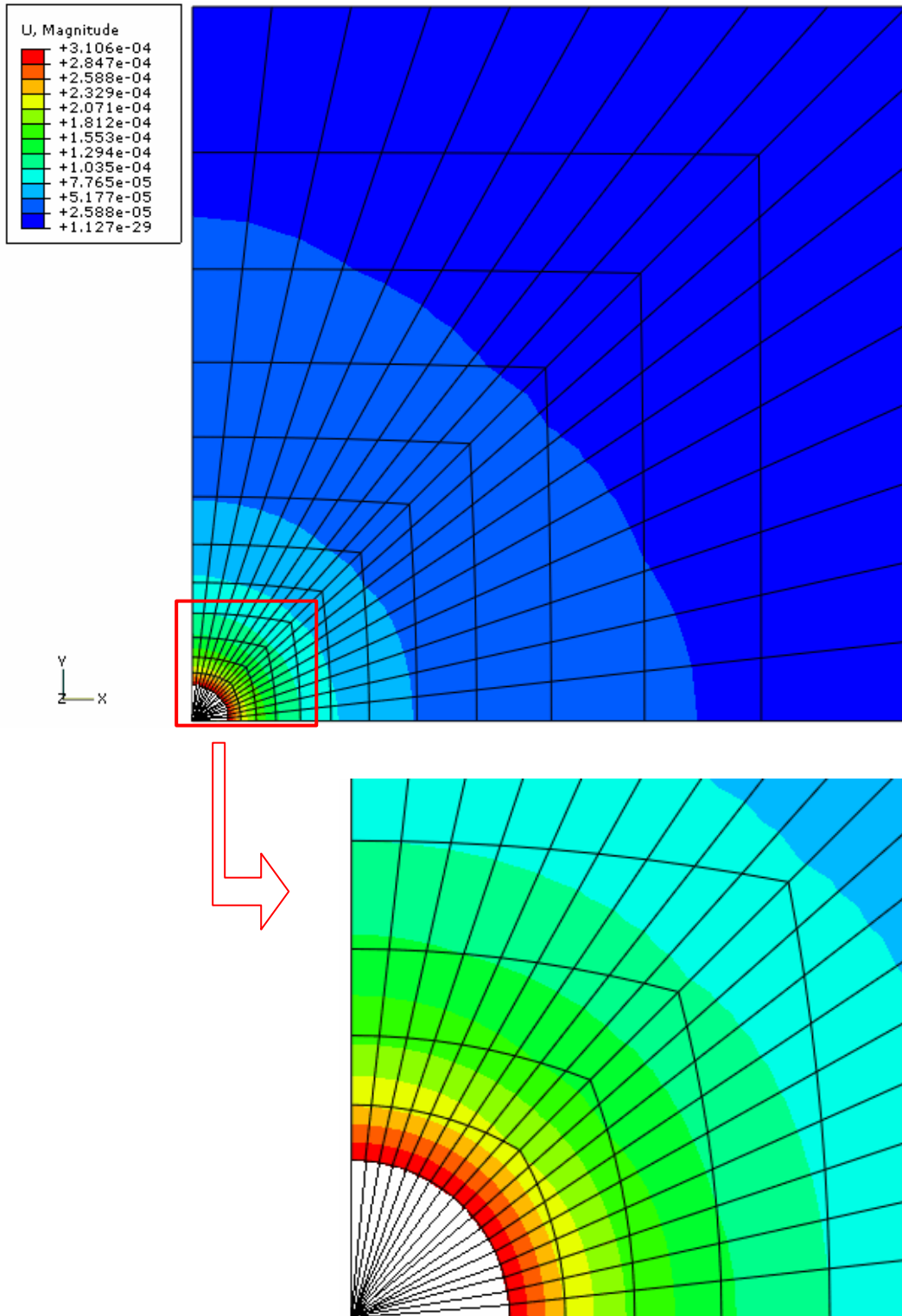


Figura B-7: Magnitude do deslocamento máximo, em metros, na etapa 2, que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular justamente a perfuração do poço, representados em branco. Nesta mesma etapa são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

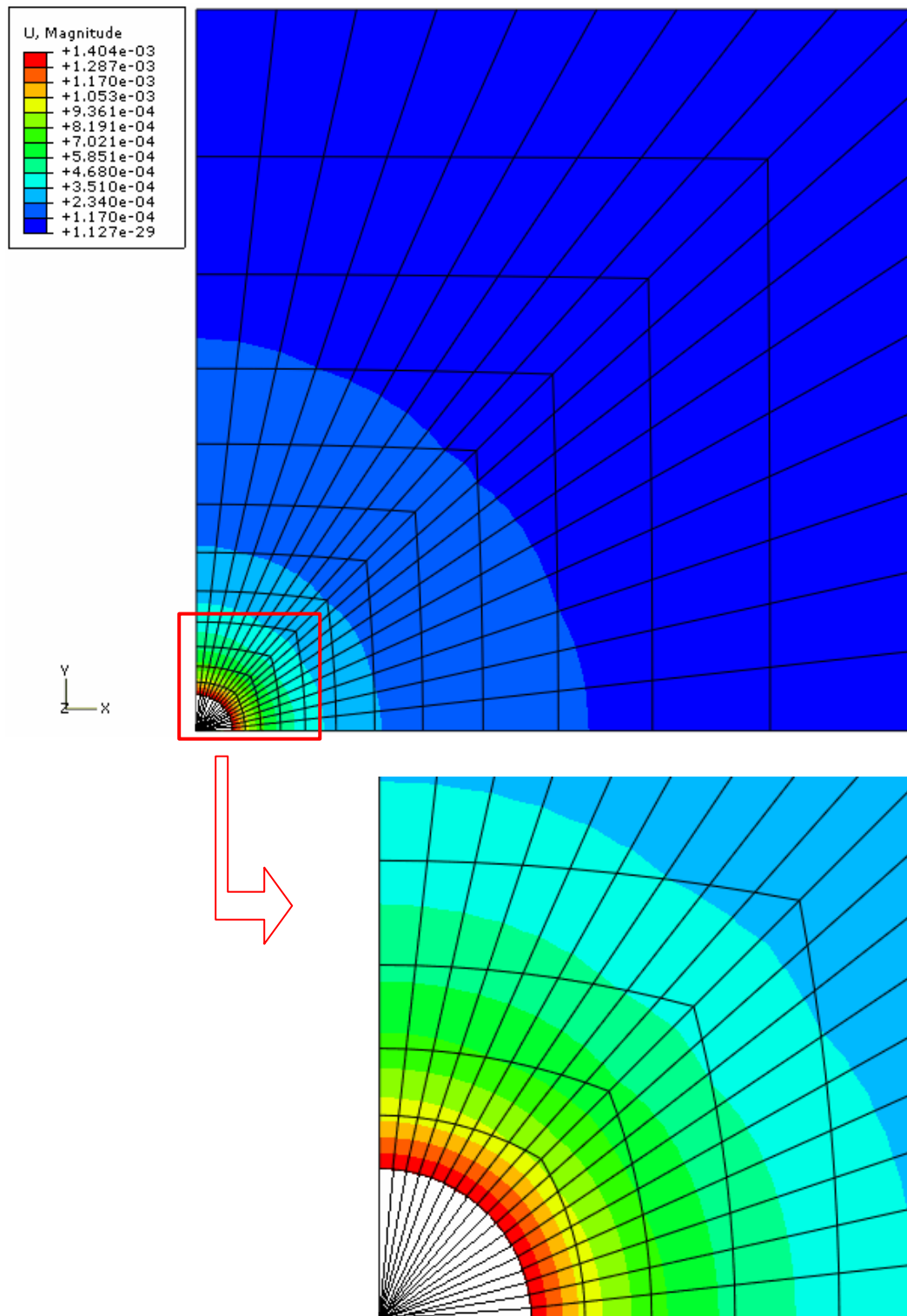


Figura B-8: Magnitude do deslocamento máximo, em metros na etapa 3, devido a fluência em um período de 900 segundos.

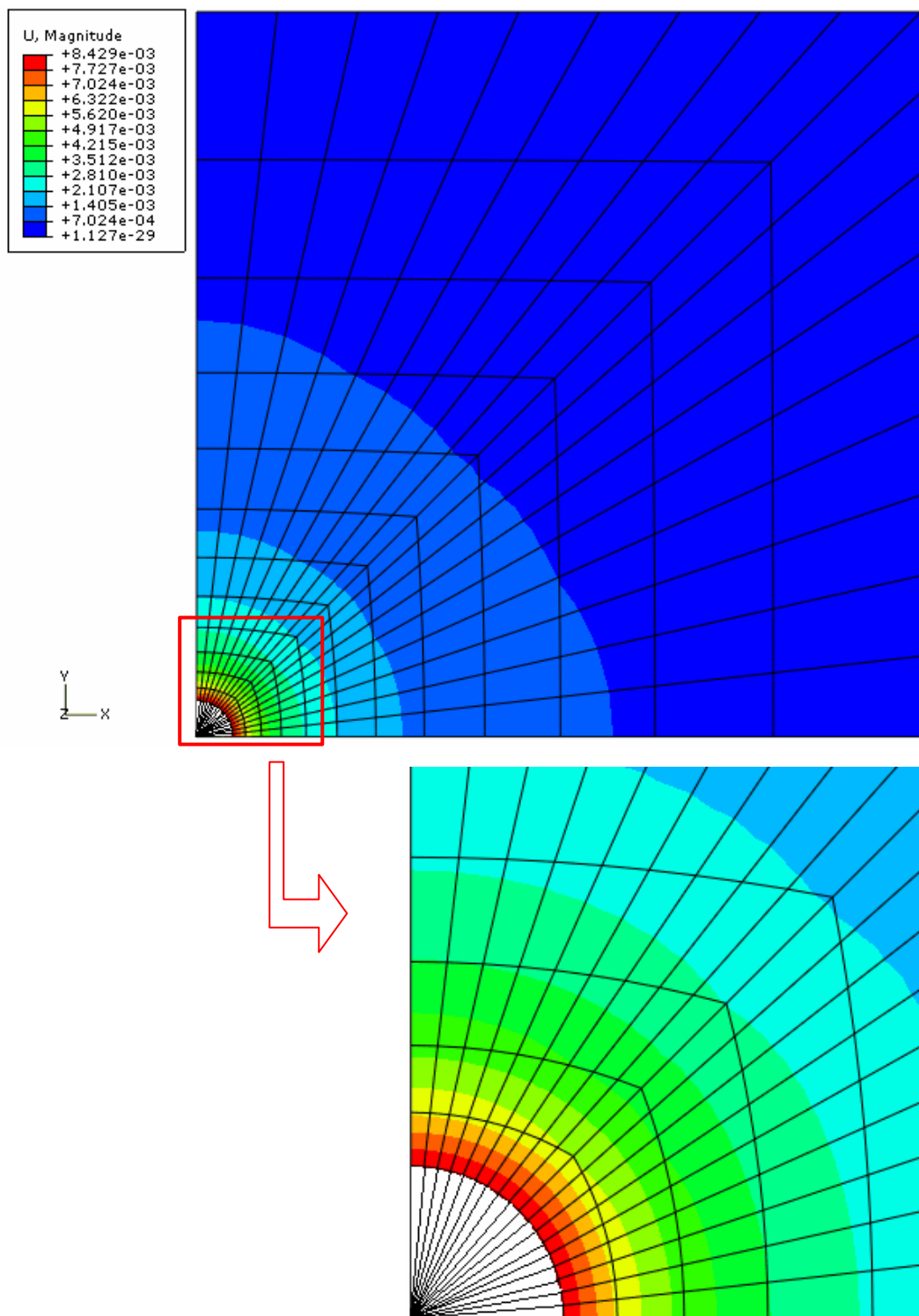


Figura B-9: Magnitude do deslocamento máximo, em metros correspondente a etapa 3, devido a fluência em um período de 30 dias.

B.3. Deformações Sentido 1

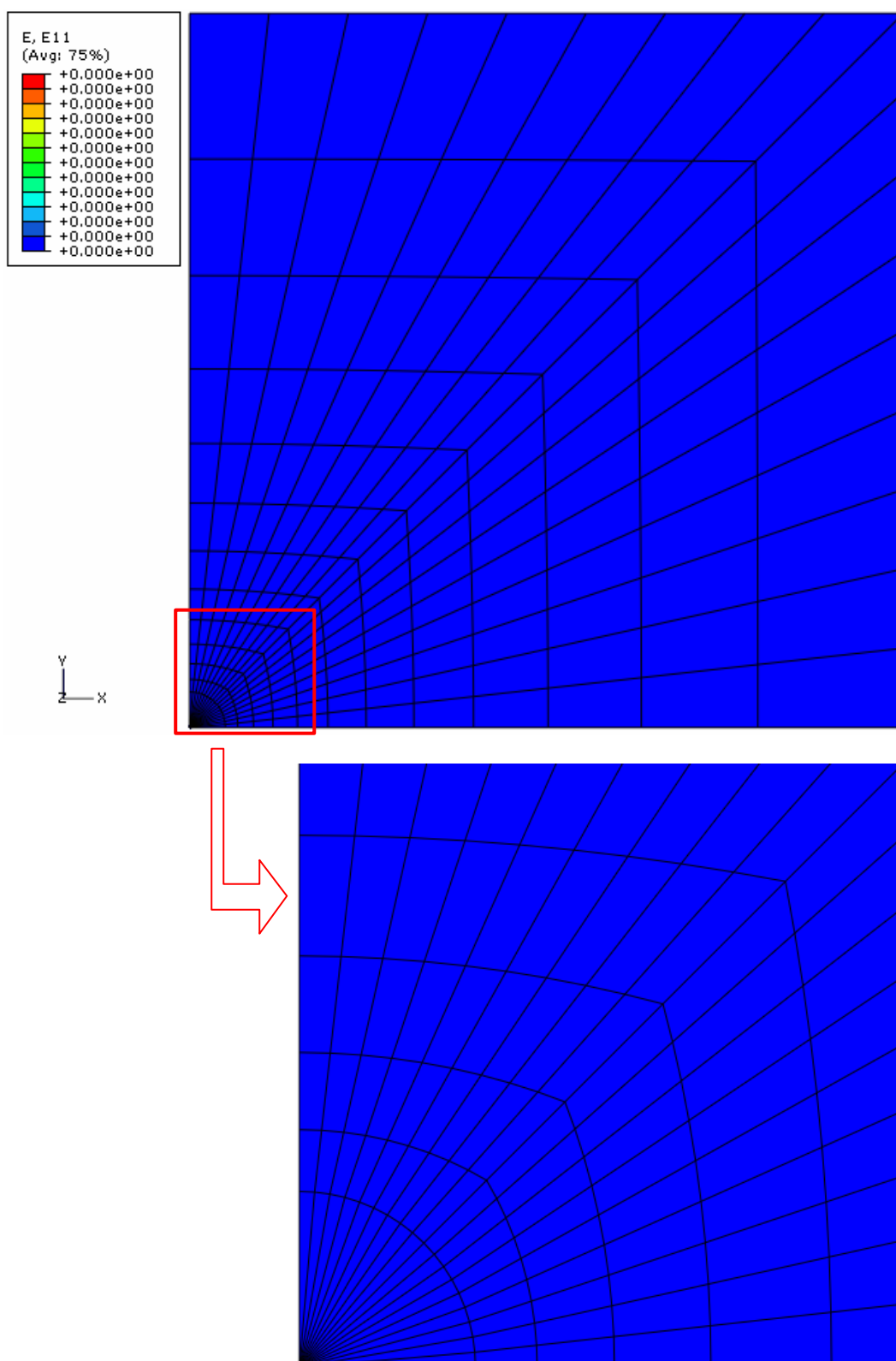


Figura B-10: Deformações (sentido1) na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

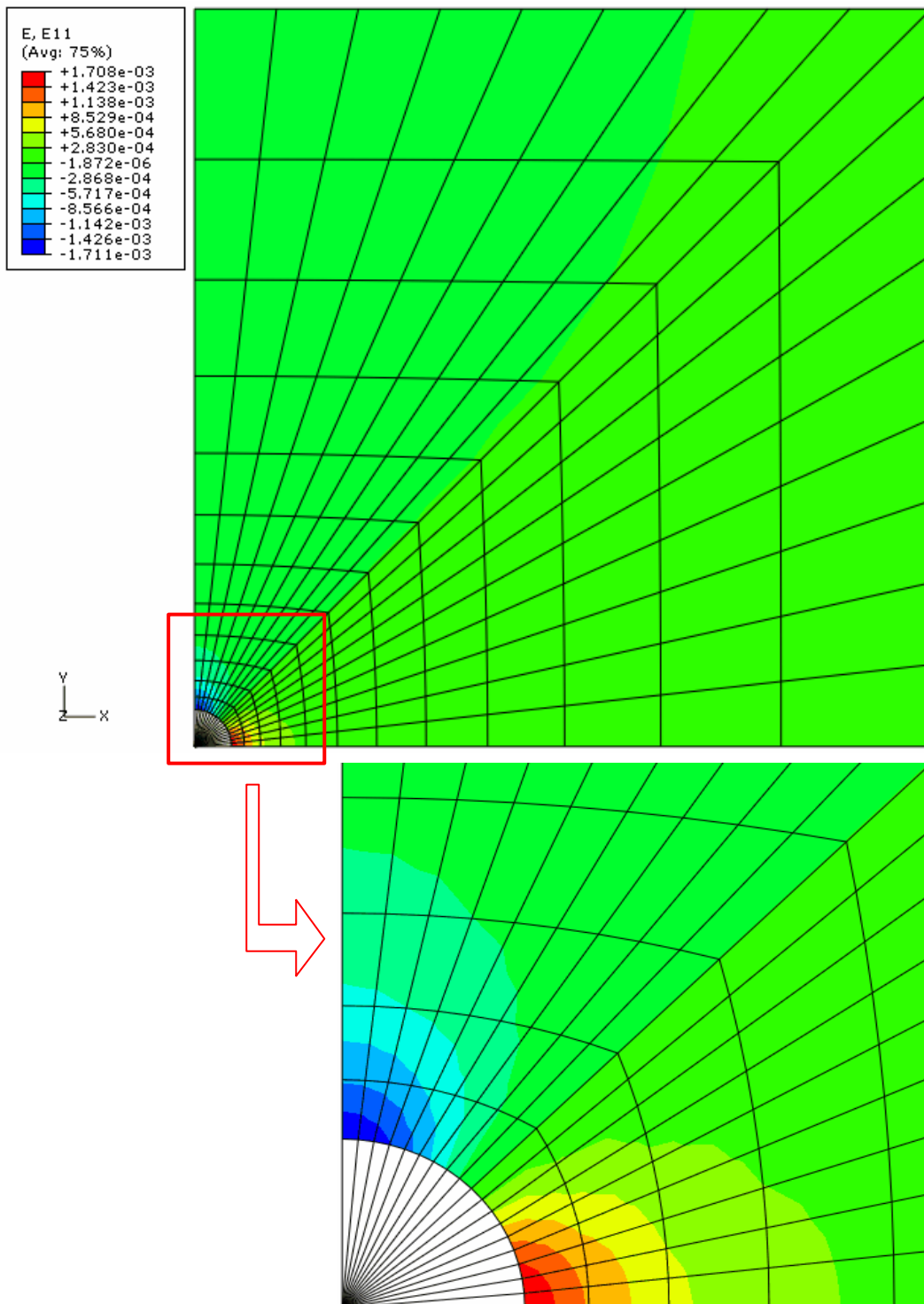


Figura B-11: Deformações (sentido 1) na etapa 2, que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular a perfuração do poço, representados em branco. Nesta mesma etapa são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

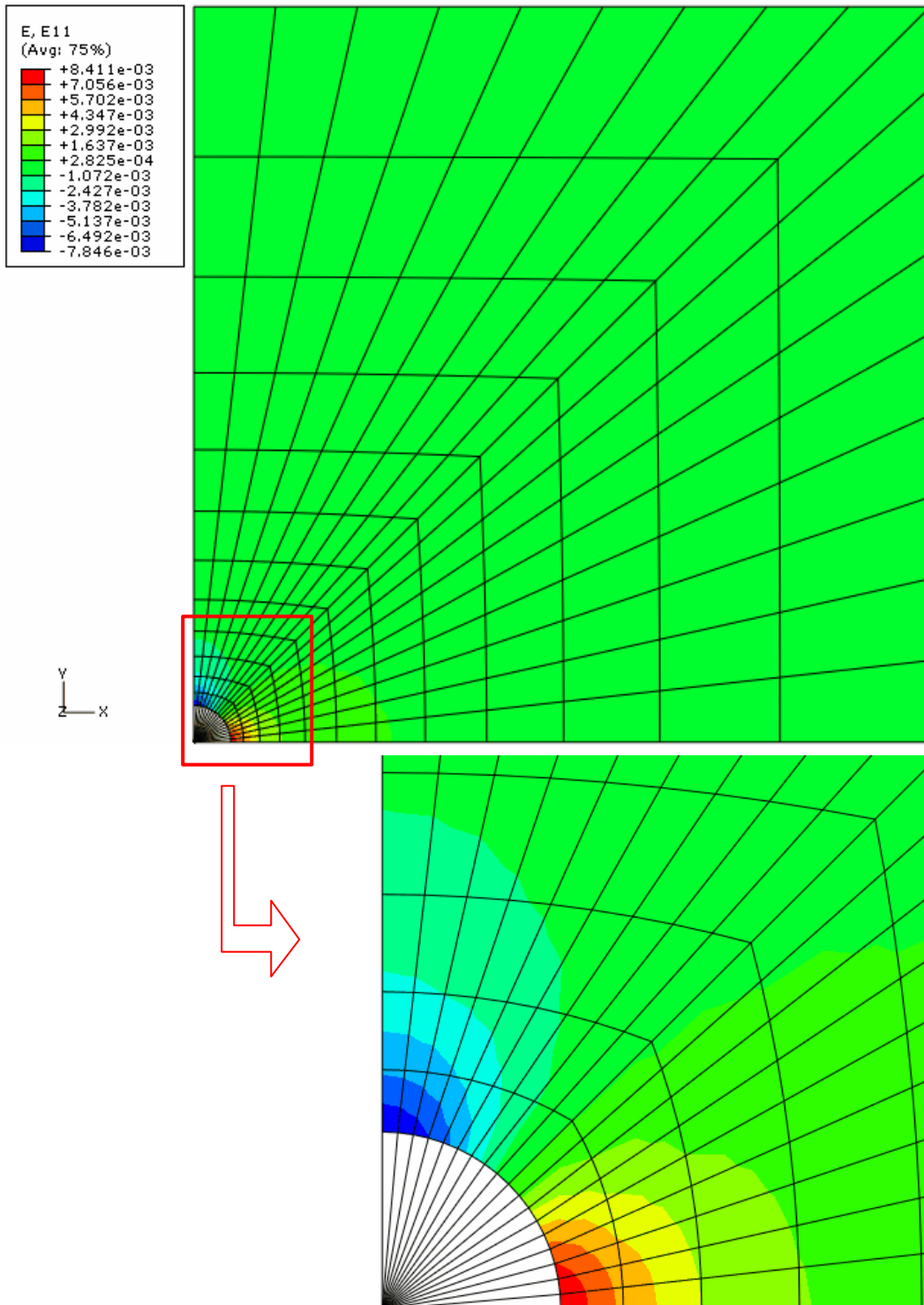


Figura B-12: Deformações (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos. No caso das deformações, o sinal positivo significa extensão e o negativo compressão.

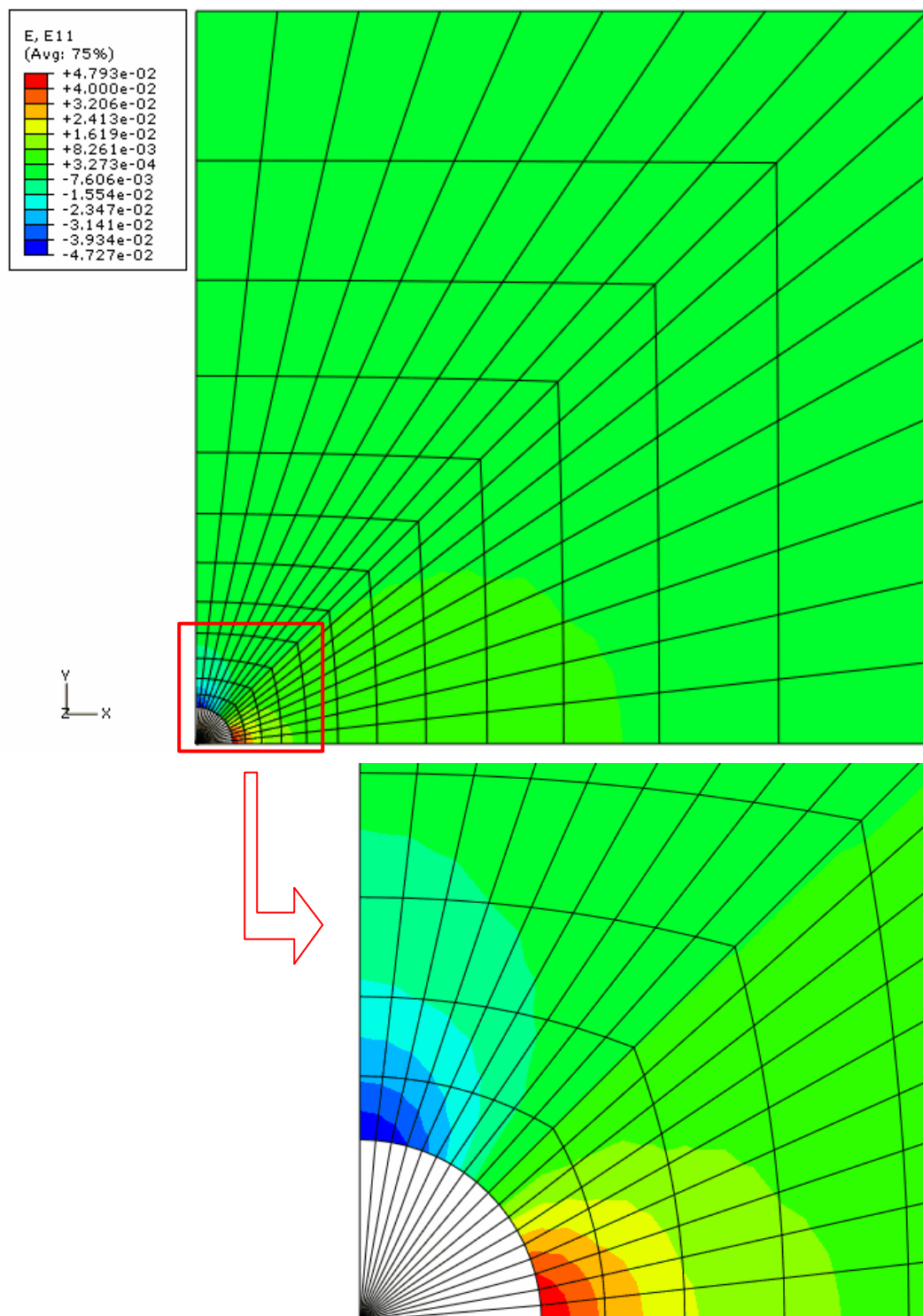


Figura B-13: Deformações (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

B.4. Deformações Máximas

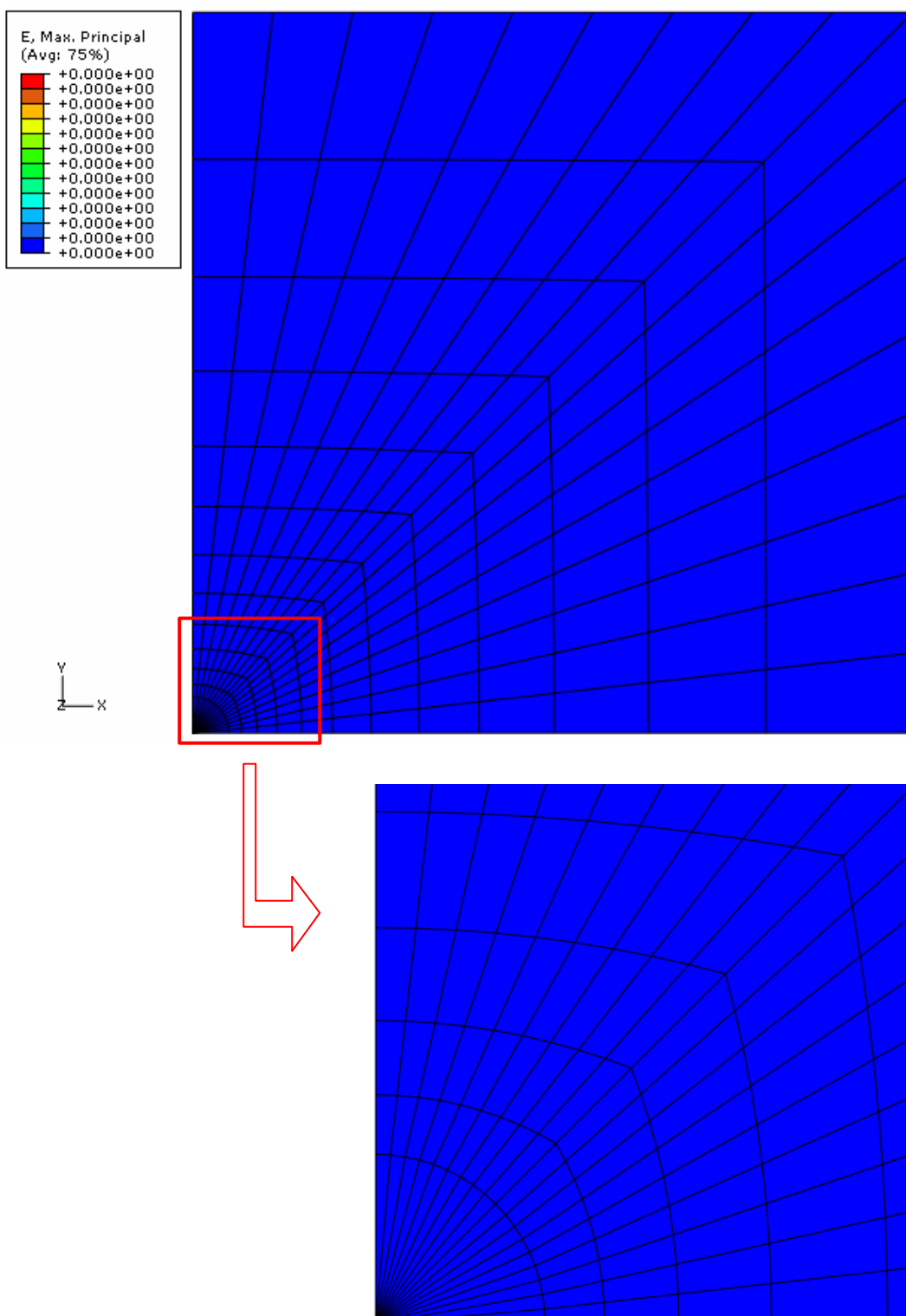


Figura B-14: Deformações máximas na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

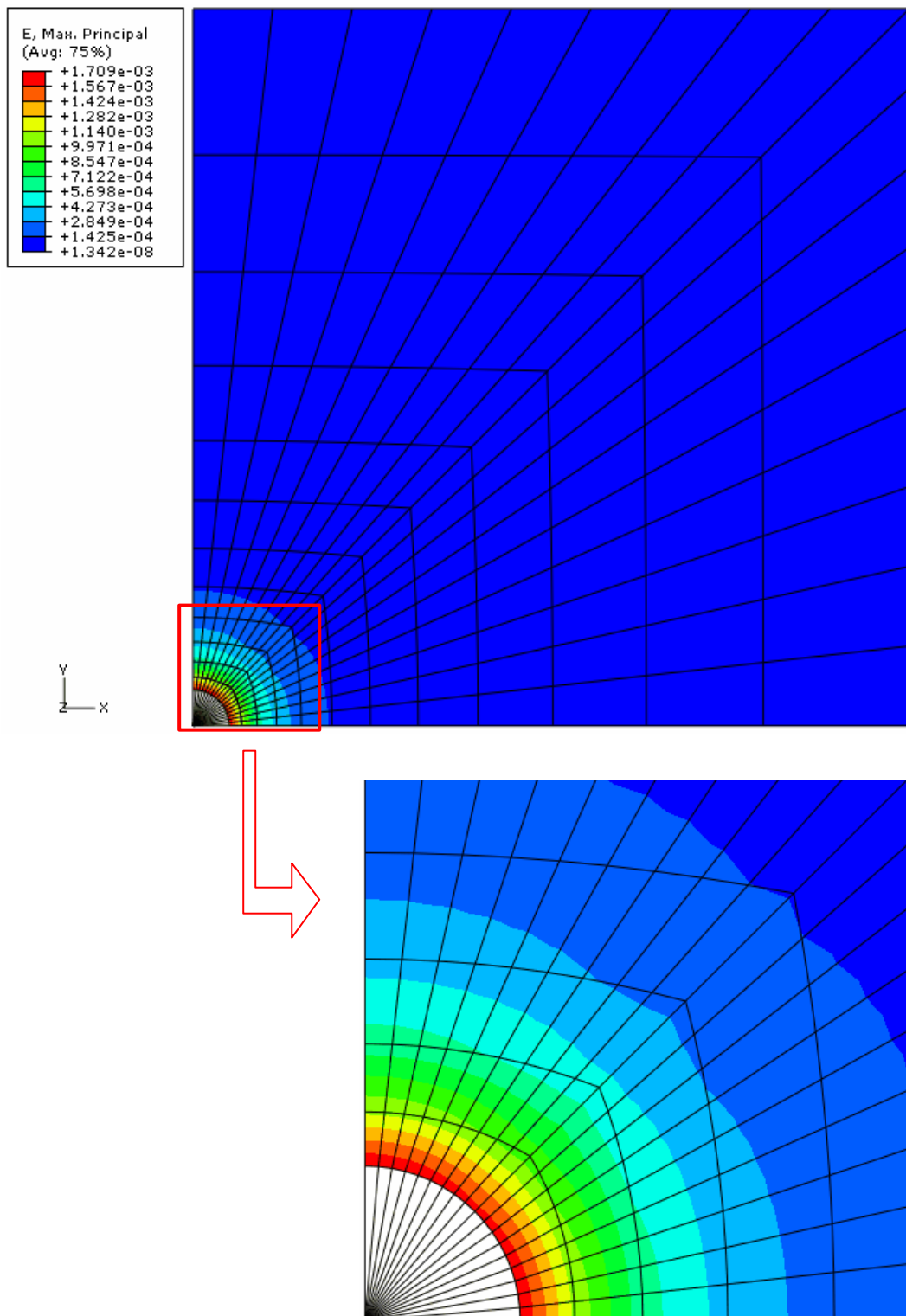


Figura B-15: Deformações máximas na etapa 2, que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular justamente a perfuração do poço, representados em branco. Nesta mesma etapa são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

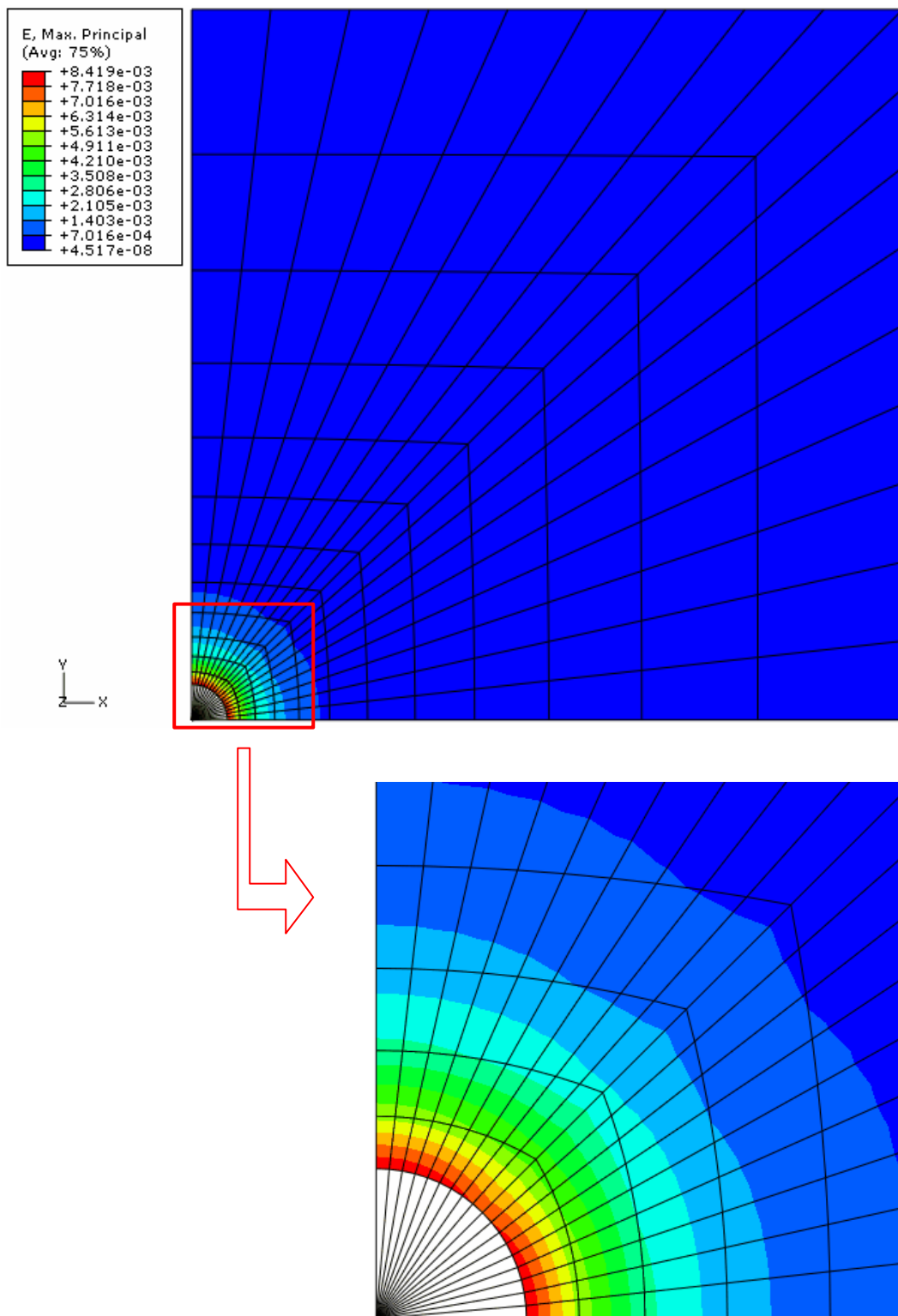


Figura B-16: Deformações máximas na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos.

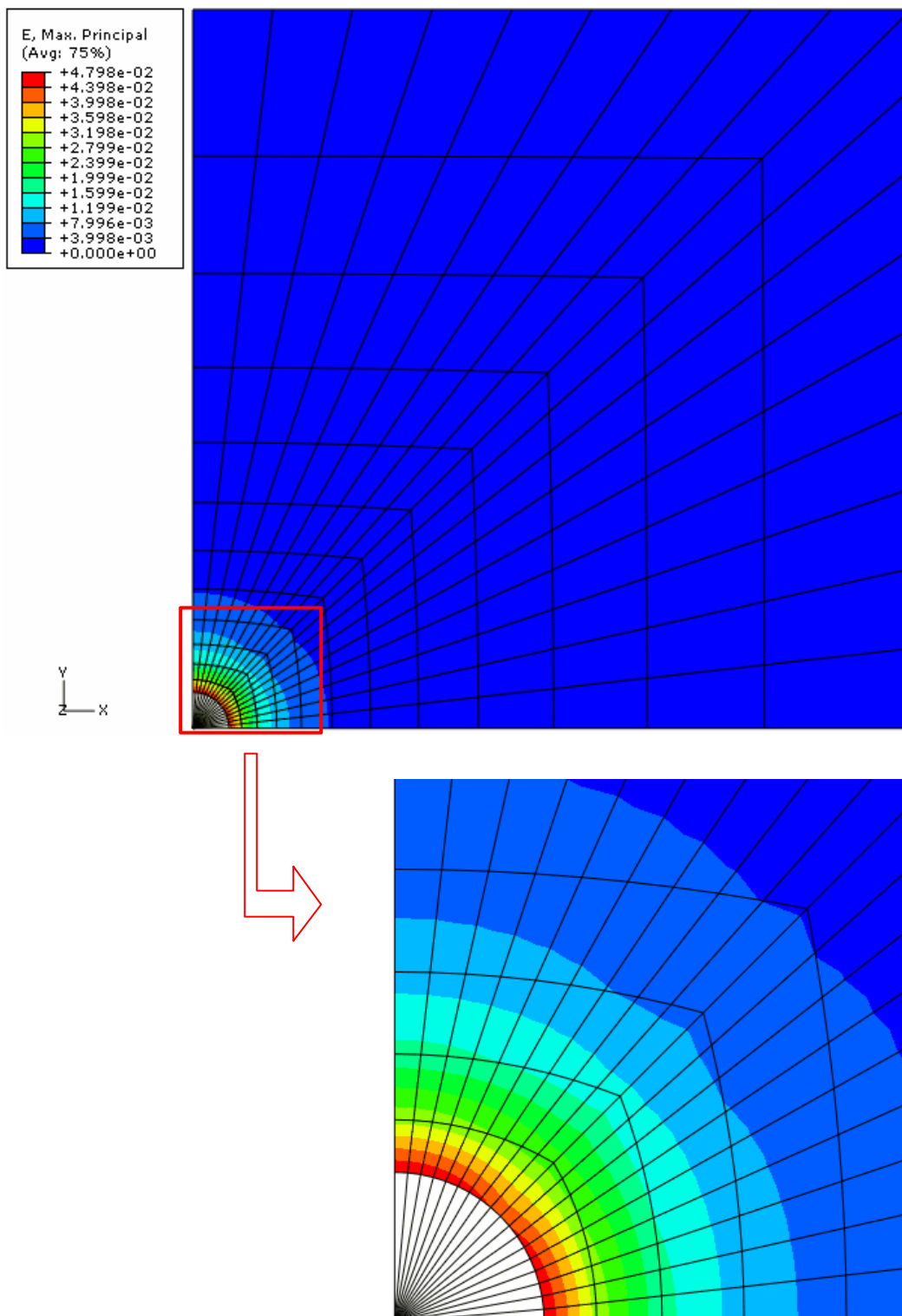


Figura B-17: Deformações máximas na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

B.5. Taxas de Deformações Sentido 1

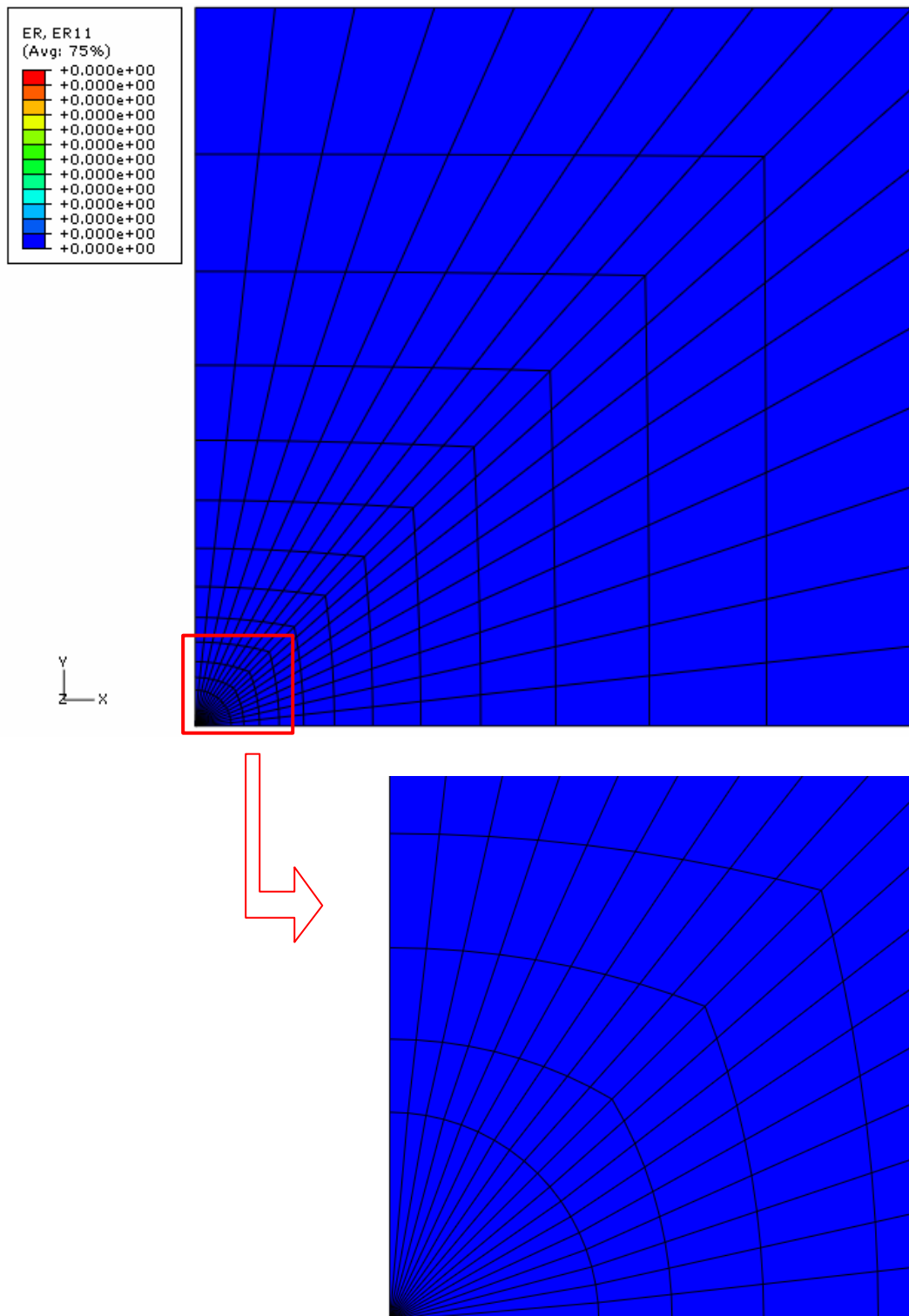


Figura B-18: Taxas de deformações (sentido1) na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

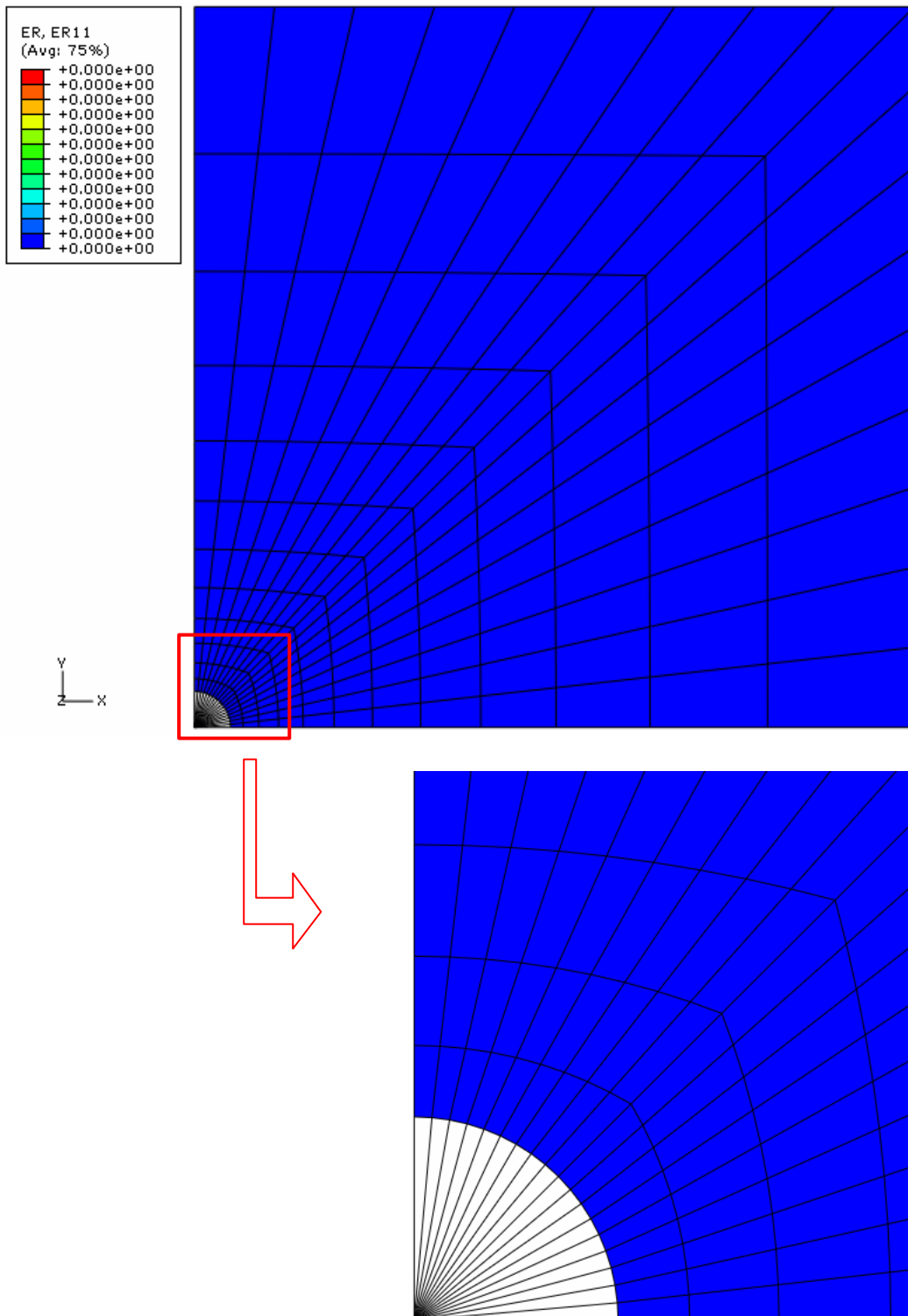


Figura B-19: Taxas de deformações (sentido 1) na etapa 2 (1º parte), que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular justamente a perfuração do poço, representados em branco.

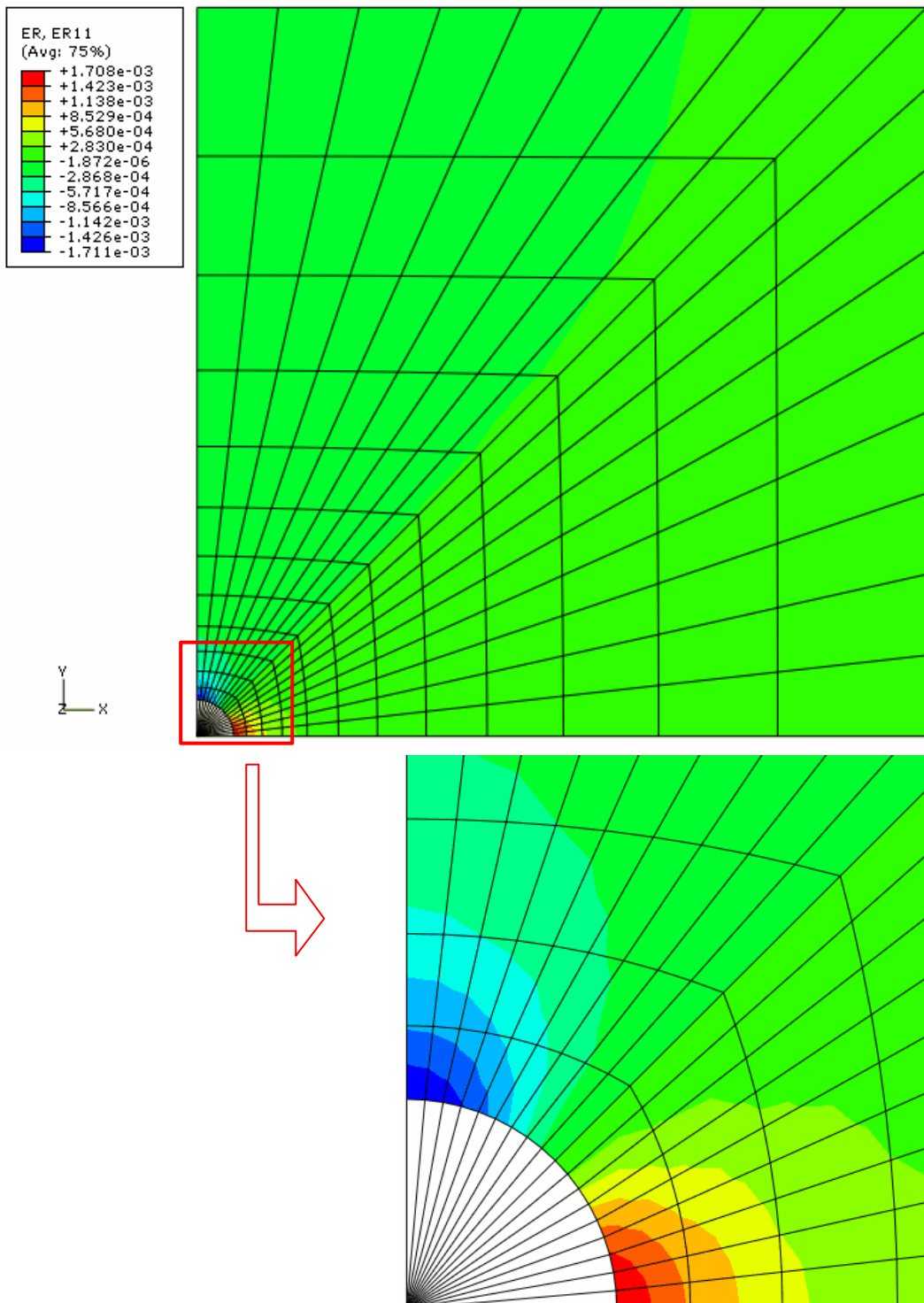


Figura B-20: Na etapa 2 (2ª parte) são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

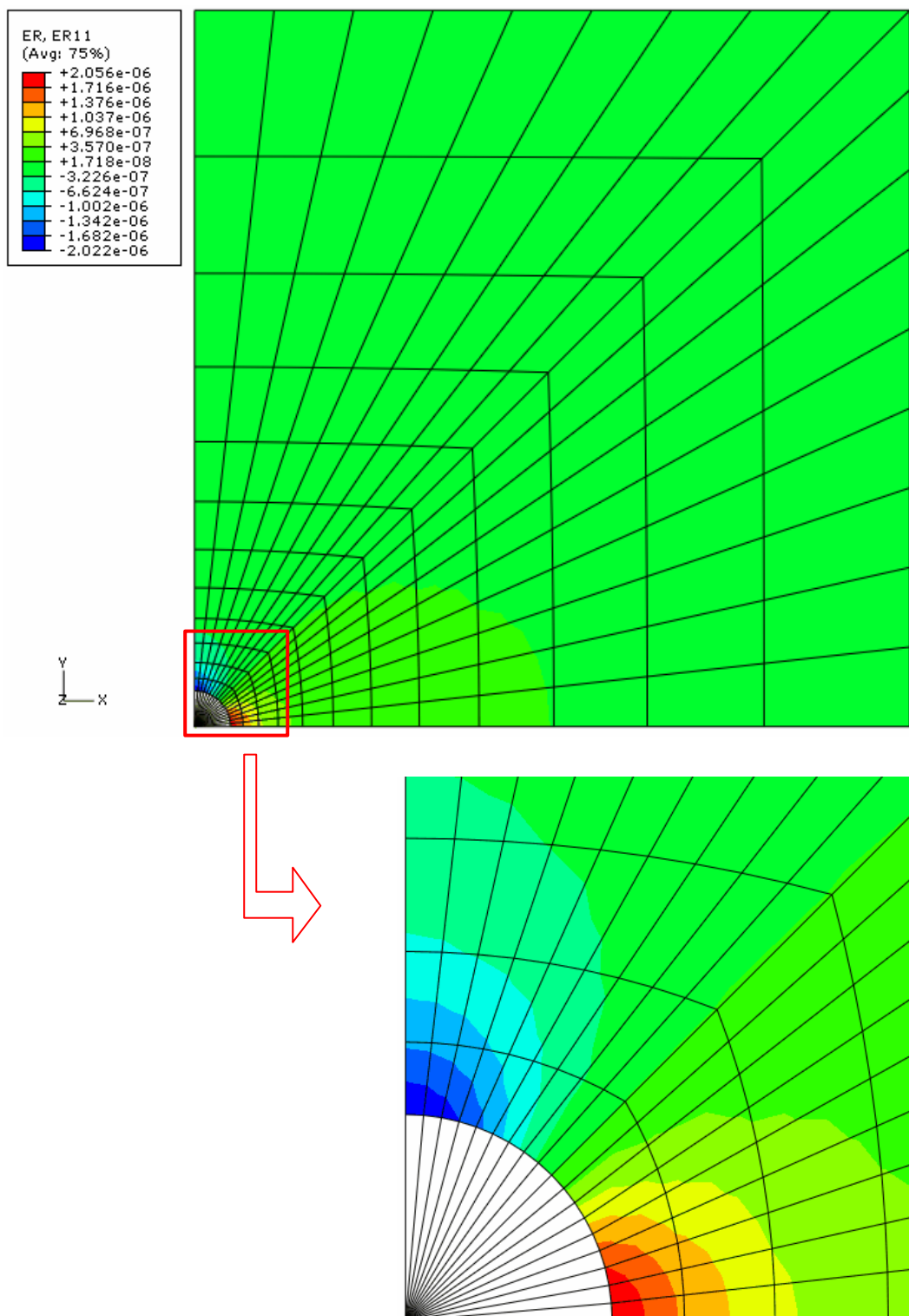


Figura B-21: Taxas de deformações (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos.

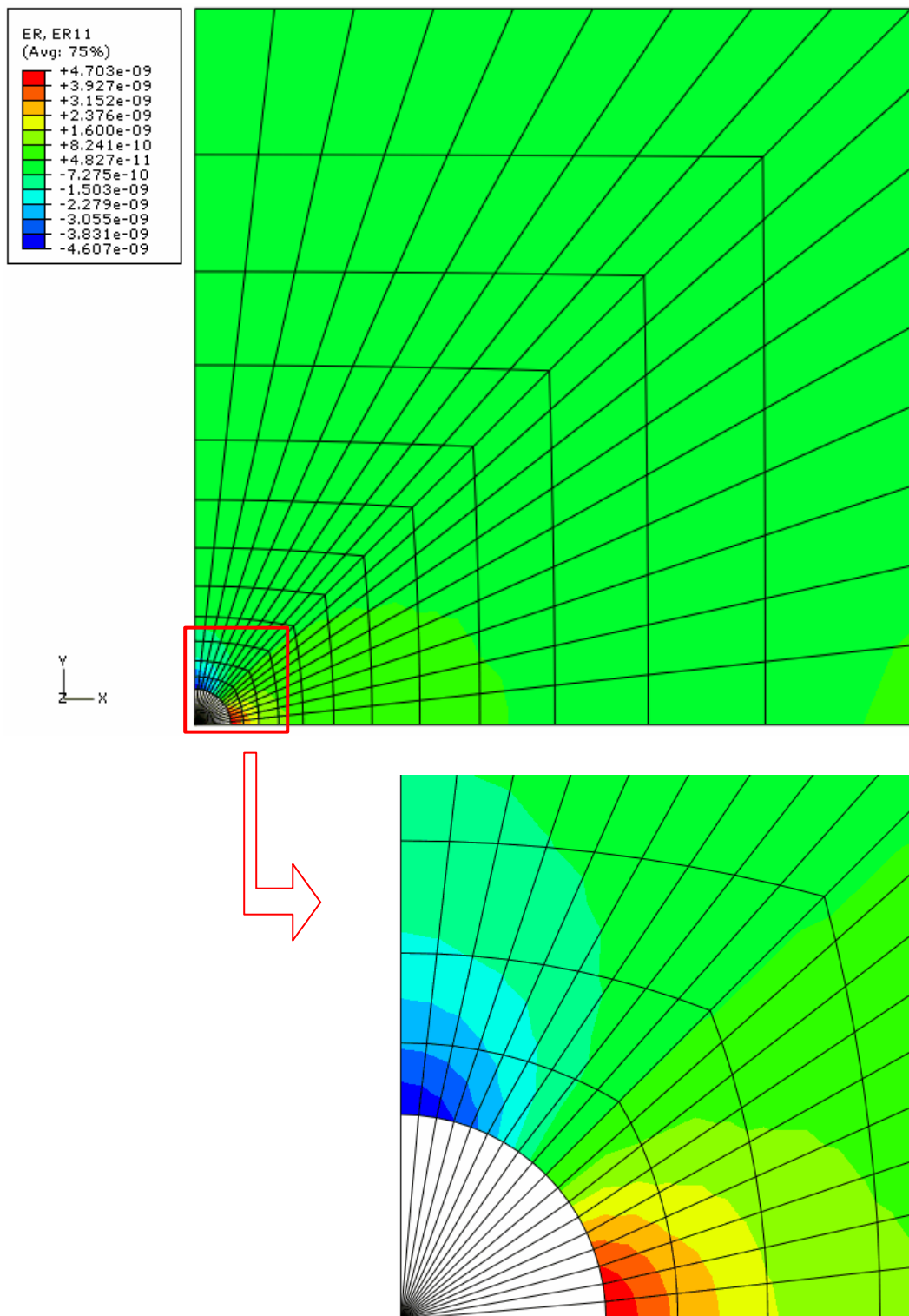


Figura B-22: Taxas de deformações (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

B.6. Taxas de Deformações Máximas

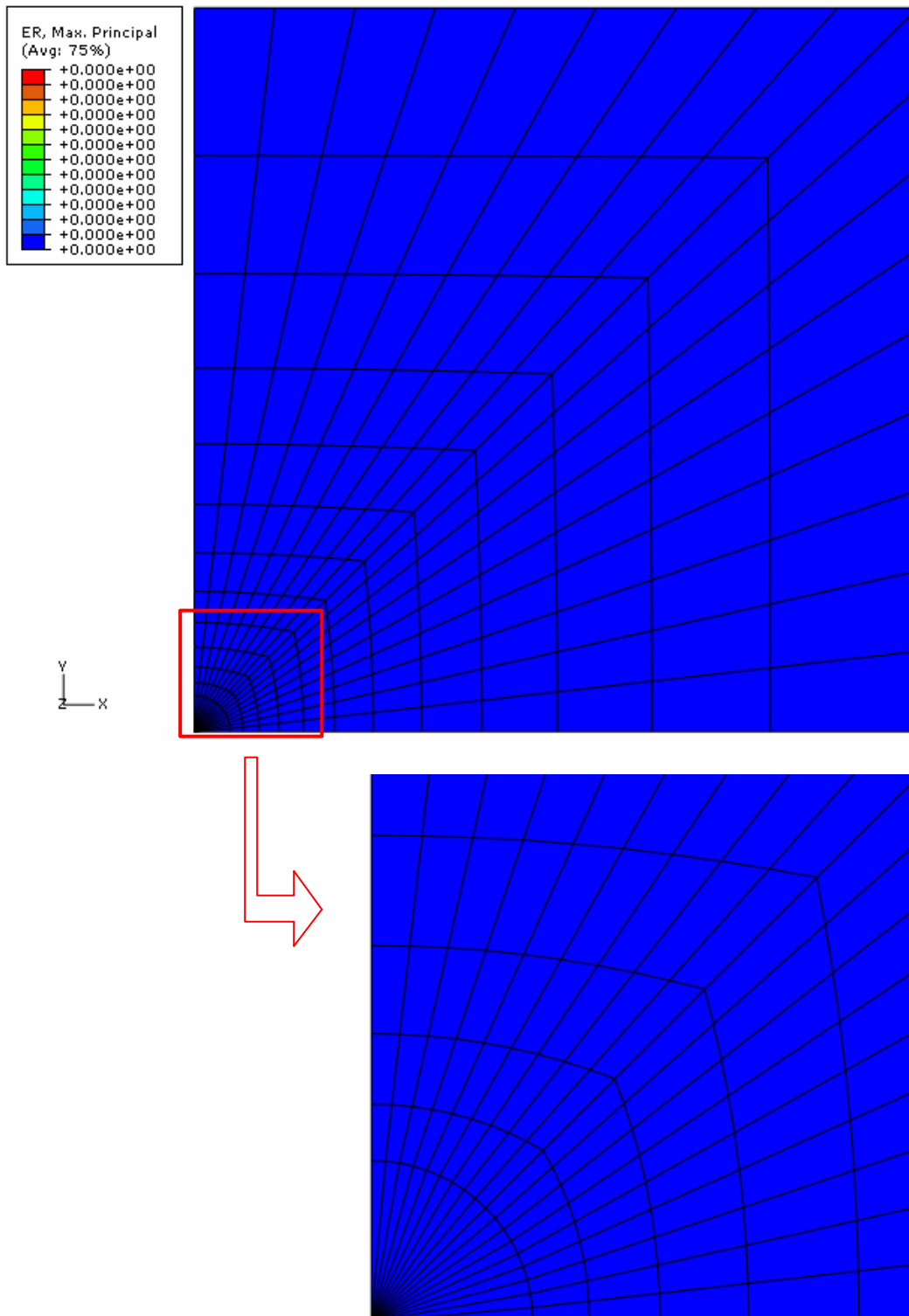
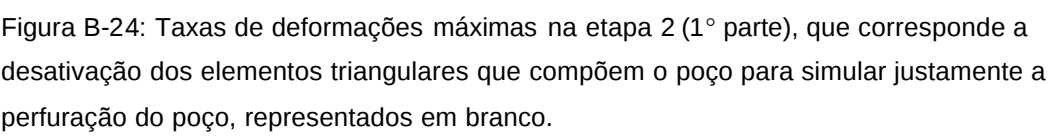


Figura B-23: Taxas de deformações máximas na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).



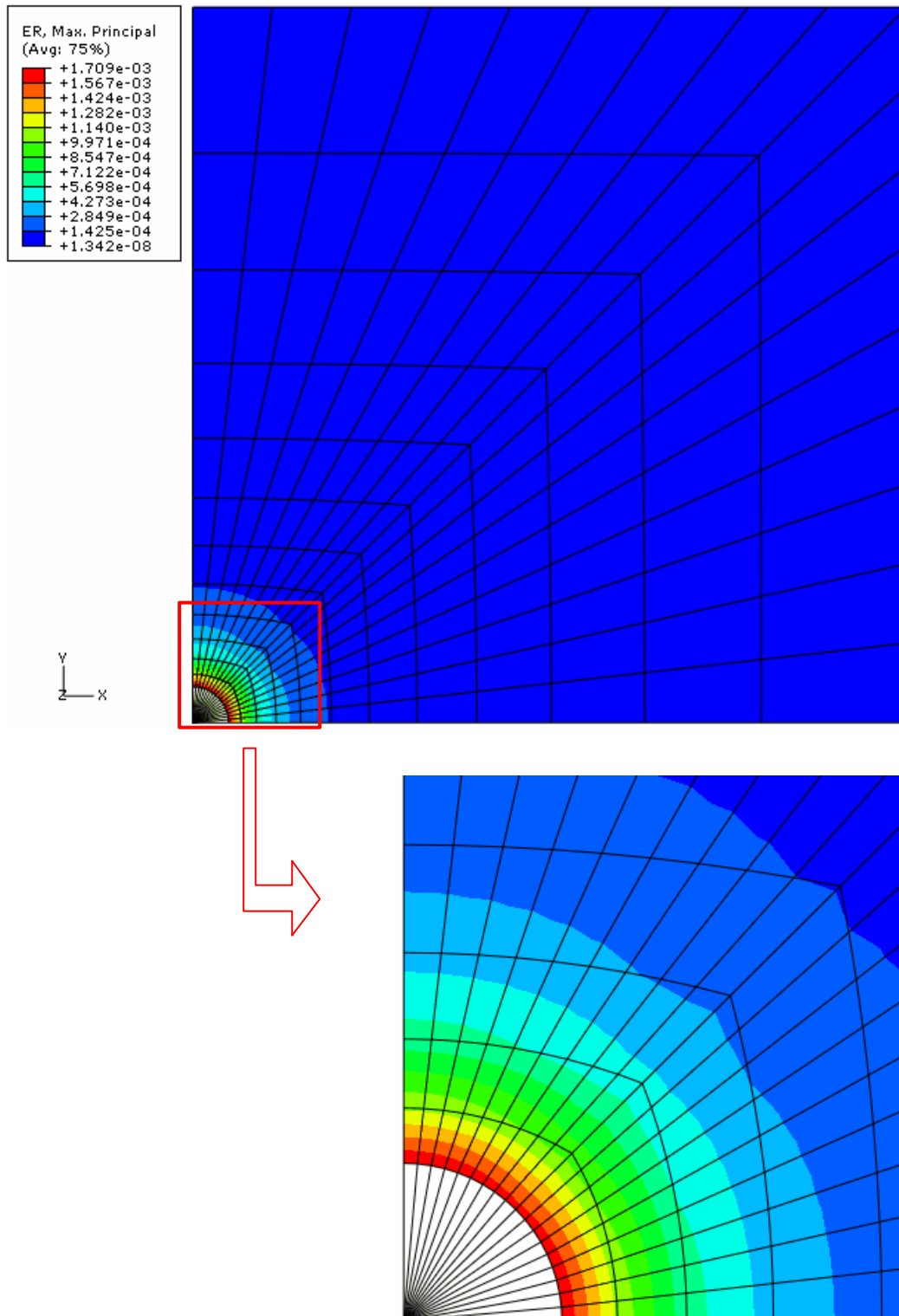


Figura B-25: Na etapa2 (2° parte) são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

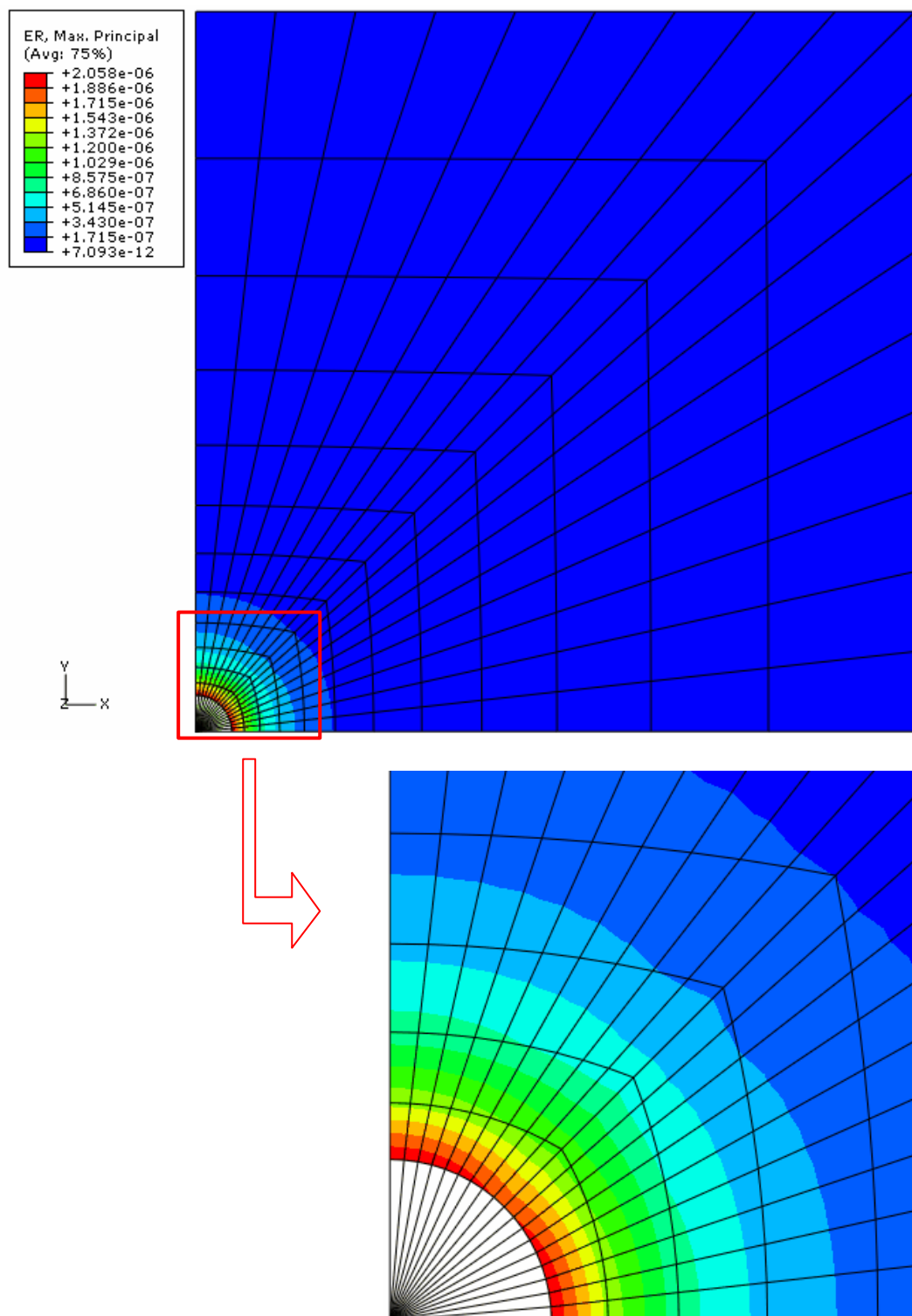


Figura B-26: Taxas de deformações máximas na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos.

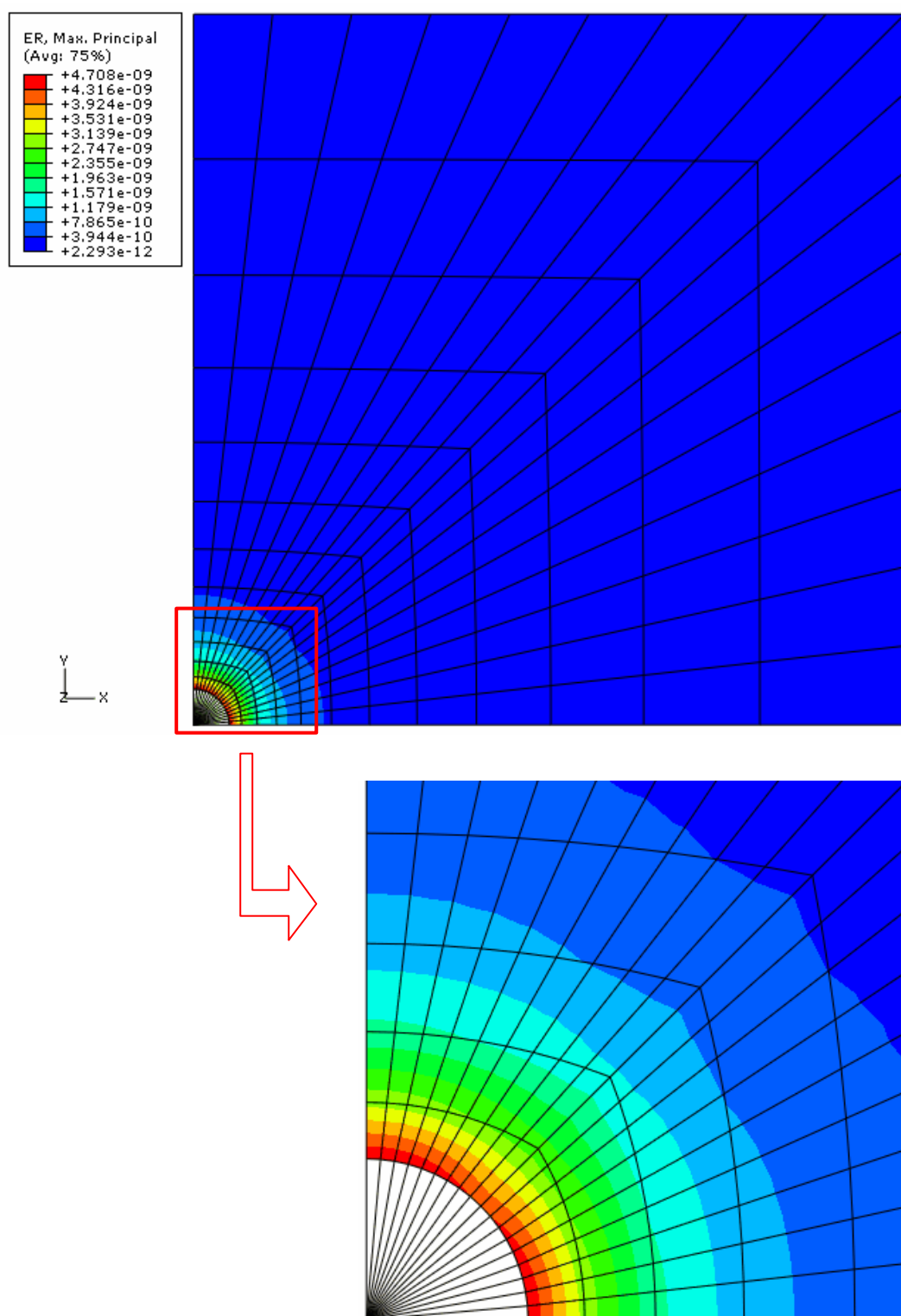


Figura B-27: Taxas de deformações máximas na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

B.7. Tensão Sentido 1

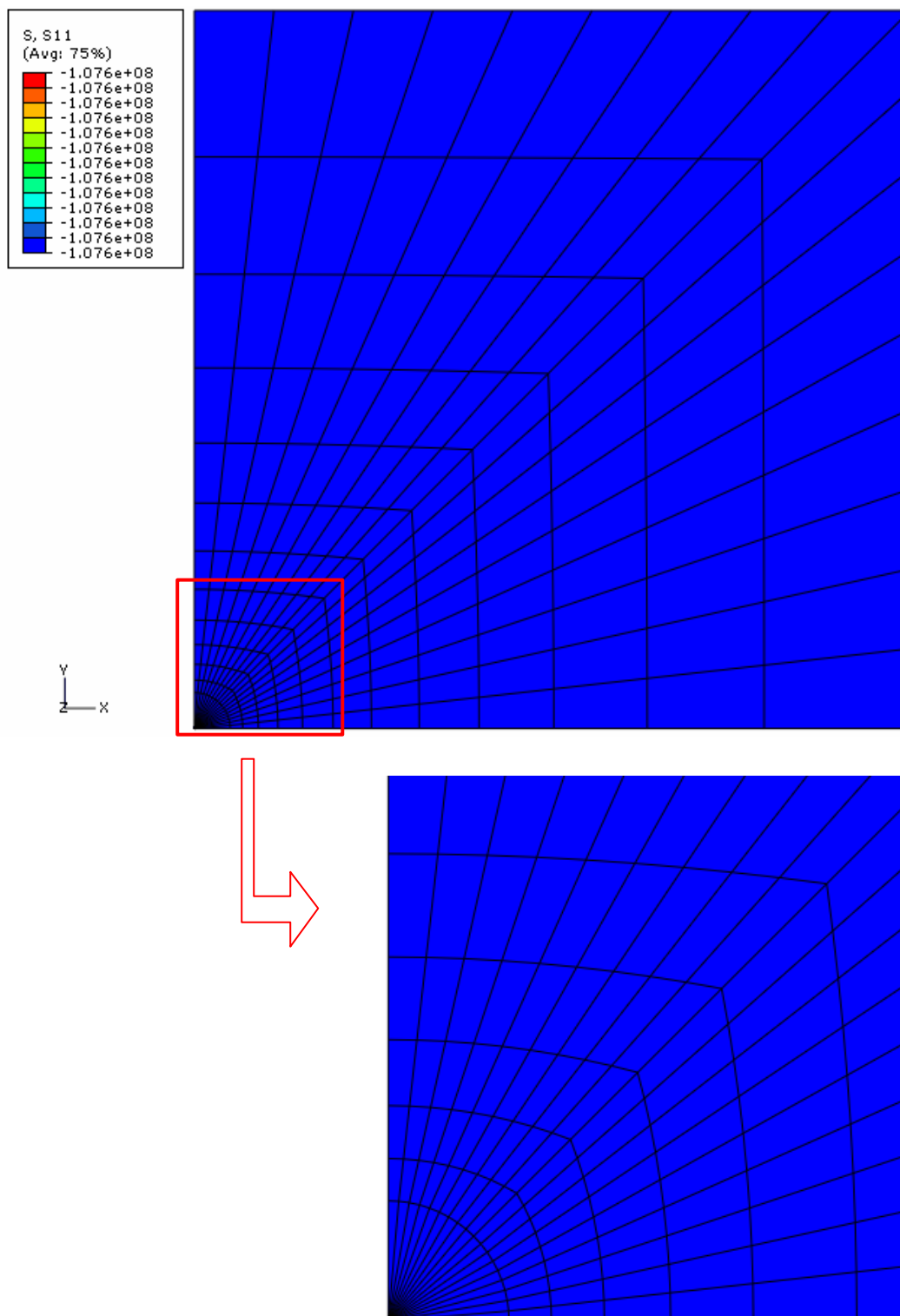


Figura B-28: Tensão (sentido1) na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

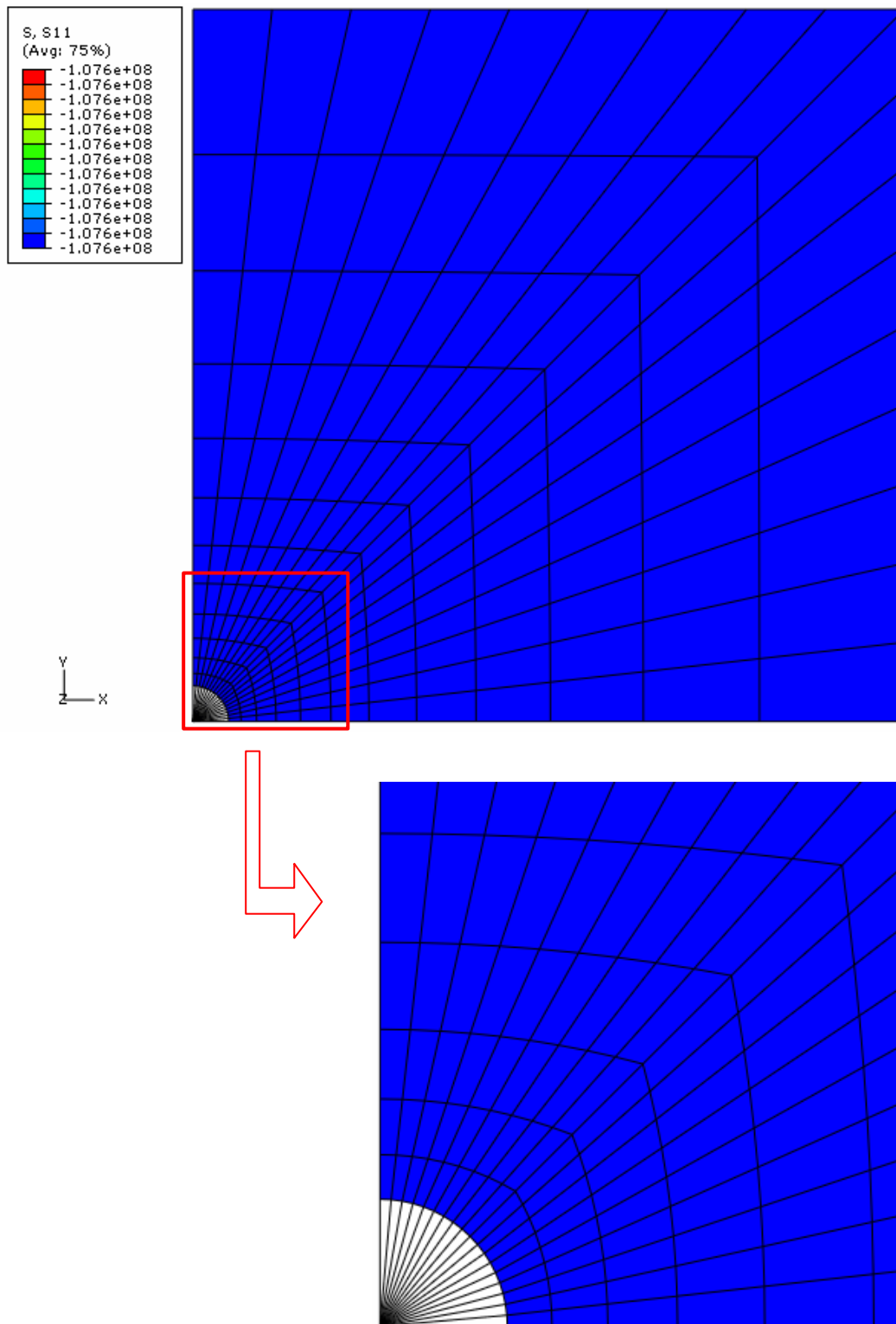


Figura B-29: Tensão (sentido 1) na etapa 2 (1º parte), que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular justamente a perfuração do poço, representados em branco.

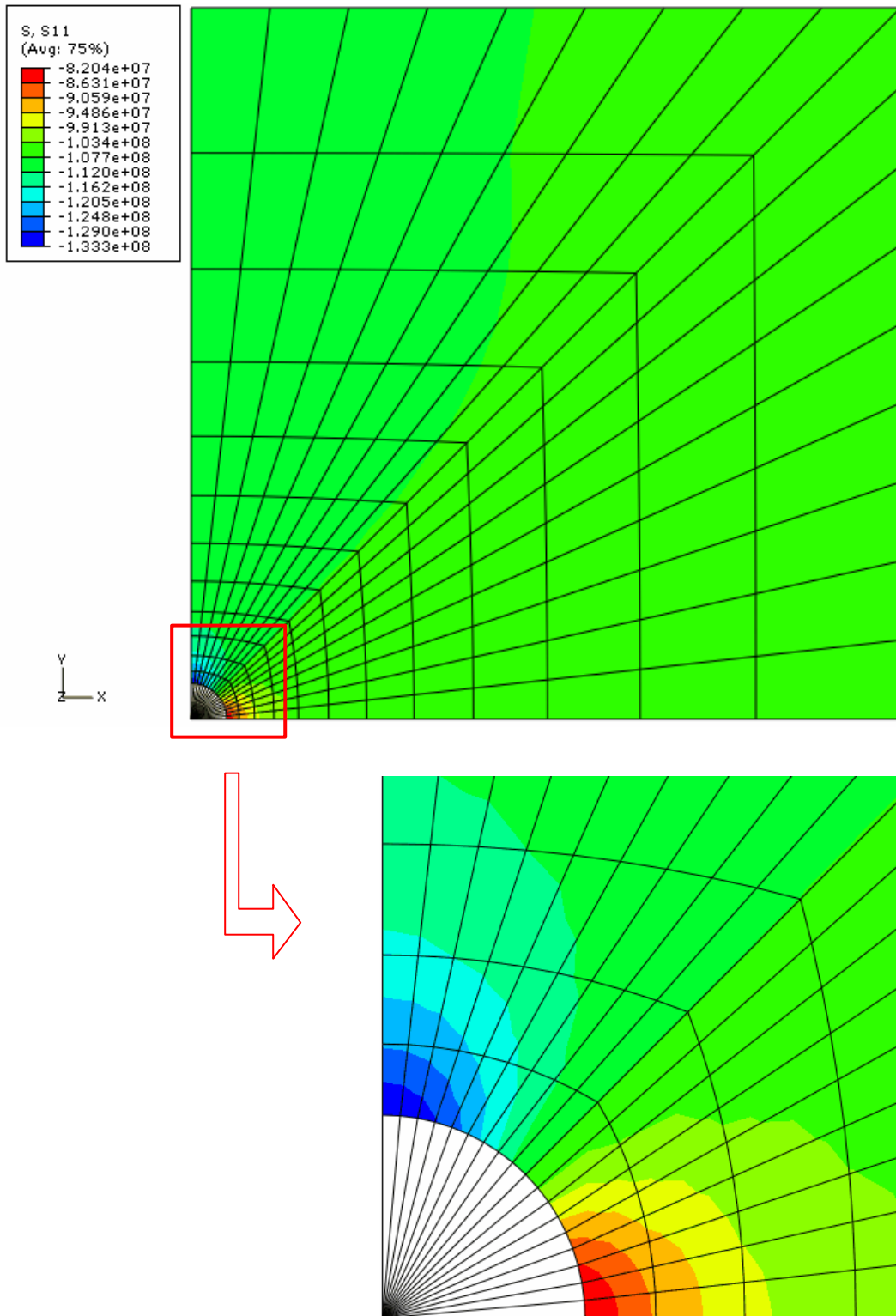


Figura B-30: Na etapa 2 (2ª parte) são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

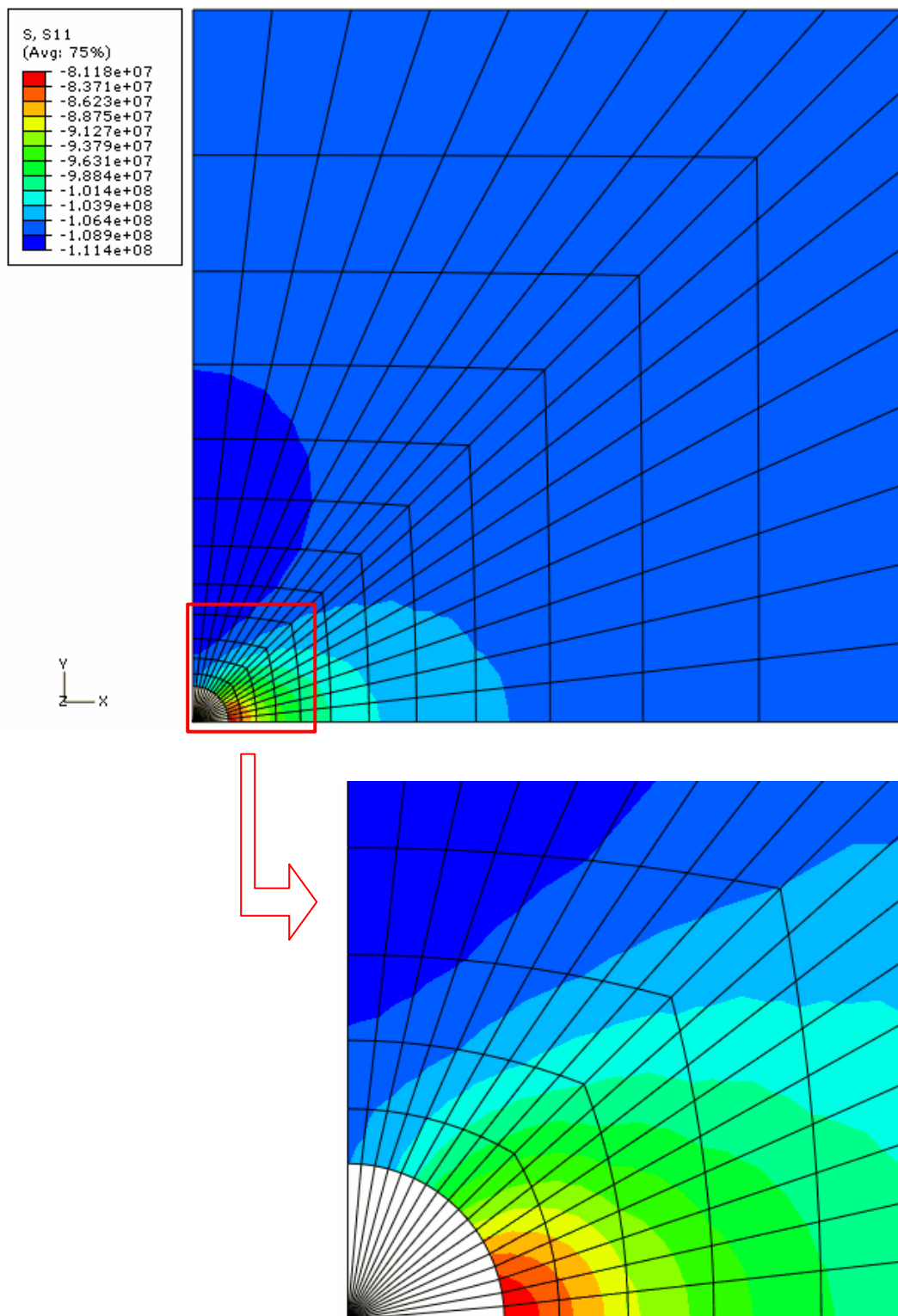


Figura B-31: Tensão (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos.

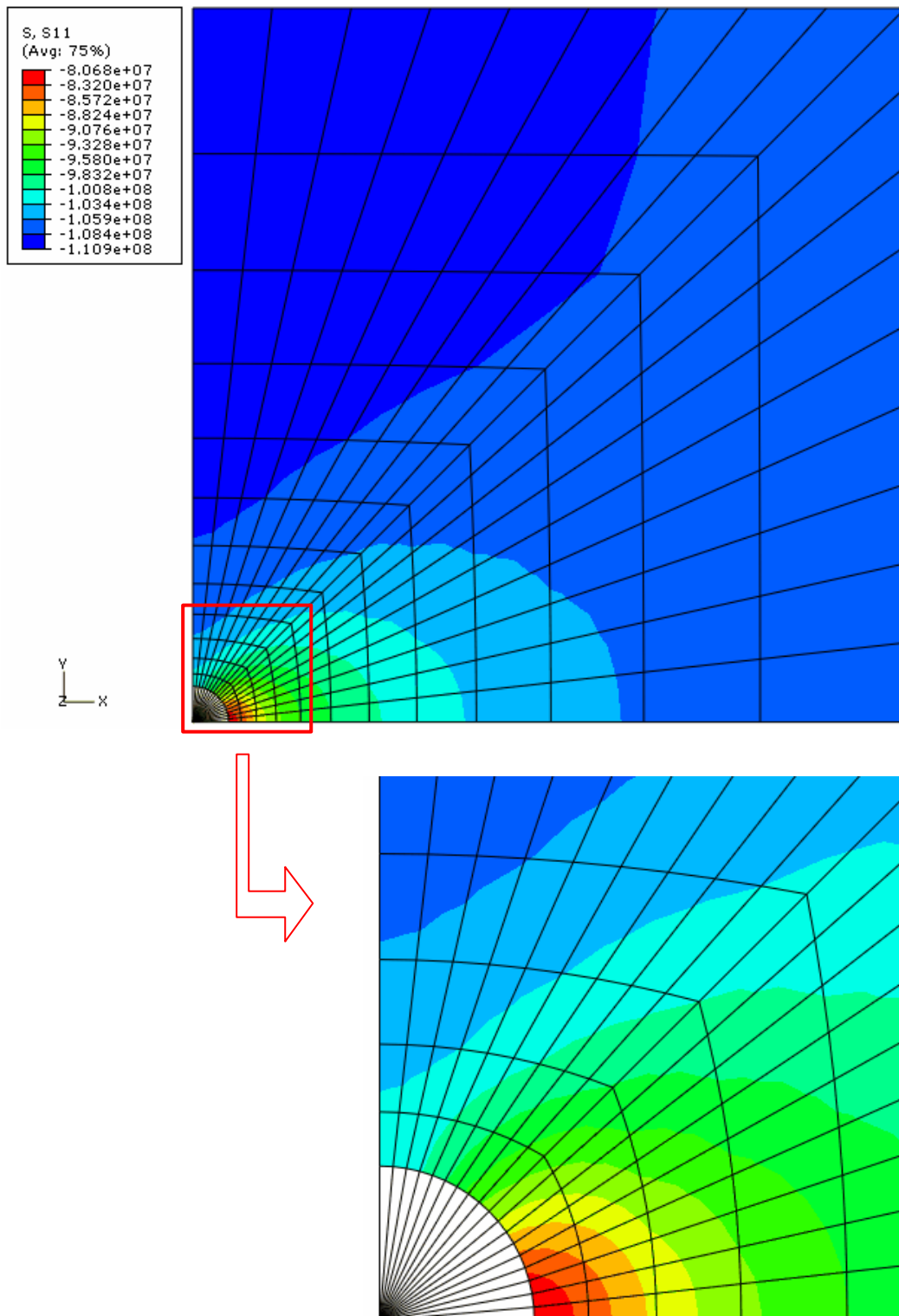


Figura B-32: Tensão (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

B.8. Tensão Máxima Principal

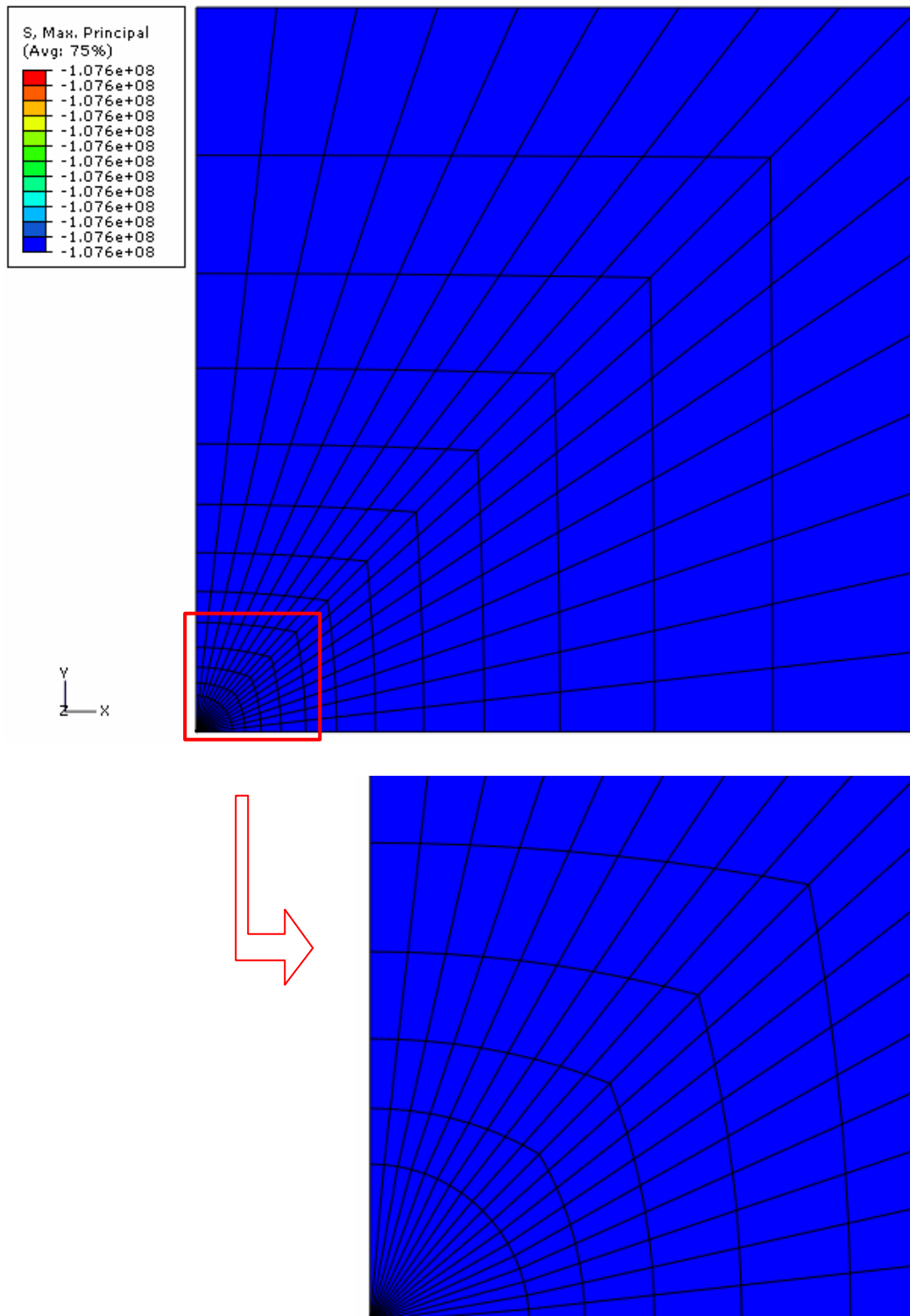


Figura B-33: Tensão máxima principal no Abaqus, ou tensão radial, na etapa 1, que corresponde ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 4-4).

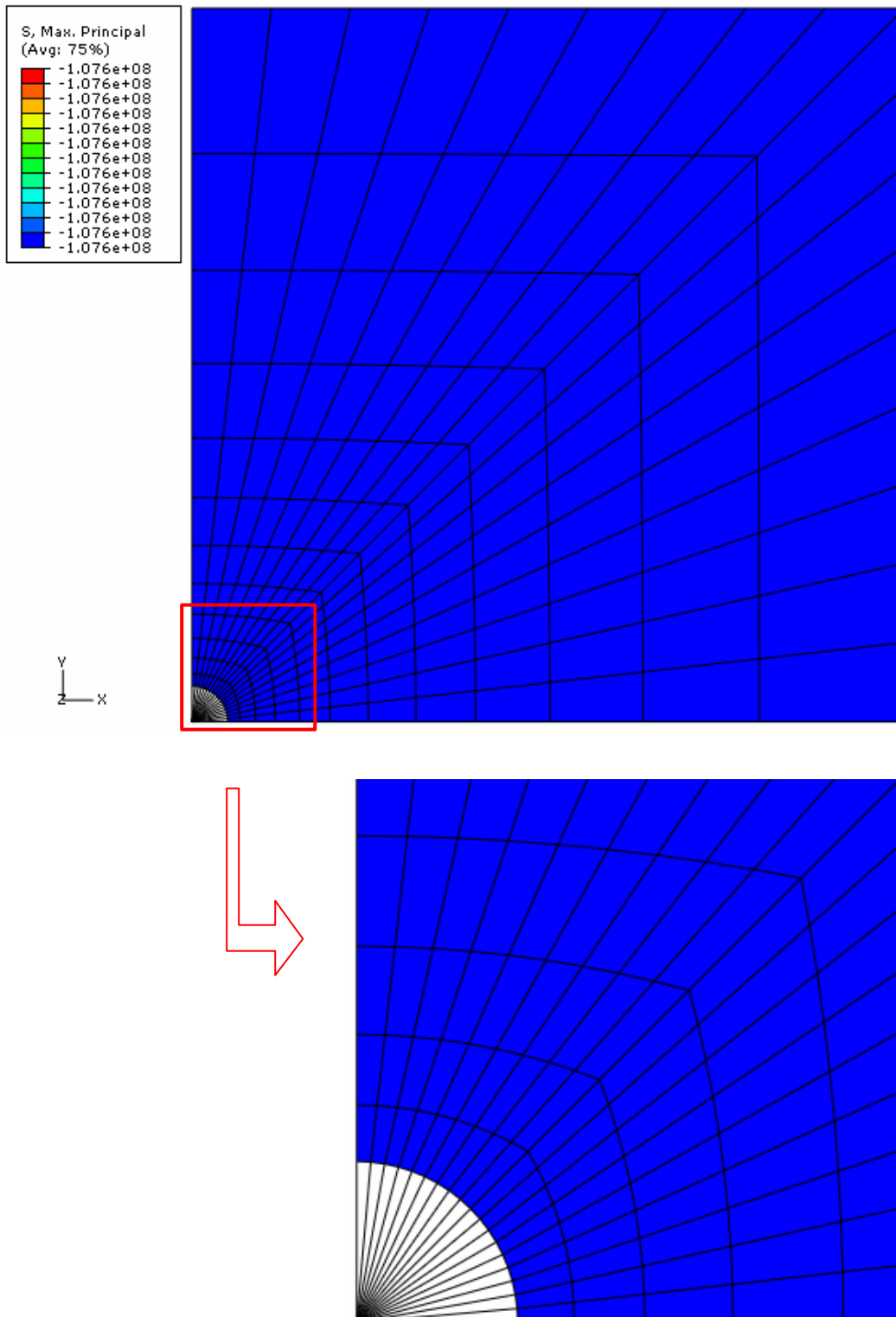


Figura B-34: Tensão máxima principal, ou tensão radial, na etapa 2 (1ª parte), que corresponde a desativação dos elementos triangulares que compõem o poço para simular justamente a perfuração do poço, representados em branco.

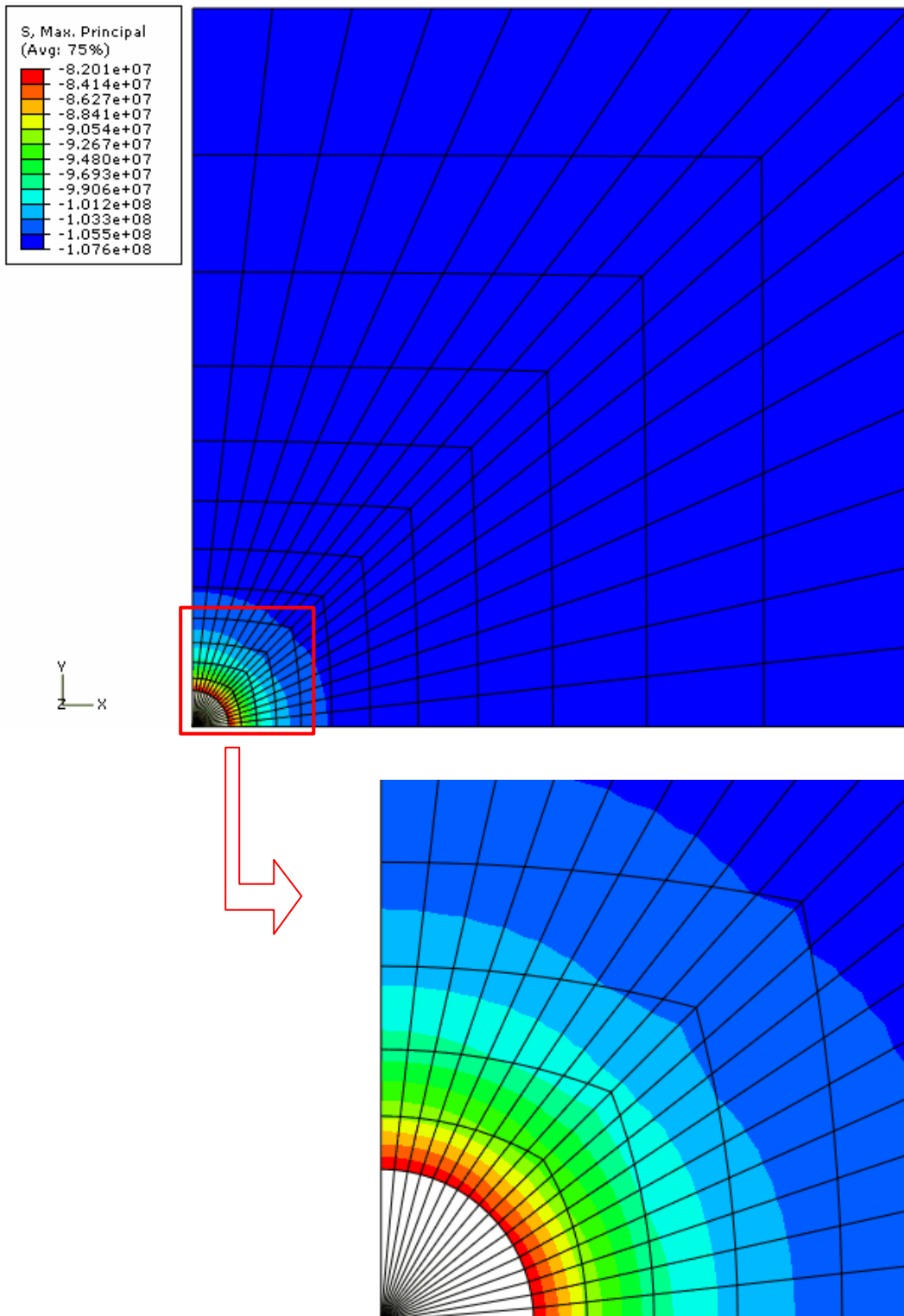


Figura B-35: Na etapa 2 (2ª parte) são simuladas a resposta elástica e a introdução das pressões provocadas pelo peso do fluido de perfuração de 11ppg na parede do poço.

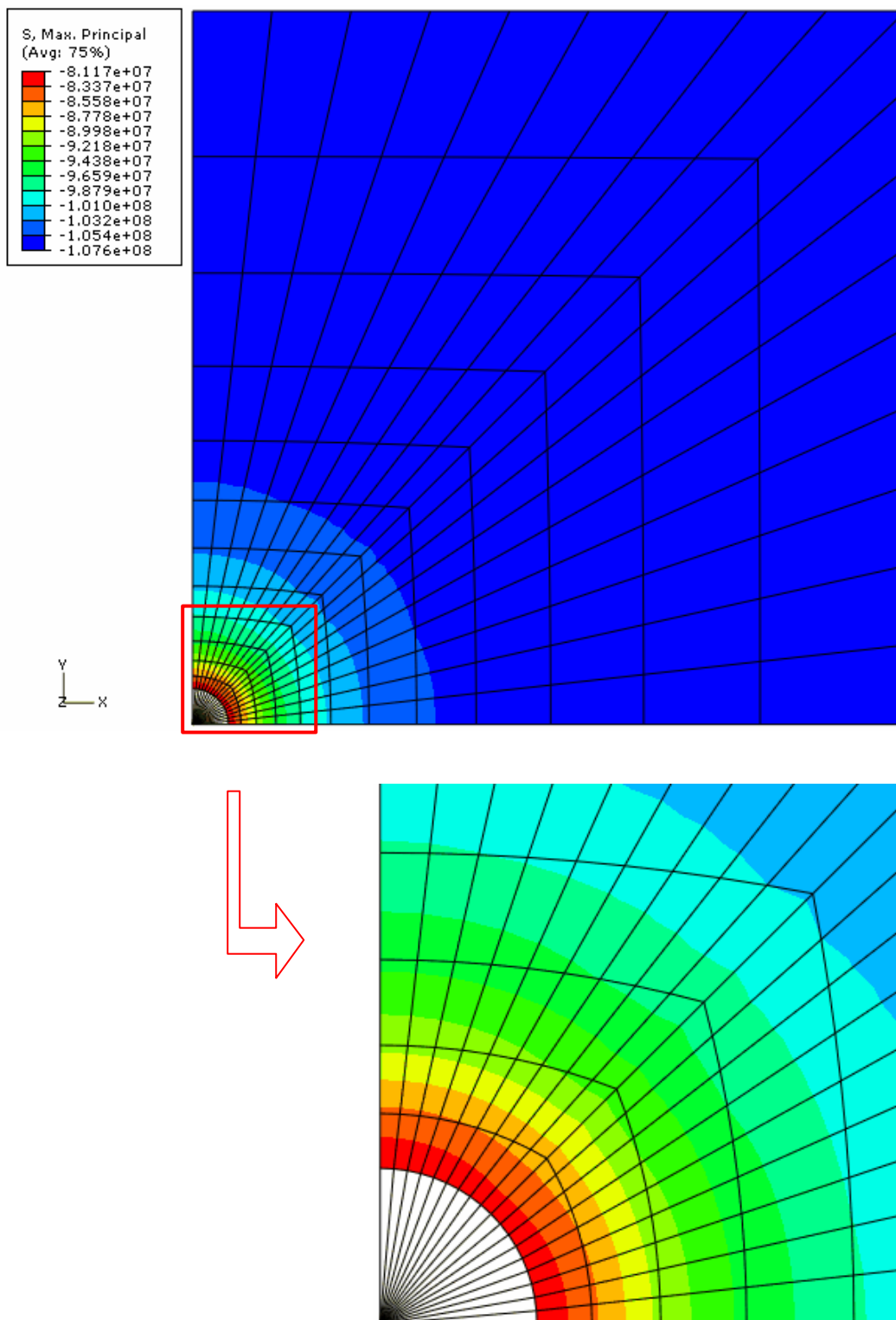


Figura B-36: Tensão máxima principal, ou tensão radial, (sentido 1) na etapa 3 devido a fluência em um período de 900 segundos.

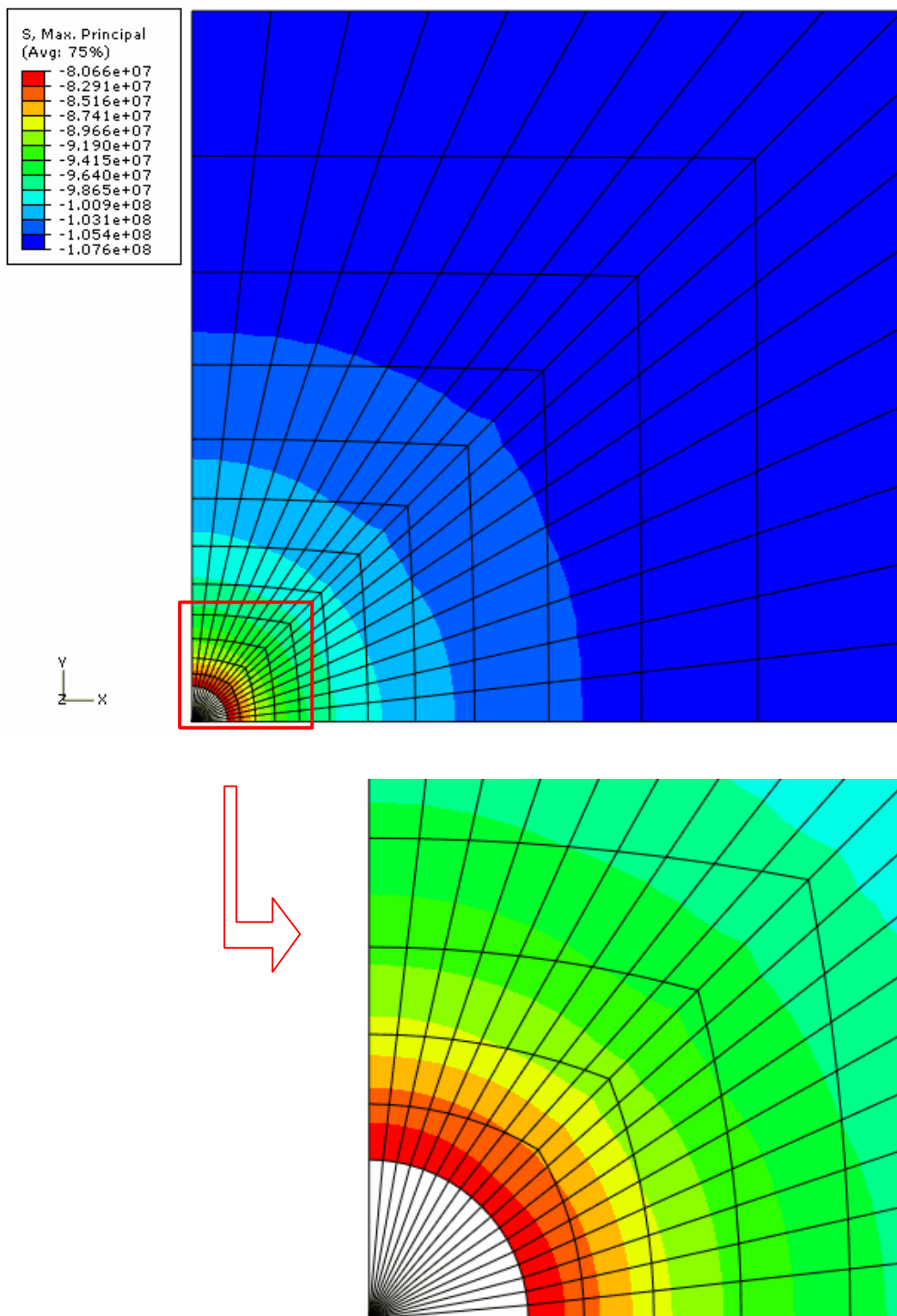
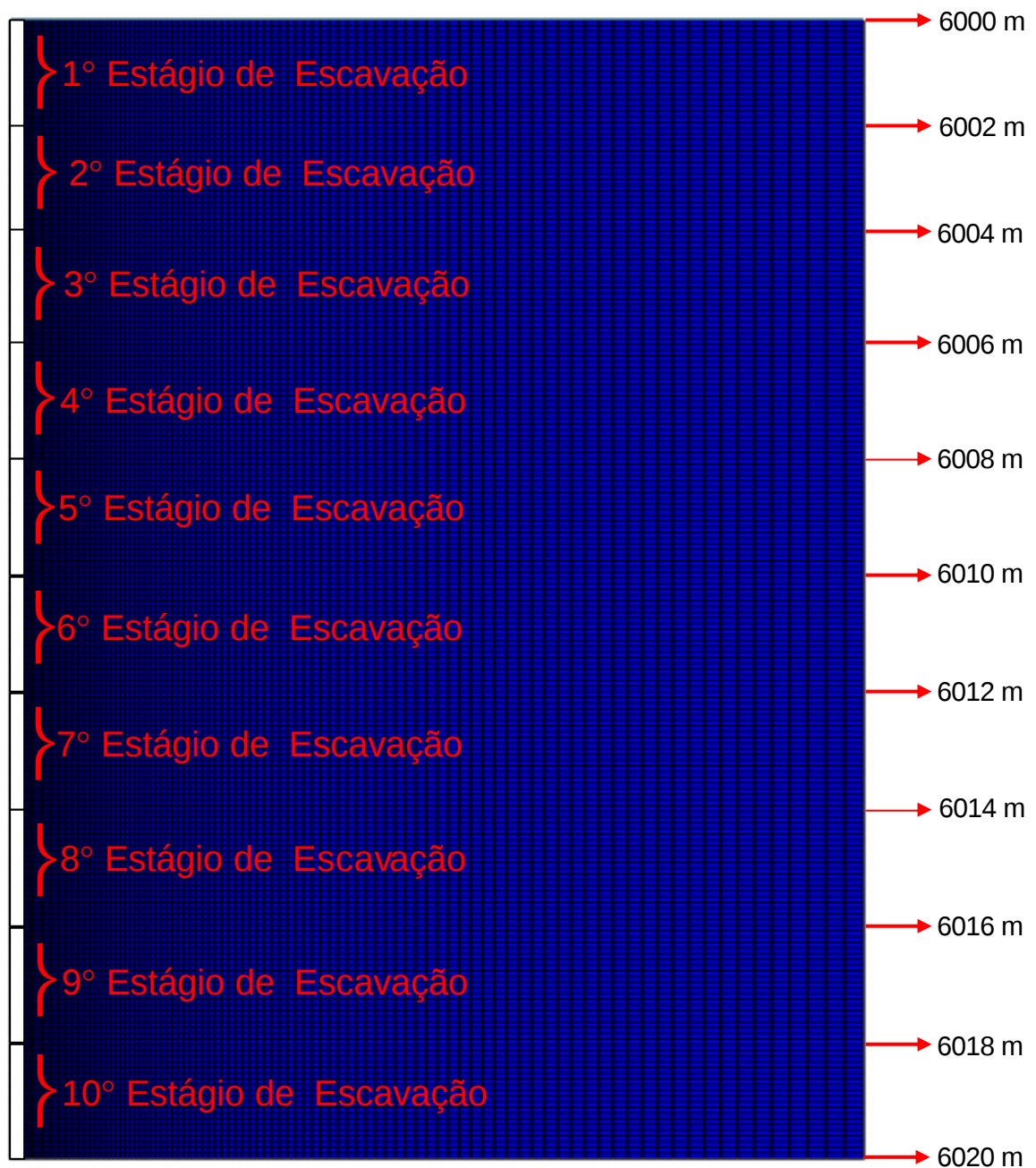
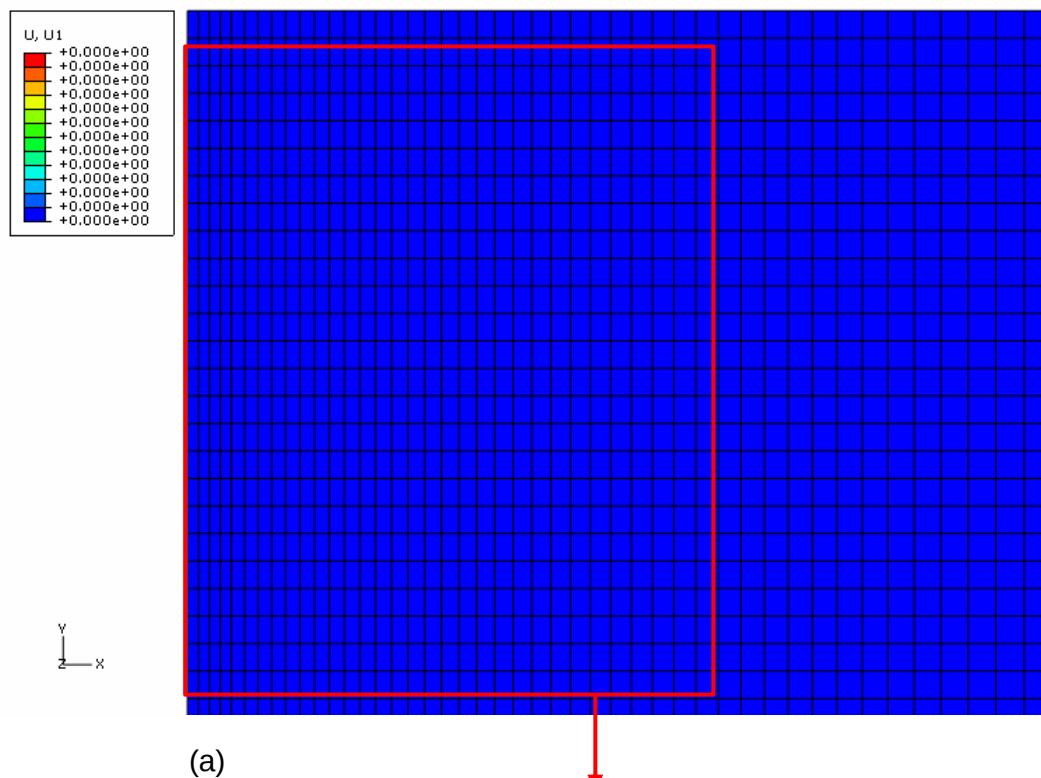


Figura B-37: Tensão máxima principal, ou tensão radial, na etapa 3 devido a fluência em um período de 30 dias.

C. Resultados obtidos na análise axissimétrica do Abaqus para o estudo de caso do Capítulo 5, considerando a teoria de endurecimento por tempo transcorrido e um peso de fluido de perfuração de 11ppg.



C.1. Deslocamentos Radiais



(a)

Figura C-38:
Deslocamentos
Radiais. Etapa1, que
se refere ao
equilíbrio do estado
de tensão com a
força externa (Figura
5-3).

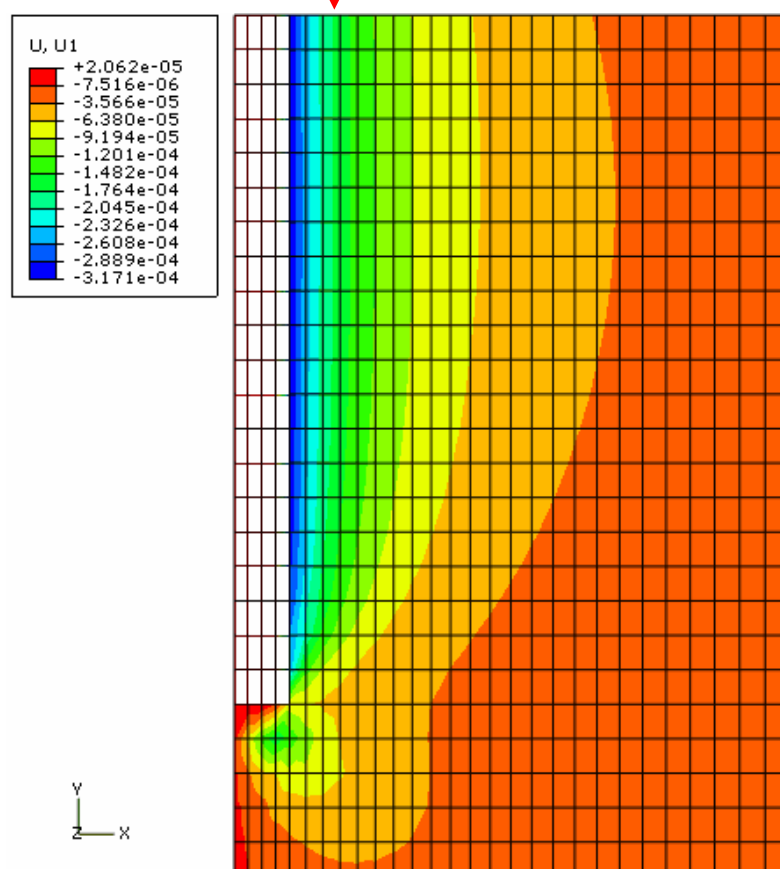


Figura C-39:
Simulação da
resposta elástica e a
introdução das
pressões
provocadas pelo
peso do fluido de
perfuração na
parede do poço.

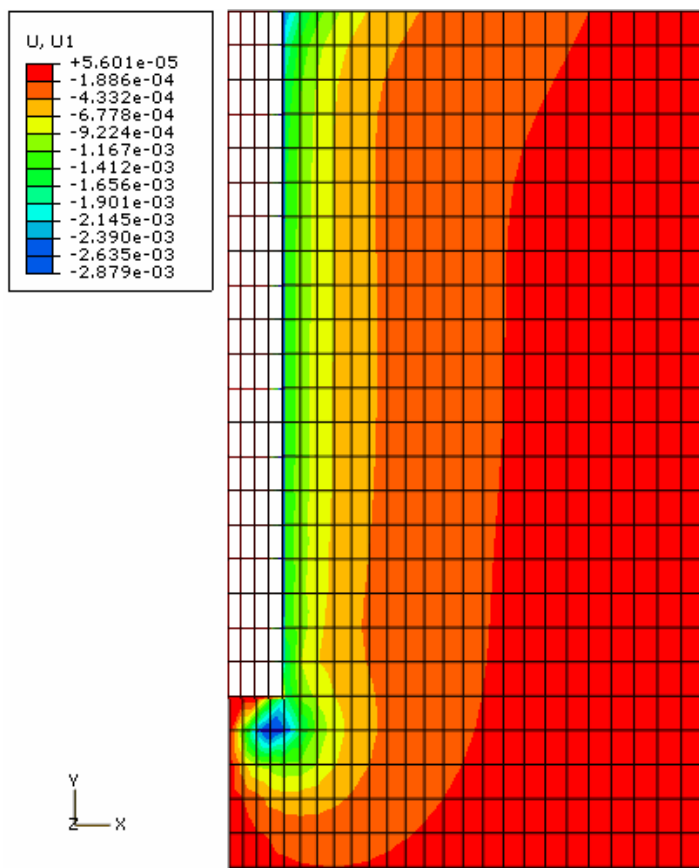
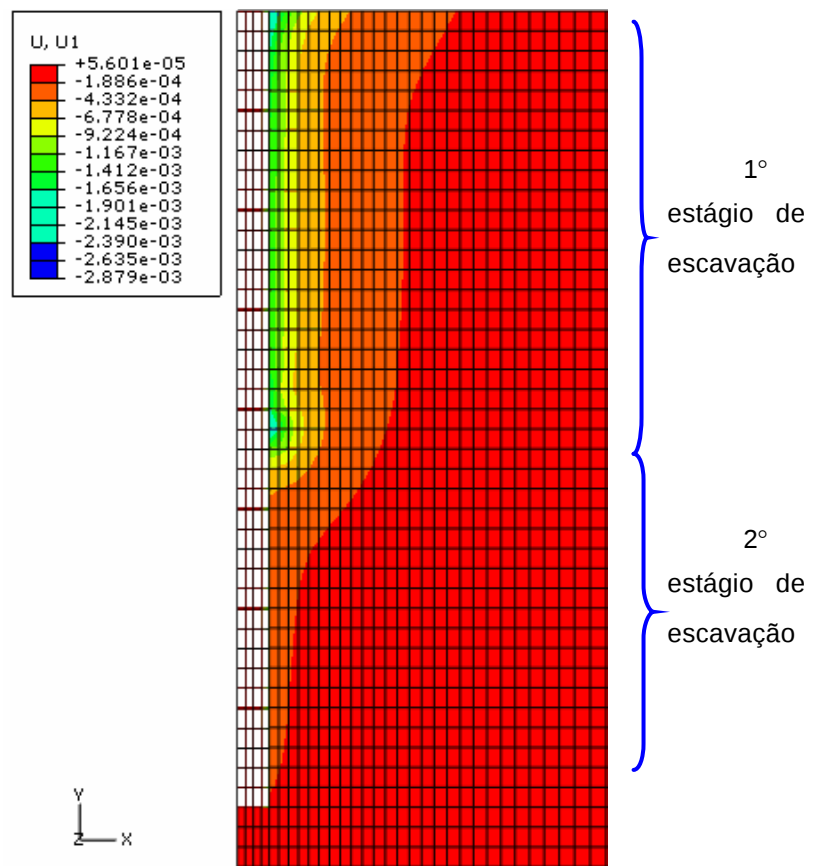


Figura C-40:

Deslocamentos radiais, em metros referente a etapa 3. Ativação da fase do “creep” da primeira escavação. Nesta etapa, foi considerando um tempo de 900s.

Figura C-41: Etapa 4, que se refere a fase elástica da segunda escavação.



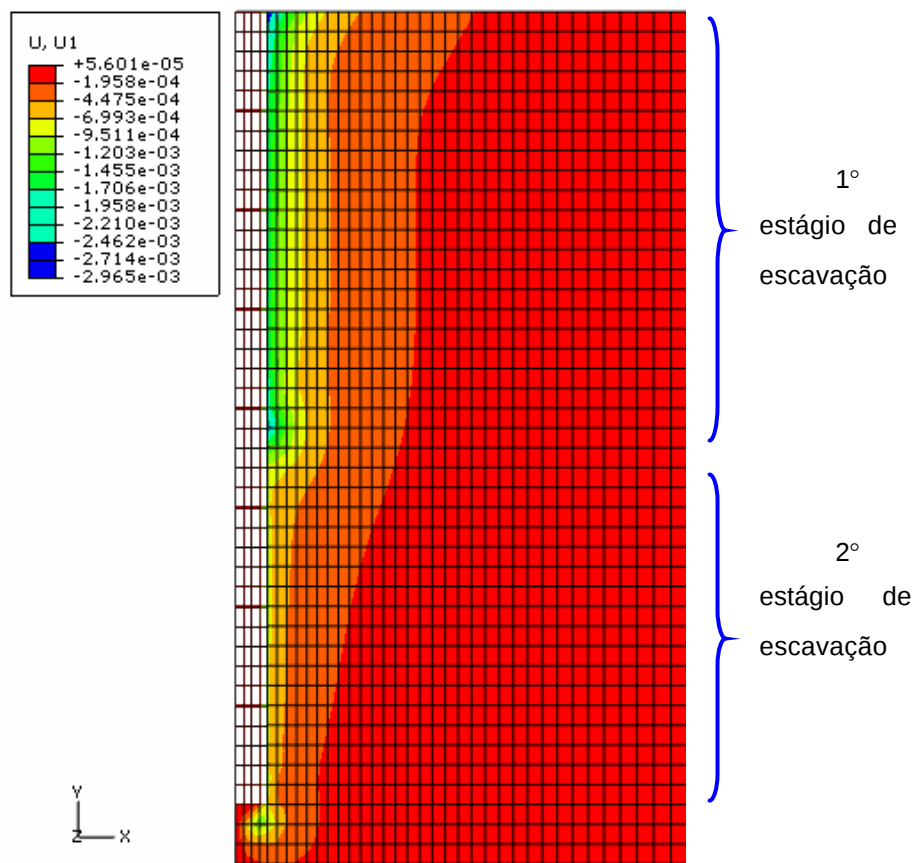


Figura C-42: Etapa 5, fluência por mais 900 segundos.

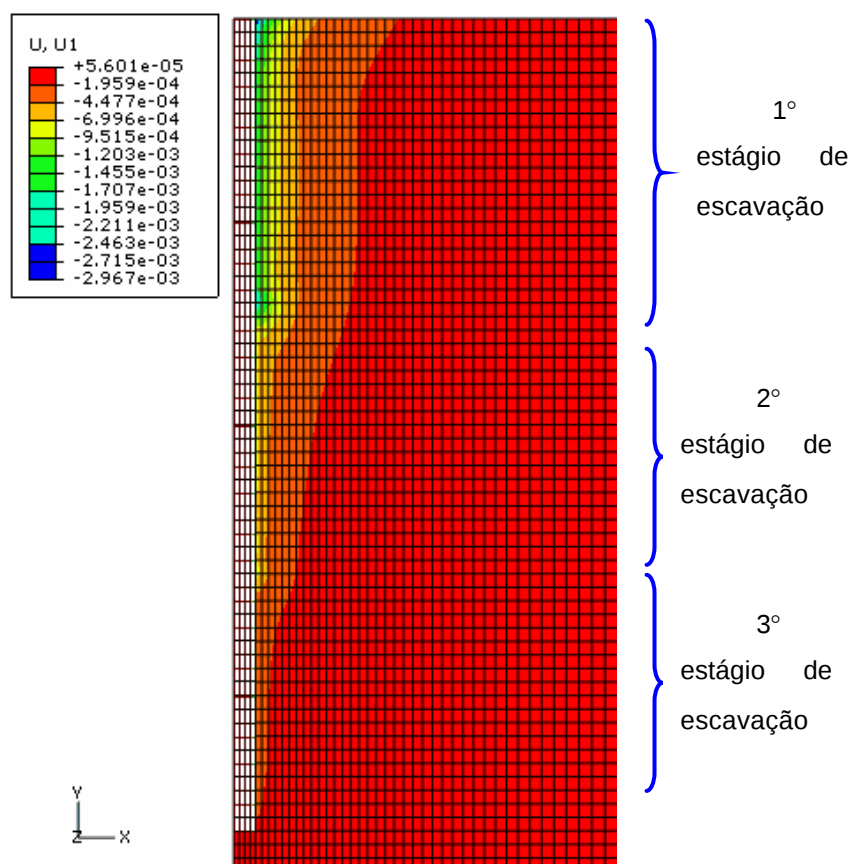
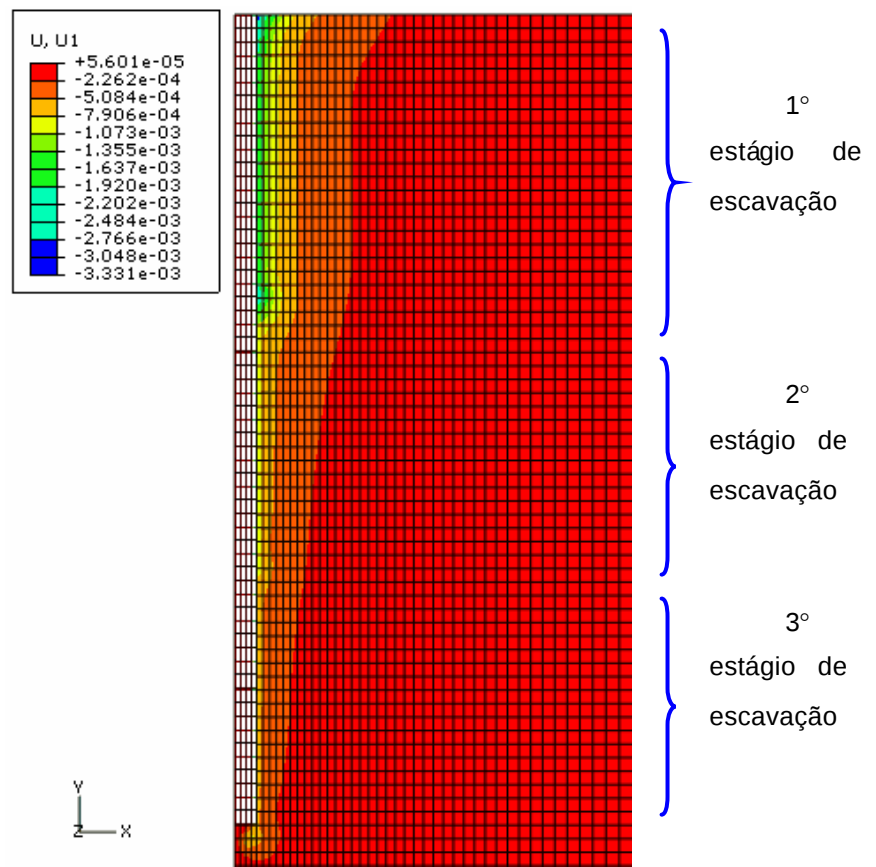


Figura C-43: Etapa 6, que se refere a fase elástica da terceira escavação.

Figura C-44: Etapa 7,
fluência por mais 900
segundos.



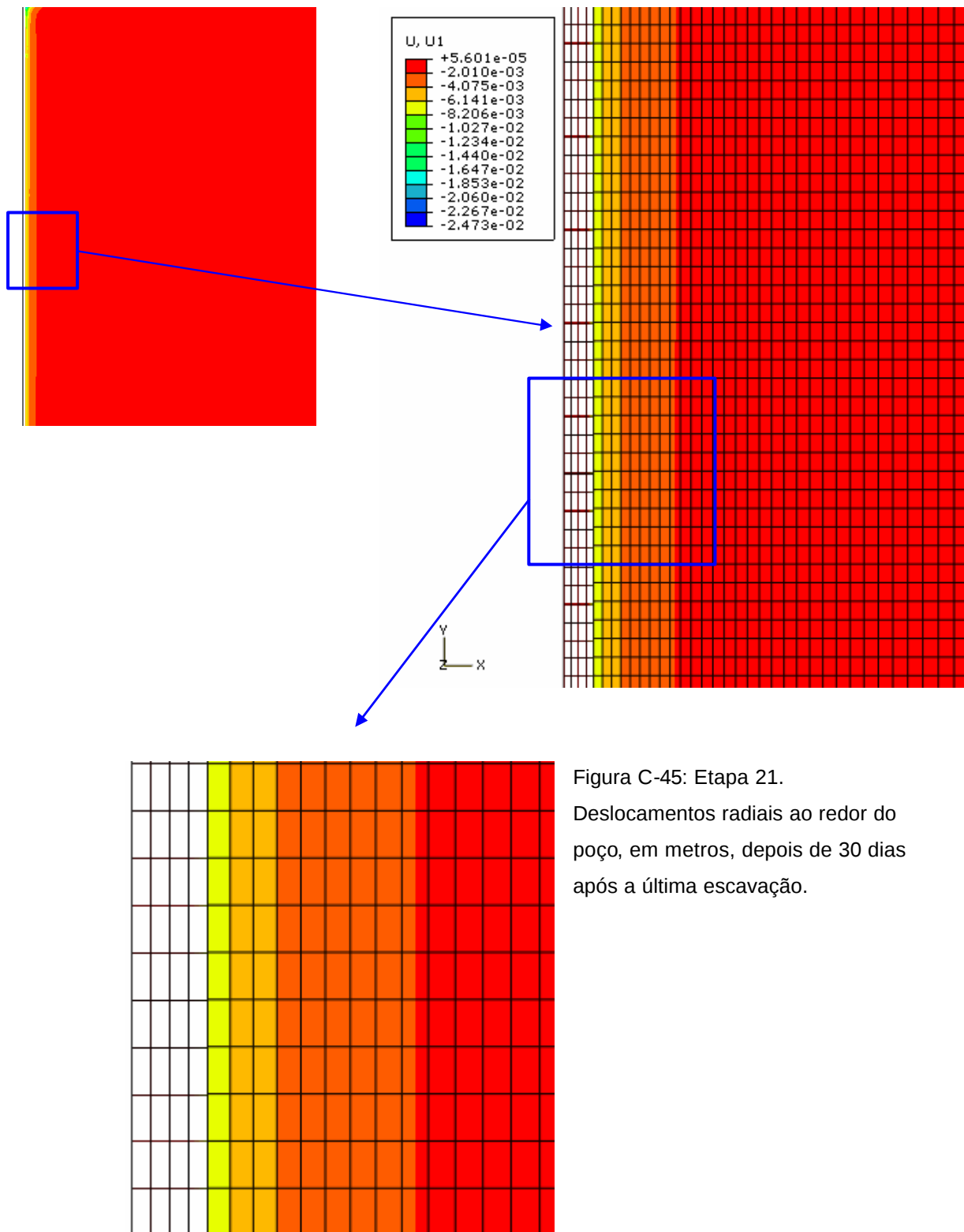


Figura C-45: Etapa 21.

Deslocamentos radiais ao redor do poço, em metros, depois de 30 dias após a última escavação.

C.2. Deformações Radiais

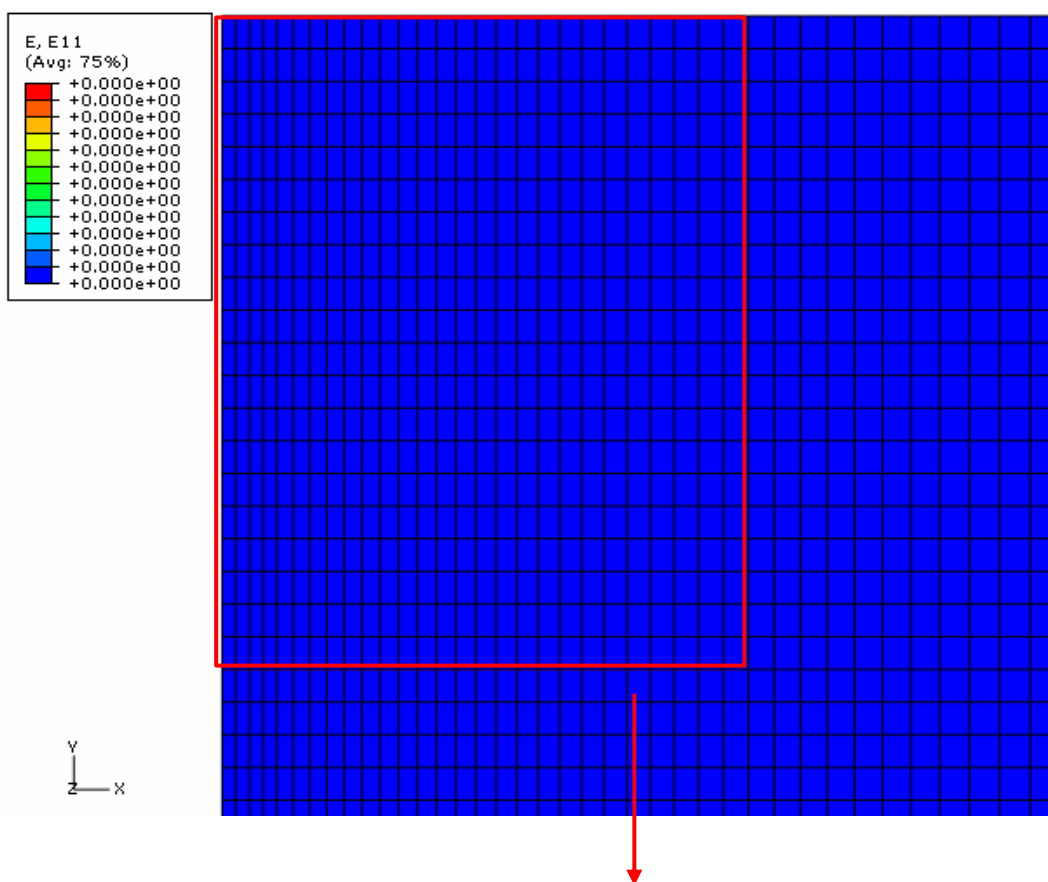


Figura C-46:
Deformação no
sentido 1 ou em 'x'.
Etapa1, que se
refere ao equilíbrio
do estado de tensão
com a força externa
(Figura 5-3).

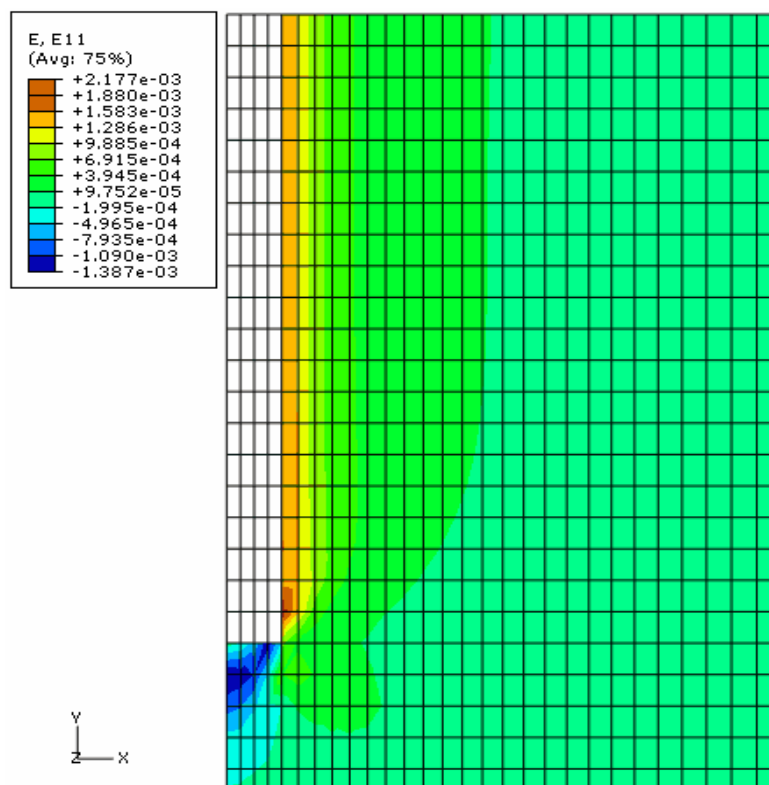


Figura C-47:
Simulação da
resposta elástica e a
introdução das
pressões provocadas
pelo peso do fluido
de perfuração na
parede do poço

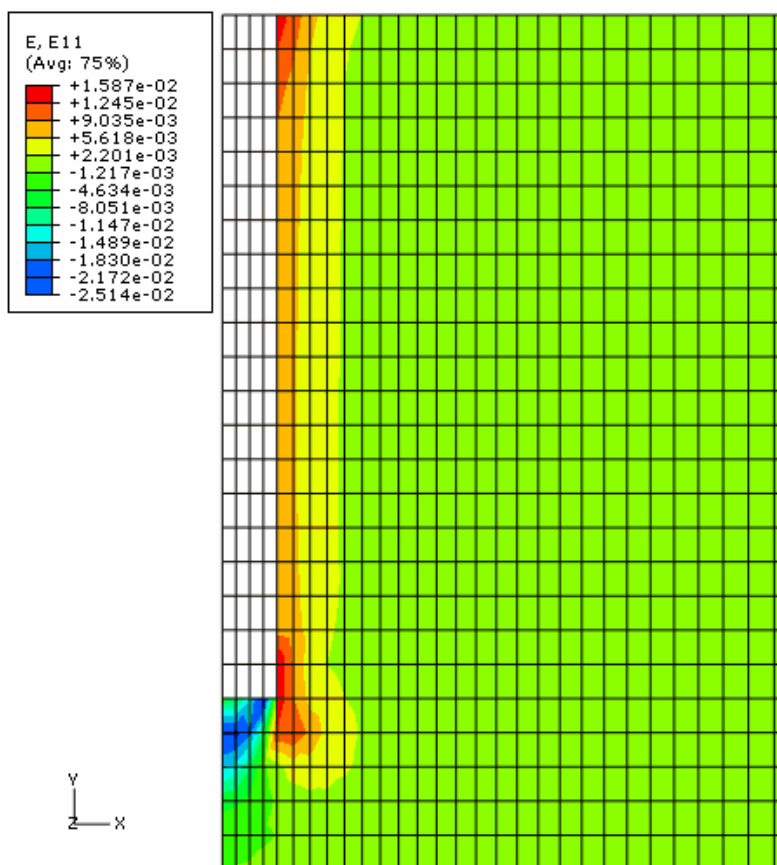


Figura C-48:
Deformação no
sentido 1 ou em 'x'.
Etapa 3. Ativação da
fase do "creep" da
primeira escavação.
Nesta etapa, foi
considerando um
tempo de 900s

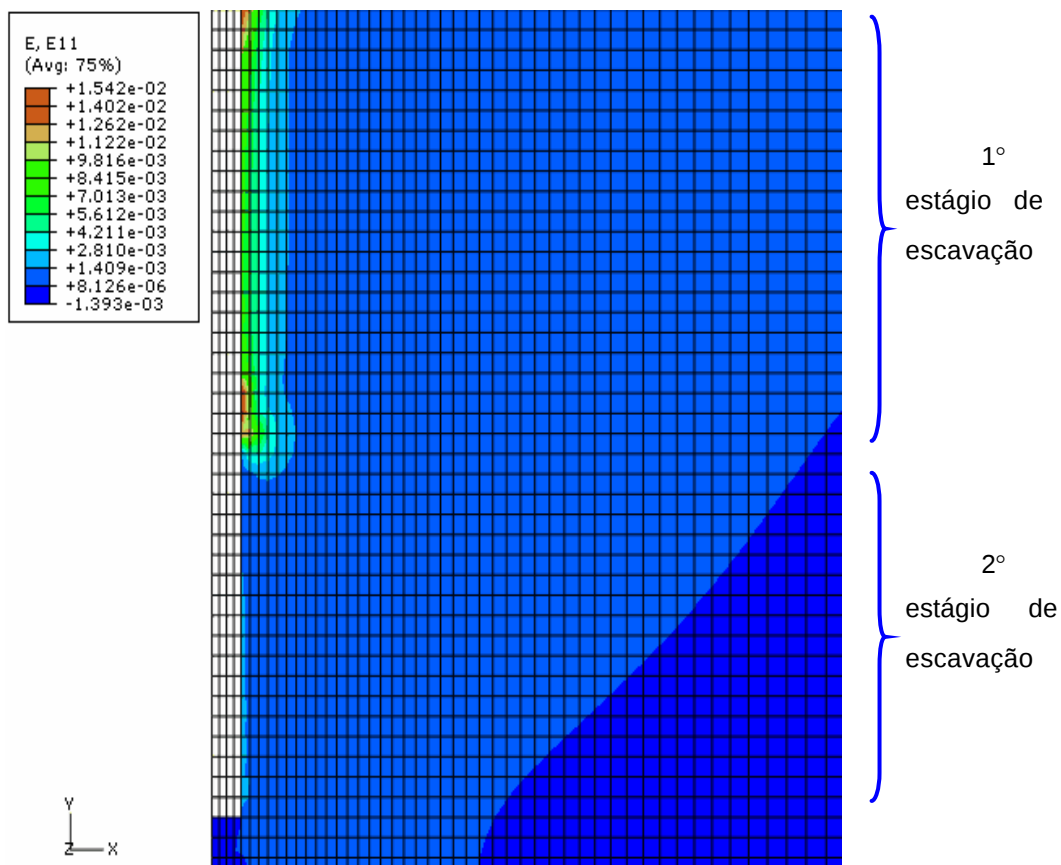


Figura C-49:
Etapa 4,
que se
refere a fase
elástica da
segunda
escavação.

Figura C-50:
Etapa 5,
fluência por
mais 900
segundos.

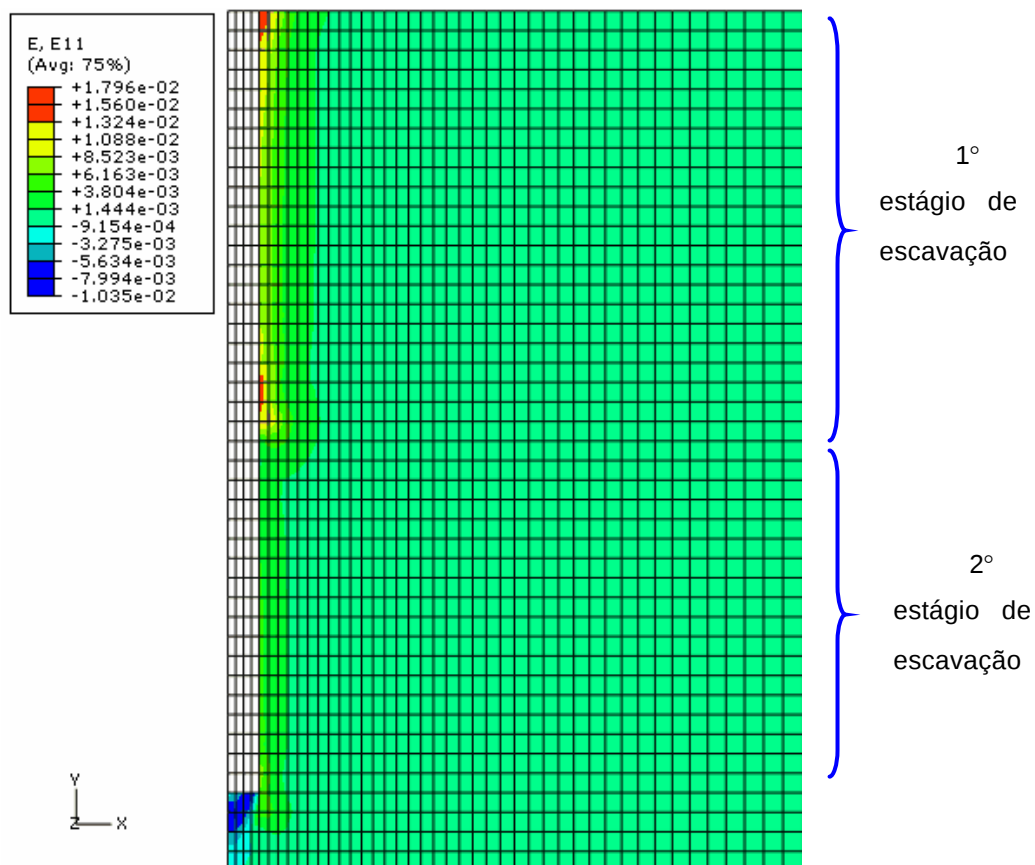


Figura C-51: Etapa 6,
que se refere a fase
elástica da terceira
escavação

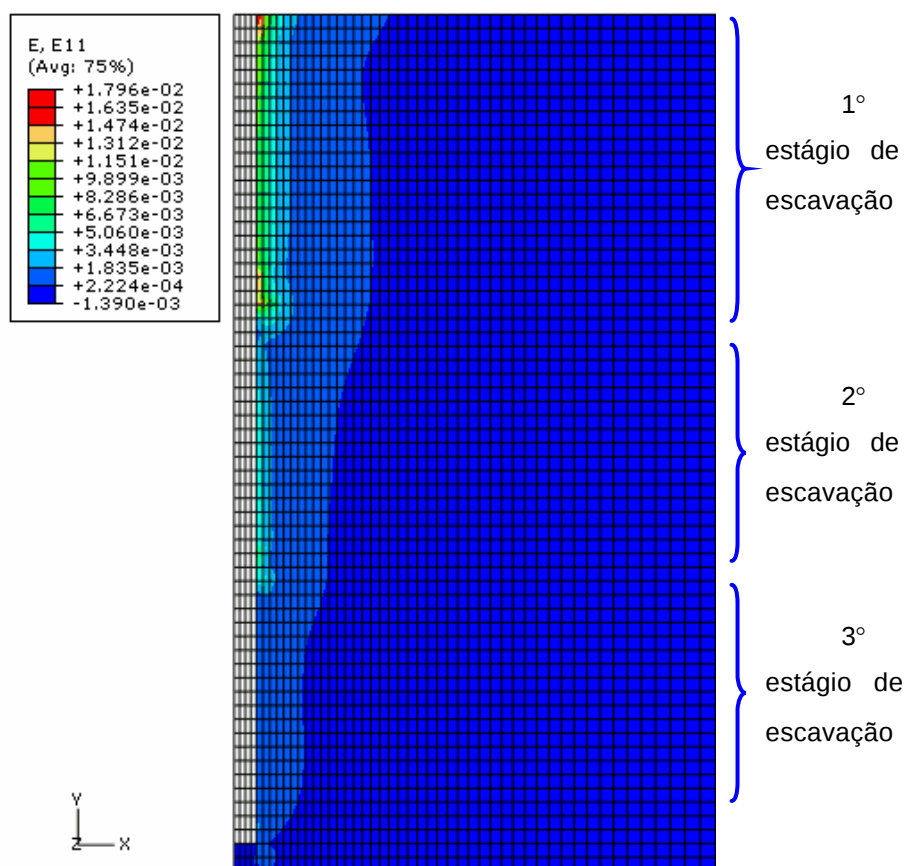
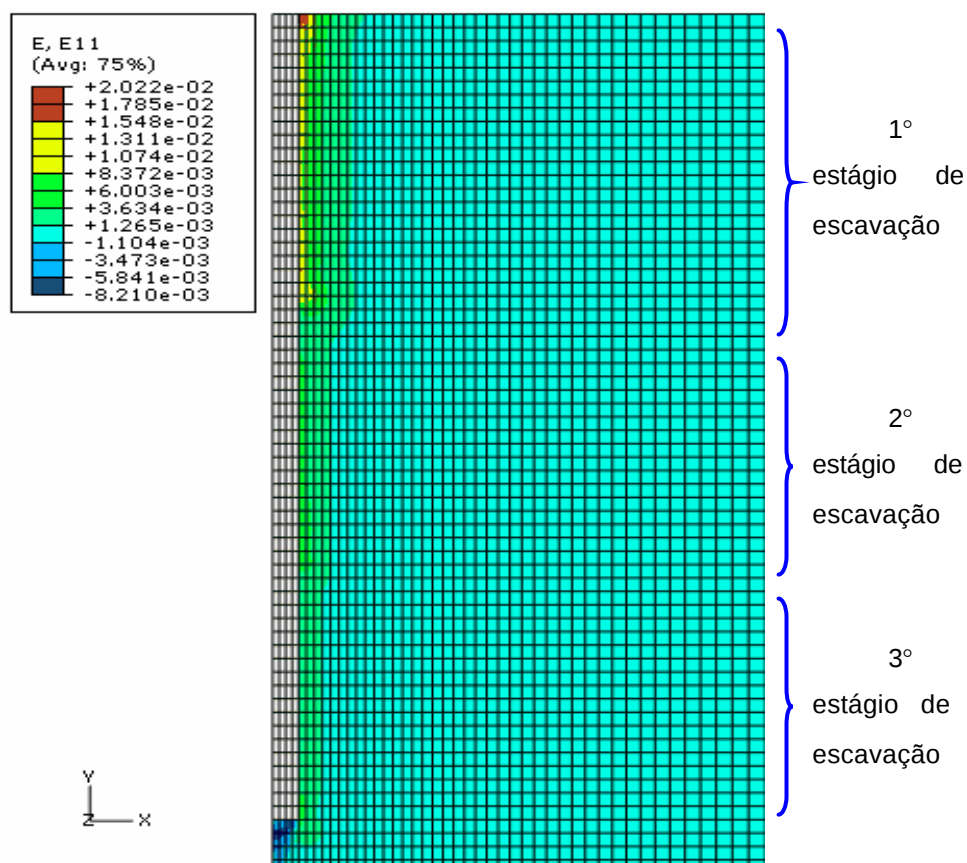
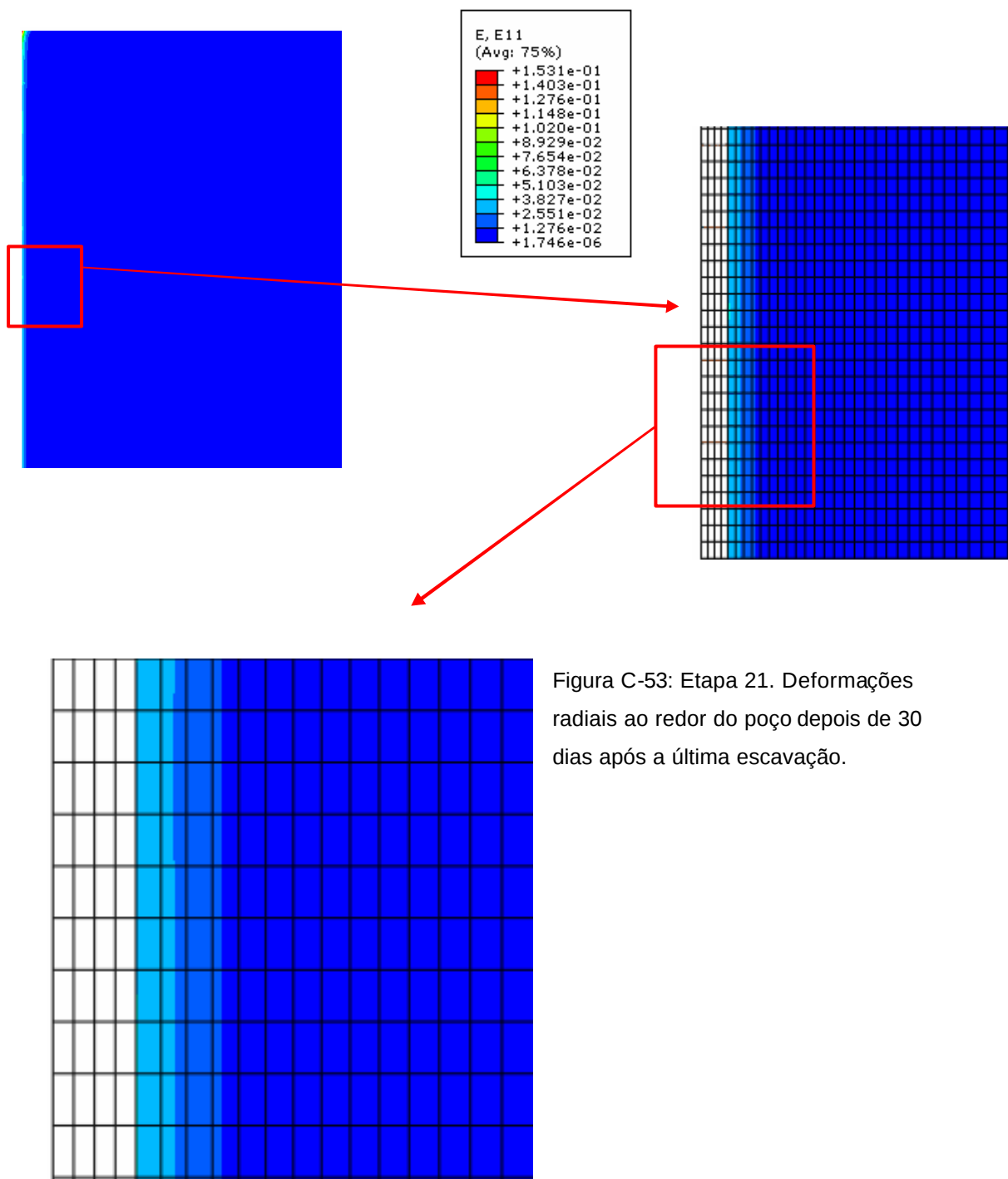


Figura C-52:
Etapa 7,
fluência por
mais 900
segundos





C.3. Tensões Radiais

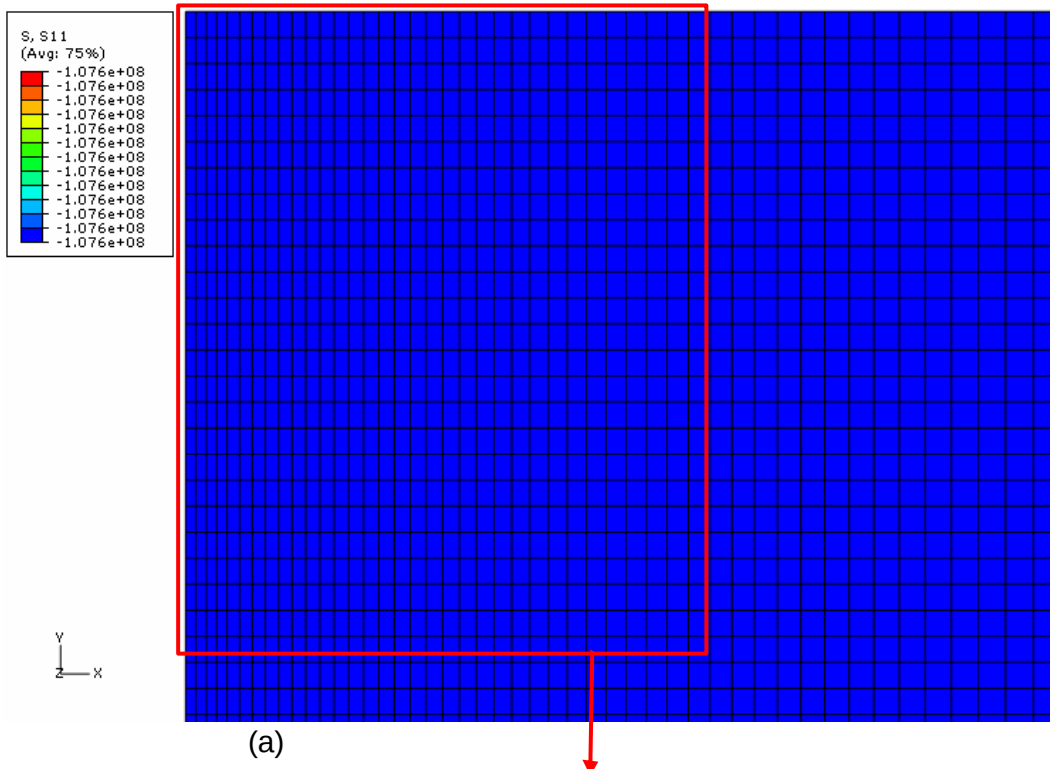


Figura C-54: Tensões radiais
(a) Etapa1, que se refere ao equilíbrio do estado de tensão com a força externa (Figura 5-3), em que foi utilizado o valor de 107,58MP

(b) Etapa 2 (1º parte), desativação dos elementos que compõem a primeira escavação para simular a perfuração do poço,

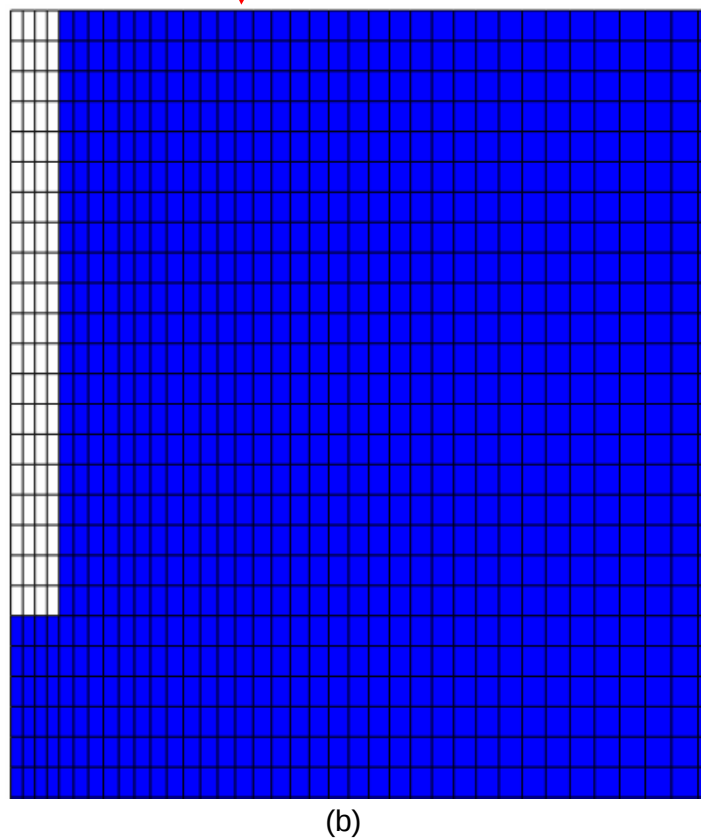


Figura C-55: Etapa 2
(2º parte): simulação
da resposta elástica e
a introdução das
pressões provocadas
pelo peso do fluido de
perfuração na parede
do poço.

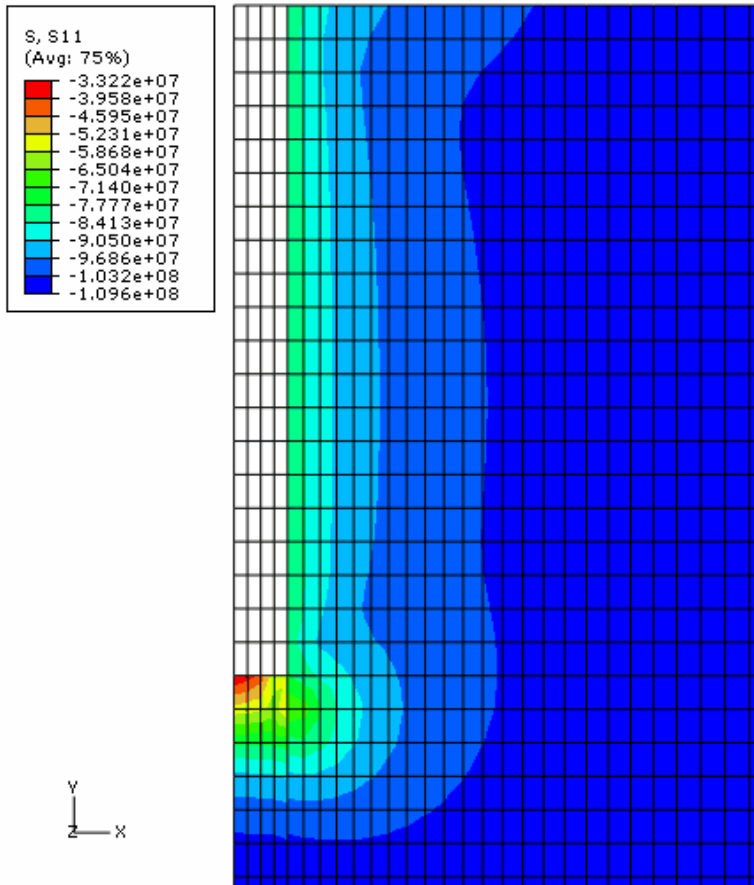
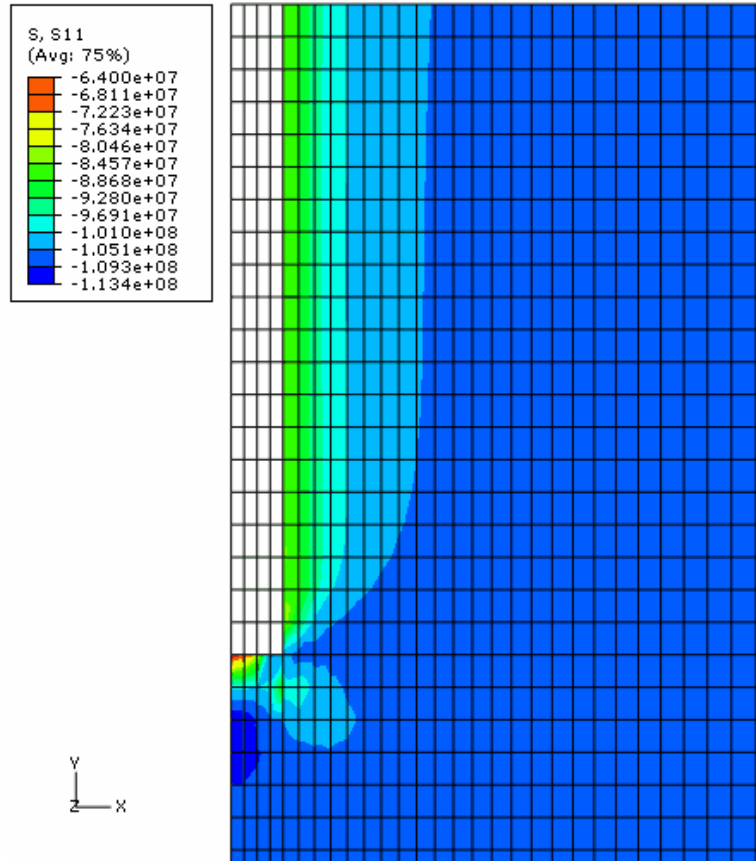


Figura C-56: Etapa 3.
Ativação da fase do
“creep” da primeira
escavação. Nesta
etapa, foi
considerando um
tempo de 900s.

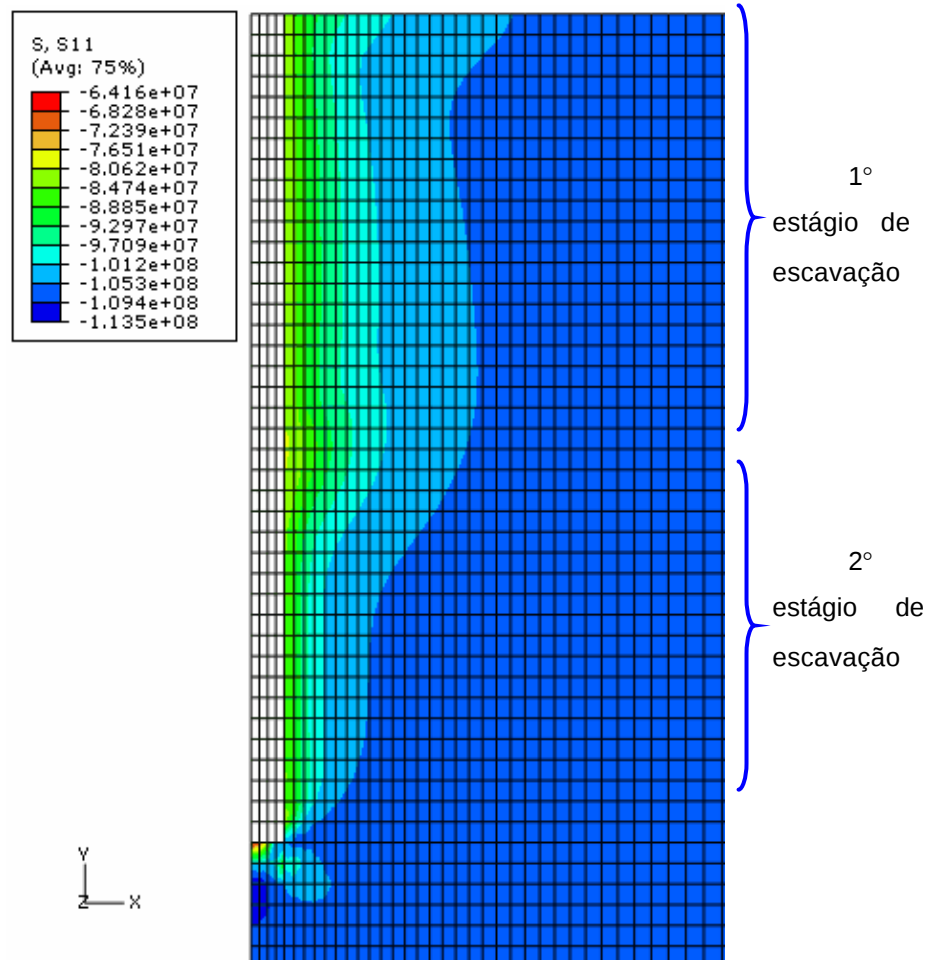


Figura C-57: Etapa 4, que se refere a fase elástica da segunda escavação.

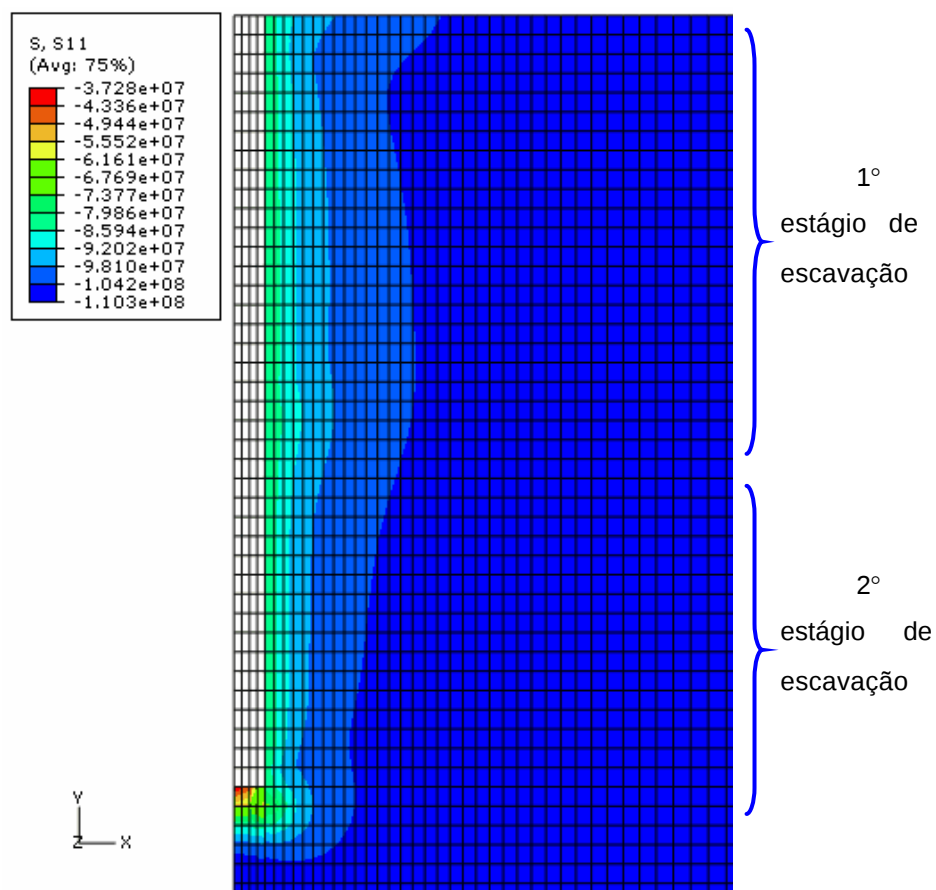


Figura C-58: Etapa 5, fluência por mais 900 segundos.

Figura C-59:
Etapa 6, que
se refere a fase
elástica da
terceira
escavação.

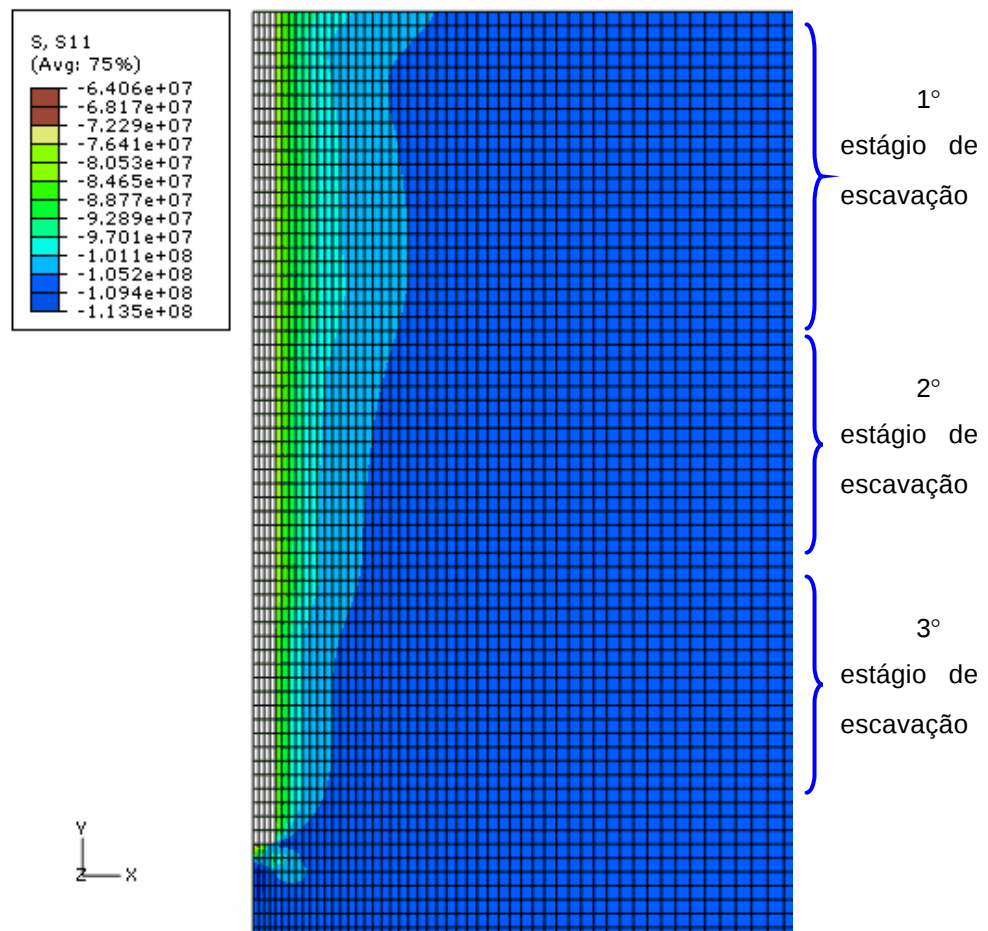
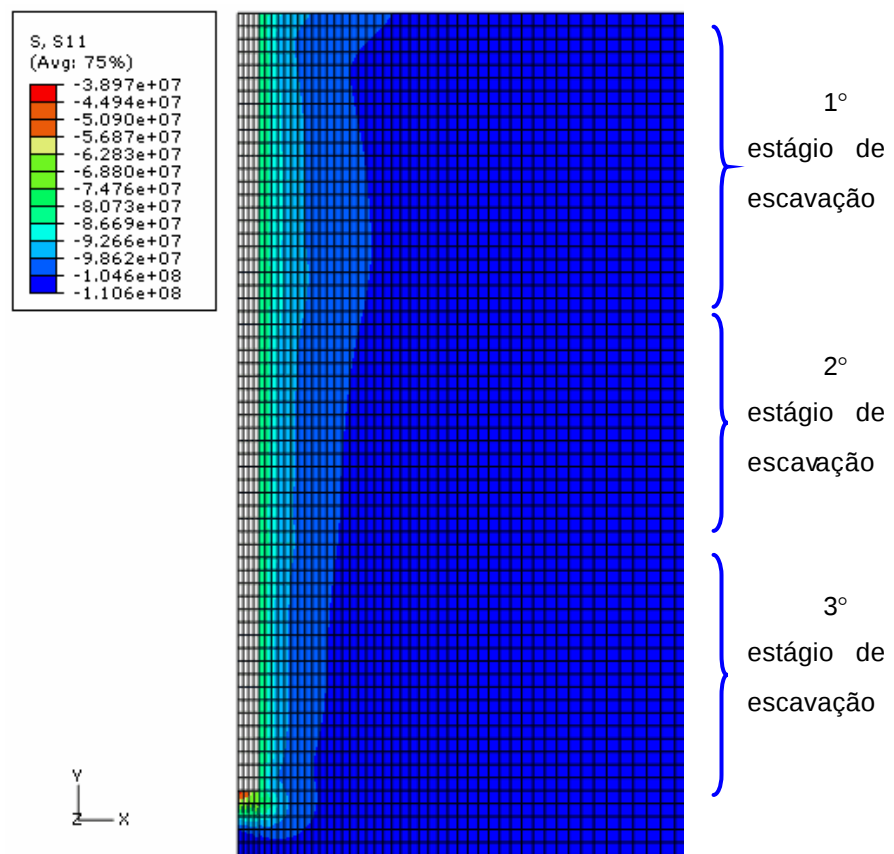


Figura C-60: Etapa 7,
fluência por mais 900
segundos.



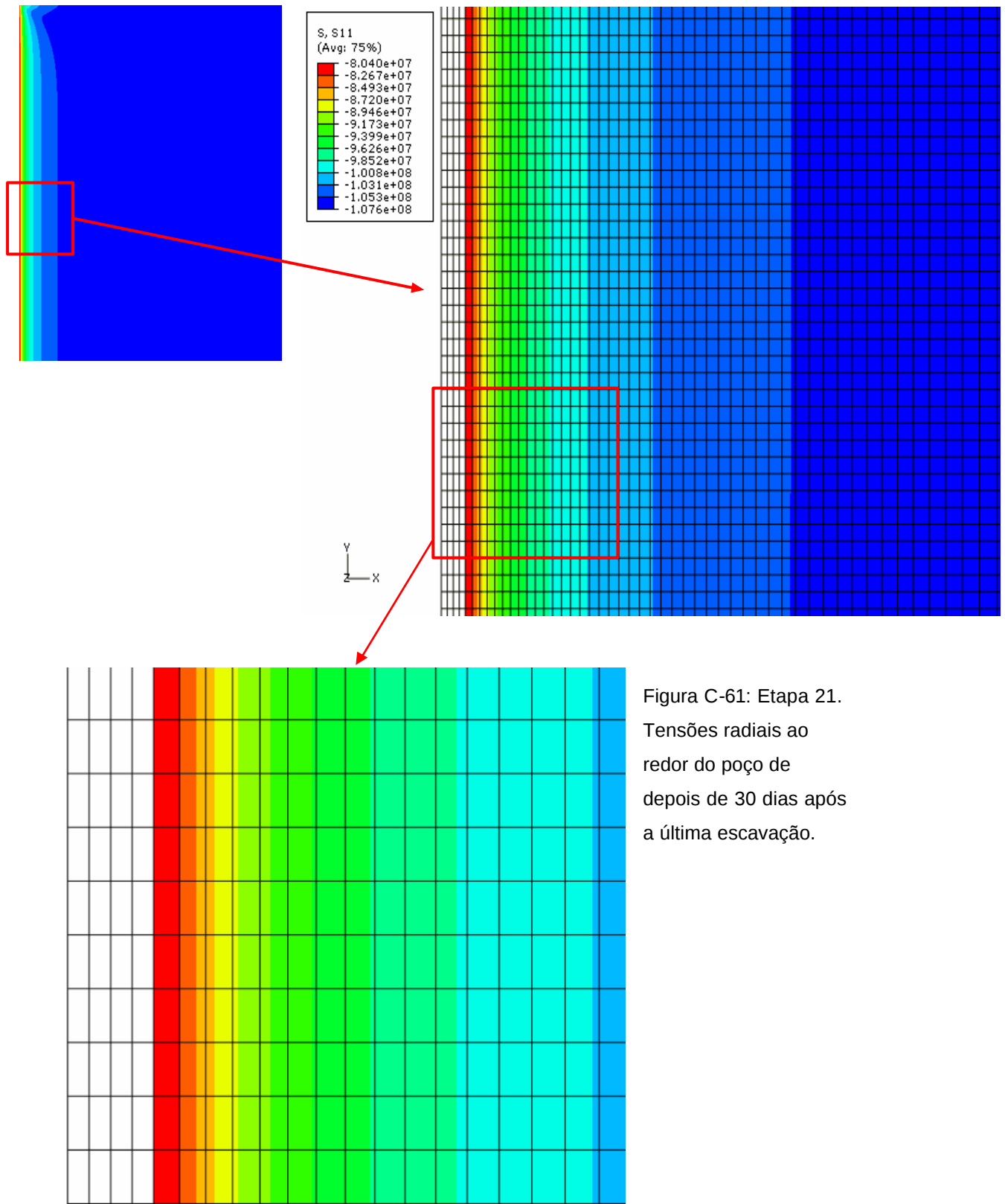


Figura C-61: Etapa 21.
Tensões radiais ao
redor do poço de
depois de 30 dias após
a última escavação.