

6

Referências Bibliográficas

AL WAHAB, R. M.; EL-KEDRAH, M. A. Using fibers to reduce tension cracks and shrink/swell in a compacted clay. GEOENVIRONMENT 2000 – CHARACTERIZATION, CONTAINMENT, REMEDIATION AND PERFORMANCE IN ENVIRONMENTAL GEOTECHNICS, 1995, New Orleans. Proceedings... ASTM STP n. 46, ASTM, v.1, 2v, p.791-805, 1995.

AL WAHAB, R.M.; AL-QURNA, H.H. Fiber Reinforced cohesive soils for application in compacted earth structures. GEOSYNTHETICS'95 CONFERENCE. 1995, Nashville. Proceedings ... v.2, p.433-466, 1995.

ANDERSLAND, O.B.; KATTAK, A.S. Shear strength of Kaolinite/fiber soil mixtures. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL REINFORCEMENT, 1979, Paris. Proceedings ... p.11-16, 1979.

ARAGÃO, W.M. (2002) Coco: Pós-Colheita. Série Frutas do Brasil. Brasília: Embrapa, p76

ASSIS, J. S.; RESENDE, J. M.; SILVA, F. O.; SANTOS, C. R.; NUNES, F. (2000) Técnicas para colheita e pós-colheita do coco verde. Petrolina: Embrapa.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) ABNT NBR 6459: SOLO – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) ABNT NBR 6508: SOLO – Determinação da densidade real dos grãos. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) ABNT NBR 7180: SOLO – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) ABNT NBR 7181: SOLO – Análise granulométrica. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1986) ABNT NBR 6457: AMOSTRAS DE SOLOS – Preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1986) ABNT NBR 7182: SOLO – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro/RJ.

BUDINSKI, K.G. Engineering materials, properties and selection. 5ed. New Jersey: Prentice Hall International, 653p., 1996.

BUENO, B.S.; LIMA, D.C.; TEIXEIRA, S.H.C.; RIBEIRO N.J. Soil fiber reinforcement: basic understanding. International Symposium on Environmental Geotechnology, 1996, San Diego. Anais... v.1, p. 878-884, 1996.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n. 4, p.533-535, 2002.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, dezembro 2002.

CASAGRANDE, M.D.T; CONSOLI, N. Estudo do comportamento de um solo residual areno-siltoso reforçado com fibras de polipropileno. Solos e Rochas, São Paulo, ABMS/ABGE, v.25, n.3, p.223-230, 2002.

CASAGRANDE, M.D.T. Comportamento de solos reforçados com fibras submetidos a grandes deformações. Porto Alegre, 2005, 219p. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

CASAGRANDE, M.D.T. Estudo do comportamento de um solo reforçado com fibras de polipropileno visando o uso como base de fundações superficiais. Porto Alegre, 2001, 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

CASTILHOS, L. F. F. Aproveitamento da fibra de coco Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, 2011, p. 9-10

COELHO, E.F.F., Estudo do comportamento mecânico de rejeitos de minério de ferro reforçados com fibras sintéticas. Ouro Preto, 2008, 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em engenharia Civil da UFOP.

CONSOLI, N. C.; CASAGRANDE, M. D. T.; COOP, M.R. Performance of a fibre-reinforced sand at large shear strains. *Geotechnique* 57,(2007) No. 00, 1-6.

CONSOLI, N. C.; CASAGRANDE, M. D. T.; TOMHÉ, A; DALLA ROSA e FAHEY. P Effect of relative density on plate loading tests on fibre-reinforced sand. *Geotechnique* 59,(2009) No. 5, 471-476.

CONSOLI, N. C.; MOTARDO, J. P.; DONATO, M.; PRIETTO, P. D. M. Effect of material properties on the behaviour of sand-cement-fibre composites. *Ground Improvement, ISSMGE*, v.8 n.2, p.77-90, 2004.

CONSOLI, N.C.; MONTARDO, J.P.; PRIETTO, P.D.M.; PASA, G. Engineering behavior of a sand reinforced with plastic waste. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, New York, v.128, n.6, p. 462-472, 2002.

CONSOLI, N.C.; PRIETTO, P.D.M.; ULBRICH, L.A. The behavior of a fiber-reinforced cemented soil. *Ground Improvement, ISSMGE*, v.3 n.3, p.21-30, 1999.

CONSOLI, N.C.; ULBRICH, L.A.; PRIETTO, P.D.M. Engineering behavior of randomly distributed fiber-reinforced cement soil. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECENT DEVELOPMENTS IN SOIL AND PAVEMENT MECHANICS, 1997, Rio de Janeiro. Proceedings... Rotterdam: A.A. Balkema, p.481-486, 1997-b.

CORRADINI, E.; ROSA, M. F.; MACEDO, B. P.; PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. Revista Brasileira de Fruticultura. 2009.

CROCKFORD, W.W.; GROGAN, W.P.; CHILL, D.S. Strength and life of stabilized pavement layers containing fibrillated polypropylene. Transportation Research Record, Washington D.C., n.1418, p.60-66, 1993.

CURCIO, D. S., Comportamento de vigas de concreto armado reforçadas com fibras de carbono. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2001.

CURCIO, D. S., Comportamento hidromecânico de compósito solo-fibra. Rio de Janeiro, 2008. 169p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRJ

DAYLAC, R., Desenvolvimento e utilização de uma célula para medição de K_o com controle de sucção, Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 1994.

DIAMBRA A., IBRAIM E, MUIR WOOD D, RUSSELL A. R. Fibre reinforced sands: Experiments and modelling. GEOTEXTILES AND GEOMEMBRANES 28 (2010) 238 – 250.

DIAS, I. DE M. Estudo de solos tropicais para uso em pavimentação a partir de ensaios triaxiais estáticos. Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos, 2007.

DIAS, T. M. da S.; SILVA, B. de A. Potencial de uso da fibra de coco verde em pavimentação na cidade do Rio de Janeiro - seus benefícios para o meio ambiente. 18a RPU – Reunião de Pavimentação Urbana, São Luís, MA, 2012.

DONATO, M. Medidas diretas de tensão em solo reforçado com fibras de polipropileno. Porto Alegre, 2007. 162p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

DONATO, M.; FOPPA, D.; CERATTI, J. A. P.; CONSOLI, N. C. Fibras de polipropileno como reforço para materiais geotécnicos. Solos e Rochas, São Paulo, ABMS/ABGE, v.27, n.2, p. 161-179, 2004.

ESMERALDO, M. A. (2006) Preparação de Novos Compósitos Suportados em Matriz de Fibra Vegetal/ Natural. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Química Orgânica, UFC, Fortaleza/CE - Brasil.

FALORCA, I.M.C.F.G.; PINTO, M.I.M.; FERREIRA GOMES, L.M. Shear stress-displacement behaviour of microreinforced soil with polypropylene fibres. Dep. De Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Portugal, 2006.

FATANI, M.N.; BAUER, G.E.; AL-JOULANI, N. Reinforcing soil with aligned and randomly oriented metallic. Geotechnical Testing Journal, Philadelphia, v.14, n.1, p. 78- 87, 1991.

FERREIRA, C. A. Estudo do Comportamento Mecânico de Solos Reforçados com Fibras através do Método de Elementos Discretos. Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2010.

FESTUGATO, L. Análise do comportamento mecânico de um solo micro-reforçado com fibras de distintos índices aspecto. Porto Alegre, 2008. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

FEUERHARMEL, M.R. Comportamento de solos reforçados com fibras de polipropileno. Porto Alegre, 2000. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. Novos cenários para a cultura do coqueiro gigante no Brasil. 2010

FREITAG, D.R. Soil randomly reinforced with fibers. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York, v.112, n.8, p. 823-826, 1986.

GIRARDELLO, V. Ensaio de placa em areia não saturada reforçada com fibras. Porto Alegre, 2010. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

GRAY, D.H.; AL-REFEAI, T. Behavior of fabric versus fiber-reinforced sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York, v.112, n.8, p. 804-820, 1986.

GRAY, D.H.; MAHER, M.H. Admixture stabilization of sands with random fibers. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING*, 12., 1989, Rio de Janeiro, Proceedings... Rotterdam: A.A. Balkema, v.2, p.1363-1366, 1989.

GRAY, D.H.; OHASHI, H. Mechanics of fiber reinforcement in sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York, v.109, n.3, p. 335-353, 1983.

HANNANT, L. Polymers and polymers composites. In: J.M. ILLSTON. *Construction materials: their nature and behavior*. 2ed., London: J.M. Illston/E & FN Spon, p.359-403, 1994.

HEAD, K. H. *Manual of Soil Laboratory Testing: Effective Stress Test*. Wiley, 2da ed., vol. 3, West Sussex, Inglaterra, p. 227, 1986.

HEINECK, K. S., CONSOLI, N. C., BICA, A., CASAGRANDE, M. D. T. Comportamento de Solos Micro-Reforçados a Pequeníssimas e Grandes Deformações Cisalhantes. Solos e Rochas. São Paulo - SP, ABMS/ABGE, v.26, n.1, p.3-17, 2003-a.

HEINECK, K. S.; CONSOLI, N. C.; BICA, A. V. D.; FLORES, J. A. Comportamento de misturas de cinza de carvão-bentonita e areia-bentonita. Geotecnia. Lisboa - Portugal: v.99, p.60 - 78, 2003-b.

HEINECK, K.S. Estudo do comportamento hidráulico e mecânico de materiais geotécnicos para barreiras horizontais. Porto Alegre, 2002. 251p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

HOARE, D.J. Laboratory study of granular soils reinforced with randomly oriented discrete fibres. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL REINFORCEMENT, 1979, Paris. Proceedings v.1, p.47-52, 1979.

HULL, D., CL YNE, T . W ., An introduction to composite materials. Cambridge University Press, 1996.

ILLSTON, J.M. Constrution materials; their nature and behavior. 2ed. London: E & FN Spon, 518p., 1994.

JEWELL, R.A.; WROTH, C.P. Direct shear tests on reinforced sand. Géotechnique, London, v.37, n.1, p.53-68, 1987.

JOHNSTON, C.D. Fiber-reinforced cement and concrete. In: Advances in concrete technology. 2ed. Ottawa: V. M. Malhorta, p.603-673., 1994.

KANIRAJ, S.R.; HAVANAGI, V.G. Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced fly ash-soil mixtures. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, New York, v.127, n.7, p.574-584, 2001.

LAMBE, T.W. Soil testing. New York: John Wiley & Sons, USA. 1951. 165p.

LEOCÁDIO, G. A. S.; BOTARO, V. R.; RIBEIRO, L. F. M. Inclusão aleatória de fibras curtas de sisal tratadas com poliestireno expandido (EPS) reciclado para reforço de solos lateríticos. Inc: 8o CONGRESSO BRASILEIRO DE POLIMEROS, 2005, Águas de Lindóia. 8o CBPol. v.1, p. 408-409, 2005.

LIMA, D.C.; BUENO, B.S.; THOMASI, L. The mechanical response of soil-lime mixtures reinforced with short synthetic fiber. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY, 3., 1996, San Diego. Proceedings... v.1, p.868- 877, 1996.

LINS, A. H. P., Resistência e poro-pressões desenvolvidas em um solo compactado não saturado em laboratório. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), Rio de Janeiro, 1991.

LIRER, S; FLORA, A; CONSOLI, N.C. Experimental Evidences of the Effect of Fibers in Reinforcing a Sandy Gravel. Geotech Geol Eng (2012) 30:75-83.

MAHER, M.H.; HO, Y.C. Behavior of fiber-reinforced cemented sand under static and cyclic loads. Geotechnical Testing Journal, Philadelphia, v.16, n.3, p.330-338, 1993.

AHER, M.H.; HO, Y.C. Mechanical properties of Kaolinite/fiber soil composite. Journal of Geotechnical Engineering, New York, v.120, n.8, p. 1381-1393, 1994.

MANO, E. B., Polímeros como materiais de engenharia, São Paulo, 1991.

MARINHO, F. A. M., Características de deformabilidade do solo residual do Campo Experimental II da PUC/RJ obtidas a partir de ensaios triaxiais axissimétricos, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1986.

MARTINS, C. R.; JÚNIOR, L. A. de J. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE COCO NO BRASIL E O COMÉRCIO INTERNACIONAL - PANORAMA 2010. EMBRAPA. ARACAJU, SE, 2011

MATTHEWS F.L. and RAWLINGS R.D. Composite Materials: Engineering and Science, England, v.1, p 470, 1994.

MCGOWN, A.; ANDRAWES, K.Z.; AL-HASANI, M.M. Effect of inclusion properties on the behavior of sand. Géotechnique, London, v.28, n.3, p.327-346, 1978.

MCGOWN, A.; ANDRAWES, K.Z.; HYTIRIS, N. MERCER, F.B. Soil strengthening using randomly distributed mesh elements. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL

MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 11., São Francisco, Proceedings... v.3, p.1735-1738, 1988.

MICHALOWSKI, R.L.; CERMÁK, J. Triaxial compression of sand reinforced with fibers. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, New York, v.129, n.2, p.125-136, 2003.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; HINRINCHSEN, G. Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. Macromolecular Materials and Engineering, Berlin, v.276, n.3-4, p.1-24, 2000.

MONTARDO, J.P . Comportamento mecânico de compósitos solo-cimento-fibra: estudo do efeito das propriedades dos materiais constituintes. Porto Alegre, 1999. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

MONTARDO, J.P.; CONSOLI, N.C.; PRIETTO, P.D.M. Comportamento mecânico de compósitos solo-cimento-fibra: estudo do efeito das propriedades dos materiais constituintes. Solos e Rochas, São Paulo, ABMS/ABGE, v.24, n.3, p.191-209, 2002.

MOREL, J.C.; GOURC, J.P. Mechanical behaviour of sand reinforced with mesh elements. Geosynthetics International, Minnesota, v.4, n. 5, p.481-508, 1997.

NATARAJ, M.S.; ADDULA, H.R.; MCMANIS, K.L. Strength and deformation characteristics of fiber reinforced soils. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY, 3., San Diego, 1996. Proceedings... Pennsylvania: Technomic Publishing Co., Inc, v.1, p.826-835, 1996.

NETO, F. L.; PARDINI, L. C. Compósitos estruturais: ciência e tecnologia. 1 ed. – Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 2006. p. 98-100.

NOGUERA, P; ABAD, M; NOGUERA, V; PURCHADES, R; MAQUIERA, A. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. Acta Horticulturae, 517 p. 279-286. 2000.

NUCÉ DE LAMOTHE, M. Melhoramento do Coqueiro. Montpellier: IRHO, 1983. Relatório da Missão Realizada nas plantações de Embrapa.

OHLER, J.G. Coconut Tree of Life. Roma: Fao, 1984. 446p.

OMINE, K.; OCHIAI, H.; YASUFUKU, N.; KATO, T. Effect of plastic wastes in improving cemented-treated soils. INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY. Proceedings... Rotterdam, Balkema, p.875-880, 1996.

PALMEIRA, E.M. Geossintéticos: tipos e evolução nos últimos anos. SEMINÁRIO SOBRE APLICAÇÕES DE GEOSSINTÉTICOS EM GEOTECNIA. Geossintéticos 92... Brasília, p.1-20, 1992.

PANNIRSELVAM, P. V. et al. Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. Revista Analytica, São Paulo, n. 15, p. 56-61, mar. 2005.

PASSOS, P. R. A. Destinação sustentável de cascas de coco (*Cocos nucifera*) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas. 2005. 166f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, C. L. Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados à construção rural. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia. Pirassununga, 2012.

QUISPE, C. C. Comportamento de um Solo Argiloso estabilizado com cinzas de Resíduo Sólido Urbano (RSU) sob carregamento Estático. Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2013.

RAMIREZ, G.G.D., Estudo Experimental de Solos Reforçados com Borracha Moída de Pneus Inservíveis. Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2012.

RANJAN, G.R.; CHARAN, H.D. Probabilistic analysis of randomly distributed fiber-reinforced soil. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York, v.122, n.6, p.419-426, 1996.

ROSA, M. F. Alternativas para o uso da casca de coco verde. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002.

SANTONI, R.L.; TINGLE, J.S.; WEBSTER, S.L. Engineering Properties of sand-fiber mixtures for road construction. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, New York, v.127, n.3, p.258-268, 2001.

SANTOS, A. M. Estudo de compósitos híbridos polipropileno/fibras de vidro e de coco para aplicações em Engenharia. 2006, 90f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, A.P.S. Comportamento de misturas solo-cimento-fibra sob compressão confinada com medição de tensão lateral. Porto Alegre, 2004. 125p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

SANTOS, G., BATUGAL, P.A., OTHAM, A., BAUDOWIM, L., LABOUISSSE, J.P. Manual on standardized research techniques in coconut breeding. Roma: IPGRI, 1996. 45 p.

SCHAEFER, V.R.; SHARP, K.D.; DRUMHELLER, C.; ABRAMSON, L.W. Ground Improvement, Ground Reinforcement and Ground Treatment: Developments 1987-1997. Geotechnical Special Publication. ASCE, 1997. N.69. Cap.2.11: Fiber reinforced soils, p.273-291.

SCHUILING, M.; HARRIES, H.C. The Coconut Palm in East Africa. Principles, Miami, v.38, n.1, 1994

SERTÃ, H. B. C., Aspectos geológicos e geotécnicos do solo residual do Campo Experimental II da PUC/RJ, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1986.

SHEWBRIDGE, E.; SITAR, N. Deformation characteristics of reinforced sand in direct shear. Journal of Geotechnical Engineering, New York, v.115, n.8, p.1134-1147, 1989.

SHEWBRIDGE, E.; SITAR, N. Deformation-based model for reinforced sand. Journal of Geotechnical Engineering, New York, v.116, n.7, p.1153-1170, 1990.

SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. Composites Science Technology, Barking, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SOARES, R.M. Resistência ao Cisalhamento de um Solo Coluvionar Não Saturado do Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.

SPARNIAS, E. Mechanical properties of flax fibers and their composites. Licentiate Thesis. Sweden, 2006. 84p.

SPECHT, L.P. Comportamento de misturas de solo-cimento-fibra submetidos a carregamentos estáticos visando à pavimentação. Porto Alegre, 2000. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

SPECHT, L.P.; HEINECK, K.S.; CERATTI, J.A.P.; CONSOLI, N.C. Comportamento de misturas solo-cimento-fibra submetidas a carregamentos estáticos e dinâmicos. Solos e Rochas, São Paulo, ABMS/ABGE, v.25, n.1, p.15-34, 2002.

STAUFFER, S.D.; HOLTZ, R.D. Stress-strain and strength behavior of staple fiber and continuous filament-reinforced sand. Transportation Research Record, Washington, D.C., n.1474, p.82-95, 1996.

TAYLOR, G.D. Materials in construction. 2ed. London: Longman Scientific & Technical, 284p., 1994.

TEODORO, J.M. Resistência ao cisalhamento de solos reforçados com fibras plásticas. São Paulo, 1999. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de São Carlos/USP.

TEODORO, J.M.; BUENO, B.S. Estudo do comportamento dos solos reforçados com fibras plásticas de polipropileno. CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 11, Brasília, 1998. Anais... v.2., p.1093-1100, 1998.

THAKUR, V. K.; SINGHA, A. S. Natural fibres-based polymers: Part I—Mechanical analysis of Pine needles reinforced biocomposites. Bulletin of Material Science, v. 33, n. 3, p. 257–264, 2010.

TOLÊDO FILHO, R. D. Materiais Compósitos Reforçados com Fibras Naturais: Caracterização Experimental. 1997. 483 f. (Doutorado em engenharia civil, estruturas) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997, p15.

TOMCZAK, F. Estudo Sobre a Estrutura e Propriedades de Fibras de Coco e Curauá do Brasil. Dissertação de Doutorado, UFPR, 2010, p.7-16

ULBRICH, L.A. Aspectos do comportamento mecânico de um solo reforçado com fibras. Porto Alegre, 1997. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

VALE, Aline Colares do; SOARES, Jorge Barbosa; CASAGRANDE, Michele Dal Toe. Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. Resumos... Campinas: ABPG, 2007.

VENDRUSCOLO, M.A. Comportamento de ensaios de placa em camadas de solo melhoradas com cimento e fibras de polipropileno. Porto Alegre, 2003. 224p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

VENKATARAMAN, M. V.; RANGASWANY, V. S. (1988) “Utilisation of coir pith and coconut shell”. Indian Coconut Journal, no 5, vol. 19.

A

Apêndice

A.1. Métodos e Procedimentos de Ensaio

Este tópico irá descrever a metodologia utilizada para realizar os ensaios mecânicos (ensaios de compactação e ensaios triaxiais) no compósito solo-fibra de coco, cujo objetivo é revelar um pouco das propriedades mecânicas deste material.

A.1.1. Ensaio de Compactação Proctor Normal

Os ensaios de compactação foram realizados para o solo argiloso e nas misturas solo-fibra, com o intuito de se determinar a umidade ótima de compactação ($w_{ótima}$) e o peso específico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) dos materiais e das misturas. Estes ensaios são realizados segundo as diretrizes da norma NBR 7182 da ABNT, utilizando-se a energia de compactação Proctor Normal e com reuso de material. Após secagem do solo em estufa a 60°C, inicia-se o processo de destorroamento deste, passando-o posteriormente pela peneira #4, adotando-se o procedimento descrito pela norma NBR 6457 (ABNT, 1986). A preparação se consiste em remover a umidade do solo pelo período de 24 horas em uma estufa a 60°C. Em seguida retira-se o material da estufa e o deixa alcançar a temperatura ambiente. Adiciona-se uma determinada quantidade de água ao material de modo que a mistura adquira certa umidade, porém, abaixo da umidade ótima. Previamente, sabe-se que a umidade ótima do solo usado neste estudo é entorno de 26%. Nos ensaios desta pesquisa utilizou-se uma quantidade de água correspondente a umidade de 20% como valor para o primeiro ponto da curva de compactação. Após acrescentar água ao solo argiloso (puro e com as diversas

porcentagens de fibra), mistura-se bem o material de forma que a umidade seja a mesma em todo o solo ensaiado.

Coloca-se então certa quantidade da mistura dentro do molde cilíndrico (cilindro Proctor), de dimensões 10 cm x 12,7 cm (diâmetro x altura). Aplica-se 26 golpes com um soquete pequeno, de massa igual a 2,5 kg, que se deixa cair na camada de solo, a uma altura de 30,5 cm aproximadamente. As porções de solo compactadas devem ocupar cerca de 1/3 da altura total do molde (compactação em três camadas). Para se conseguir uma boa aderência entre as camadas compactadas, escarifica-se bem cada uma delas antes de se compactar a camada sobrejacente. Em geral, depois de completadas as três camadas, atinge-se uma altura maior que a do molde. Isto acontece devido à utilização de um colarinho complementar, o qual garante que se obtenha a altura total necessária. Este excesso é removido ao final do ensaio, acertando-se o volume de solo em relação à altura do molde.

Completado o processo de compactação, pesa-se o cilindro juntamente com o solo. Com o peso total do corpo de prova e o volume do cilindro, é possível calcular sua massa específica úmida. O cilindro é então cortado e, de seu interior, se retiram três amostras de solo que são acomodadas em capsulas com o peso conhecido. A massa de solo úmida é então pesada e em seguida colocada em uma estufa com temperatura de 110°C pelo período de 24 horas. Após estarem secas, as capsulas são retiradas da estufa e quando alcançam a temperatura ambiente, são pesadas novamente. Através da diferença de peso entre as capsulas com o solo seco e com o solo úmido, obtém-se o valor da umidade utilizada para este ponto da curva de compactação. O valor da umidade adotado é uma média da úmida obtida das 3 amostras de solo que foram extraídas.

Posteriormente, o cilindro de solo ensaiado é totalmente desagregado e uma quantidade de água correspondente a aproximadamente 2% de umidade é acrescida à mistura. Realiza-se uma nova compactação e obtém-se um novo par de valores de umidade (ω) e peso específico seco (γ_d). Este processo é repetido pelo menos 5 vezes, e de modo que se obtenha ao menos dois pontos da curva de compactação no ramo seco e dois pontos da curva no ramo úmido. Caso necessário, pode-se realizar mais ensaios e assim obter uma curva com mais de 5 pontos. Após se determinar o peso específico e a umidade referente a cada ponto ensaiado, plota-se um gráfico de peso específico seco versus umidade, tendo-se

assim a curva de compactação. Os valores de $\gamma_{dm\acute{a}x}$ e $w_{\acute{o}tm}$ são aqueles que correspondem ao topo da curva de compactação, cuja forma se assemelha a uma parábola com concavidade para baixo. Esse ensaio é repetido para cada uma das porcentagens de fibra ensaiada e também para o solo puro. Os valores de $\gamma_{dm\acute{a}x}$ e $w_{\acute{o}tm}$ encontrados são usados na elaboração dos corpos-de-prova utilizados nos ensaios triaxiais CID.

A.1.2. Ensaio Triaxiais

As obras geotécnicas, como barragens e estruturas de fundações têm se validado de resultados de ensaios triaxiais para a avaliação do desempenho destes materiais, uma vez que estas são obras que são solicitadas essencialmente por carregamentos estáticos. Destaca-se que o ensaio triaxial estático permite a simulação de condições de campo variadas e a determinação do comportamento mecânico dos solos, segundo diferentes níveis de tensões.

Os ensaios de laboratório visam reproduzir nos corpos de prova as solicitações que o maciço de solo poderá ser submetido no campo. Objetiva-se, com isso a obtenção de parâmetros mecânicos de resistência e deformabilidade, que possam representar o comportamento do material em métodos de análise.

Os ensaios triaxiais permitem o controle efetivo das tensões confinante e axial, sob condições axissimétricas aplicadas no corpo de prova (Spannenberg, 2003). O ensaio triaxial dito convencional segue uma trajetória de carregamento axial. Neste tipo de trajetória, a tensão axial (σ_a) é aumentada, enquanto a tensão confinante (σ_c) é mantida constante. A execução do ensaio pode ser dividida em duas fases: adensamento e cisalhamento.

Os ensaios triaxiais são classificados de acordo com as condições de drenagem nas fases de adensamento e cisalhamento. São três os tipos de ensaios descritos por Lambe (1951): **não adensado e não drenado (UU)** com drenagens fechadas durante todo o ensaio, também conhecido como um ensaio rápido; o teor de umidade do corpo-de-prova permanece constante e as tensões medidas são tensões totais; **adensado e não drenado (CU)** com drenagem permitida durante o processo de adensamento, e impedida durante a fase de cisalhamento, também conhecido como ensaio adensado rápido; não se altera a umidade do corpo-de-

prova e as tensões medidas nesse ensaio são totais o pode-se ter as tensões efetivas, se forem feitas medidas de pressões neutras após o adensamento inicial; e o **adensado e drenado (CD)** em que as fases de adensamento e cisalhamento são realizadas sob condições drenadas, conhecido como ensaio lento; aplica-se a tensão confinante e espera-se que o corpo-de-prova adense, a seguir, a tensão axial é aumentada lentamente para que a água sob pressão possa percolar para fora do corpo-de-prova, até a ruptura; desta forma a pressão neutra durante o carregamento permanece praticamente nula e as tensões totais medidas são as tensões efetivas. O procedimento deste ultimo tipo de ensaio é descrito no capítulo 3 deste trabalho. A nomenclatura utilizada para classificar estes ensaios vem da língua inglesa. A letra “C” dos ensaios CD e CU se referem a “consolidate”, a fase de consolidação, que no Brasil é conhecida como fase de adensamento. As letras “D” e “U” estão associadas respectivamente a “Drained” e “Undrained”, em referência a fase de cisalhamento que no primeiro caso permite a drenagem de água no interior do corpo de prova e no segundo caso não permite a drenagem. O ensaio UU é a abreviação “Uncosolidate Undrained”, já que neste tipo de ensaio não ocorre o adensamento da amostra e não existe drenagem na fase de cisalhamento.

Nesta pesquisa realizou-se ensaios triaxiais drenados. A consolidação do corpo de prova ocorreu de forma isotrópica, isto é, as tensões aplicadas nas direções x, y e z na fase de adensamento são idênticas. Ensaio triaxiais drenados com essa característica são conhecidos como (CID) “Consolidate Isotropic Drained”.

Segundo Bishop e Henkel (1962), os corpos de prova devem ter uma relação altura/diâmetro igual a 2,0, podendo variar entre 1,5 e 2,5. Estes limites visam minimizar os efeitos de atrito nas extremidades do corpo de prova, mantendo uma condição adequada de esbeltez.

Os cálculos de tensão desviadora ($\sigma_a - \sigma_c$), devem ser efetuados supondo que o corpo de prova, ao se deformar, mantém o formato de um cilindro reto.

A.1.2.1.

Procedimento de saturação dos corpos de prova

As técnicas de saturação utilizadas para os corpos de prova de solo argiloso e misturas solo-fibra foram de saturação por percolação de água através da amostra e de saturação por contrapressão. No caso da percolação, aplicou-se uma diferença de carga de 7 kPa entre a base e o topo da amostra, sendo maior a tensão aplicada na base, de modo que o sentido do fluxo fosse ascendente. Na saturação por contrapressão, elevava-se a pressão no topo e na base da amostra de forma que essa permaneça com uma tensão de 10kPa abaixo da tensão de confinamento. Este valor é suficiente para que haja um fluxo de água para o interior da amostra uma vez que a tensão no topo e na base é superior a tensão interna da amostra. O fato da pressão de confinamento ser maior do que a tensão aplicada das extremidades do corpo-de-prova garante que a membrana continue comprimindo a amostra. Passado algum tempo, nota-se que o fluxo de água cessa, o que significa que a pressão no interior da amostra se igualou à pressão aplicada no topo e na base. Isso significa também que as bolhas de ar no interior da amostra foram comprimidas, aumentando assim a saturação do corpo-de-prova.

Para verificar se o grau de saturação apresentava nível satisfatório, calcula-se o parâmetro B de Skempton, por meio da seguinte equação:

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_c} \quad \text{Equação A.1}$$

onde:

Δu : excesso de poropressão gerado,

$\Delta \sigma_c$: acréscimo de tensão confinante aplicado.

Para as amostras ensaiadas foram considerados valores de B aceitáveis maiores ou iguais a 0,95. Caso se constate que o parâmetro B não alcançou o valor de 0,95, a tensão de confinamento é aumentada em 50kPa e novos procedimentos de percolação e de contrapressão são realizados.

O tempo necessário para se saturar os corpos-de-prova foram de aproximadamente 24 horas, não havendo nenhuma exceção.

A.1.2.2. Adensamento e Cálculo do t_{100}

Após a saturação do corpo de prova, inicia-se a fase de adensamento. Durante 24 horas foram coletados dados de variação de volume.

Com estes dados se traça o gráfico variação de volume (ml) x raiz do tempo ($\text{min}^{0,5}$). Segundo a recomendação de Head (1986), prolonga-se o trecho retilíneo inicial até que este encontre a prolongação horizontal do trecho final. Este último trecho corresponde à estabilização das variações de volume. O ponto de interseção destas duas linhas prolongadas fornece a raiz de t_{100} ($\text{min}^{0,5}$) no eixo das abscissas. Logo, com o valor de t_{100} (min), se calcula a velocidade de cisalhamento.

A.1.2.3. Velocidade de cisalhamento e etapa de Cisalhamento

Como os ensaios triaxiais foram drenados, a expressão utilizada foi a seguinte (Head, 1986):

$$v = \frac{\epsilon_f \cdot L}{100 \cdot t_f} \quad \text{Equação A.2}$$

onde:

- v: velocidade máxima de cisalhamento em mm/min,
- L: altura do corpo de prova em mm,
- ϵ_f : deformação axial estimada na ruptura em %,
- t_f : tempo mínimo de ruptura em minutos.

Onde o t_f para o ensaio triaxial (CID) é:

$$t_f = 8.5 * t_{100} \quad \text{Equação A.3}$$

Head (1986) aponta que: “se o valor calculado de t_f é menor que 120 minutos (2 horas) o atual tempo de ruptura não deveria ser menor que 2 horas”. A inclusão das fibras não alterou a velocidade do adensamento que, para uma mesma tensão efetiva, foram muito similares para todas as misturas e para o solo

puro. Assim, adotou-se um tempo $t_f = 120$ minutos porque todos os ensaios (com solo argiloso e misturas solo-fibra) tiveram um tempo de ruptura menor do que 120 minutos. O objetivo de definir uma velocidade suficientemente lenta para a aplicação da compressão axial é permitir a total drenagem da água do corpo de prova sem gerar excesso de poropressão.

Como os gráficos de adensamento foram praticamente idênticos, para o solo puro e para todas as misturas solo-fibra ensaiadas, optou-se por apresentar aqui apenas as curvas de um único teor, o das amostras com 1,0% de fibras cortadas, como exemplo. Os gráficos de adensamento, entretanto, variam dependendo da tensão efetiva adotada no ensaio. As figuras A.1, A.2 e A.3 ilustram o gráfico de adensamento para o teor de 1% de fibra, respectivamente com as tensões efetivas de 50kPa, 150kPa e 300kPa. Nos gráficos, as retas R1 e R2 são prolongamento dos trechos retilíneos da curva de adensamento. O ponto de interseção dessas retas representa a raiz do tempo t_{100} , sobre o eixo (x).

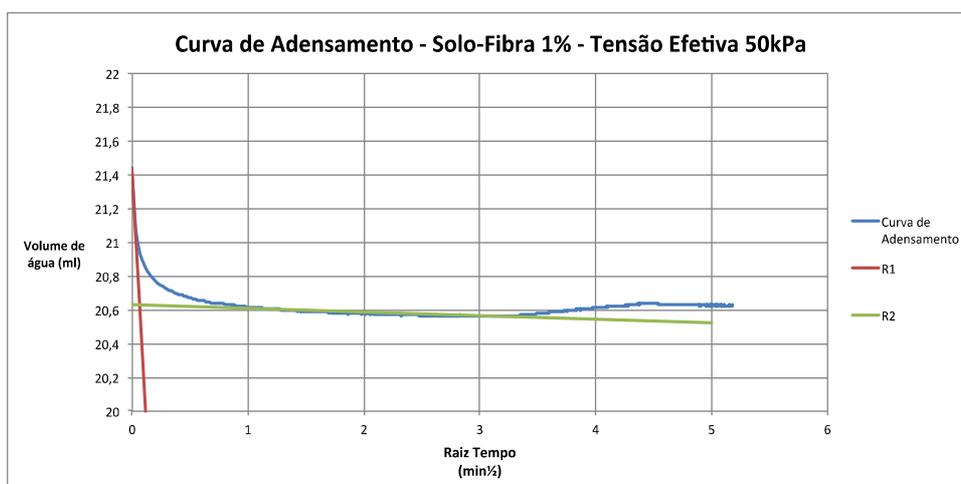


Figura A.1 – Curva de adensamento para amostra com 1% de fibra cortada (tensão efetiva de 50kPa)

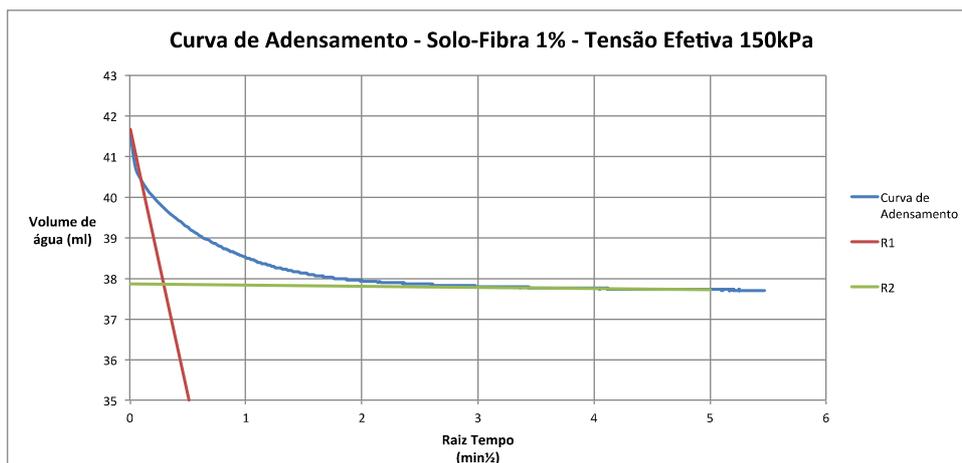


Figura A.2 – Curva de adensamento para amostra com 1% de fibra cortada (tensão efetiva de 150kPa)

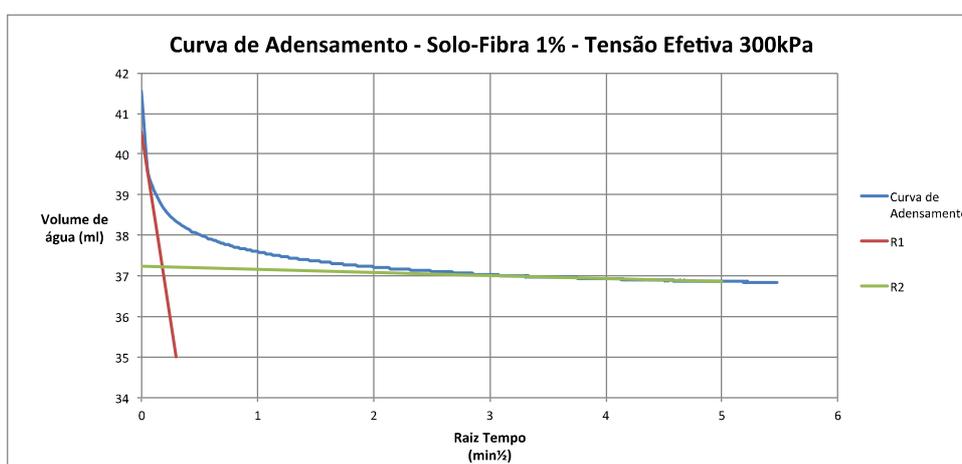


Figura A.3 – Curva de adensamento para amostra com 1% de fibra cortada (tensão efetiva de 300kPa)

Definiu-se que a ruptura estimada para os corpos de prova ocorreria para uma deformação axial de 5%, valor que foi adotado na equação A.2. A velocidade máxima (v) calculada foi a mesma para todos os ensaios (0,033 mm/min). A prensa triaxial opera o cisalhamento em algumas velocidades que variam em função de um par de engrenagens, as quais podem ser substituídas por outras de diâmetros diferentes. Com isso, pode-se obter velocidades distintas para cada combinação de engrenagem adotada. A velocidade mais próxima e imediatamente abaixo da que foi calculada na equação A.2 é a de 0,030 mm/min, tendo sido portanto a velocidade adotada.

Para os cálculos, foi adotado 15% de deformação axial como deformação máxima para todos os ensaios.

Para os ensaios triaxiais, os invariantes de tensão q (tensão de desvio) e p' (tensão efetiva média normal) foram calculados com as formulações de Lambe. Utilizaram-se os parâmetros de resistência do solo α' e a' , obtida no espaço p' versus q , para que a partir destes, se calculassem os parâmetros de resistência no espaço Mohr Coulomb (φ' e c'). As formulações de Lambe e as equações que correlacionam α' e a' com φ' e c' definem-se como:

$$q = \frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3)}{2} \quad \text{Equação A.4}$$

$$p' = \frac{(\sigma'_1 + \sigma'_3)}{2} \quad \text{Equação A.5}$$

$$\tan(\alpha') = \text{sen}(\varphi') \quad \text{Equação A.6}$$

$$a' = c' \cdot \cos(\varphi') \quad \text{Equação A.7}$$

Onde:

α' : inclinação da envoltória de resistência no espaço p' x q .

a' : intercepto com o eixo q da envoltória de resistência no espaço p' x q .

φ' : inclinação da envoltória de resistência no espaço σ x τ (Mohr-Coulomb).

c' : intercepto da envoltória de resistência no espaço σ x τ (Mohr-Coulomb)

A.1.2.4. Análises de Resistência

Para obter a tensão de ruptura pode-se analisar o pico das curvas tensão versus deformação traçadas em função da diferença de tensões principais (σ_1 e σ_3) ou da relação σ_1/σ_3 dependendo da finalidade do ensaio. De acordo com Head (1986), a relação σ_1/σ_3 é preferencialmente utilizada nas argilas, em ensaios não drenados, em que a tensão desviadora continua a aumentar para grandes deformações. O autor citada acima ressalta que outras “opções de ruptura” podem ser escolhidas, como a resistência residual ou a resistência obtida para cisalhamento a volume constante, ou seja, na condição de estado crítico, ou ainda definida a partir das deformações máximas permissíveis no projeto em questão. A Figura A.4 apresenta os critérios para se determinar a ruptura.

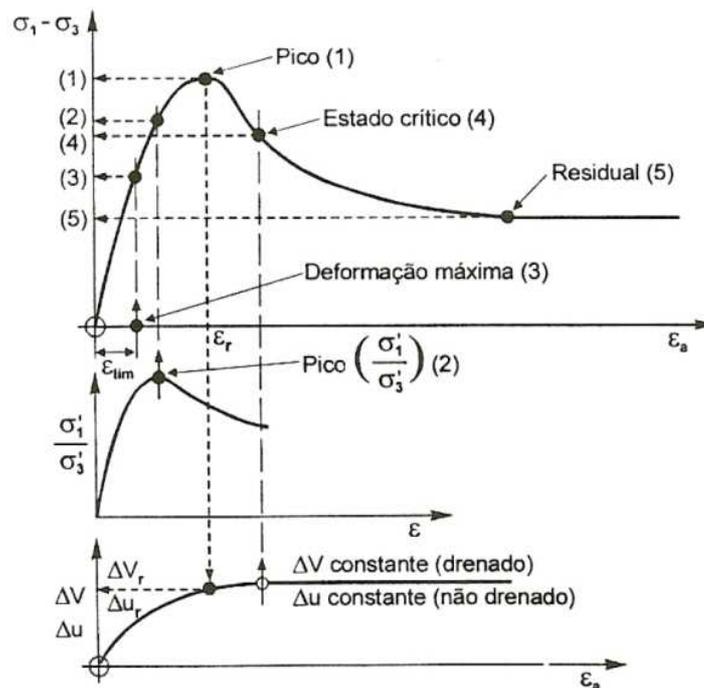


Figura A.4 – Diferentes critérios para definição de ruptura. (Head, 1986 apud Dias, 2007)

A resistência ao cisalhamento dos solos é afetada por diversos fenômenos entre os quais podemos destacar a tensão de confinamento, o atrito e a coesão.

A resistência por atrito é função da tensão normal no plano de deslizamento relativo de cada partícula. A superfície de contato real entre dois corpos constitui

apenas uma parcela da superfície aparente de contato, dado que em um nível microscópico, as superfícies dos materiais são efetivamente rugosas. Considerando que o coeficiente de atrito deve ser governado pelo que ocorre nos pontos reais de contato, as características de rugosidade e de adsorção da superfície da partícula serão relevantes para controlar a resistência que se desenvolve. A rugosidade governa o tamanho das protuberâncias superficiais, que em geral são diferentes, quer se considerem partículas grossas ou finas. Por outro lado, a adsorção de água e de outras substâncias, tende a afetar a natureza e tamanho da área de contato entre partículas (Dias, 2007).

Segundo Dias (2007) a coesão consiste na parcela de resistência de um solo que existe independentemente de qualquer tensão aplicada, além disso, existem várias origens para a coesão nos solos, por exemplo a cimentação entre partículas proporcionada por carbonatos, sílica, óxidos de ferro e que respondem muitas vezes por altos valores de coesão; outras são as forças de atração e repulsão causadas pelos fenômenos eletrostáticos e eletromagnéticos.

De acordo com Dias (2007) existe um tipo de coesão que não tem ligação com cimentação ou com atrações químicas, essa, chamada de aparente, que ocorre em solos não saturados, provocada pela pressão neutra negativa.

A.1.2.5. Critério de Ruptura

O estudo da resistência ao cisalhamento dos solos é a análise do estado de tensões que provoca a ruptura do mesmo. Entre os diversos critérios, o mais aplicado para solos é o critério de Mohr e de Coulomb.

O critério de Coulomb pode ser expresso pela equação:

$$\tau = c + \operatorname{tg}\varphi * \sigma \quad \text{Equação A.8}$$

Onde: τ = tensão de cisalhamento;

σ = tensão normal existente no plano de ruptura;

φ e c = constantes do material.

A ruptura nesse critério ocorre quando a tensão de cisalhamento atinge o valor expresso pela equação A.8, que é ilustrado na Figura A.5 (a)

O critério de Mohr é expresso pela envoltória dos círculos relativos a estados de ruptura como pode ser observado na Figura A.5 (b). A ruptura ocorre quando a tensão de cisalhamento atinge esta envoltória. Como as envoltórias curvas são de difícil aplicação, frequentemente elas são substituídas por retas que melhor se ajustem às curvas.

Fazendo-se uma reta com a envoltória de Mohr, seu critério de resistência fica análogo ao de Coulomb, justificando a expressão Critério de Mohr-Coulomb, costumeiramente empregado na Mecânica dos Solos.

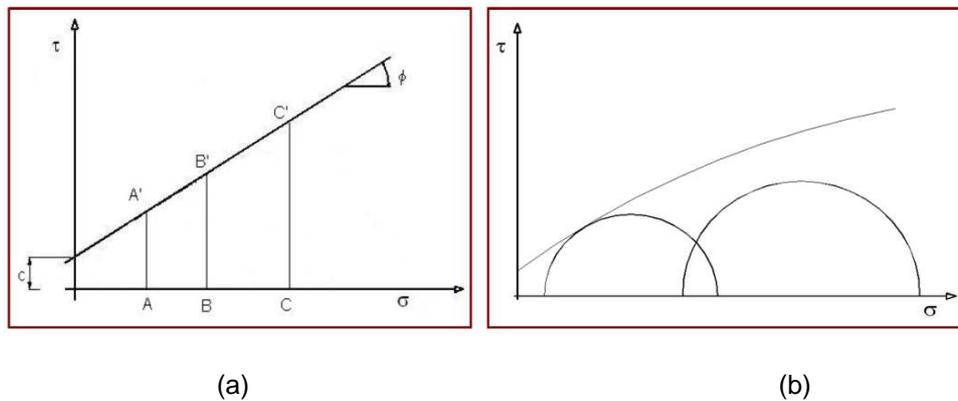


Figura A.5 – Representação dos Critérios de ruptura: (a) de Coulomb; (b) de Mohr. (Dias, 2007)