

7

Referências Bibliográficas

Apsley, D. D. (1995) “Numerical Modelling of Neutral and Stably Stratified Flow and Dispersion in Complex Terrain”, Ph. D. Thesis, Dept. of Mechanical Engineering, University of Surrey, England.

Apsley, D.D. and Castro, P.I., (1997) “Numerical Modeling of Flow and Dispersion around Cinder Cone Butte”, Atmospheric Environment, vol.31, no 7, pp. 1059-1071.

Boçon, F.T., (1998) “Modelagem Matemática do Escoamento e da Dispersão de Poluentes na Microescala Atmosférica”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Boçon, F.T. e Maliska, C.R., (1998) “Application of a Non Isotropic Model to Stable Atmospheric Flows Over 3D Topography”, Proceedings of the 7th Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 2, pp. 1334-1339.

Boçon, F.T. and Maliska, C.R., (1999) “Numerical Study of 3D Atmospheric Pollutant Dispersion Over Real Terrain”, Proceedings of the 15th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Águas de Lindóia, Brazil, published in CD-ROM.

Boçon, F.T. and Maliska, C.R., (2000) “Application of a Non Isotropic Model to Stable Atmospheric Flows and Dispersion over 3D Topography”, J. of the Braz. Soc. Mechanical Sciences, Vol XXII, No. 1, pp. 105-118.

Bradshaw, P., (1973) “Effects of Streamline curvature on turbulent flow” , NATO, AGARD monograph No. 169.

Briggs, G. A. (1969) “Plume Rise”, U.S. Atomic Energy Commission, TID-25075, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Springfield, Va.

Briggs, G. A. (1971) “Some Recent Analyses of Plume Rise Observation”, Proceedings of the Second International Clean Air Congress, Academic Press, New York.

Briggs, G. A. (1972) “Discussion on Chimney Plumes in Neutral and Stable Surroundings”, *Atmospheric Environment*, vol.6, pp.507-510.

Briggs, G. A. (1973) “Diffusion Estimation for Small Emissions”, Proceedings of the Second International Clean Air Congress, Academic Press, New York.

Briggs, G. A. (1974) “Diffusion Estimation for Small Emissions”, ERL, ARL USAEC Report ATDL-106, U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tenn.

Briggs, G. A. (1975) “Plume Rise Predications, Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis”, *American Meteorological Society*, Boston, Mass.

Briggs, G. A. (1984) “Plume Rise and Buoyancy Effects, Atmospheric Science and Power Production”, D. Randerson, (ed), Technical Information, United States Department of Energy, DE84005177 (DOE/TIC-27601), National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, Springfield, Va.

Bussinger, J. A., Wyngaard, J. C., Izumi, Y., and Bradley, E. F., (1971) “Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer”, *J. Atmos. Sci.*, 28, 181-189.

Carruthers, D. J., Holroyd, R. J., Hunt, J. C. R., Weng, W. S., Robins, A. G., Apsley, D. D., Thompson, D. J. and Smith, F. B. (1994) UK-ADMS – “A new

approach to modeling dispersion in the earth's atmospheric boundary layer", J. Wind Engng Ind. Aerodyn. 52, 139-153.

Castro, P.I. and Apsley, D.D., (1997), "Flow and Dispersion Over Topography: A Comparison Between Numerical and Laboratory Data for Two-Dimensional Flows", Atmospheric Environment, vol. 31, no 6, pp. 839-850.

Cataldi, M., Loureiro, J.B.R., Pimentel, L.C.G., Silva Freire, A.P., (2001) "Design Features and Flow Measurements in a Thermally Stratified Wind Tunnel", XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, CD-ROM.

Chen, H.C. and Patel, V.C., (1988) "Near-Wall Turbulence Models for Complex Flows Including Separation", AIAA Journal, 26(6):641-648,

Chou, P.Y., (1945) "On velocity correlations and the solutions of the equations of turbulent fluctuation", Quaterly of Applied Mathematics, 3, 38-54.

Coles, D. E., e Hirst, E.A. (1968) "Computational of turbulent boundary-layer" – 1968 AFOSR-IFP Standford Conference. *In: Proc. 1968 Conference*, vol. 2.

Cruz, D.O.A., e Silva Freire, A.P., (1995a) "The thermal turbulent boundary layer near a separation point", Part II: Law of the wall formulation, XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM), Belo Horizonte, dezembro.

Cruz, D.O.A., e Silva Freire, A.P., (1995b) "The asymptotic structure of the thermal turbulent boundary layer near a separation point", Turbulence, Heat and Mass Transfer, Begell House, Vol 1, No 1.

Cruz, D.O.A., e Silva Freire, A.P., (1998) "On single limits and the asymptotic behaviour on separating turbulent boundary layers", International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 41, No 14, pp. 2097-2111.

Dawson, P., Stock, D. E. and Lamb, B., (1991) “The numerical simulation of airflow and dispersion in three-dimensional atmospheric recirculation zones”, *Journal of Applied Meteorology*, 30, 1005-1024.

Daily, B.J., e Harlow, F.H., (1970) “Transport equations in turbulence”, *Phys. Fluids*, 13, 2634.

Deschamps, C. J., (1998) “Modelos Algébricos e Diferenciais”, I Escola de Transição e Turbulência, Mini-Cursos, Cap. 3, Rio de Janeiro, Brasil.

Dey, Partha R., Karl B., Jr. Schnelle (1999) “Atmospheric Dispersion Modeling – Compliance Guide”, Mc Graw-Hill, New York.

EPA (1995) “User’s Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model”, Volume I – User’s Instructions, EPA-454/B-95-003a, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C..

EPA (1995) “User’s Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model”, Volume II – Description of Models Algorithms, EPA-454/B-95-003b, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C..

Fluent User’s Guide, v. 6.0.12, 2003, Fluent Inc., New Hampshire.

Silva Freire, A.P., (1998) “Equações do Movimento e Resultados Assintóticos Aplicados à Teoria de Camada Limite”, I Escola de Transição e Turbulência, Mini-Cursos, Cap. 2, Rio de Janeiro, Brasil.

Gibson, M.M., e Launder, B.E. (1978) “Ground effects on pressure fluctuatings in the atmospheric boundary layer”, *J. fluid mechanics*, 86, 491.

Gifford, F.A. (1961) “Use of Routine Meteorological Observations for Estimating Atmospheric Dispersion”, *Nuclear Safety*, 2, p. 47-51.

Gifford, F.A. (1976) “Turbulent Diffusion-Typing Schemes: A Review”, Nuclear Safety, vol.17, no.1, pp.68-86.

Hanna, S. R., Briggs, G. A., Hosker, R. P., (1982) “Handbook on Atmospheric Diffusion”, U.S. Dept. of Energy Report DOE/TIC-11223, Washington, DC, U.S.

Hoffman, P. H., Muck, K. C., e Bradshaw, P., (1985) “The effect of concave surface curvature on turbulent boundary layers”, J. Fluid Mechanics, 161, 371.

Huang, P., Bradshaw, P., Coakley, T., (1993), “Skin Friction and Velocity Profile Family for Compressible Turbulent Boundary Layers”, *AIAA Journal*, 31(9):1600-1604.

Huber, A.H., and W.H. Snyder (1976) “Building Wake Effects on Short Stack Effluents”, Preprint Volume for the Third Symposium on Atmospheric Diffusion and Air Quality, American Meteorology Society, Boston, Mass.

Huber, A.H. (1977) “Incorporating Building/Terrain Wake Effects on Stack Effluents”, Preprint Volume for the Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, American Meteorology Society, Boston, Mass.

Jayatilke, C., (1969) “The Influence of Prandtl Number and Surface Roughness on the Resistance of the Laminar Sublayer to Momentum and Heat Transfer”, *Prog. Heat Mass Transfer*, 1:193-321.

Kader, B., (1993) “Temperature and Concentration Profiles in Fully Turbulent Boundary Layers”, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 24(9): 1541-1544, 1993.

Koo, Y. S., (1993) “Pollutant Transport in Buoyancy Driven Atmospheric Flows”, Ph. D. Thesis, The Louisiana State University and Agricultural and Mechanical Col..

Jongen, T. (1992) “Simulation and Modeling of Turbulent Incompressible Flows”, Ph. D. thesis, EPF Lausanne, Lausanne, Switzerland.

Launder, B. E., Spalding, D. B., (1972) “Mathematical Model of Turbulence”, Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science and Technology, Academic Press, Londres.

Launder, B.E. and Spalding, D.B., (1974) “The Numerical Computation of Turbulent Flows”, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3, p.269-289.

Launder, B.E. e Shima, N., (1989) “Second-Moment Closure for the Near-Wall Sublayer: Development and Application”, *AIAA Journal*, 27(10): 1319-1325.

Lien, L.S., and Leschziner, M.A., (1994) “Assessment of Turbulent Transport Models Including Non-Linear RNG Eddy Viscosity Formulation and Second-Moment Closure”, *Computer and Fluids*, 23(8):983-1004.

Lun, Y. F., Mochida, A., Murakami, S., Yoshino, H., Shirasawa, T. (2003) “Numerical simulation of flow over topographic features by revised $k-\varepsilon$ models”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91, 231-245.

Lorber, M., Eschenroeder, A., and Robinson, R. (2000) “Testing the USA EPA’s ISCST-Version 3 model on dioxins: a comparison of predicted and observed air and soil concentrations”, *Atmospheric Environment*, V.34, pp.3995-4010.

McElroy, J.E., and Pooler (1968) “The St. Louis Dispersion Study”, U.S. Public Health Service, National Air Pollution Control Administration, Report AP-53.

McRae, Gregory J., Goodin, William R., and Seinfeld, John H. (1982) “Development of a Second-Generation Mathematical Model for Urban Air Pollution – I. Model Formulation”, *Atmospheric Environment*, Vol. 16, No. 4, pp 679-696.

Meroney, R.N., (1990) “Fluid Dynamics of Flow over Hills/Mountains – Insights Obtained Through Physical Modeling”, Chapter 7 in *Atmospheric Process Over Complex Terrain*, Meteorological Monographs, v.23, p.145-171.

Monin, A. S., and A. M. Obukhov (1954) “Basic Regularity in Turbulent Mixing in the Surface Layer of the Atmosphere”, Tr. Geofiz. Inst. Akad. Nauk., USSR, Sb. Statei, vol.24, pp. 163-167.

Muck, K. C., Hoffman, P. H., and Bradshaw, P., (1985) “The effect of convex surface curvature on turbulent boundary layers”, J. Fluid Mechanics, 161, 347.

Naot, D., Shavit, A., e Wolfshtein, M., (1970) “Interactions between components of the turbulent velocity correlation tensor”, Israel J. Tech., 8, 738.

Nikuradse, J. (1933) *Strömungsgesetze in rauhen Rohren*, Forsch. Arb. Ing. – Ees.

Ohba, R., (1992), “Experimental Results of Simple Profile Terrain as Object in Wind Tunnel”, Relatório Interno do Research Institute of Mitsubishi Heavy Industries, Nagasaki, Japão, Comunicação pessoal a Boçon, F. T., (1998), “Modelagem Matemática do Escoamento e da Dispersão de Poluentes na Microescala Atmosférica” Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Orgill, M.M., Cermak, J.E., Grant, L.O. (1971) “Laboratory Simulation and Field Estimates of Atmospheric Transport-Dispersion Over Mountainous Terrain”, Colorado State University Report CER 70-71 MMO-JEC-LOG40, 302 pp..

Pasquill, F. and Smith, F.B., 1983, “Atmospheric Diffusion”, Ellis-Horwood.

Patankar, S.V. (1980) “Numerical Heat Transfer and Fluid Flow”, Hemisphere Publishing Corporation.

Panofsky, H. A., Dutton, J. A., (1984) “Atmospheric Turbulence – Models for Engineering Applications”, John Wiley & Sons, New York.

Pasquill, F. (1961) “The Estimation of the Dispersion of Winborn Material”, *Meteorology Magazine*, vol. 90, pp.33-49.

Pasquill, F. (1971) “Atmospheric diffusion of pollution”, *Q.J. Roy. Meteorol. Soc.*, 97, 369-395.

Perry, S. G. (1992) “CTDMPLUS: a dispersion model for sources near complex topography”, Part I: Technical Formulations. *J. appl. Met.* 31, 633-660.

Peters, Leonard K., Berkowitz, Carl M., Carmichael, Gregory R., Easter, Richard C., Fairweather, Graeme, Ghan, Steven J., Hales, Jeremy M., Leung, L. Ruby, Pennell, William R., Potra, Florian A., Saylor, Rick D., and Tsang, Tate T. (1995) “The Current State and Future Direction of Eulerian Models In Simulating The Tropospheric Chemistry and Transport of Trace Species: A Review”, *Atmospheric Environment*, Vol. 29, No. 2, pp. 189-222. Atmospheric Environment.

Prandtl, L. (1925) “*Über Die Ausgebildete*” Turbulence, *Z. Angew. Math. Mech.*, vol. 5, pp. 136-139.

Quinn, A.D., Wilson, M., Reynolds, A.M., Couling, S.B., Hoxey, R.P. (2001) “Modelling the dispersion of aerial pollutants from agriculture buildings – an evaluation of computational fluid dynamics (CFD)”, *Computers and Electronics in Agriculture*, V.30, pp.219-235.

Raithby, G. D., Stubbley, G. D., Taylor, P. A., (1987) “The Askervin Hill Project: A Finite Control Volume Prediction of Three-Dimensional Flows over the Hill”, *Boundary-Layer Meteorology*, v. 39, p. 247-267, 1987.

Reis Júnior, N. C., Santos, J. M., Siveira, A. B., Chacaltana, J. T. A., (2002) “Reconstrução do Campo de Ventos Tridimensional sobre Regiões de Topografia Complexa, Encontro Nacional de Ciências Térmicas – ENCIT 2002”, CD-ROM, Caxambu, Brasil.

Rhie, C.M., and Chow, W.L., (1983) “Numerical Study of the Turbulent Flow Past an Airfoil with Trailing Edge Separation”, *AIAA Journal*, 21(11):1525-1532, November.

Rotta, J.A., (1951) “*Statistische theorie nichthomogener turbulenz*”, Z. Phys., 129, 547.

Ryan, W., Lamb, B. and Robinson, E., (1984) “An atmospheric tracer investigation of transport and diffusion around a large, isolated hill”, Atmospheric Environment, 18, 2003-2021.

Santos, J.M., (1992) “Simulação Numérica Tridimensional da Dispersão de Poluentes na Atmosfera”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Santos, J.M., Nieckele, A.O., Azevedo, L.F.A., (1992) “Dispersão de Contaminantes na Atmosfera: Modelagem Através da Solução Numérica das Equações Fundamentais de Transporte”, IV Encontro Nacional de Ciências Térmicas, ABCM, Rio de Janeiro, p. 419-422.

Santos, J. M., (2000) “Wind Flow and Dispersion around Single Obstacles”, Ph. D. Thesis, University of Manchester, UMIST, Grã-Bretanha.

Sasaki, Y., (1958), “An objective analysis based on variational method”, J. Meteorol. Soc. Japan, 36, pp. 77-88.

Sasaki, Y., (1970) “Some basic formalism in numerical variational analysis”, Mon. Weather Rev., 98, pp. 77-88.

Schnelle, Karl B., and Dey, Partha R. (2000) “Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide”, Mc Graw Hill, New York.

Schulman, L.L., and Hanna, S.R. (1986) “Evaluation of Downwash Modifications to the Industrial Source Complex Model”, *Journal of Air Pollution Control Association*, vol.36, no.3, pp.258-264.

Seinfeld, J.H., and Pandis, S.N. (1998) “Atmospheric Chemistry and Physics – From Air Pollution to Climate Change”, John Wiley & Sons, New York.

Simpson, R. L., Strickland, J. H. e Barr, P.W., (1974) “The structure of a separating turbulent boundary layer”, J. Southern Methodist Univ., Thermal and Fluid Sciences Center, WT-3, Texas, U.S.A..

Simpson, R. L., Chew, Y.T., e Shivaprasad, B.G., (1981) “The structure of a separating turbulent boundary layer”, Part 1: Mean flow and Reynolds stresses. J. Fluid Mechanics, 113, 23.

Snyder, W.H., (1972) “Similarity Criteria for the Application of Fluid Models to the Study of Air Pollution Meteorology”, Boundary Layer Meteorology, v.3, p. 112-134.

Spalding, D.B., (1972) “A Novel Finite-Difference Formulation for Differential Expressions Involving Both First and Second Derivatives”, *Int. Journal of Numerical Methods in Engineering*, vol.4, p. 551.

Stull, R. B., (2001) “An Introduction to Boundary Layer Meteorology”, Kluwer Academic Publishers.

Turner, D.B. (1994) “Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates”, 2nd ed., Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.

Uchida, T., Ohya, Y., (2003) “Large-eddy simulation of turbulent airflow over complex terrain”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91, p. 219-229.

White, F., Christoph, G., (1971) “A Simple New Analysis of Compressible Turbulent Skin Friction under Arbitrary Conditions”, Technical Report AFFDL-TR-70-133.

Apêndice A

A.1 Teste de Malha

O estudo de independência dos resultados com relação à malha é indispensável em qualquer solução numérica. Em problemas tridimensionais como o investigado no presente trabalho, com os recursos computacionais atualmente disponíveis, nem sempre é possível refinar-se tanto a malha a ponto de que a solução seja independente desta. Assim, as soluções numéricas estariam incutidas de erros associados à malha empregada. Dessa forma, é necessário ter-se conhecimento de tais limitações e avaliar-se esses erros para saber se a solução obtida tem utilidade, dentro dos níveis de precisão requeridos no problema.

Nesta seção são apresentados os resultados do teste de malha realizado para as simulações relativas ao capítulo 5. As malhas testadas correspondem àquelas apresentadas na Tabela 4. As simulações realizadas para o teste de malha reproduzem o caso E2, que por tratar-se de escoamento estável sobre colina alta, é certamente o caso mais delicado entre os estudados. A nomenclatura utilizada para definir as simulações realizadas corresponde àquela apresentada na seção 5.2.2. A figura 68 mostra os perfis verticais de velocidade (u) calculados, relativos à simulação KE-LP com as malhas grosseira, intermediária e fina. A figura 69 apresenta os perfis verticais de energia cinética turbulenta (k). Os resultados obtidos com as diferentes malhas, utilizando-se o modelo $k - \varepsilon$, foram muito próximos entre si, tanto para os cálculos de (u) como para (k).

Na figura 70 são mostrados os perfis verticais de velocidade (u) calculados relativos à simulação TR-LP, com as malhas grosseira, intermediária e fina. Na figura 71 são apresentados os perfis verticais de energia cinética turbulenta para estas mesmas condições. As figuras mostram que, também com o modelo de tensões de

Reynolds, os resultados obtidos com as malhas grosseira, intermediária e fina foram muito parecidos.

A figura 72 mostra perfis verticais de concentração (C^*) no plano de simetria ($y = 0$) calculados com as malhas grosseira, intermediária e fina. As concentrações foram calculadas a partir da solução do escoamento obtida com KE-LP. Apesar de existirem algumas discrepâncias entre os resultados de concentração obtidos com as diferentes malhas entendemos que as tendências apresentadas nas três curvas são semelhantes e as variações toleráveis para a precisão requerida. Assim, consideramos que as soluções obtidas representam satisfatoriamente o campo de concentrações.

A figura 73 apresenta os perfis verticais de concentração (C^*) calculados a partir da solução do escoamento obtida com a combinação TR-LP. Novamente, as diferenças observadas entre as soluções geradas são consideradas aceitáveis.

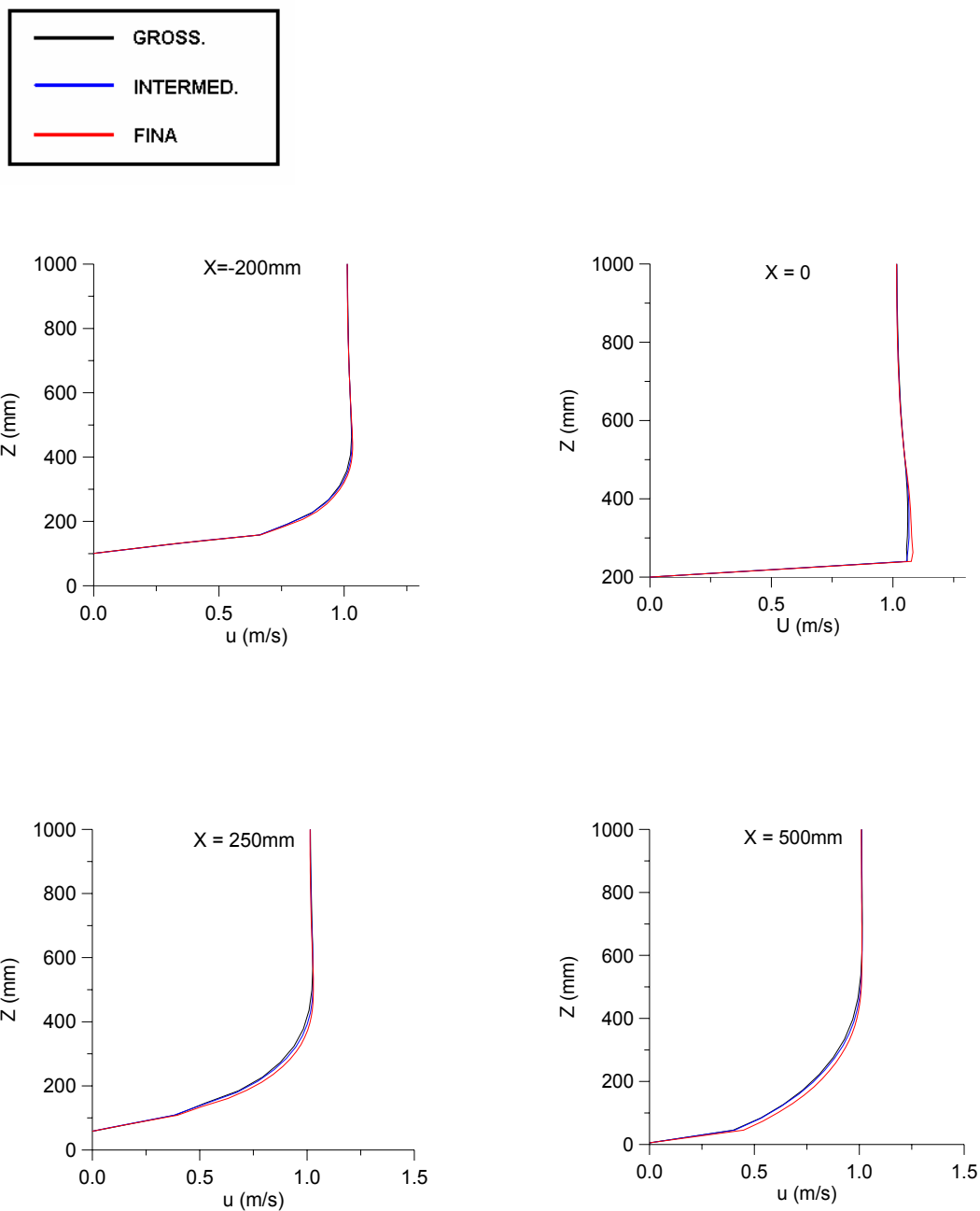


Figura 68 - Perfis de velocidade (u) em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$) calculados com KE-LP. As simulações reproduzem o caso E2 utilizando-se as malhas grosseira, intermediária e fina.

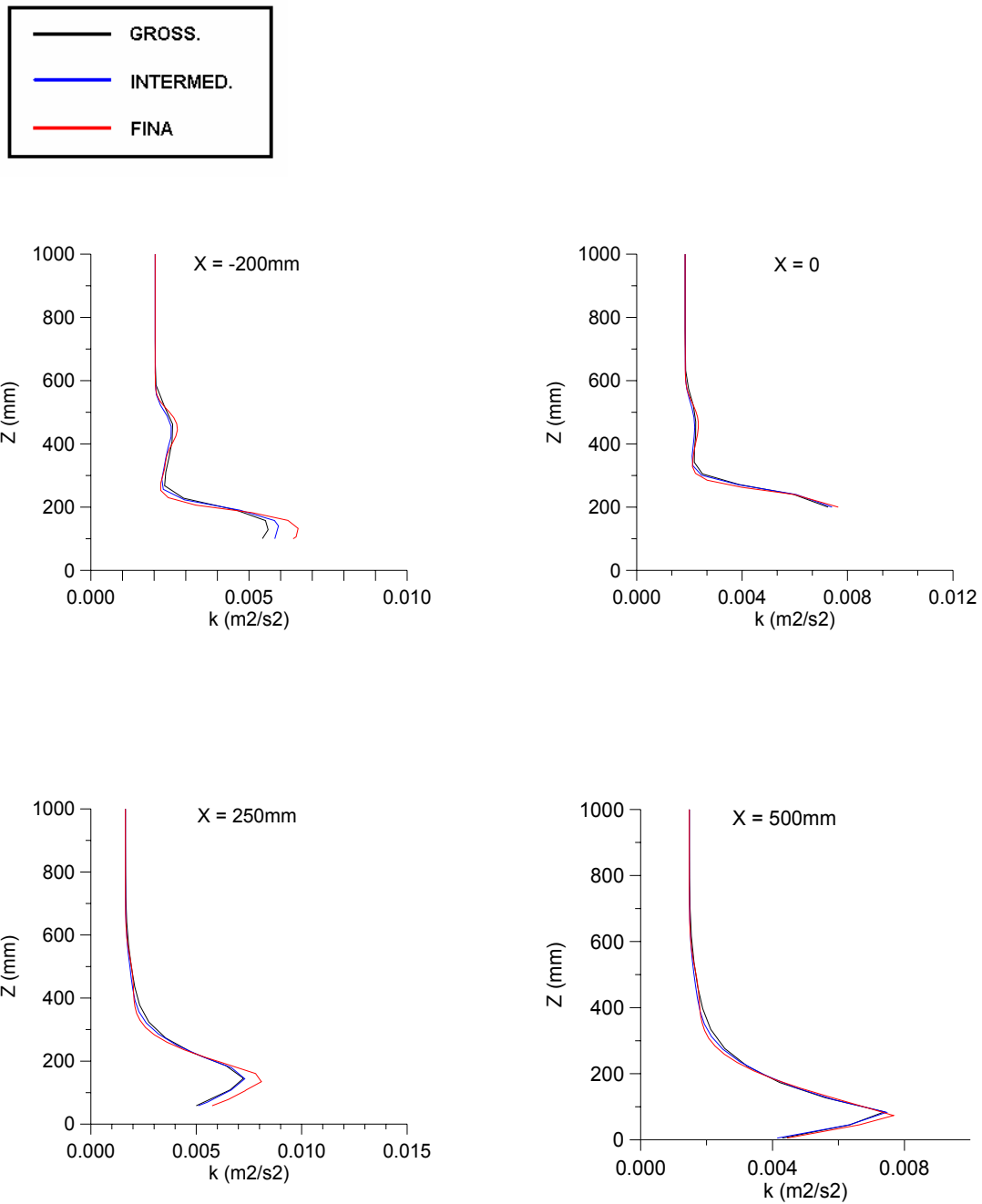


Figura 69 - Perfis de energia cinética turbulenta (k) em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$) calculados com KE-LP – Caso E2.

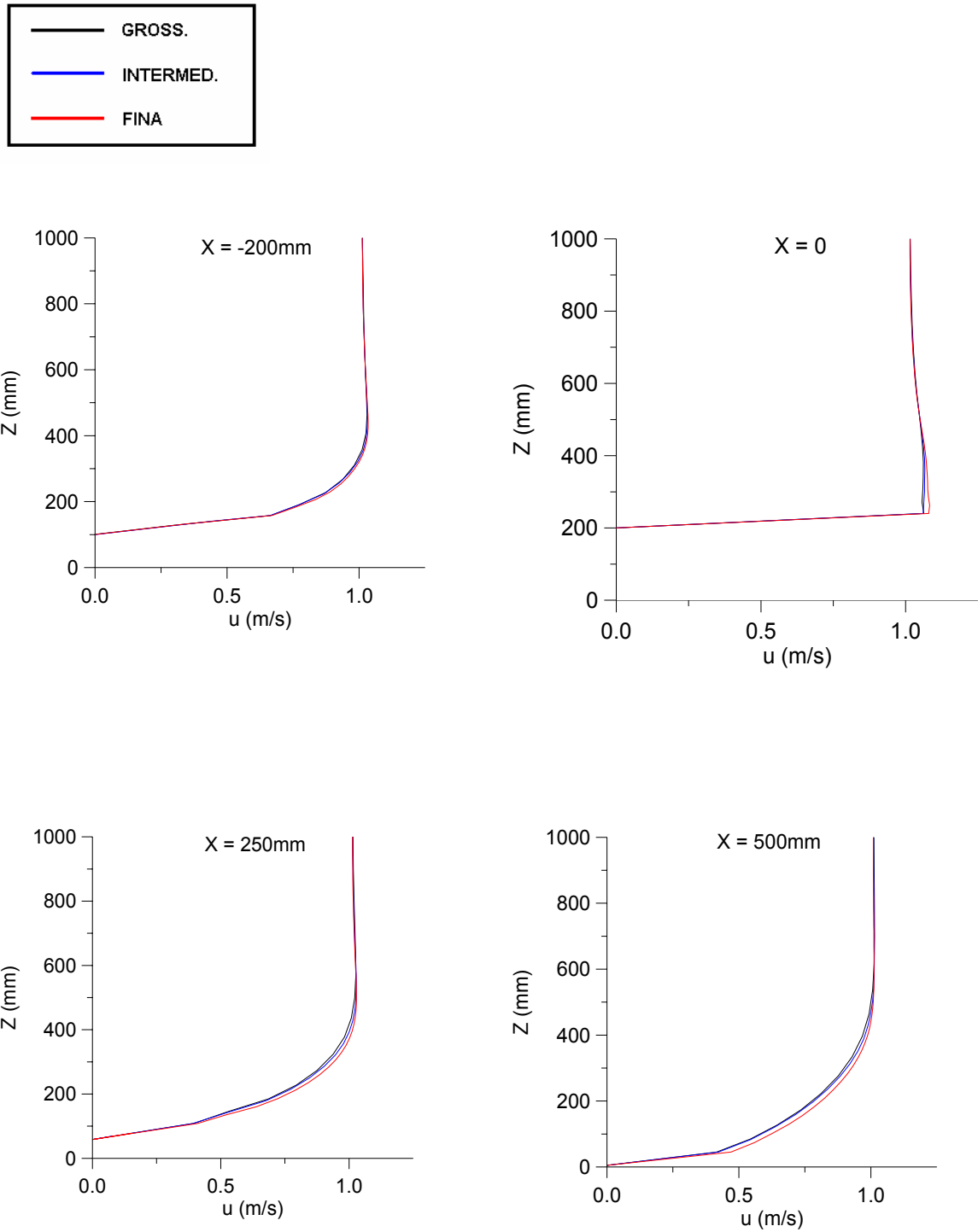


Figura 70 - Perfis de velocidade (u) em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$) calculados com TR-LP o modelo de tensões de Reynolds. As simulações reproduzem o caso E2 utilizando-se as malhas grosseira, intermediária e fina.

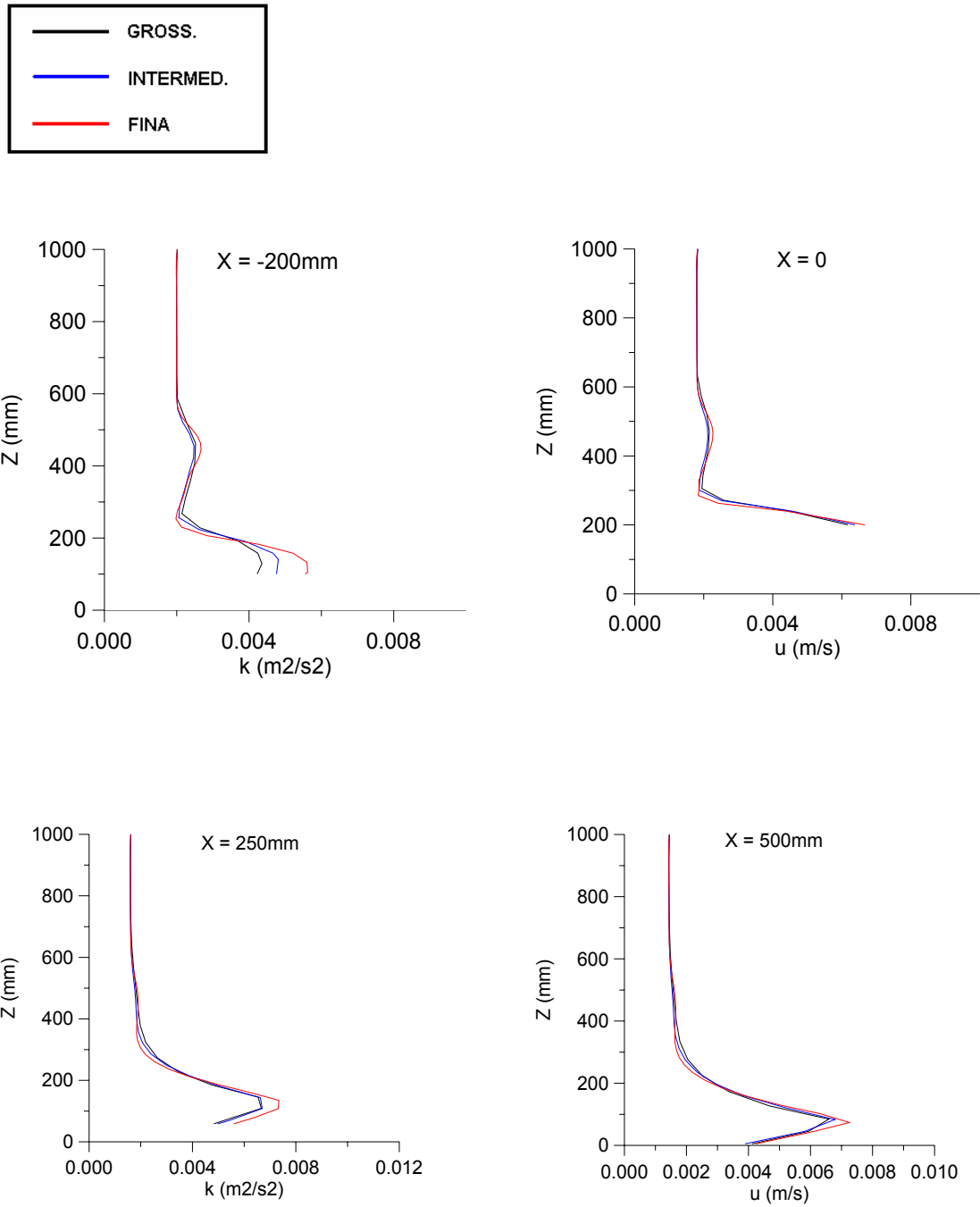


Figura 71 - Perfis de energia cinética turbulenta (k) em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$) calculados com TR-LP – Caso E2.

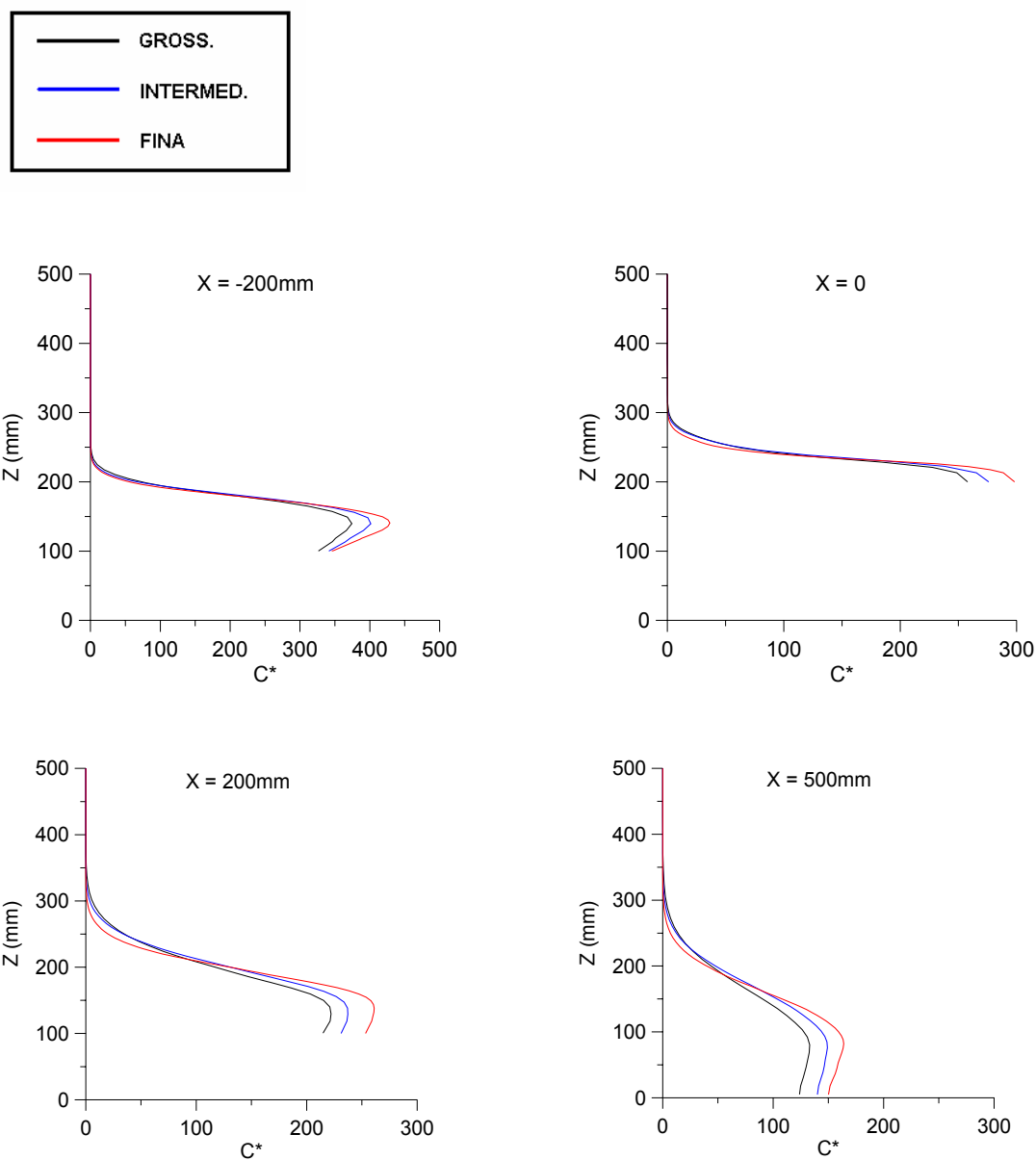


Figura 72 – Perfis verticais de concentração normalizada C^* no plano $y = 0$, para as malhas grosseira, intermediária e fina. Os perfis foram calculados a partir da solução do escoamento obtida com KE-LP para o caso E2.

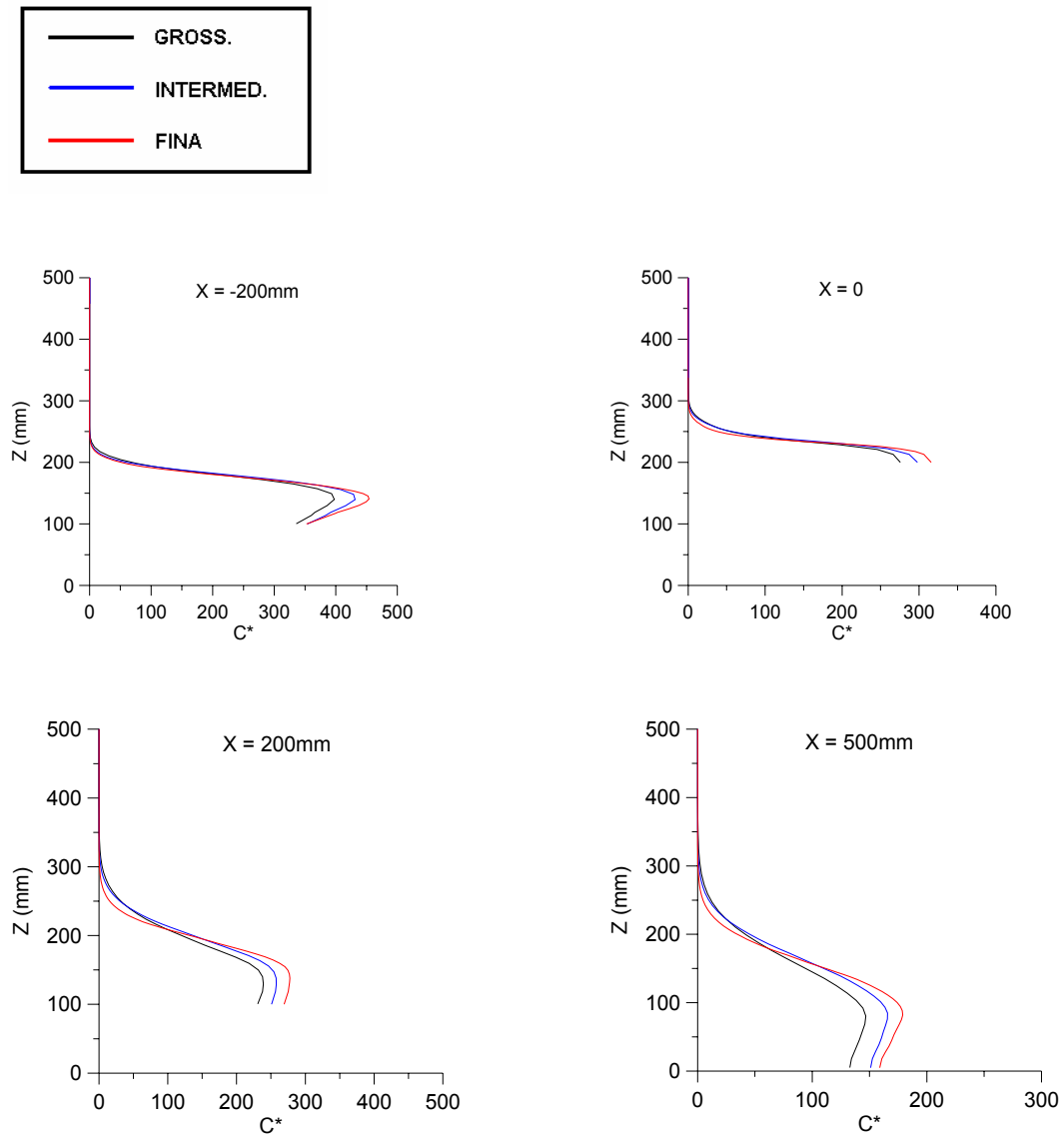


Figura 73 - Perfis verticais de concentração normalizada C^* no plano $y = 0$, para as malhas grosseira, intermediária e fina. Os perfis foram calculados a partir da solução do escoamento obtida com TR-LP para o caso E2.

A.1.1 Refinamento próximo à Parede para o Tratamento em 2 Camadas

Também foi realizado um estudo do refinamento da malha necessário na região próxima à parede ao utilizar-se o tratamento em duas camadas (seção 4.1.7.2). Tomando como base a malha intermediária para o escoamento (Tabela 4), criamos três novas malhas (para os cálculos do escoamento) que foram respectivamente acrescidas de 10, 15 e 22 linhas na região próxima à parede. Para os cálculos de concentração foi realizado este mesmo procedimento tomando como base a malha intermediária para a concentração (Tabela 4). A figura 74 apresenta os perfis verticais de velocidade (u) obtidos com essas três malhas, utilizando-se o modelo $k-\varepsilon$ e o tratamento em duas camadas para o caso E2. Na figura 75 são mostrados os perfis verticais de energia cinética turbulenta (k) para esta mesma situação.

Pode-se observar que os resultados de velocidade obtidos com as diferentes malhas foram bastante próximos entre si. Já os resultados de energia cinética turbulenta apresentam alguma variação entre si, mas ainda assim, as tendências das curvas obtidas através das três malhas são semelhantes.

As malhas descritas acima também foram utilizadas em simulações com o modelo de tensões de Reynolds em associação com o modelo em duas camadas. Os resultados também foram satisfatórios, assim como ocorreu com a utilização do modelo $k-\varepsilon$ e o tratamento em duas camadas.

Por fim, a figura 76 apresenta perfis verticais de C^* calculados com as malhas para o tratamento em duas camadas utilizando a solução do escoamento obtida com o modelo de tensões de Reynolds para o caso E2. Os resultados mostram que praticamente não houve variação nos perfis devido aos diferentes níveis de refinamento das malhas na região próxima à parede.

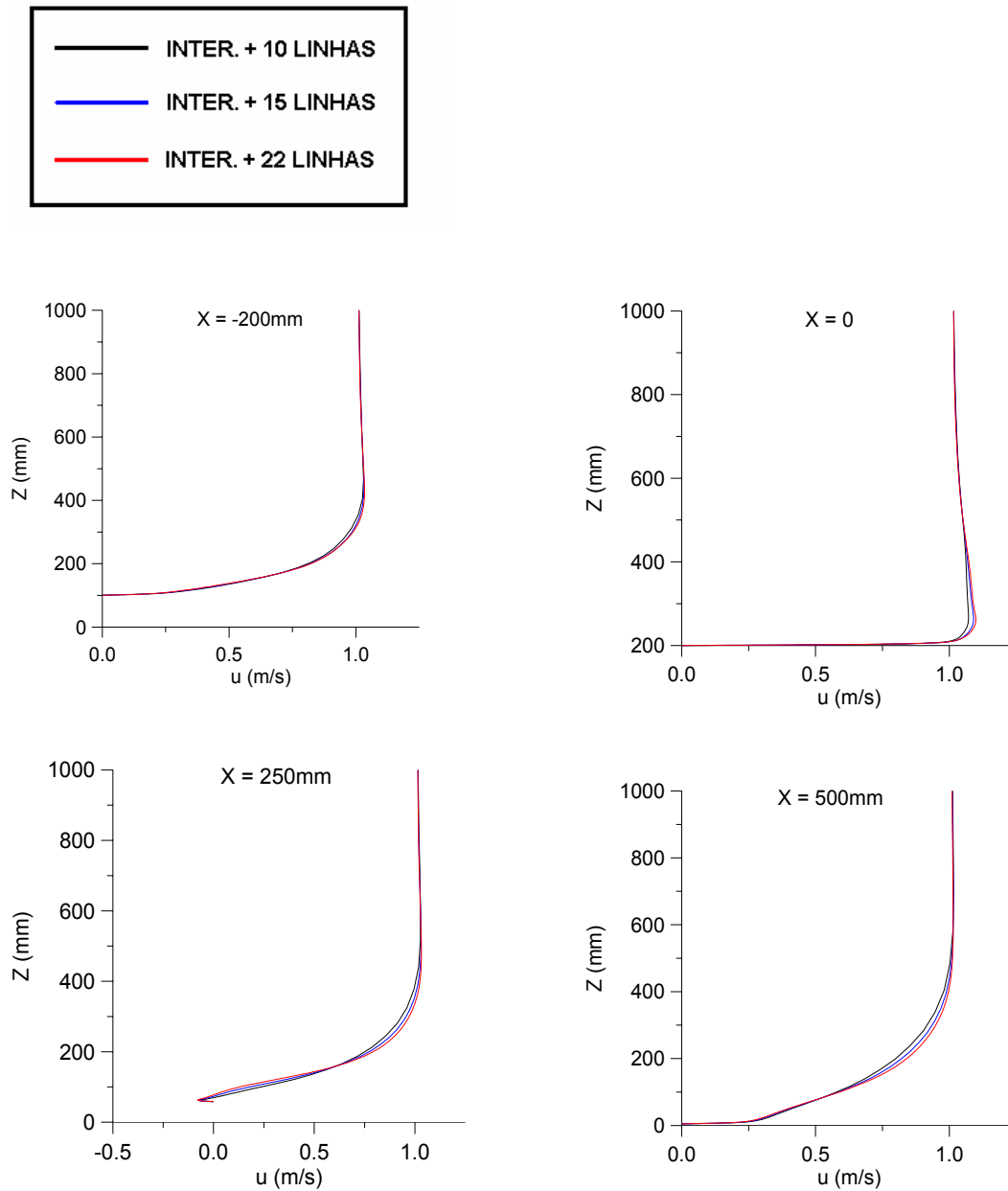


Figura 74 - Perfis de velocidade (u) obtidos em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$) calculados com o modelo $k - \varepsilon$ e o tratamento em duas camadas. Foram testadas três malhas distintas: a malha intermediária do escoamento acrescida de 10, 25 e 22 linhas respectivamente, na região próxima à parede.

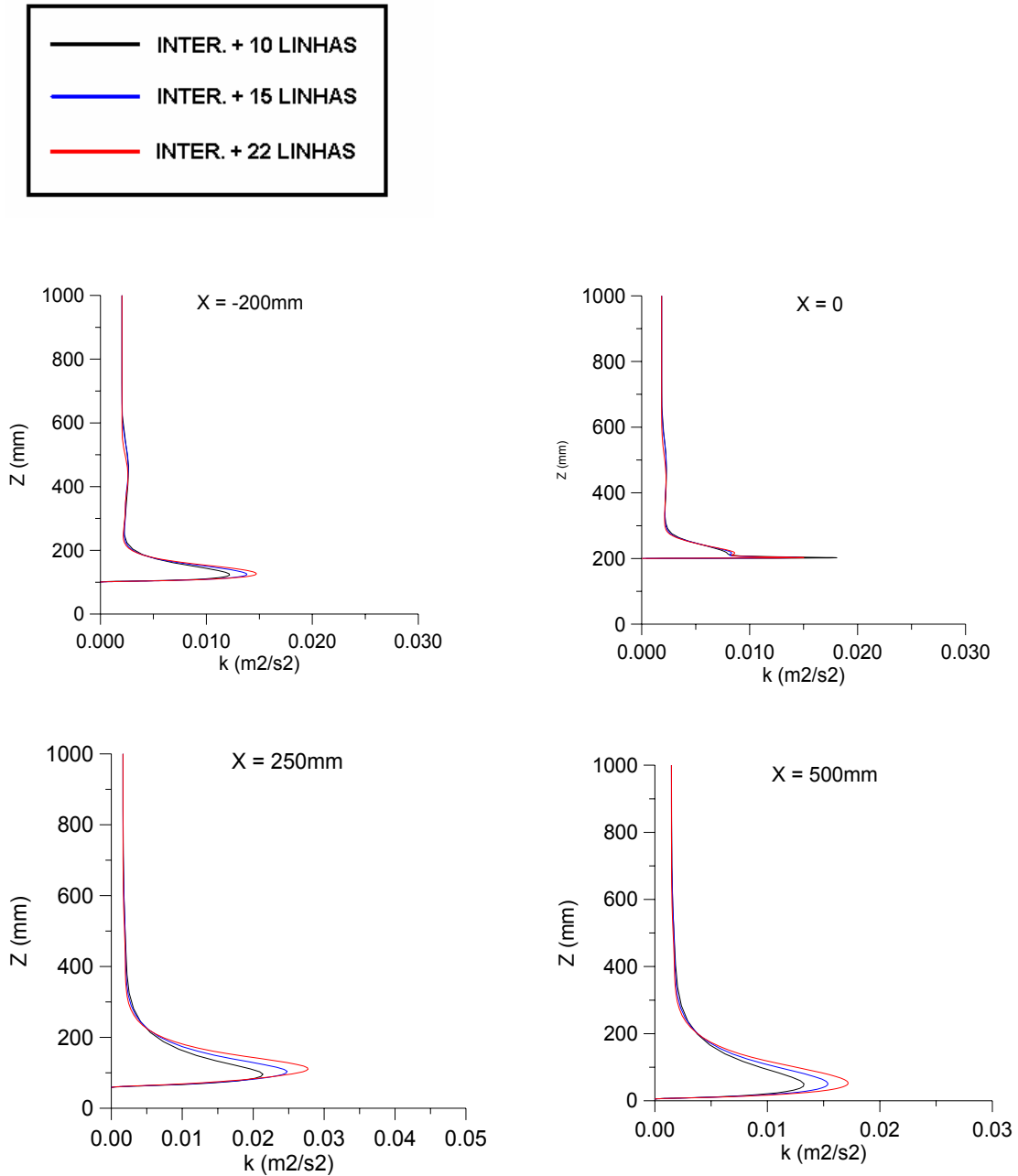


Figura 75 - Perfis de energia cinética turbulenta (k) obtidos em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$), calculados com o modelo $k - \varepsilon$ e o tratamento em duas camadas.

Foram testadas três malhas distintas: a malha intermediária do escoamento acrescida de 10, 25 e 22 linhas respectivamente, na região próxima à parede.

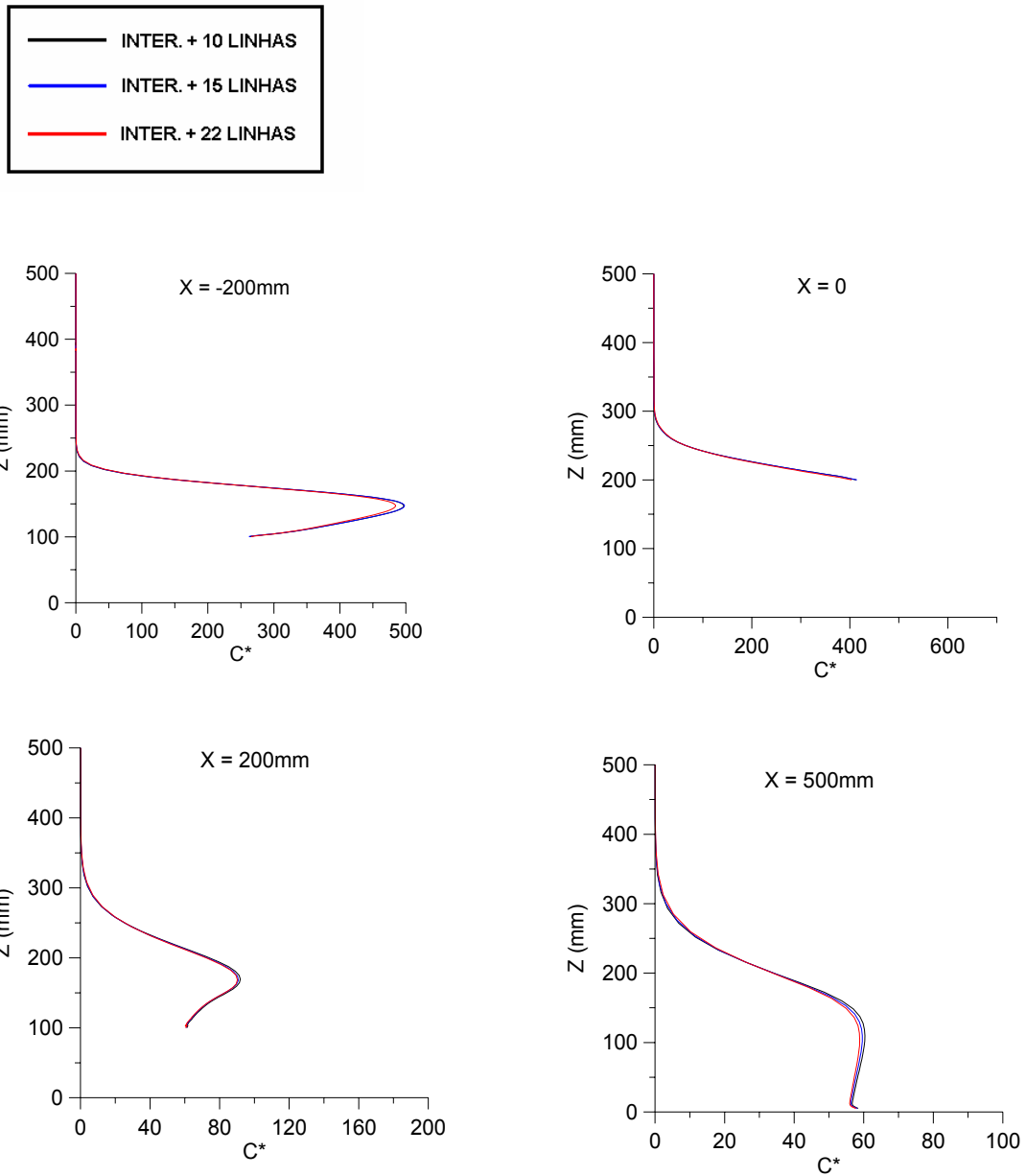


Figura 76 - Perfis de concentração normalizada C^* em diversas posições no plano de simetria ($y = 0$), calculados utilizando-se a solução do escoamento obtida com o modelo de tensões de Reynolds e o tratamento em duas camadas. Foram testadas três malhas distintas: a malha intermediária do escoamento acrescida de 10, 25 e 22 linhas respectivamente, na região próxima à parede.

Os resultados para os cálculos do escoamento e da concentração gerados com as malhas grosseira, intermediária e fina foram suficientemente próximos entre si. Quando existiram variações entre os resultados, entendemos que as tendências dos mesmos ainda eram semelhantes e que tais variações estavam dentro dos limites aceitáveis para a precisão requerida para o problema. Levando em consideração esta análise e também o custo computacional associado a cada uma das malhas, ficou estabelecido que a malha intermediária seria a escolhida para a realização das investigações numéricas a serem realizadas ao longo do capítulo 5.

Quanto às malhas investigadas com relação ao refinamento junto à parede nos casos em que foi utilizado o tratamento em duas camadas, os resultados gerados a partir das três malhas investigadas também foram razoavelmente próximos entre si. Assim, levando-se em conta o custo computacional associado às diferentes malhas, a malha intermediária acrescida de 15 linhas junto à parede foi a escolhida para os cálculos a serem realizados ao longo do trabalho nos casos em que o tratamento em duas camadas foi empregado.