

Figura 5.19 - Relação entre a carga lateral prevista (métodos semi-empíricos) e medida (Critério da NBR 6122), para estaca EC3 e EC4 (4,0m).

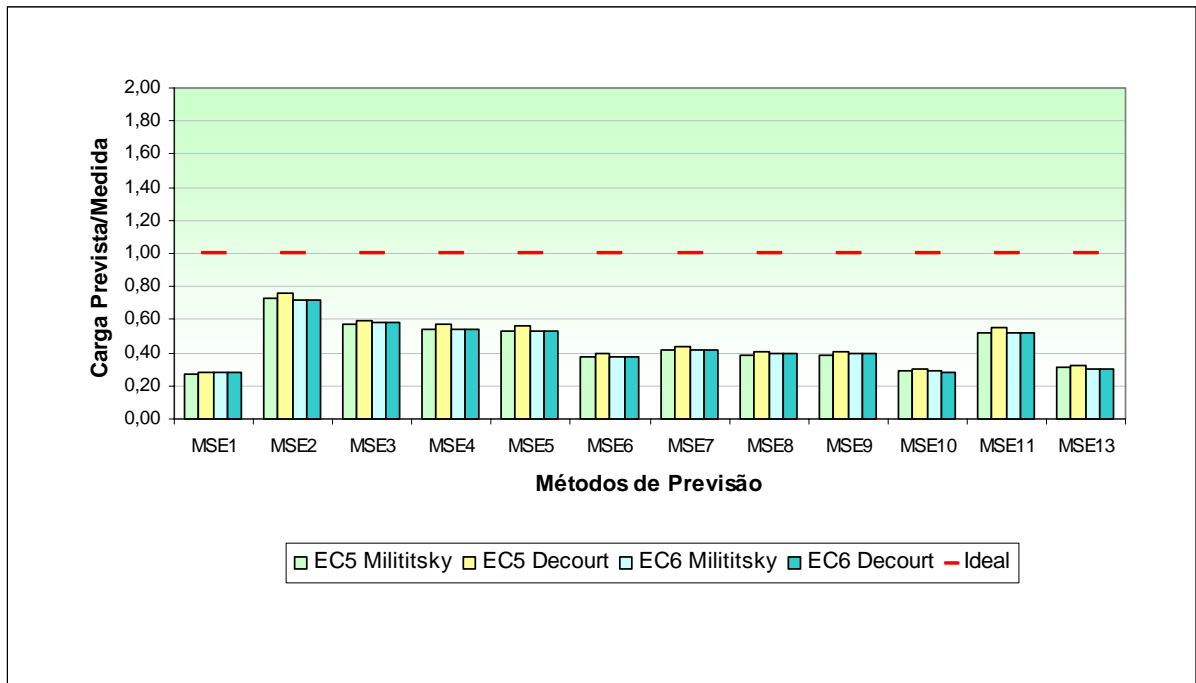


Figura 5.20 - Relação entre a carga lateral prevista (métodos semi-empíricos) e medida (Critério da NBR 6122), para estaca EC4 (5,20m) e EC5 (5,3m).

As figuras 5.21 a 5.23 mostram a relação entre a carga de ponta prevista pelos métodos semi-empíricos e a medida pela proposta de Peres e Milititsky (1990) e Décourt (1995) para a carga lateral, e tendo como carga de ruptura o critério da NBR 6122.

Para a estaca EC1 (figura 5.21), a relação entre a carga prevista e a carga medida variou de 0,64 a 4,01 e para estaca EC2, a relação carga prevista e a carga medida foi de 0,22 a 1,57.

A relação entre a carga de ponta prevista e a carga medida para as estacas EC3 e EC4 (4,0m), está apresentada na figura 5.22. Para a estaca EC3, a variação entre a carga prevista e a carga medida variou entre 0,59 a 2,74, e para a EC4, a variação foi de 0,46 a 1,65.

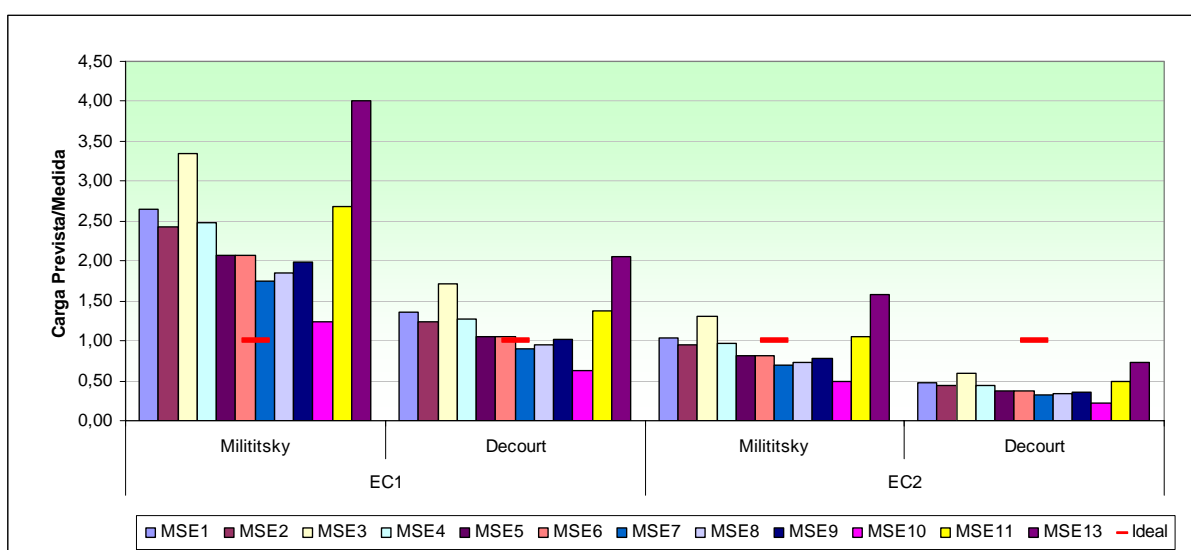


Figura 5. 21 – Relação entre a carga de ponta prevista (métodos semi-empíricos) e medida (Critério da NBR 6122), para estaca EC1 e EC2 (3,0m).

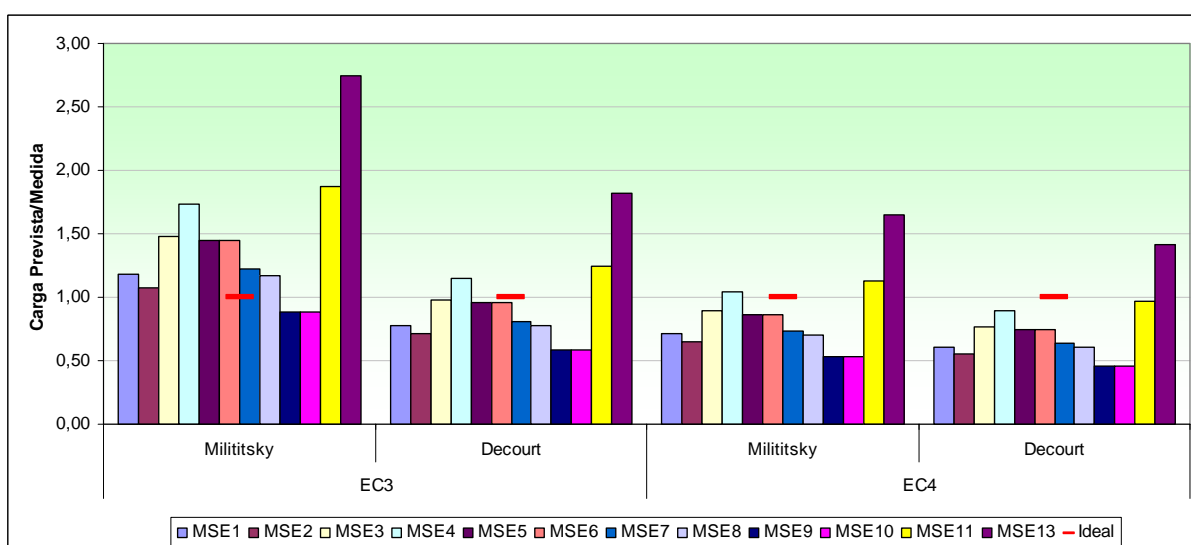


Figura 5. 22 - Relação entre a carga de ponta prevista (métodos semi-empíricos) e medida (Critério da NBR 6122), para estaca EC3 e EC4 (4m).

Para as estacas EC5 e EC6 (5,20 e 5,30m), apresentados na figura 5.23, os valores previstos foram superiores aos medidos.

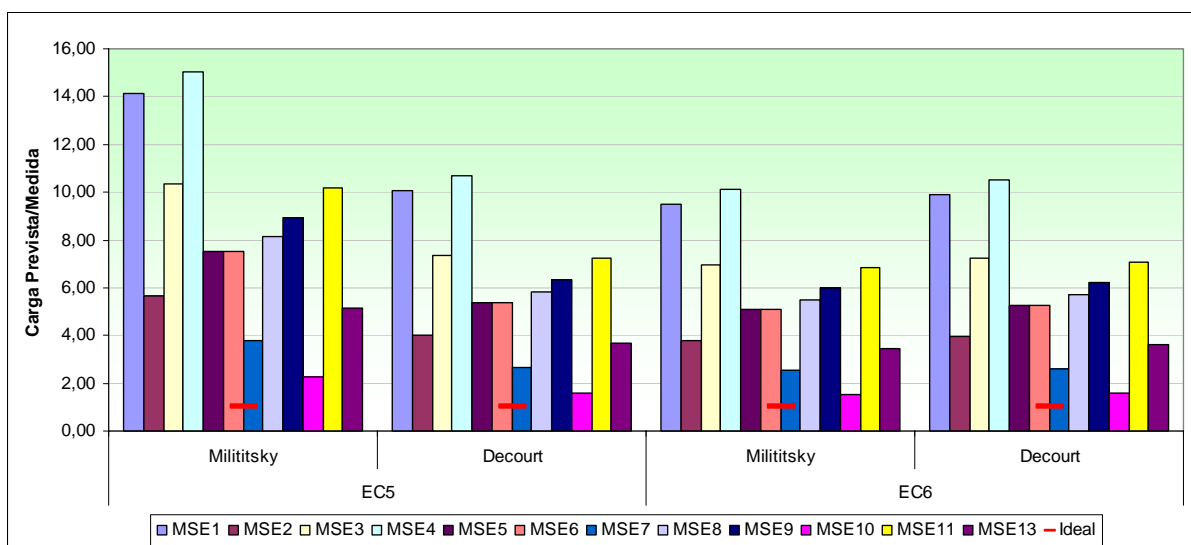


Figura 5. 23 - Relação entre a carga de ponta prevista (métodos semi-empíricos) e medida (Critério da NBR 6122), para estaca EC5 (5,2m) e EC6 (5,3m).

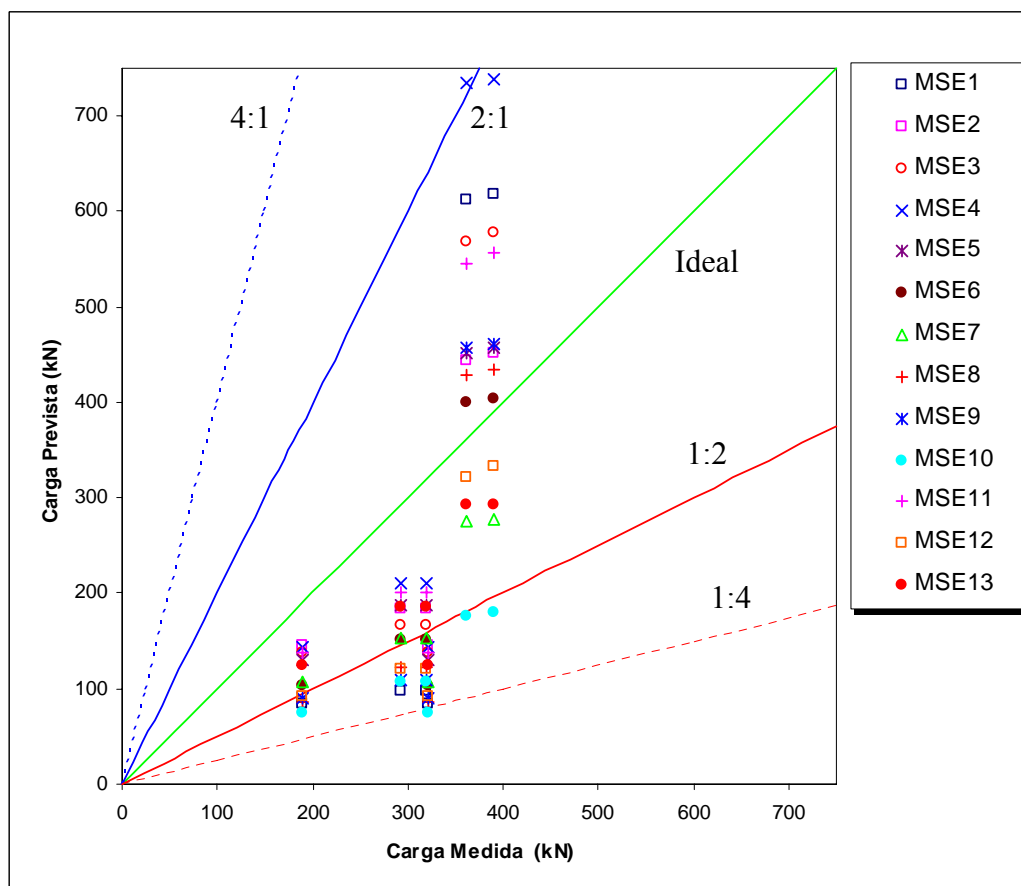


Figura 5. 24 – Relação da carga de ruptura prevista (métodos semi-empíricos) e a medida (critério da NBR 6122) para todas as estacas ensaiadas.

Está representado na figura 5.24, a relação entre a carga de ruptura prevista pelos métodos semi-empíricos e a medida pelo critério da NBR 6122, para todas as estacas ensaiadas. Como pode ser observado, existe uma concentração dos valores abaixo do ideal, valores estes que são das estacas apoiadas na camada superior (argilo-arenosa) e alguns valores de métodos mais conservados para estimativa de carga para as estacas apoiadas na camada inferior (areia).

Os melhores desempenhos para as duas camadas utilizando os métodos semi-empíricos, com uma margem de 20% para cima e para baixo do valor ideal foram os métodos de Laprovitera, 1988 (MSE2), Décourt, 1986 (MSE5) e o método da UFRGS 2006 (MSE13).

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Apresentam-se neste capítulo as conclusões mais importantes deste trabalho, no que se refere ao estudo do comportamento a compressão das estacas escavadas de pequeno diâmetro em solos sedimentares no CEEG/UFSM e sugestões para trabalhos futuros.

### 6.1. CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho, estabelecidas a partir da análise de resultados das provas de carga, dos ensaios de  $N_{SPT}$  e valores de resistência do solo, estão apresentadas e resumidas a seguir.

#### a) Quanto ao comportamento das provas de carga

Os resultados das provas de carga das estacas com diâmetro de 0,20m e comprimentos de 3,0, 4,0 e 5,2 e 5,3m ensaiadas podem ser descritos como gráficos compostos por dois segmentos retilíneos unidos por um trecho curvo. O primeiro segmento correspondente à mobilização da resistência lateral, com recalques sempre inferiores a 4mm. O segundo segmento, devido à mobilização da resistência de ponta, mostra um crescimento dos recalques praticamente linear até grandes deslocamentos. Esse trecho curvo, que une os dois segmentos retilíneos, tem início em torno de um deslocamento de 0,12% a 0,40% do diâmetro das estacas e fim em torno de 1,5% a 3,0% do diâmetro da estaca.

Na fase de descarregamento no final de cada prova de carga as estacas apresentaram deslocamentos permanentes e não reversíveis, caracterizando a ruptura do solo.

O comportamento das curvas carga-recalque das estacas EC2, EC3, EC4 e EC5 foi similar. O solo na região da estaca EC1, apresentou a menor rigidez e a EC6 maior rigidez.

As estacas com 5,20 e 5,30m tiveram um aumento da capacidade de carga total de 22%, comparado com as estacas apoiadas na camada superior.

#### b) Quanto à determinação da carga de ruptura pela análise da curva carga-recalque

Há uma dispersão entre os métodos de determinação da carga de ruptura, que pode ser separados em três grupos: (a) métodos que apresentam valores menores de estimativa de carga, que são os métodos gráficos (Mansure e Kaufman 1956, Kulhawy 1983, Butlter e Hoy *apud* Aoki et al. 1998, e de Beer 1967 – 1968); (b) métodos que apresentaram valores mais elevados de carga de ruptura que adotam algum critério de extrapolação da curva carga-recalque (Van der Veen 1953, Mazurkiewicz 1972, Massad 1986, Chin 1970, Décourt 1996 e Brinch Hansen 1963); e (c) métodos que limitam o recalque ou encurtamento elástico da estaca (NBR 6122 1996, Prática Inglesa BSI – CP2004, e Davisson 1972), que apresentaram valores um pouco superiores aos métodos gráficos. Os valores dos coeficientes de variação quando comparados todos os métodos situaram-se entre 20 e 37%, porém quando comparados métodos do mesmo grupo estes valores reduzem-se significativamente.

A determinação da carga de ruptura para o primeiro grupo, depende muito da interpretação individual. Os valores do coeficiente de variação ficam entre 1,7 a 20,4%. Para este grupo o método que apresentou maior dificuldade de interpretação foi o método de Beer (1967 – 1968), pois a intersecção entre as retas não ficava bem definido.

O coeficiente de variação para os métodos de extrapolação, segundo grupo, ficou entre 5,2 a 14,5%. Como é de se esperar estes métodos apresentaram cargas mais elevadas, pois extrapolam o gráfico carga-recalque.

O método de Van der Veen (1952) e Mazurkiewicz (1972), apresentaram valores semelhantes, como constatados por Massad (1986). Esses métodos são mais trabalhosos e exigem mais tempo para sua interpretação, diferente dos demais métodos desse grupo, que são práticos e eficientes.

Para o terceiro grupo, o coeficiente de variação foi de 3,5 a 15,3%. Esse grupo a interpretação também é mais simples, pois a carga é fixada por um valor de recalque máximo. Os valores mais conservadores foram os de Davisson (1972)

Os métodos de determinação da parcela da resistência lateral, propostos por Peres e Milititsky (1990) e Décourt (1995), são métodos práticos e de fácil interpretação. Os valores obtidos pela proposta de Décourt (1995) são pouco inferiores ao do método sugerido por Péres e Milititsky (1990). Os valores de resistência lateral se situam entre 65 e 90% da carga de ruptura tendo o critério de ruptura a NBR 6122, com uma média em torno de 80% da carga de ruptura.

c) Quanto aos métodos de previsão da capacidade de carga total

Para as estacas apoiadas na camada superior (argila-arenosa), os métodos teóricos que apresentaram o melhor desempenho foram Chandler, 1968 (MT3) e Burland modificado, 1973 (MT5), tendo como parcela da carga de ponta prevista por Terzaghi e Peck (1967) na ruptura geral. A variação da relação entre a carga prevista e a carga medida pelo critério da NBR 6122 foi de 0,38 a 0,69.

Para as estaca apoiadas na camada inferior (areia), verifica-se que novamente o melhor desempenho foi o método de Terzaghi e Peck (1967) para ponta, considerando ruptura geral. Os métodos propostos por Kézdi, 1965 (MT1), Kézdi modificado, 1965 (MT2), Burland, 1973 (MT4) e Touma e Reese, 1974 (MT6) apresentaram valores entre 0,85 a 1,04 para a relação entre carga prevista e a carga medida. Os métodos de Chandler, 1968 (MT3) e Burland modificado, 1973 (MT5) apresentaram valores entre a relação carga prevista e a carga medida entre 1,25 a 1,52

Para as estacas apoiadas na camada superior, os métodos semi-empíricos que apresentaram melhor desempenho foram: Laprovitera, 1988 (MES2), Monteiro, 1997 (MSE3), Décourt e Quaresma, 1978 (MSE4), Décourt, 1986 (MES5), Teixeira, 1996 (MSE11) e UFRGS, 2006 (MSE13), com a relação entre a carga prevista e a carga medida pelo critério da NBR 6122 de 0,39 a 0,76.

Para as estacas situadas na camada inferior os métodos de Laprovitera, 1988 (MSE2), Décourt, 1986 (MSE5), Milititsky, 1986 (MSE6), P.P.C. Velloso (MSE8) e Meksraitis, 1988 (MSE9), apresentam valores entre a carga prevista e a carga medida de 1,04 a 1,26. Para os métodos Décourt, 1996 (MSE7), Velloso, 2000 (MSE12) e o método da UFRGS, 2006 (MSE13) a relação entre a carga prevista e a carga medida foi de 0,72 a 0,89.

Os melhores desempenhos para as duas camadas utilizando os métodos semi-empíricos, com uma margem de 20% para cima e para baixo do valor ideal foram os métodos de Laprovitera, 1988 (MSE2), Décourt, 1986 (MSE5) e o método da UFRGS 2006 (MSE13).

#### d) Quanto à previsão da parcela da resistência lateral

Para a parcela lateral os métodos que apresentaram melhor desempenho para as estacas situadas na camada superior foram Laprovitera, 1988 (MSE2) e Décourt e Quaresma, 1978 (MSE4), tendo a relação entre a carga prevista e carga a medida com valores de 0,36 a 0,66. Para as estacas situadas na camada inferior os melhores métodos foram Laprovitera, 1988 (MSE2) e Monteiro, 1997 (MSE3) com a relação entre a carga prevista e a carga medida com valores de 0,57 a 0,76.

e) Quanto à previsão da parcela da resistência de ponta

As estacas EC1, EC2, EC3 e EC4, apoiadas na camada superior (argila-arenosa) tiveram uma variação entre a carga prevista e a carga medida de 0,46 a 4,01. Para as estacas EC5 e EC6, os valores previstos foram superiores aos medidos em todas as previsões.

## **6.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

Sugere-se para continuação do trabalho:

- complementar a descrição geotécnica do local com investigações que não foram efetuadas, entre elas os ensaios laboratoriais de resistência ao cisalhamento em equipamento de compressão triaxial, permeabilidade e compactação, e, "in situ", sondagens de simples reconhecimento com aplicação de torque (SPT-T), sondagem de penetração do cone tipo CPT e ensaios pressiométricos com pressiômetro de Ménard e dilatométricos com dilatômetro de Marchetti;
- realizar um plano mais amplo de provas de carga para o tipo de estaca analisada, com aumento no número de ensaios para que se possa obter uma melhor avaliação do comportamento deste tipo de fundação e dos métodos de determinação de capacidade de carga;
- efetuar um estudo dos métodos de previsão dos recalques com finalidade de estabelecer a carga admissível para este tipo de fundação;
- executar um estudo do comportamento, através de provas de carga à tração e compressão, de estacas escavadas de diferentes diâmetros e profundidades;
- instrumentar os próximos ensaios de prova de carga em estaca no sentido de verificar o comportamento das parcelas de resistência de ponta e lateral;
- estudar o comportamento de outros tipos de fundações correntes, como é caso de estacas, pré-moldadas e fundações superficiais do tipo sapata;
- estudar o comportamento de estacas de solo-cimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELI, N.; ALBIERO, J. H. Efeito da colapsividade no resultado de provas de carga diretas. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 167-174.

ALBIERO, J. H. Efeito da inundação do solo no comportamento de estacas moldadas in loco, instrumentadas, em campo experimental de Bauru-SP. **Relatório Científico**, Bauru, 1995. 88p.

ALBUQUERQUE, P. J. R. Análise de comportamento de estaca pré-moldada de pequeno diâmetro, instrumentada, em solo residual de diabásio da região de Campinas. 1996. 170p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UNICAMP, Campinas, 1996.

\_\_\_\_\_. CARVALHO, D.; MASSAD, F. Análise de capacidade de carga de estacas escavadas, instrumentadas, carregadas à compressão, em solo não saturado. In: GEOSUL, 4., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABMS, 2004. p. 247-253.

ALONSO, U. R. Estimativa da curva carga-recalque de estacas a partir de resultados de sondagens à percussão. **Solos e Rochas**, v. 4, n. 3, p. 19-32, 1996.

ALVES, A.M.L., Contribuição ao estudo de estacas de compactação em solos granulares. Tese de Mestrado. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS (AASHO). **Soil Classification System: AASHO M-145**.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Method for Direct Shear Test of Soil Under Consolidated Drained Conditions: Standard D3080-90. 1990.

\_\_\_\_\_. Test Method for Classification of Soils for Engineering Purpose: Standard D2487-93. 1993.

ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E.; MONTARDO, D. K. Geologia da Folha de Rio Pardo – RS. Porto Alegre: Instituto de Geociências/UFRGS, 1982. mapa n. 11, escala 1:100000.

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. An approximate method to estimate the bearing of piles. In: PANAMERICAM CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5., 1975, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: [s.n.], 1975. v.1, p. 367-376.

\_\_\_\_\_. Considerações sobre previsão e desempenho de alguns tipos de fundações profundas sob a ação de cargas verticais. In: SEFE, 1., 1985, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABEF/ABMS, 1985. v. 1, p.211-252.

ASOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES (ABEF). **Research on Foundation Engineering**. São Paulo: ABEF/USP, 1989. 86p.

ASSOCIAÇÃO BASILLEIRA DE GEOLOGIA (ABGE). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Oficina do texto, 1998. 1. ed., 586p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Concreto – Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento**: NBR 6118. Rio de Janeiro, 1978.

\_\_\_\_\_. Estacas – Prova de carga estática: NBR 13131. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. Projeto e execução de Fundações: NBR 6122. Rio de Janeiro, 1996.

BARROS SARTORI. M. da G. O Clima de Santa Maria: do regional ao urbano. 1979. Dissertação (Mestrado em Geografia) - USP, São Paulo, 1979.

BEGEMANN, H. K. S. The friction cone as an aid in determining the soil profile. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 6., 1965, Montreal. Proceedings... Toronto: University Press, 1965. v. 1, p. 17-20.

BENEGAS, H. Q. Previsões para a curva carga x recalque de estacas a partir do SPT. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.

BEZERRA, J. E.; CUNHA, P. Avaliação de métodos simplificados de previsão do comportamento de grupos de estacas. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1333-1344.

BORTOLUZZI, C. A. Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas, Porto Alegre, 4 (1), p. 7-86, 1977.

CAMPELO, N. S.; CINTRA, J. C. A. Análise comparativa da carga de ruptura à tração em estacas. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 11-18.

CAPUTO, A. N. Caso de obras em estacas de deslocamento. In: SEMINÁRIO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABMS, 2004. v. não paginado.

CARVALHO, D. Análise de cargas últimas à tração de estacas escavadas, instrumentadas, em campo experimental de São Carlos-SP. 1991. 204p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - USP, São Paulo, 1991.

CINTRA, J.C. A., AOKI N. Carga admissível em fundações Profundas, São Carlos:EESC-USP, 1999

CUNHA, R. P.; COSTA, F. L. Avaliação da integridade física de estacas assentes na argila de Brasília pelo P.I.T. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v. 3, p. 1647-1654.

DANZIGER, B. R. Estudo de correlações entre os ensaios de penetração estática e dinâmica e suas aplicações ao projeto de fundações profundas. 1982. 265p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ, Rio de Janeiro, 1982.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. R. Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: COBRAMSEF, 6., 1978, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS, 1978. v. 1, p. 45-54.

\_\_\_\_\_. Prediction of the bearing capacity of piles based exclusively on N values of the SPT. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 2., 1982, Amsterdam, Proceedings... Rotterdam: BALKEMA, A. A., 1982. v. 1, p. 29-34.

\_\_\_\_\_. Análise e Projeto de fundações profundas: Estacas. In: Fundações: Teoria e prática. São Paulo: Pini/ABMS/ABEF, 1996. p. 265-301.

\_\_\_\_\_. A ruptura de fundações avaliadas com base no conceito de Rigidez. In. SEFE III, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: Vol II, p 215-224

\_\_\_\_\_. Ruptura de Fundações e Coeficientes de Segurança a Luz do Conceito de Rigidez. In. COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: Vol III, p, 1599 -1606.

\_\_\_\_\_. Capacidade de carga de estacas executadas no campo experimental de engenharia geotécnica da U.E. de Londrina. Algumas ponderações. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v.3, p. 1545-1555.

DEL PINO JR, A.; SEGANTINI, A. A. S.; CARVALHO, D. Análise de estacas escavadas carregadas transversalmente, em solo colapsível, com umidade natural e após sua inundação. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1493-1501.

DIAS, R. D. Aplicação de Pedologia e Geotecnia no projeto de fundações de linhas de Transmissão. 1987. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UFRJ, Rio de Janeiro, 1987.

EMMER, R. . “Implantação do Campo Experimental de Engenharia Geotécnica da UFSM”. Dissertação de Mestrado, PPGEC/UFSM, Santa Maria, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999.

FELLENIUS, B. H. Test loading of piles and new proof testing procedure. Journal of the Geotechnical Engineering Division, New York, ASCE, v. 101, n. 9, p. 855-869, 1975.

FERNANDES, J. C. S. Grupos de estacas escavadas de pequeno diâmetro em solo colapsível. 1995. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – USP, São Carlos, 1995.

FERREIRA, C. V. et al. Campo experimental de fundações em Bauru. In: SEFE, 3., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ABEF/ABMS, 1996. v.2, p. 77-87.

FOÁ, S. B. et al. Análise do ensaio de carregamento dinâmico em estacas pré-moldada assente no solo poroso de Brasília-DF. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1503-1513.

FONTOURA, S. A. B.; VELLOSO, P. P. C.; PEDROSA, M. G. A. Análise da capacidade de carga de uma estaca escavada, com instrumentação no fuste. In: COBRAMSEG, 7., 1982, Olinda. Anais... Olinda: ABMS, 1982. v. 2, p 221-235.

FOTI, A.; MASSAD, F. Estacas Strauss: cuidados a serem observados na execução e a contribuição da ponta na sua capacidade de carga. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1733-1742.

GARCIA, J. G. D. Estudo do comportamento de fundações superficiais em solos cimentados. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1998.

KULHAWY, F. H. & HIRANY, A.; "Interpretation of load tests on drilled shafts part 2: Axial uplift"; Foundation Engineering: Current Principles and Practice, vol. 2, pp.1150-1159; ASCE; 1989

KULHAWY, F. H., TRAUTMANN, C. H., BEECH, J. F., O'ROURKE, T. D., MCGUIRE, W., WOOD, W.A. & CAPANO, C.; "Transmission line structure foundations for uplift/compression loading, Report EL-2870, Elec. Power Res. Inst.; Palo Alto; 1983

GIACHETI, H. L. Estudo experimental de parâmetros dinâmicos de alguns solos tropicais do estado de São Paulo. 1991. 232p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – USP, São Carlos, 1991.

GUSMAO, A.D. Estudo da Interação solo-Estrutura e sua influência em Recalques de Edificações. Tese de Mestrado – COPPE - UFRJ, Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. CARVALHO, D. Estimativa do módulo de cisalhamento dos solos tropicais típicos a partir de ensaios de penetração. In: COBRAMSEG, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 2, p. 467-474.

GOULARDT, M.R.M. , Previsão de capacidade de carga em estacas escavadas com a utilização de ensaios de cone em solos residuais. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2001.

HACHICH, W. et al. Fundações: Teoria e prática. São Paulo: Pini, 2003. 2. ed., 751p.

JARDIN, N. A.; CUNHA, R. P. Cálculo do coeficiente de reação horizontal da argila porosa de Brasília por retroanálise de provas de carga. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 2002. v. 3, p. 1631-1638.

LAPROVITERA, H. Reavaliação do método semi-empírico de previsão de capacidade de carga de estacas a partir de banco de dados. 1988. 213p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

LOBO, B.O., ODEBRECHT, E., ROCHA, M.M., SCHNAID, F. Previsão de Capacidade de Carga de estacas através dos conceitos de energia no SPT. In: V Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, 2006, Porto Alegre. v. único, p. 211 – 216.

LIMA, M. J.; CUNHA, R. P. Obtenção de parâmetros de projeto via retroanálise de estacas carregadas transversalmente, assentadas em argila porosa colapsível de Brasília. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1793-1801.

LOPES, G. S. et al. Análise, em termos de capacidade de carga, de uma prova de carga direta em verdadeira grandeza em solo residual de gnaiss. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v. 3, p.1497-1504.

MACACARI, M. F.; CARNEIRO, B. J. I.; CINTRA, J. C. A. Comportamento de estacas apiloadas em solo colapsível. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 89-94.

MACIEL FILHO, C. L. et al. Mapa geológico da folha de Camobi. Texto Explicativo. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM, 1988. mapa n. 1, 10p.

\_\_\_\_\_. et al. Carta Geotécnica de Santa Maria. Texto Explicativo. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM, 1990. mapa n. 2, 10p.

MANTILLA, J. N. R.; ALBIERO, J. H.; CARVALHO, D. Transferência de carga em estacas escavada à compressão. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 303-310.

MAPA Geológico da folha de Camobi. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM, 1988. mapa n. 1, escala 1:50.000.

MARINHO, F. A. M. Características do solo residual do Campo Experimental II da PUC/RJ obtidas a partir de ensaios triaxiais assimétricos. 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PUC, Rio de Janeiro, 1986.

MASCARENHA, M. M. A.; GUIMARÃES, R. C.; CARVALHO, J. C. Influência do recarregamento nos resultados de provas de carga em estacas escavadas em solos porosos colapsíveis. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1617-1626.

MASSAD, F. Notes on the interpretation of failure load from routine pile loads tests. Solos e Rochas, v. 9, n. 1, p. 33-36, 1986.

\_\_\_\_\_. Estacas escavadas em compressão axial: Comportamento e parâmetros visando a estimativa dos recalques. In. SEFE II, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo, v 1, p 255 – 264.

MECKSRAITIS, P. R. C. Comportamento de micro-estacas. 1988. 282p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1988.

MEDEIROS, E. R. Estratigrafia do Grupo São Bento na região de Santa Maria e paleocorrentes da formação Botucatu. 1980. Dissertação (Mestrado em Geologia) - UFRGS, Porto Alegre, 1980.

MENEZES, S. M.; SOBRINHO, M. D. Avaliação do ensaio SPT - energia, torques, impactos, velocidades e suas limitações. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 2, p. 359-365.

\_\_\_\_\_. Análise do comportamento de estacas pré-moldadas em solo de alta porosidade do interior do estado de São Paulo. 1997. 377p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - USP, São Paulo, 1997.

MIGUEL, M. G.; CINTRA, J. C. A. Provas de Carga Horizontal em Estacas Raiz e Strauss em solo Arenoso. In: SEFE, 3., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ABEF/ABMS, 1996. CD-ROM.

MILITITSKY, J. Large bored pile in clay – design and behavior. 1980. 222p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - University of Surrey, Surrey, 1980.

\_\_\_\_\_. ALVES, I. Discussions – Section 3.3: Building foundations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMECHANICS, IN TROPICAL LATERITIC AND SAPROLITIC SOILS, 1., 1985, Brasília. Proceedings... São Paulo: ABMS, 1985. v. 4, p. 45-48.

\_\_\_\_\_. Relato do estado atual do conhecimento: Fundações. In: COBRAMSEF, 8., 1986, Porto Alegre. Anais: Porto Alegre: ABMS, 1986. v. 3, p. 191-260.

\_\_\_\_\_. Fundações profundas. Notas de aula. Porto Alegre: PPGEC/UFGRS, 1988. 105p.

\_\_\_\_\_. Provas de cargas estáticas – relatos de conhecimento. In: SEFE, 2., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: ABEF/ABMS, 1991. v. 2, p. 203-228.

\_\_\_\_\_. Histórico de fundações profundas: Evolução e perspectivas. In: SEMINÁRIO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, ABMS, 2004. v. não paginado.

MITCHELL, K. Fundamentals of Soil Behavior. John Wiley & Sons, 2 ed., 1993.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. JR. X-ray Diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford: Oxford University Press, 1989. 1. ed., 331p.

MORAIS, A. S.; SEGANTINI, A. A. S. Influência da colapsibilidade do solo na capacidade de carga de estacas curtas, do tipo apiloada, executadas no solo colapsível de Ilha Solteira-SP. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1395-1403.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, “Dicionário de Munsell”. Munsell color company, inc. Baltimore, Maryland. 1954. 36p.

NEVES, M.; TSUTSUMI, M. Análise das tensões tangenciais e da distribuição de esforços ao longo das estacas escavadas. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, ABMS, 1994. v. 1, p. 27-34.

NIYAMA, S.; AOKI, N. Correlação entre as provas de carga dinâmica e estática no campo experimental da EPUSP/ABEF. In: SEFE, 2., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: ABEF/ABMS, 1991. v.1, p. 285-293.

NOVAS, L. A. A. Estacas escavadas de pequeno diâmetro nos solos argilosos da Formação "Libertad", Uruguay. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, F. Laudo de cobertura vegetal para áreas propícias para instalação de um Aterro Sanitário em Santa Maria - RS. Santa Maria, 2001.

PERES, M. C., MILITITSKY, J. Contribuição ao estudo do comportamento à compressão de estacas escavadas em solos parcialmente saturados. In: COBRAMSEF, 8., 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABMS, 1990. v. 2, p. 535-543.

PEREZ, E. N. P. O uso da teoria da elasticidade na determinação do módulo de Young do solo adjacente a estacas carregadas verticalmente na argila porosa de Brasília. 1997. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - UnB, Brasília, 1997.

\_\_\_\_\_. CUNHA, R. P.; CORTOPASSI, R. S. Estudo do comportamento de estacas raiz assentes na argila porosa de Brasília através de provas de carga rápidas. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v. 3, p. 1607-1614.

PINHEIRO, R. J. B. et al. A importância da geologia nos problemas geotécnicos na região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. In: CBGEA, 10., 2002, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ABGE, 2002. CD-ROM.

PRESA, E. P.; POUSADA, M. C. Retrospectivas e técnicas modernas de fundações em estacas. Salvador: ABMS, 2. ed., 107p.

RABAINA, L. E. S.; OLIVEIRA, E. L. A.; PIRES, C. A. F. Estudo para Instalação de um Aterro Sanitário no Município de Santa Maria – RS. In: CBGEA, 10., 2002, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ABGE, 2002. CD-ROM.

RAMIRES, M. C. P. Estudo do comportamento à compressão de estacas escavadas de pequeno diâmetro em solo parcialmente saturado. 1993. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1993.

REZENDE, M. E. B.; CINTRA, J. C. A. Recalques de grupos de estacas escavadas de pequeno diâmetro. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v. 3, p. 1351-1357.

ROCHA FILHO, P.; TOLEDO FILHO, R.D. Previsão do comportamento de estacas escavadas com base em resultados de ensaios pressiométricos. In: COBRAMSEF, 9., 1990, Salvador. Anais... Salvador, ABMS, 1990. v. 2, p. 491- 493.

\_\_\_\_\_. ROMANEL, C., ALCANTARA, I. M. Estimativa de módulos de elasticidade de solos através da retroanálise de provas de carga em estaca. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v. 3, p. 1567-1581.

RODRIGUES, A. A. et al. Avaliação da adaptabilidade de métodos de previsão de capacidade de carga a diferentes tipos de estacas. In: COBRAMSEG, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília: ABMS, 1998. v.3, p. 1591-1606.

ROHLFES JR., J. A. Estudo do comportamento de um solo residual melhorado através de técnicas mecânicas e físico-químicas e sua aplicação à análise de fundações superficiais. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1996.

RUVER, C. A.; CONSOLI, N. C. Comportamento de fundações diretas em solos residuais. In: GEOSUL, 4., 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: ABMS, 2004. p. 255-261.

SACILOTO, A. C. Estacas escavadas, instrumentadas, submetidas a cargas lentas e rápidas. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 175-182.

SALES, L. F. P. Estudo do comportamento de fundações superficiais assentes em perfis de solos estratificados. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1997.

SARTORI, P. L. P.; MACIEL FILHO, C. L.; MENEGOTTO, E. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria/RS. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciência, 1975. 52 (1), p. 125-133.

SEGANTINI, A. A. S; CARVALHO, D. Comportamento de estacas de pequeno diâmetro de solo cimento. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 95-110.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Comportamento do solo-cimento plástico para uso em estacas moldadas in loco. In: COBRAMSEG, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1365-1374.

SENNA JR. Distribuição de cargas em grupos de estacas escavadas de pequeno diâmetro. 1993. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – USP, São Carlos, 1993.

SCHNAID, F.; ROCHA FILHO, P. Experiência de aplicação do ensaio penetrométrico em solos estruturados parcialmente saturados. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 2, p. 467-474.

SCHNAID, F., Ensaio de Campo e suas aplicações à engenharia de fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SCHNAID, F., ODEBRECHT, E., LOBO, B.O., Novos métodos de interpretação do ensaio SPT baseados em conceitos de energia. In: V Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, 2006, Porto Alegre. v único, p. 27 – 32.

SILVA, P. A. B. A. Capacidade de carga de grupos de estacas escavadas de pequeno diâmetro. 1996. 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – USP, São Carlos, 1996.



SKEMPTON, A. W. The colloidal, activity of clays. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Zurich. Proceedings... Zurich: ICOSOMEF, 1953. v. 1, p. 57-63.

SOUZA, A.; CINTRA, J. C. A. Fundações rasas no solo colapsível de Ilha Solteira - SP. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 223-230.

\_\_\_\_\_. MASSAD, F. Estudo da transferência de carga de estacas solicitadas à compressão axial, utilizando uma estaca piloto instrumentada. In: COBRAMSEF, 12., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2002. v. 3, p. 1591-1605.

TEIXEIRA, A. H. Projeto e execução de fundações. In: SEFE, 3., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ABEF/ABMS, 1996. v. 1, p. 33-50.

TEIXEIRA, C. Z.; ALBIERO, J. H. Evolução da reação de ponta de estacas escavadas submetidas a sucessivas provas de carga. In: COBRAMSEF, 10., 1994, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 3-9.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Comportamento de estacas escavadas instrumentadas em um solo colapsível inundado. In: COBRAMSEF, 10., 1994a, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABMS, 1994. v. 1, p. 95-102.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. CARVALHO, D. Transferência de carga de tubulões curtos de base alargada em solos residuais de gnaisses. In: COBRAMSEF, 11., 1998, Brasília. Anais... Brasília, 1998. v. 3, p. 1561-1566.

VAN DER VEEN, C. The bearing capacity of pile. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Zurich. Proceedings... Zurich: ICOSOMEF, 1953. v. 2, p. 84-90.

VARGAS, M. Engineering properties of residual soils from south-central region of Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 2., 1974, São Paulo. Proceedings... São Paulo: ABGE, 1974. v. 1, p. IV-pc-5.1-/5.25.

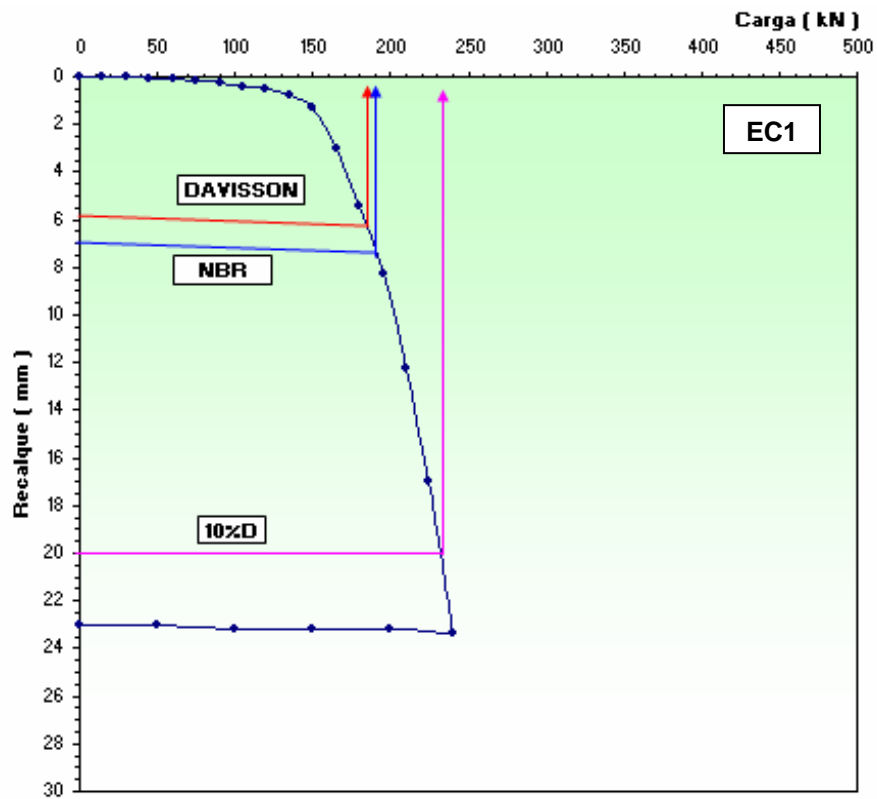
VELLOSO, D. A.; AOKI, N.; SALAMONI, J. A. Fundações para o silo vertical de 100.000 t no porto de Paranaguá. In: COBRAMSEF, 6., 1978, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS, 1978. v. 3, p. 125-151.

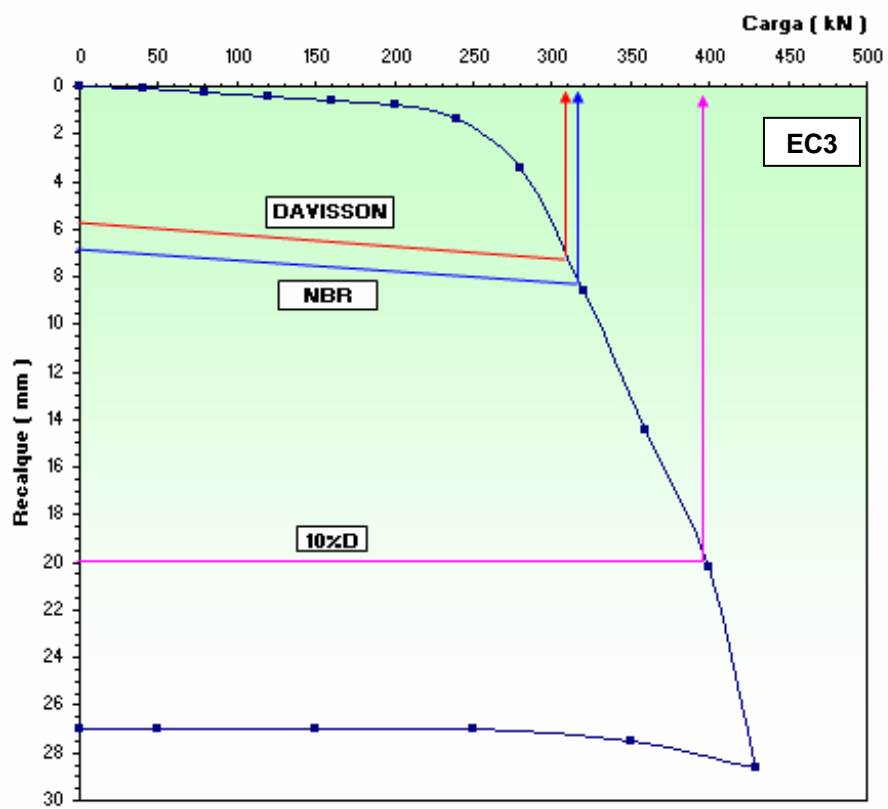
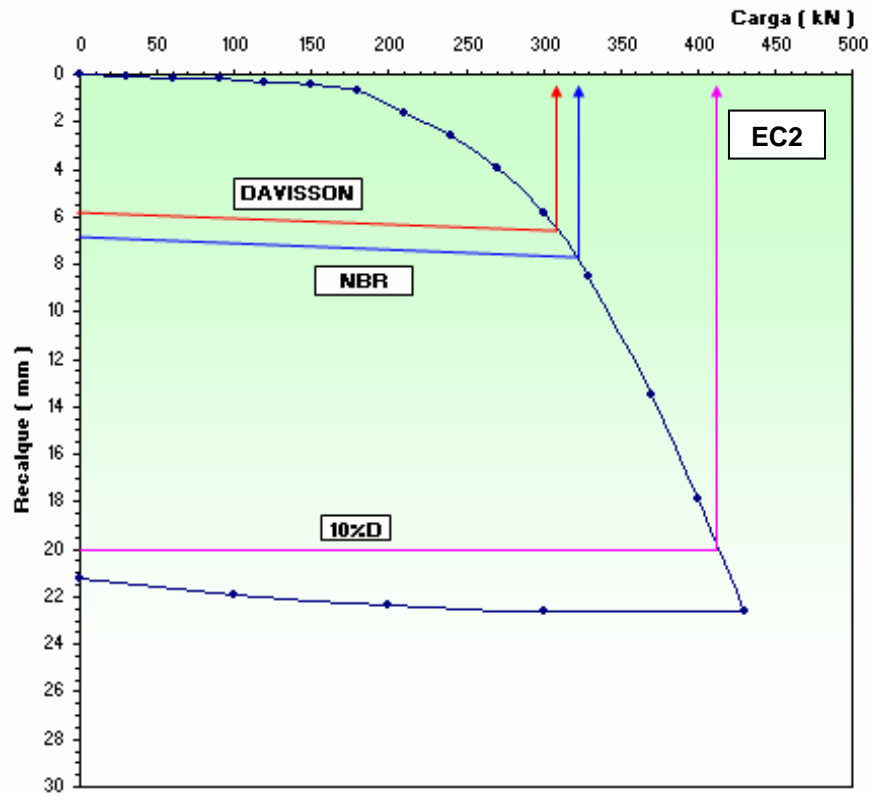
\_\_\_\_\_. LOPES, F. R. Fundações: Fundações Profundas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. v. 2, 472p.

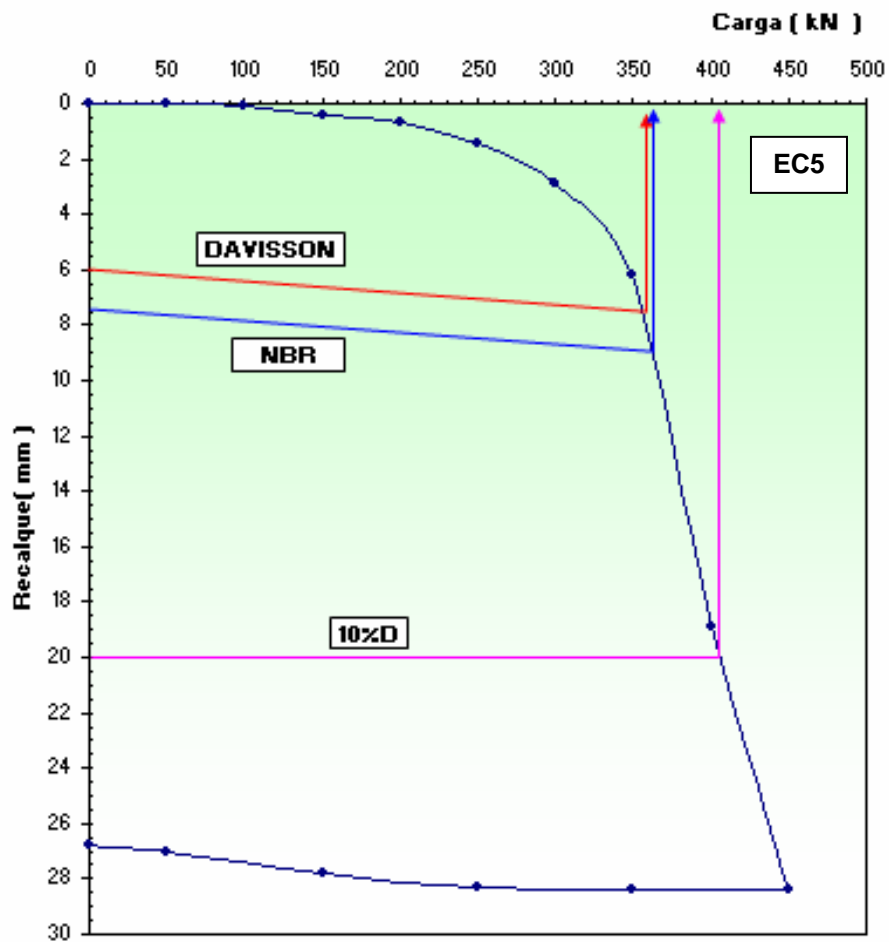
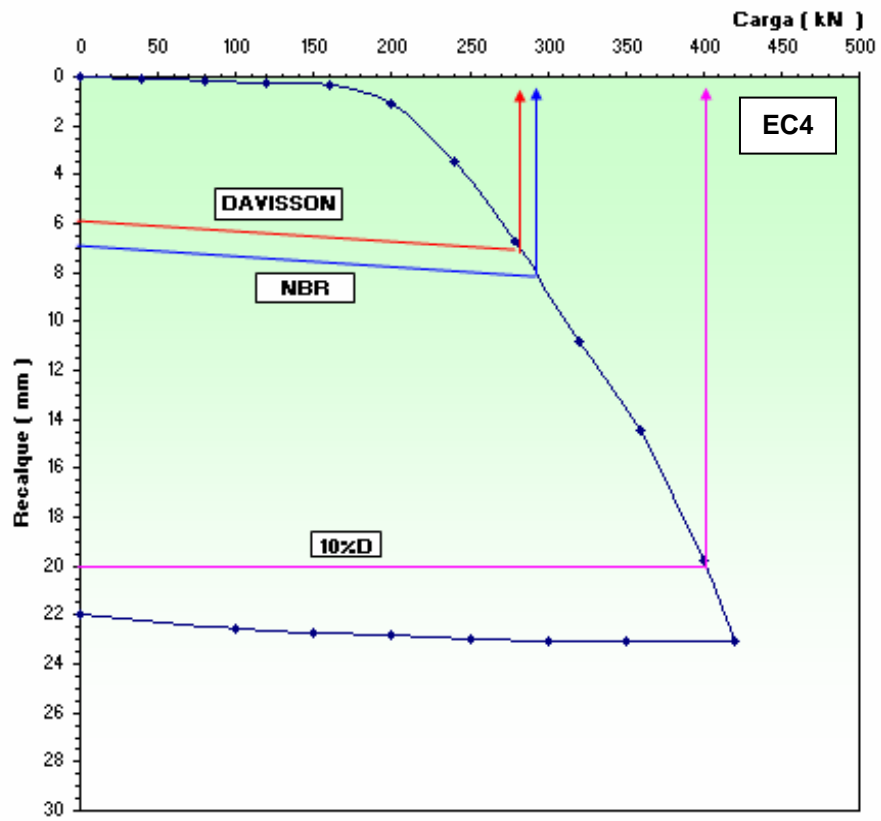
VELLOSO, P. P. C. Fundações – aspectos geotécnicos. Rio de Janeiro: PUC/DEC, 1987. 5. ed., v. 3.

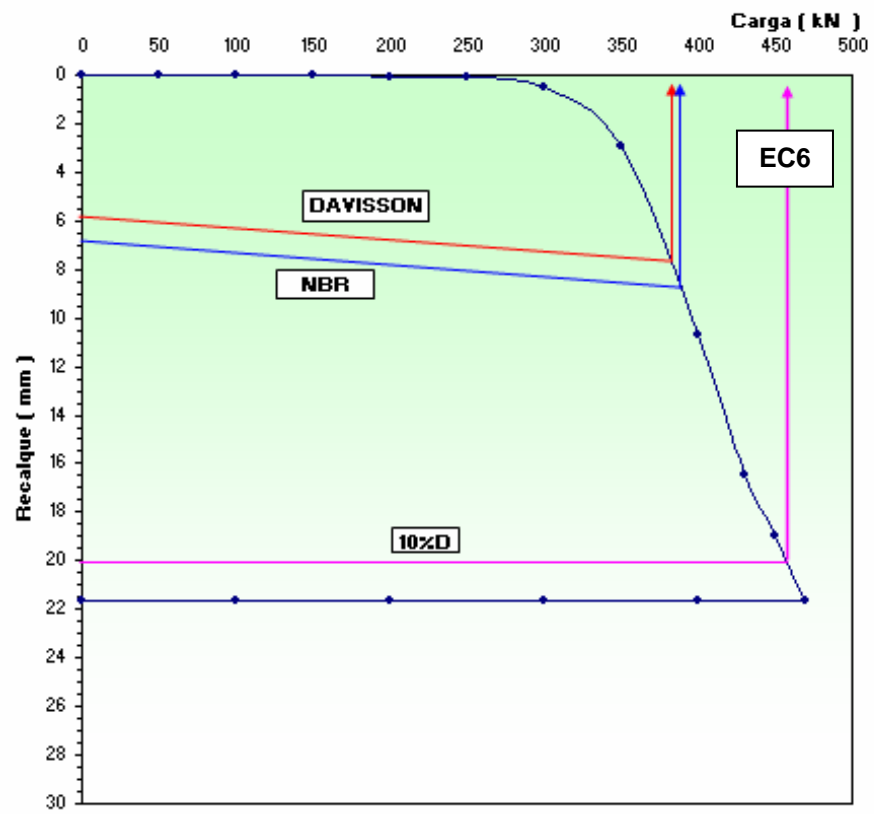
**ANEXOS**

**ANEXO I: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para os métodos de Davisson (1972) , NBR 6122 (1996) e a Prática Inglesa.**

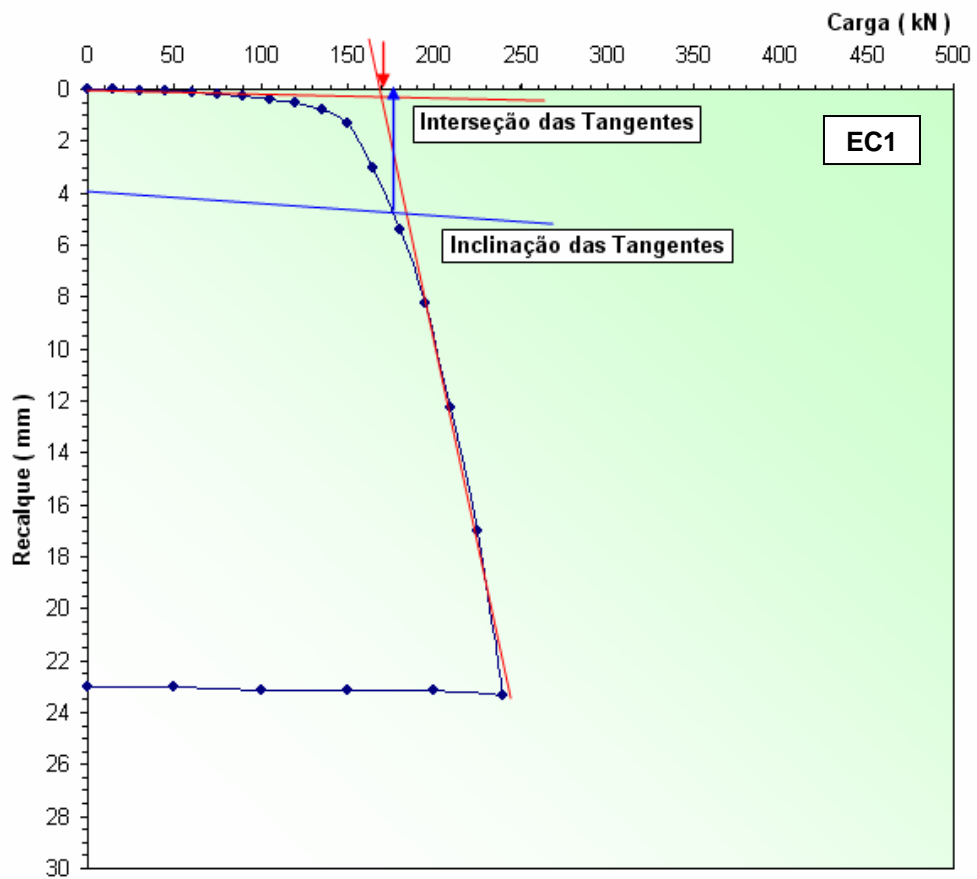


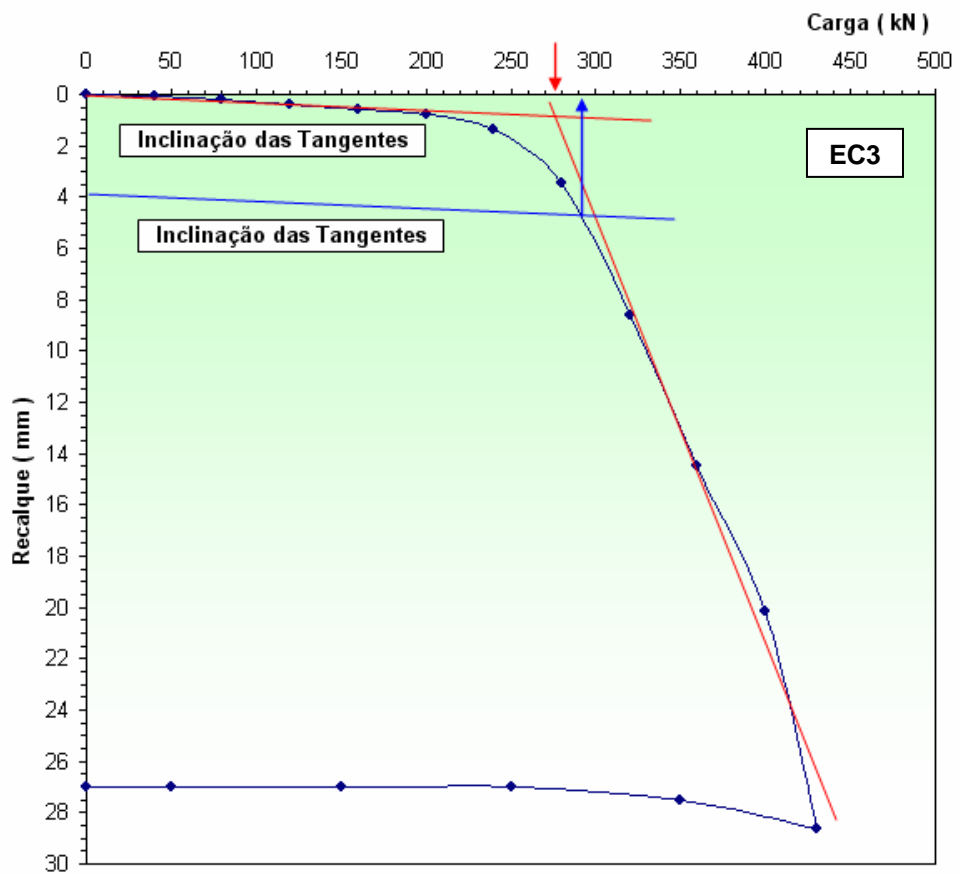
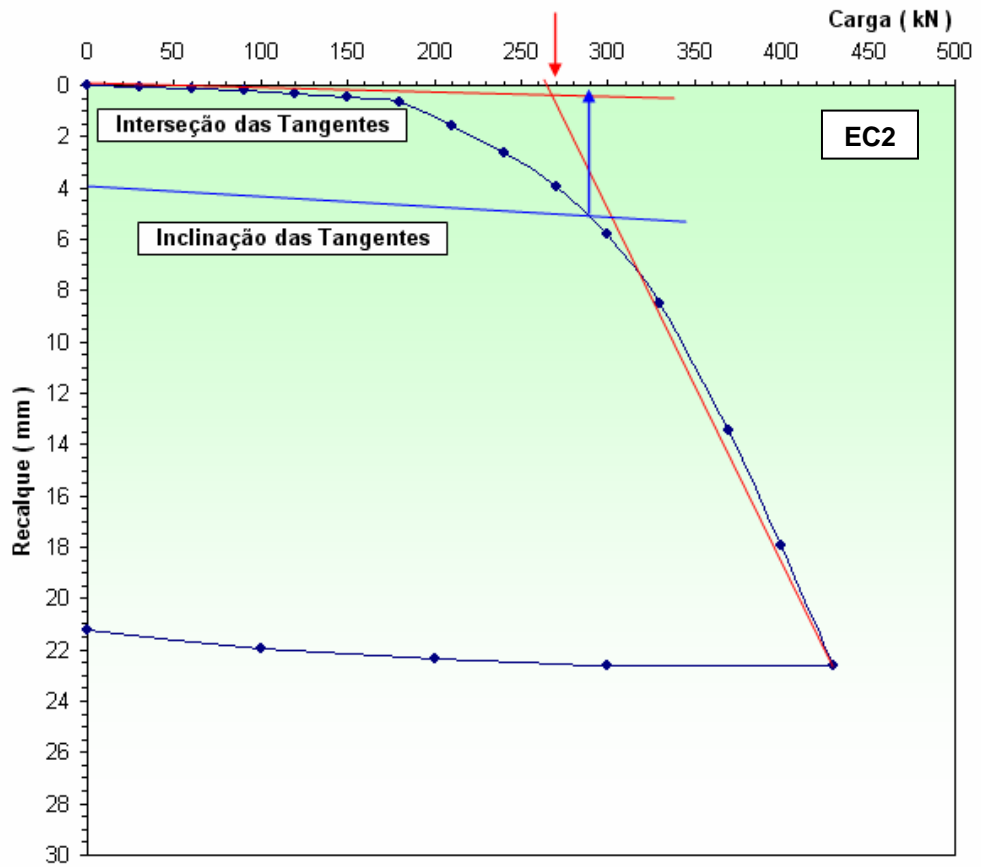




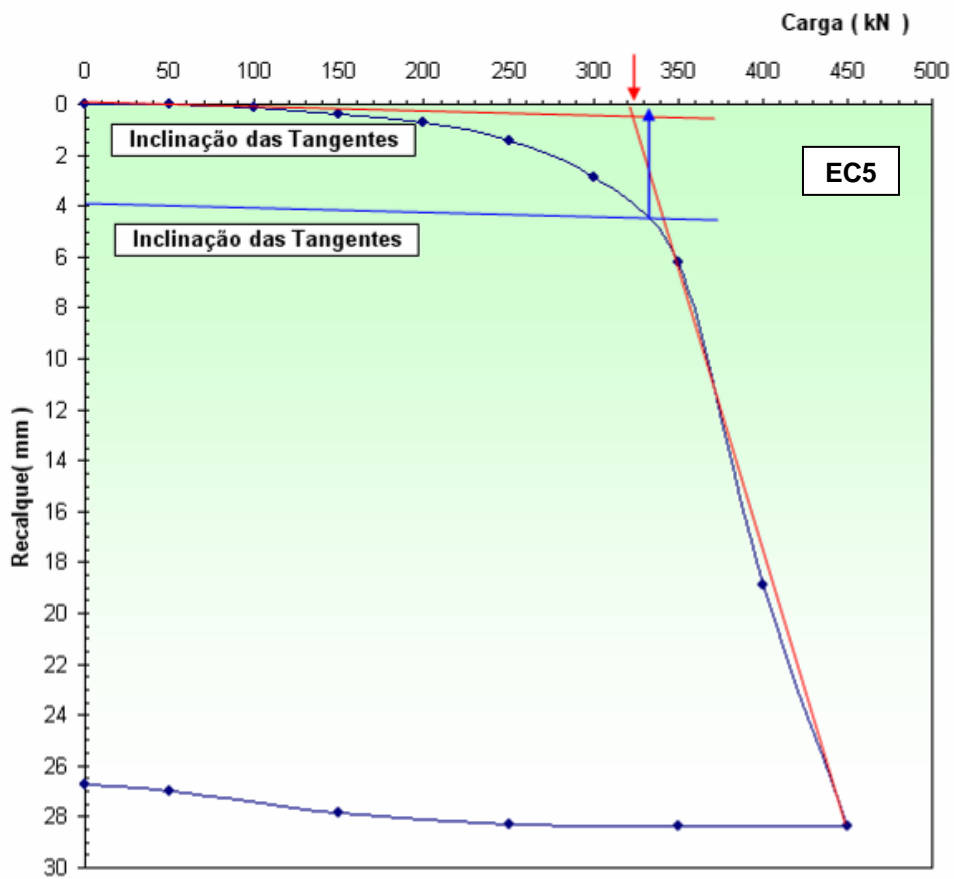
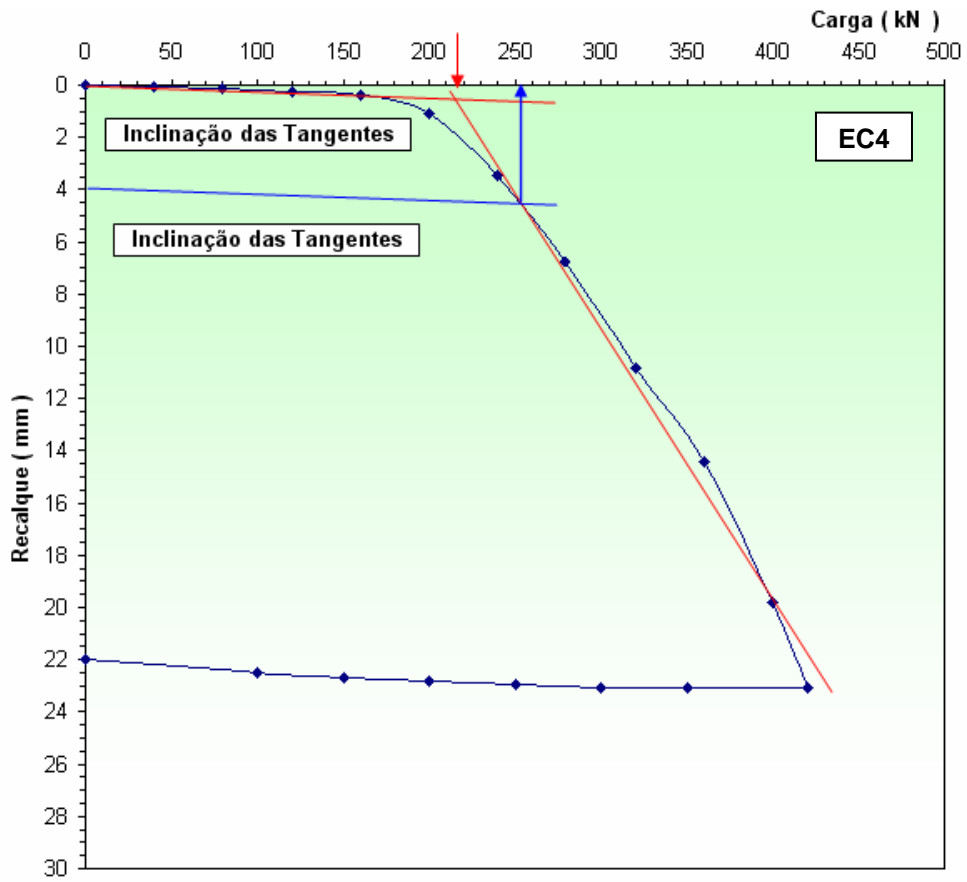


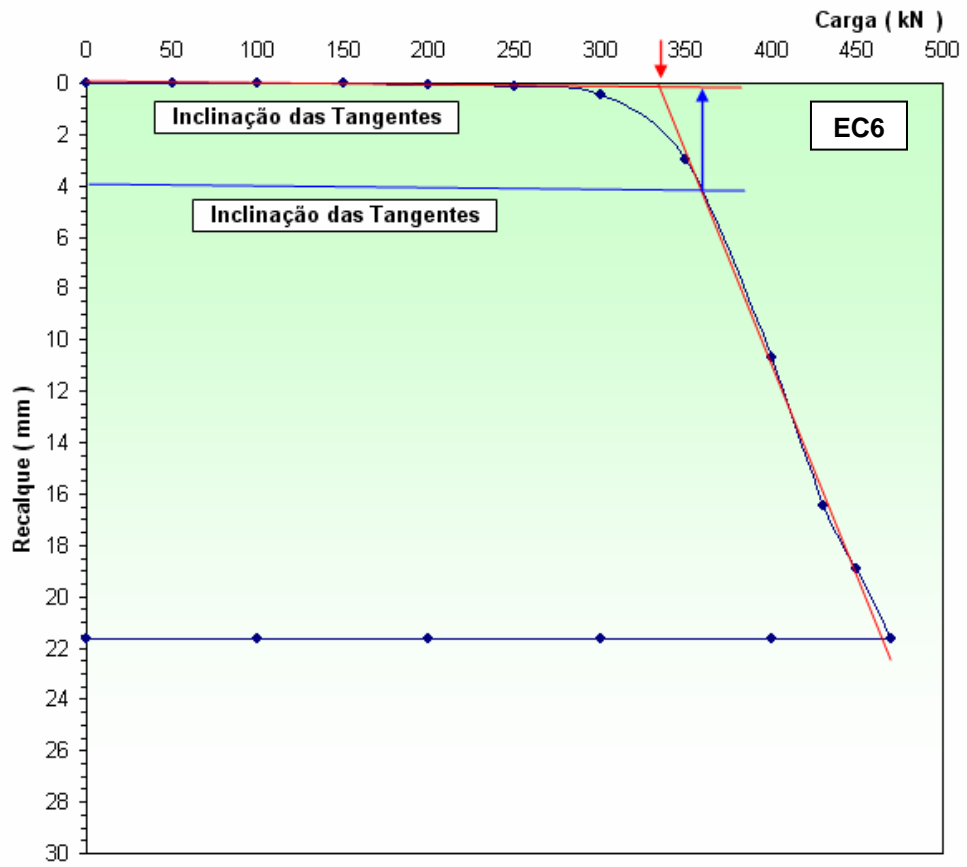
**ANEXO II: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para os métodos de Intersecção das Tangentes (1983) e Inclinação das Tangentes (1983)**



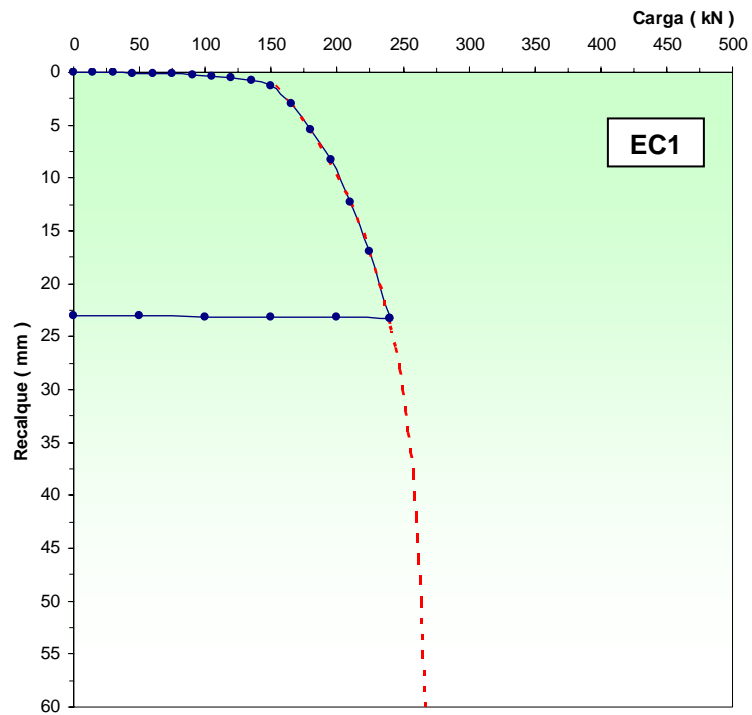
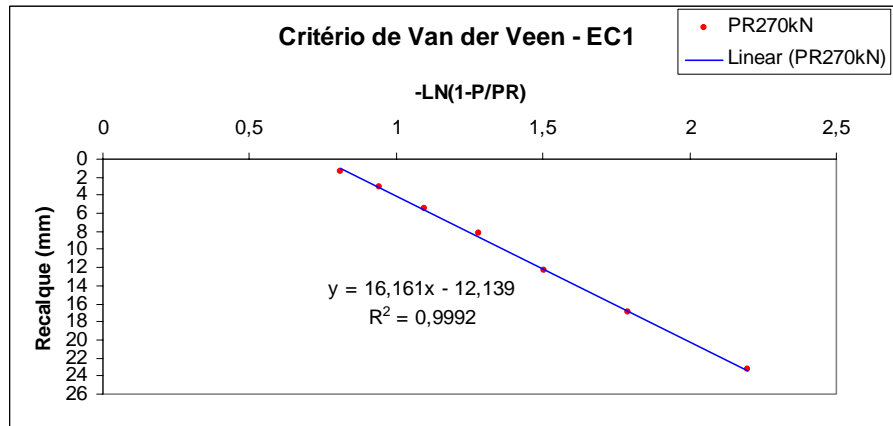
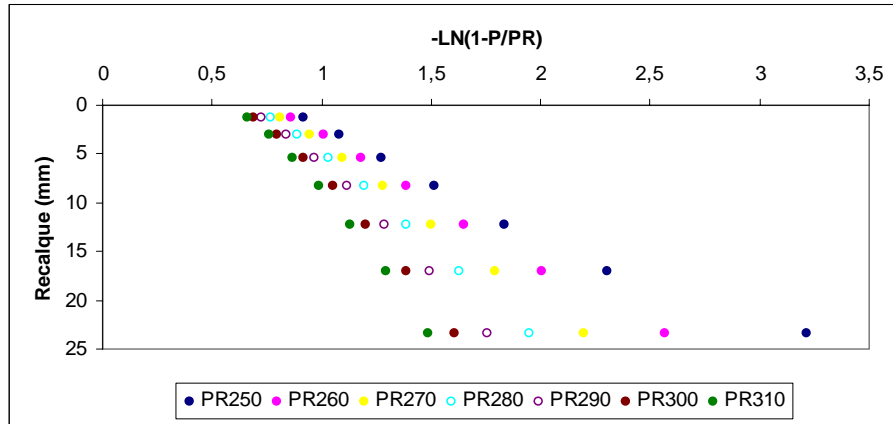


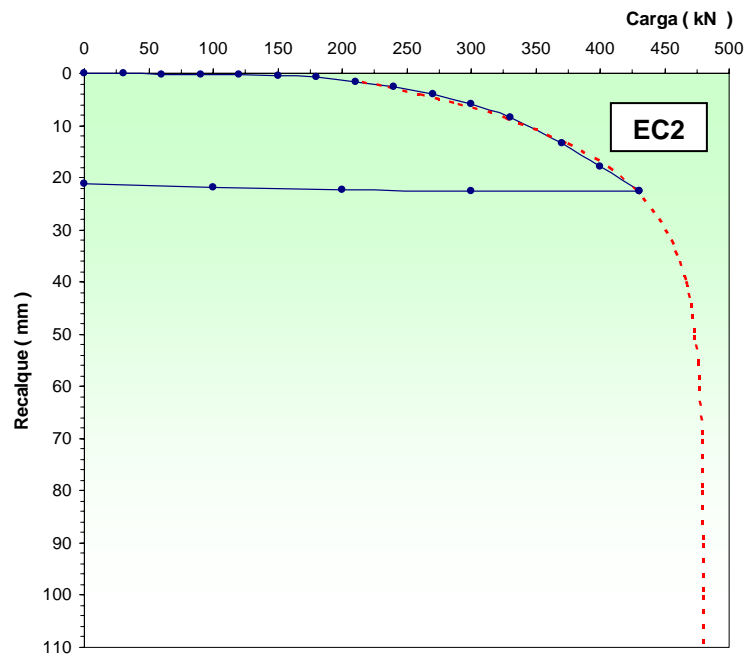
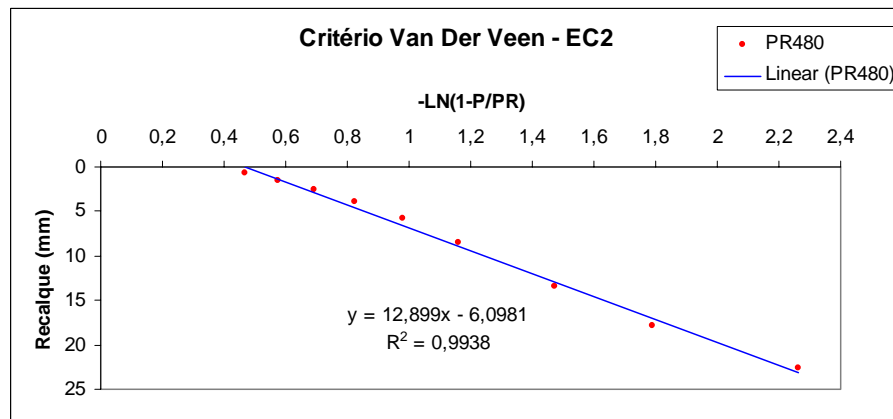
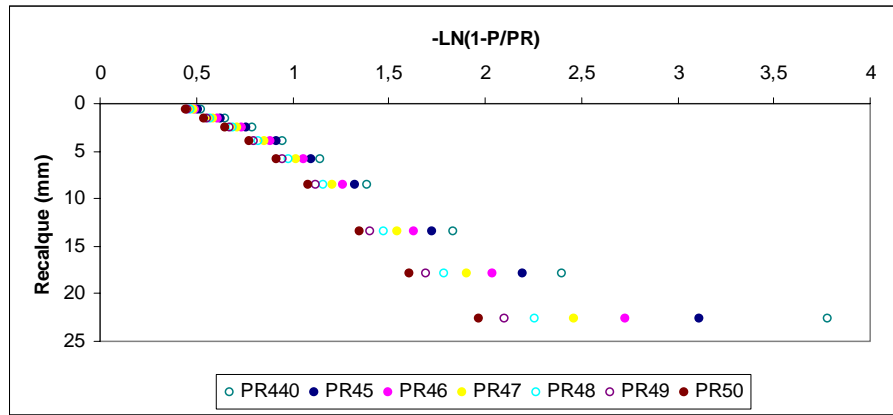


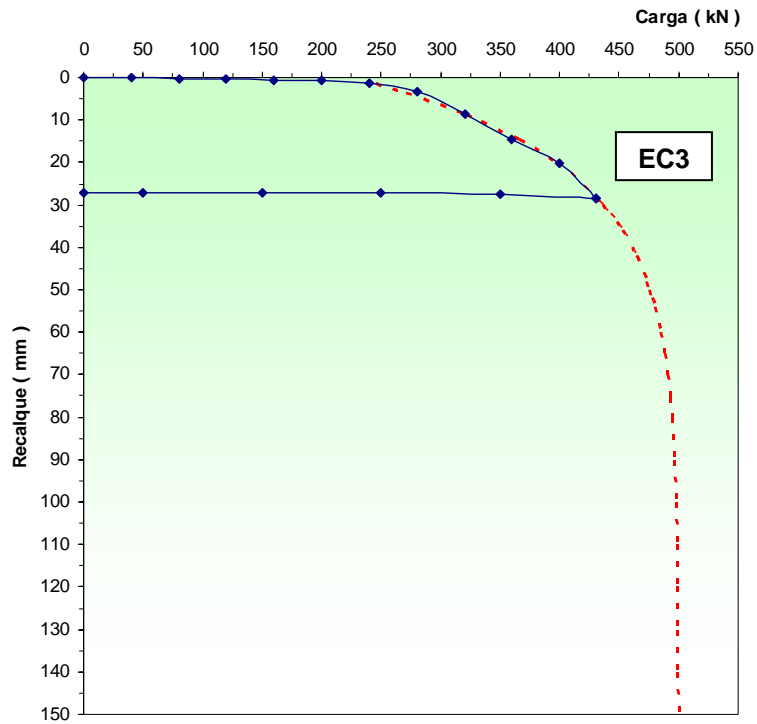
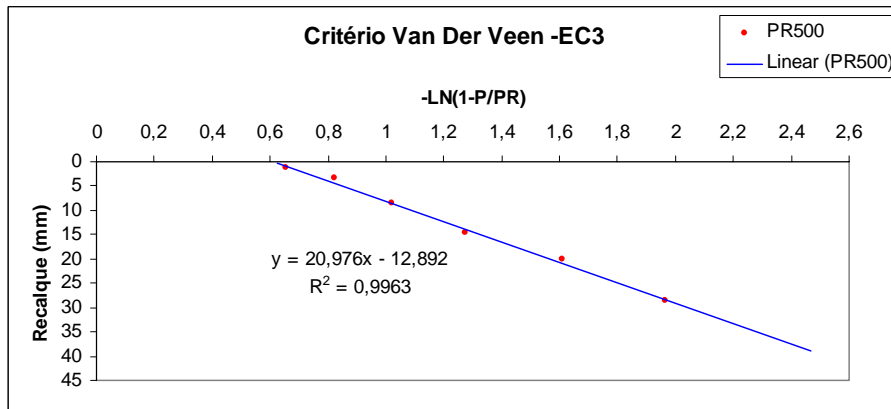
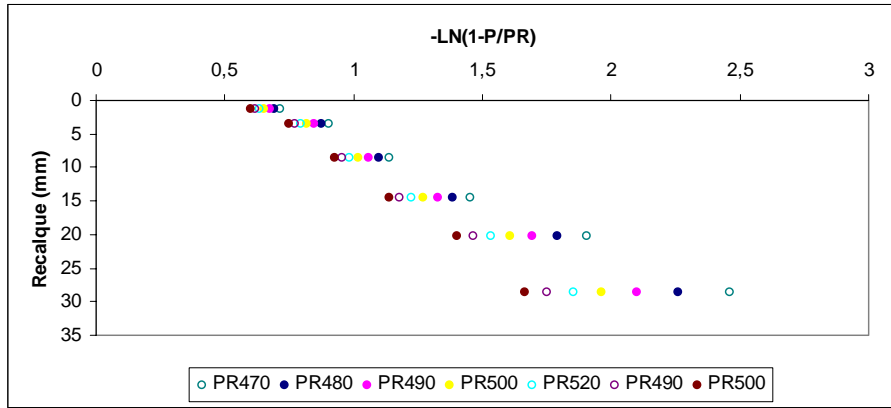


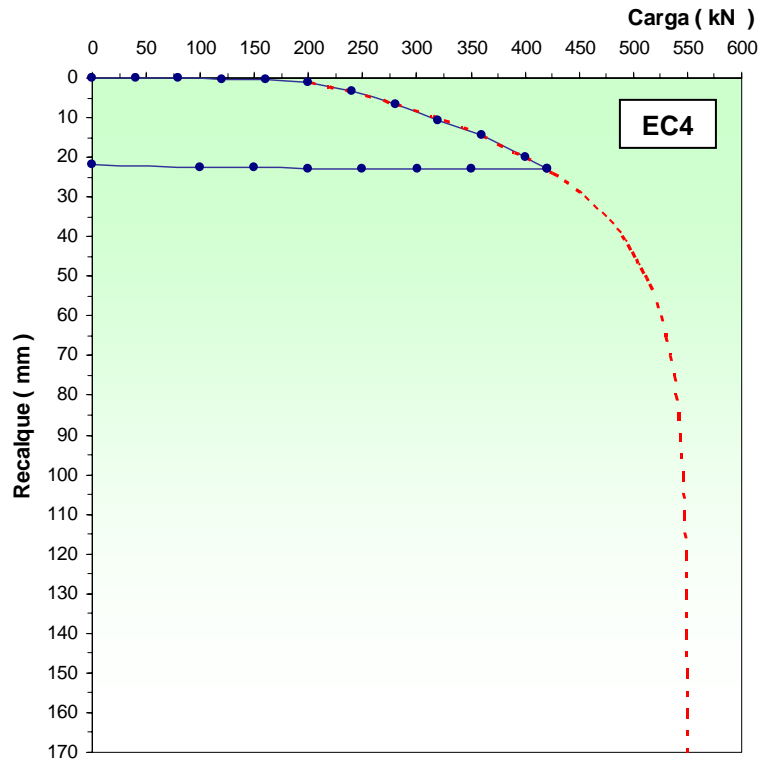
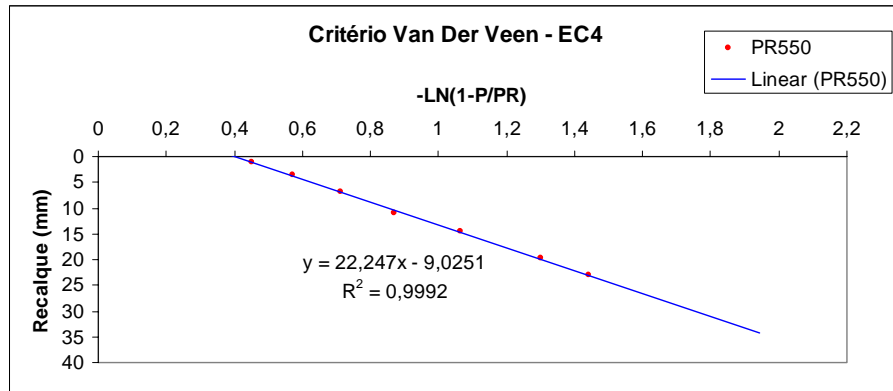
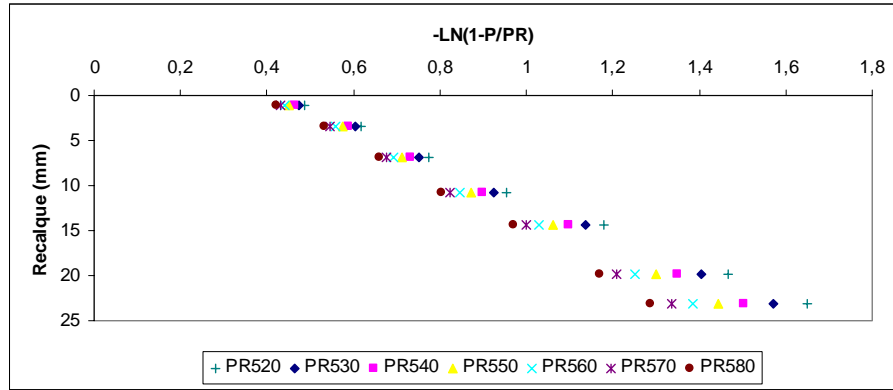


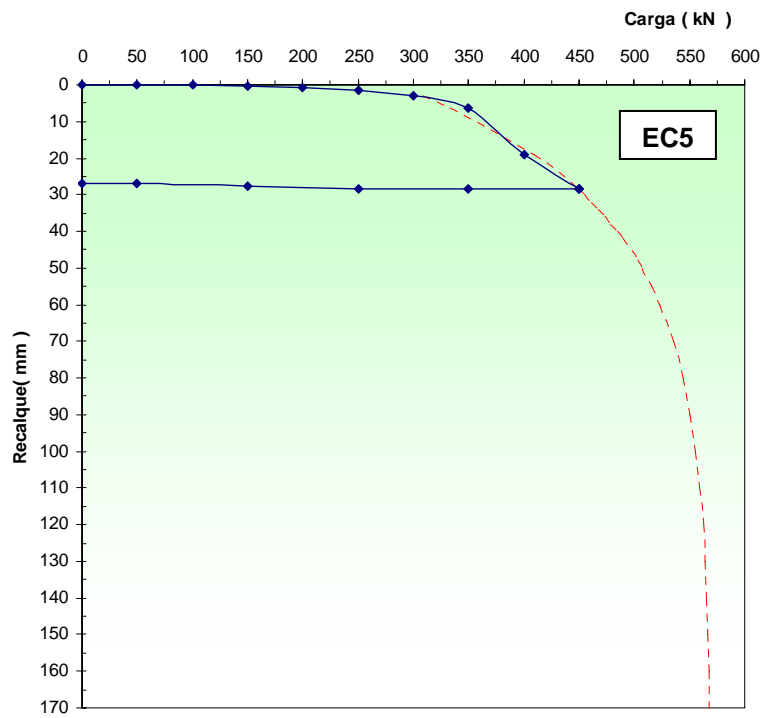
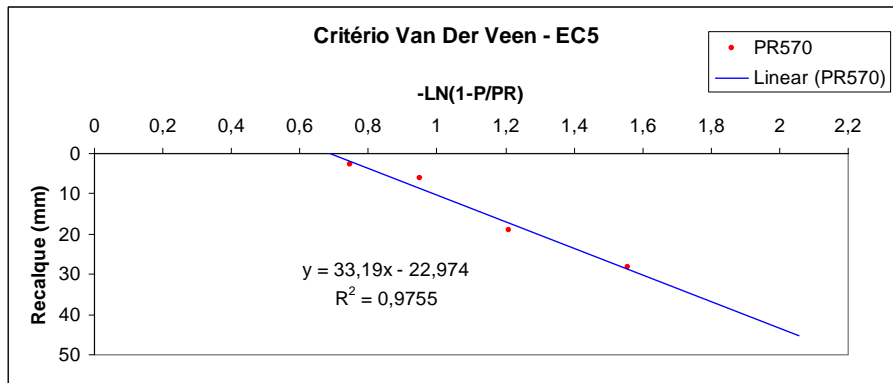
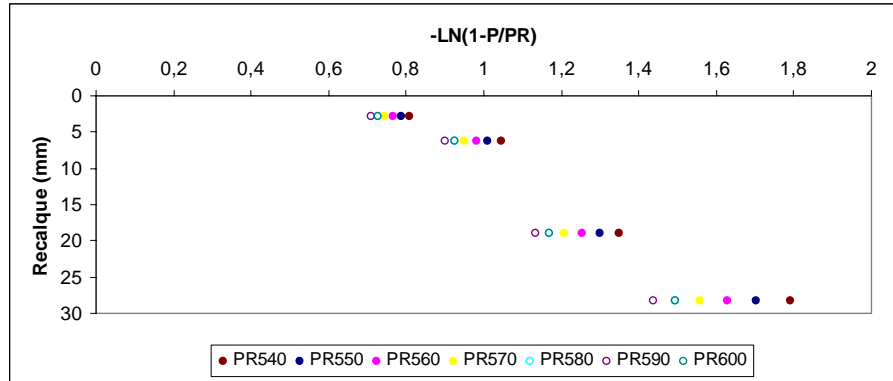
**ANEXO III: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método de Van der Veen (1956)**

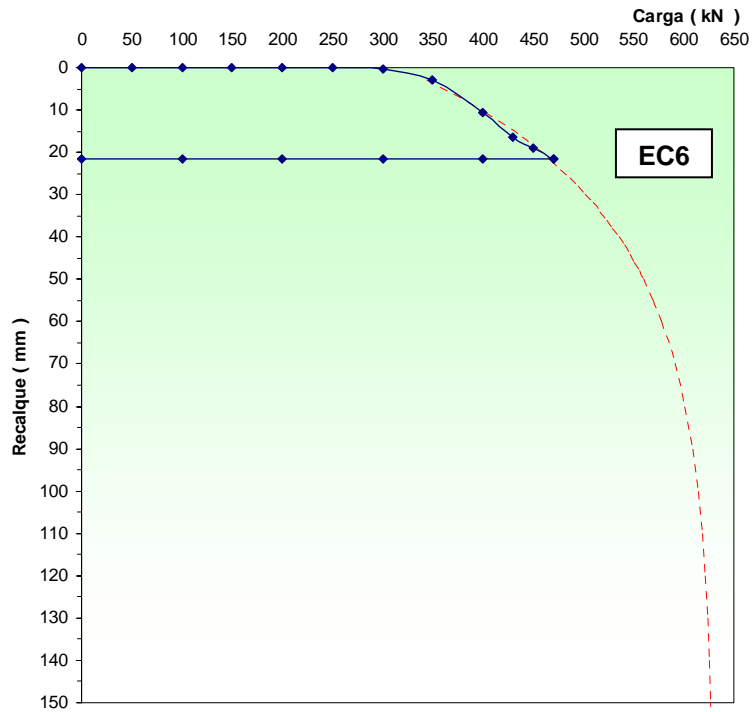
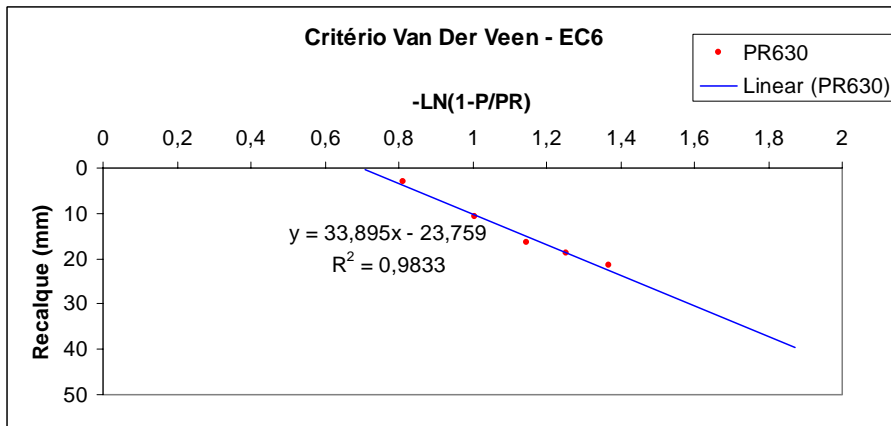
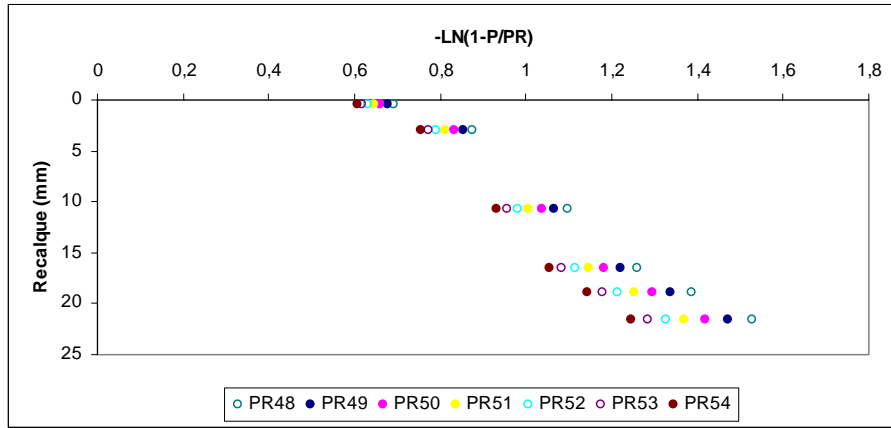






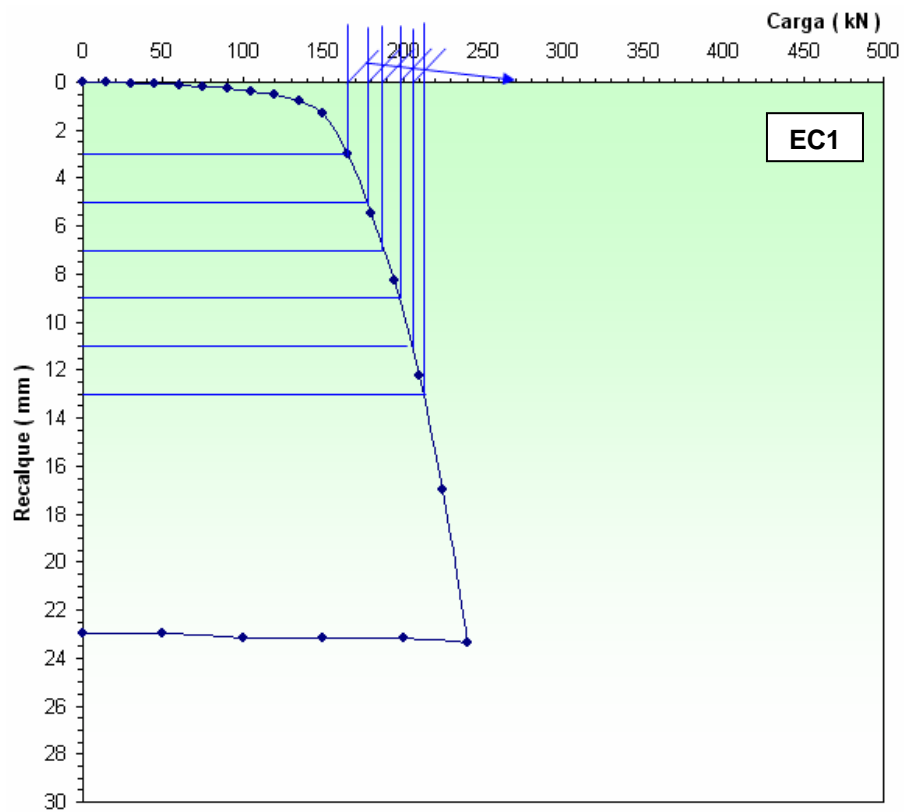


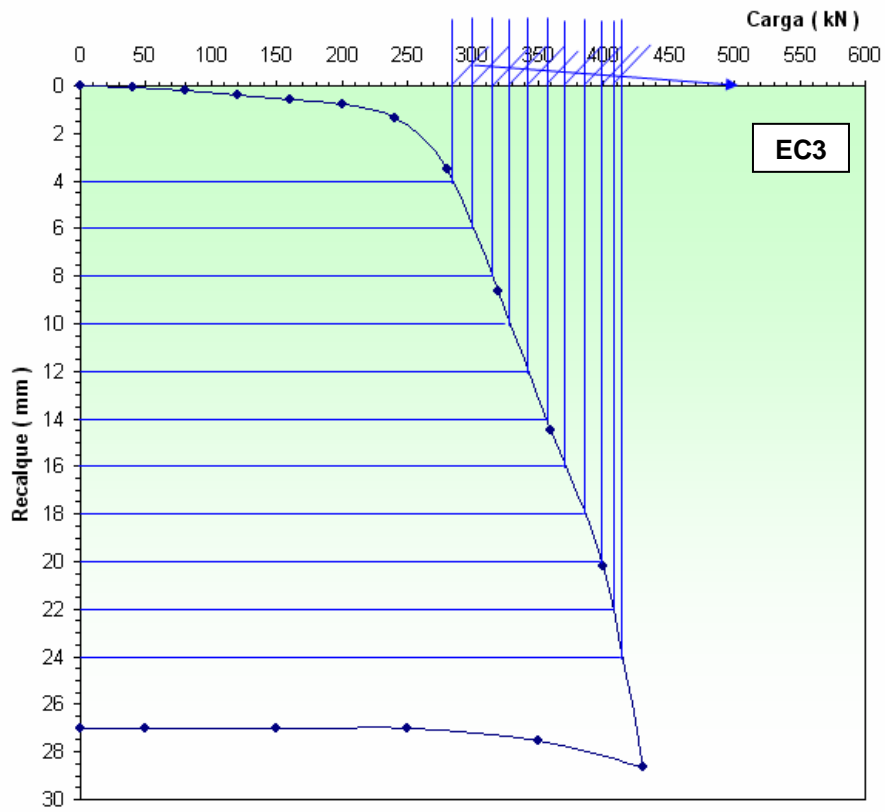
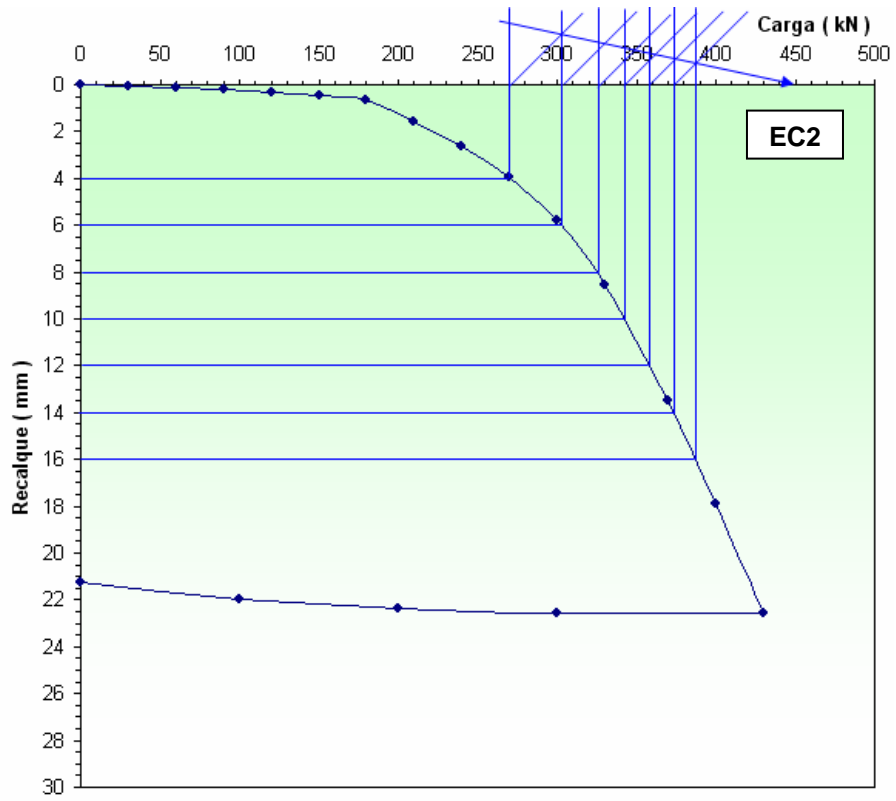


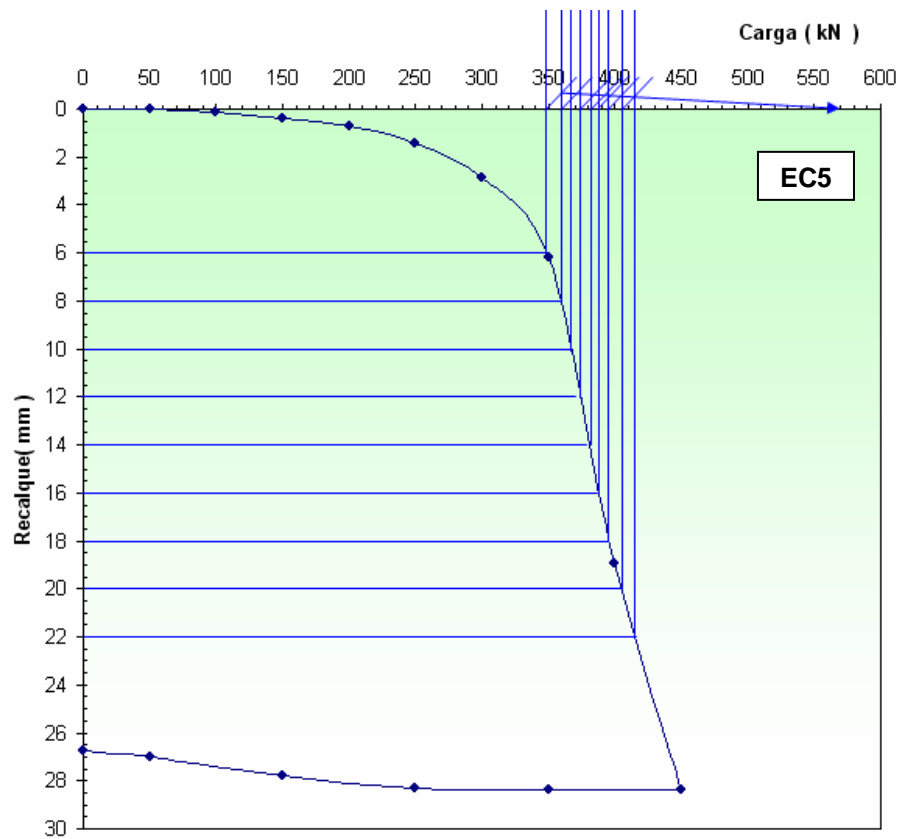
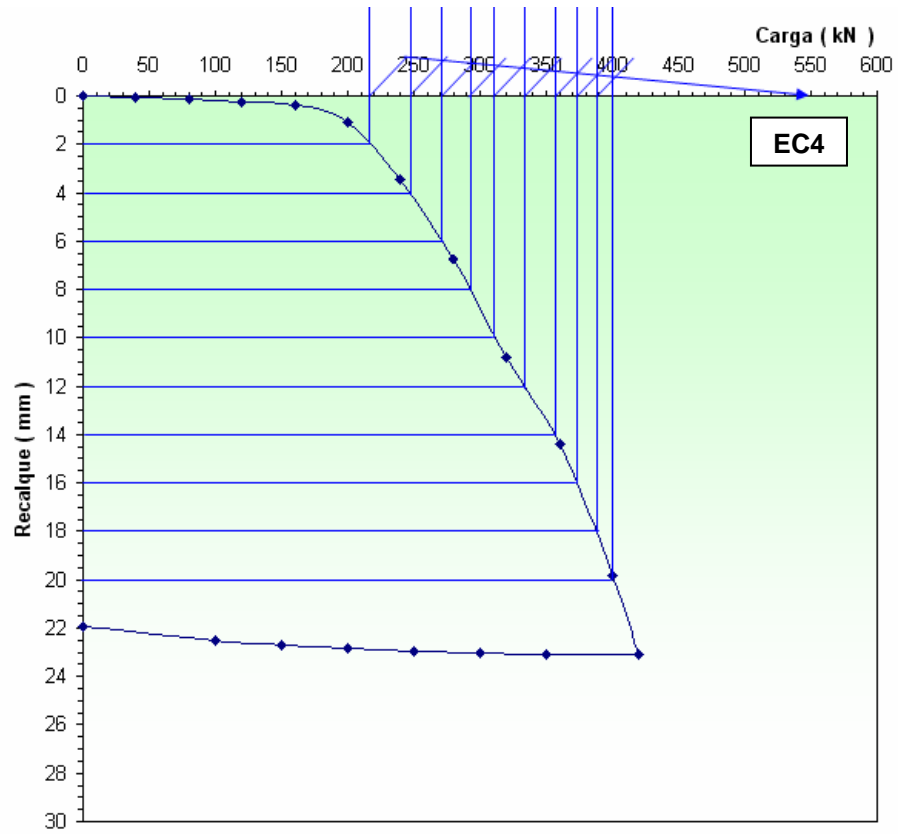


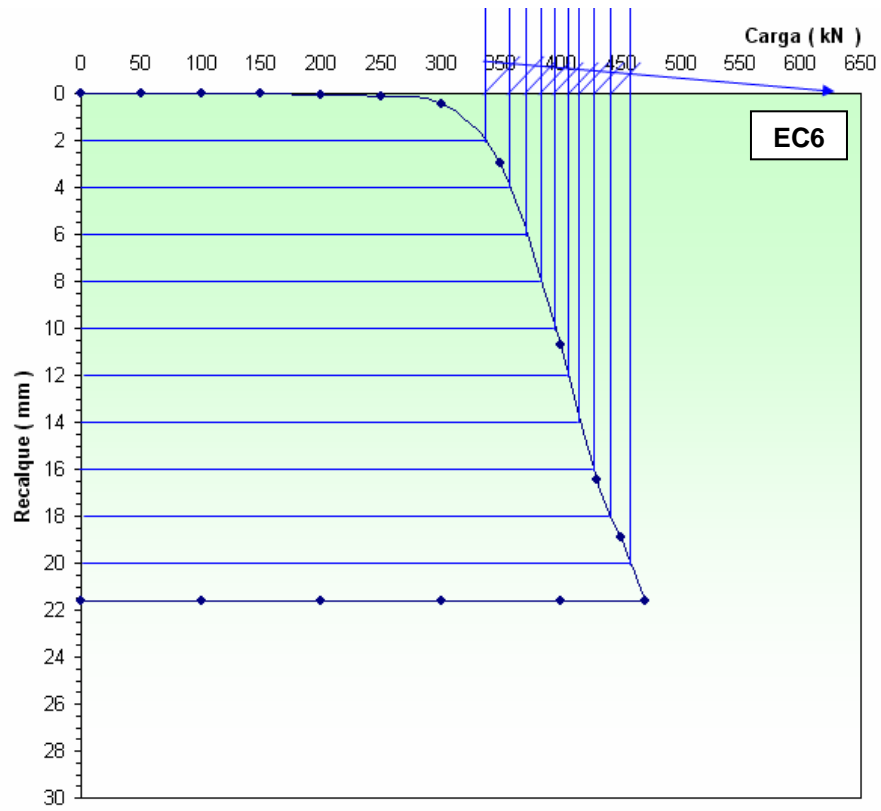


**ANEXO IV: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método de Mazurkiewicz (1972)**

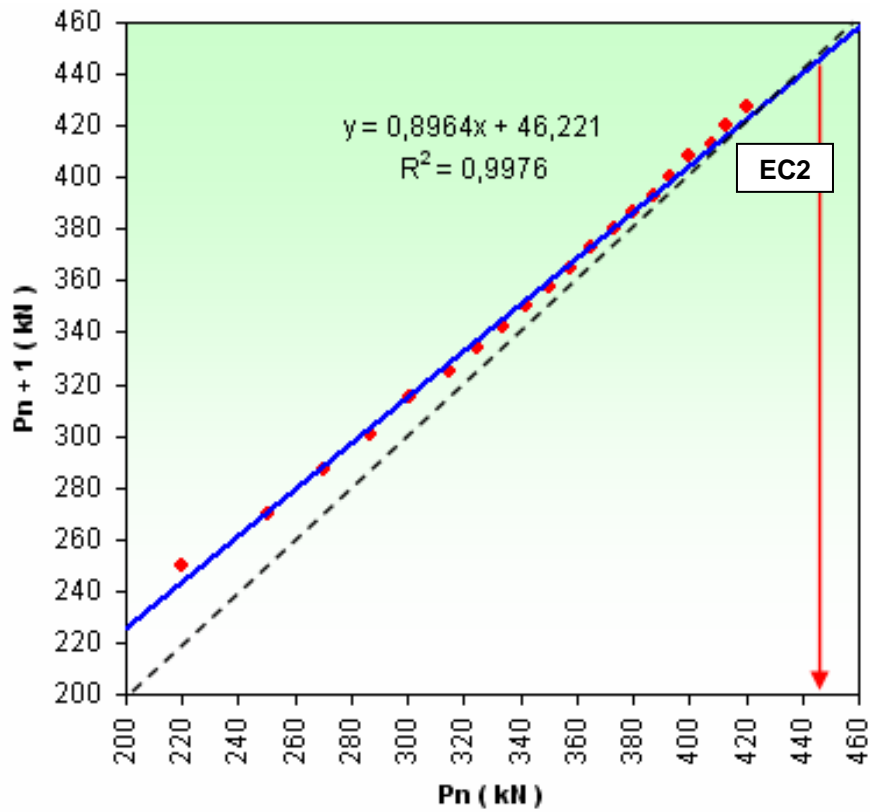
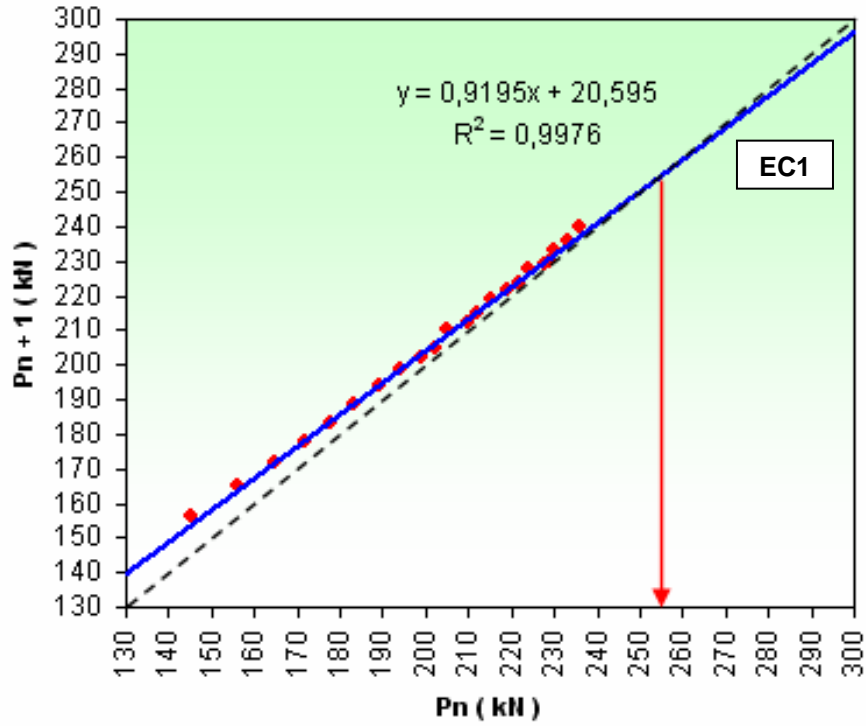


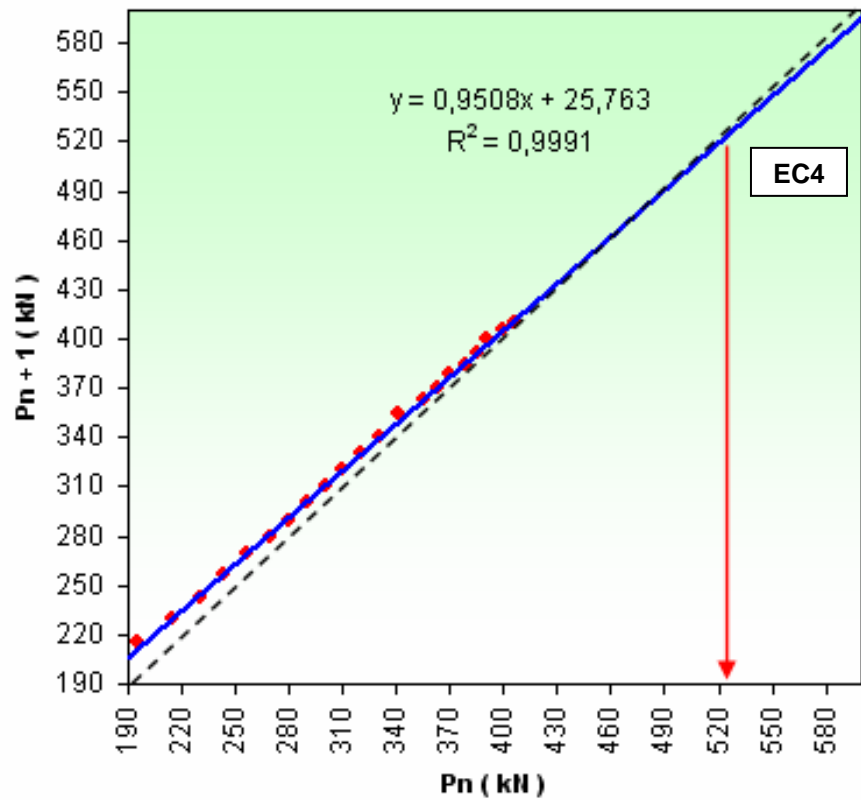
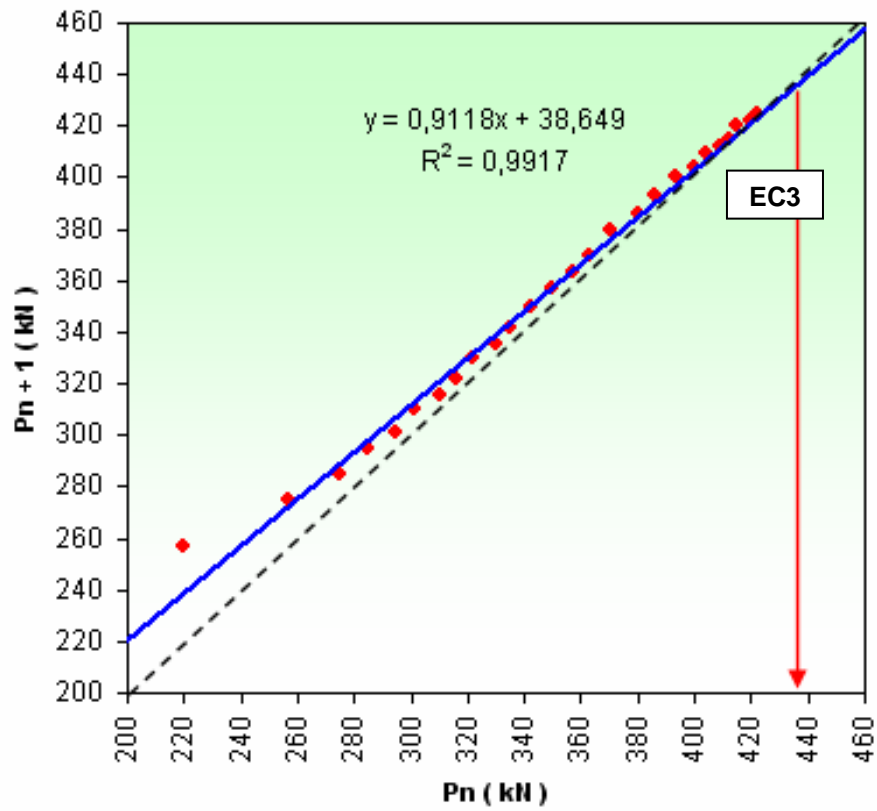


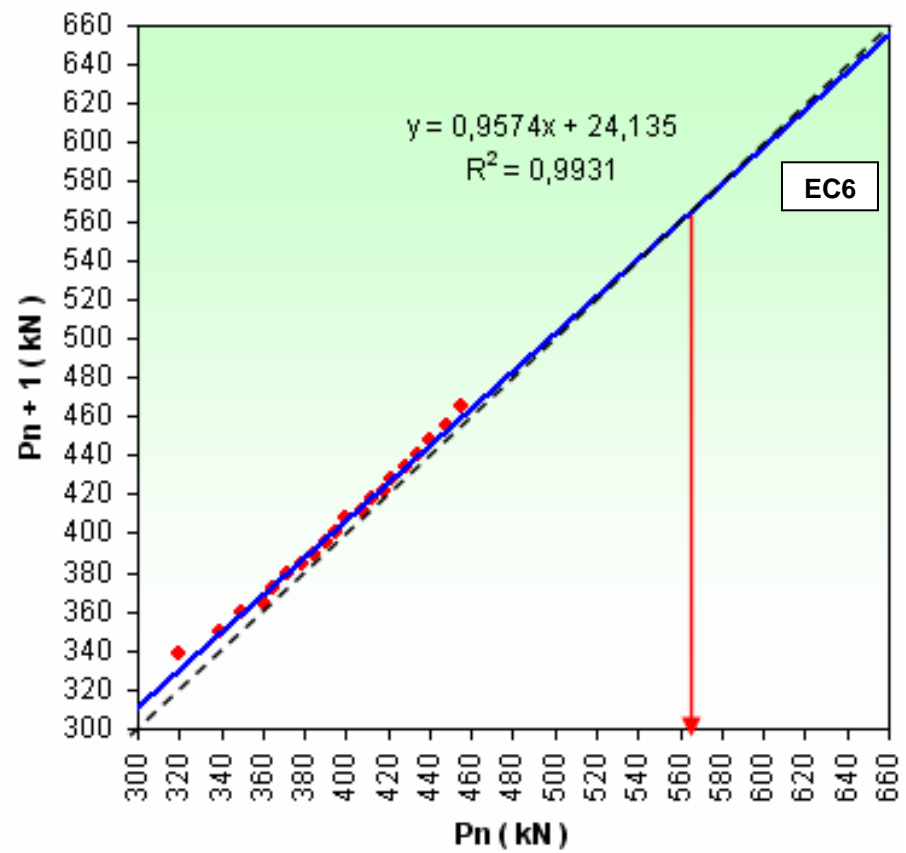
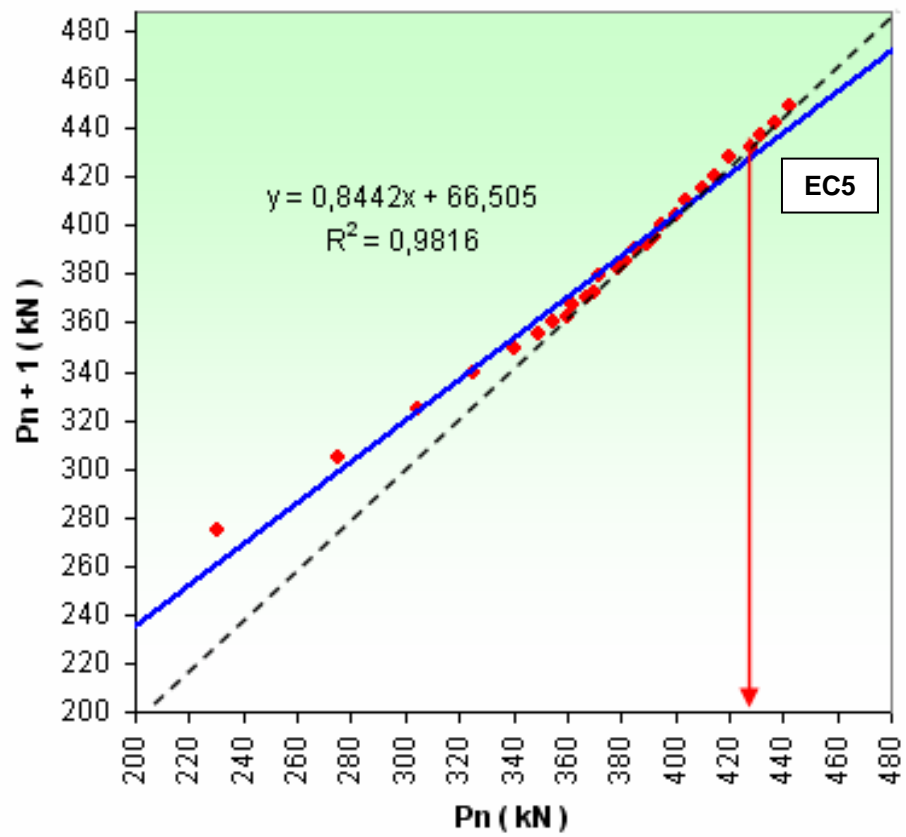




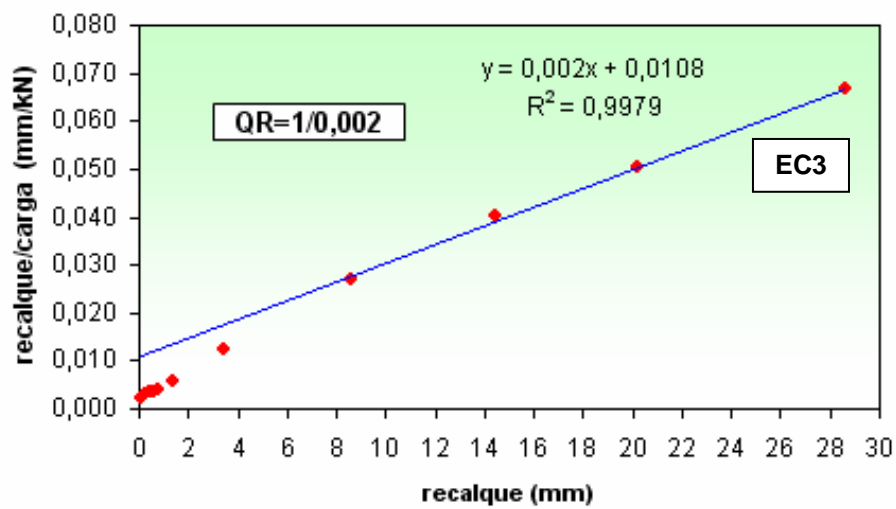
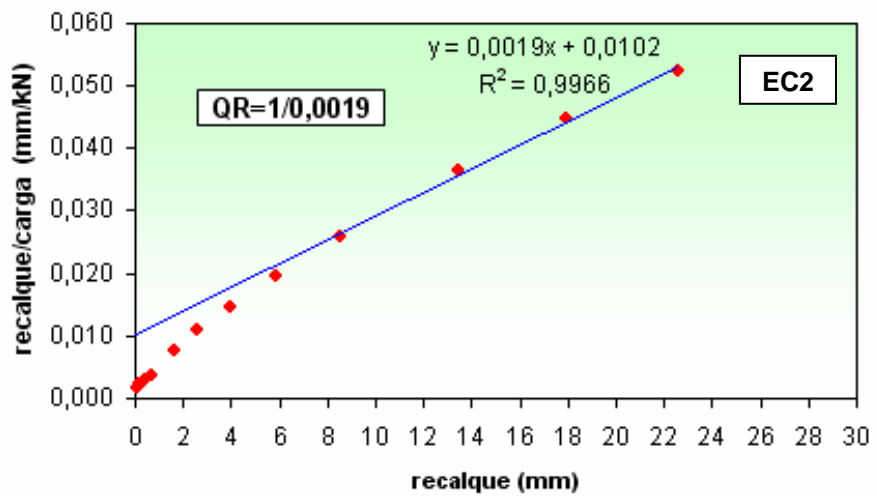
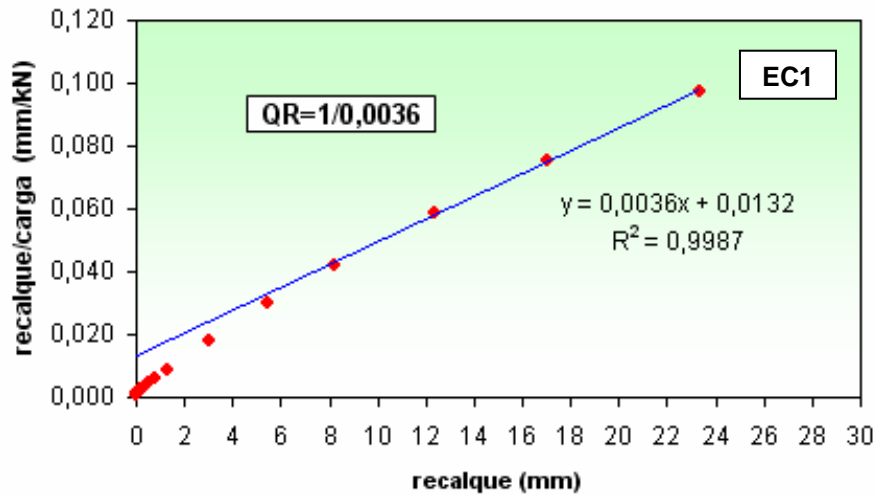
**ANEXO V: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método de Masad (1986)**



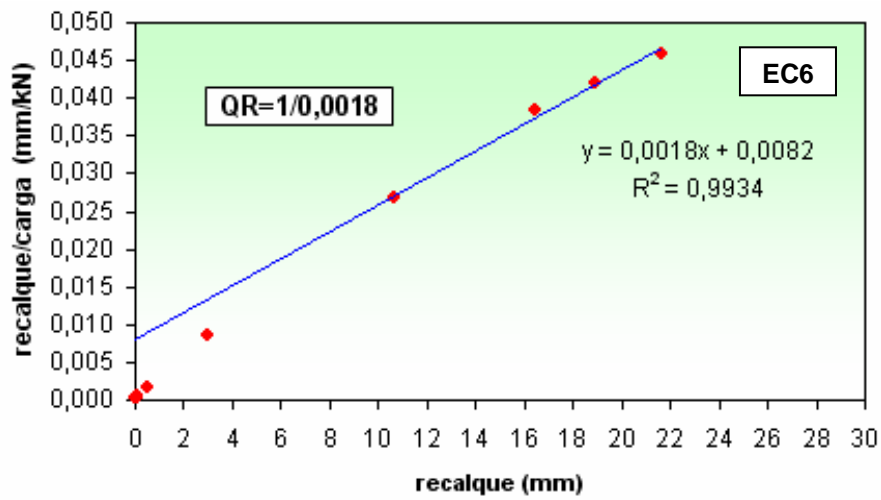
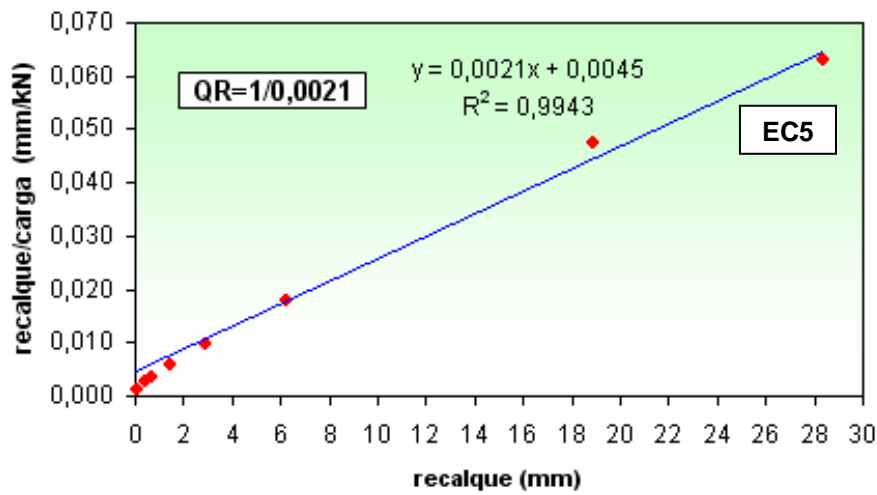
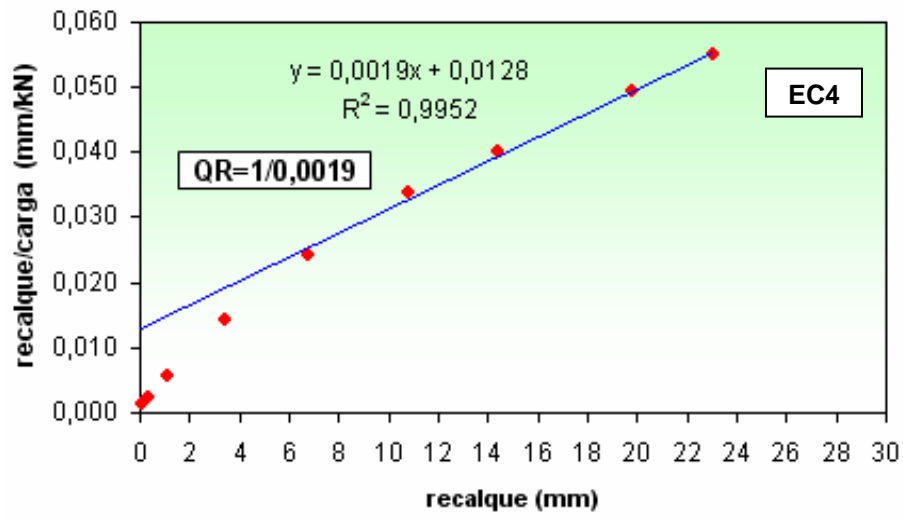




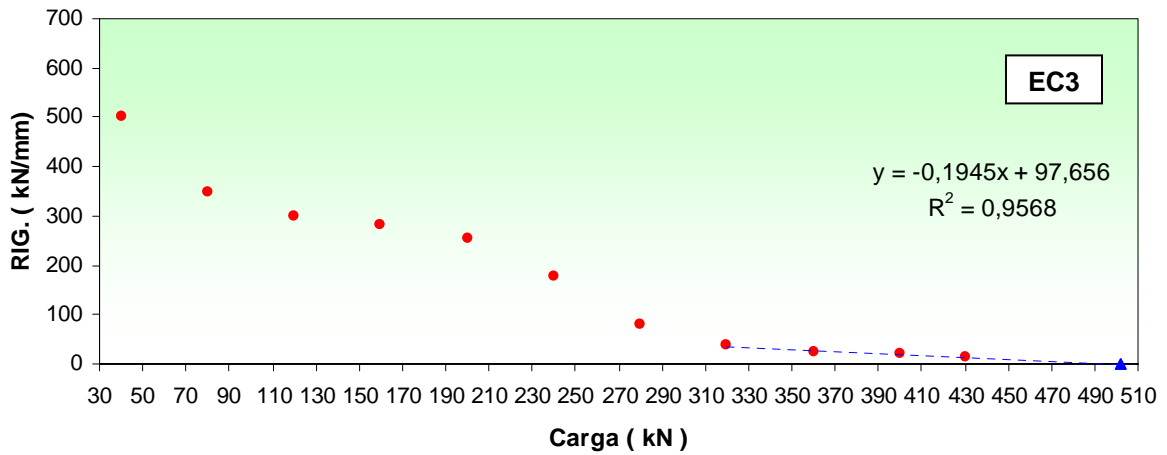
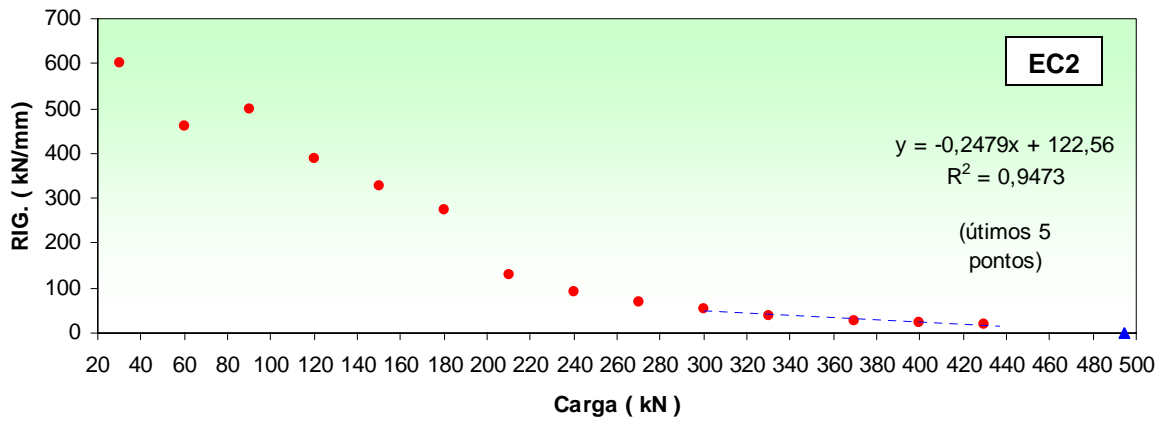
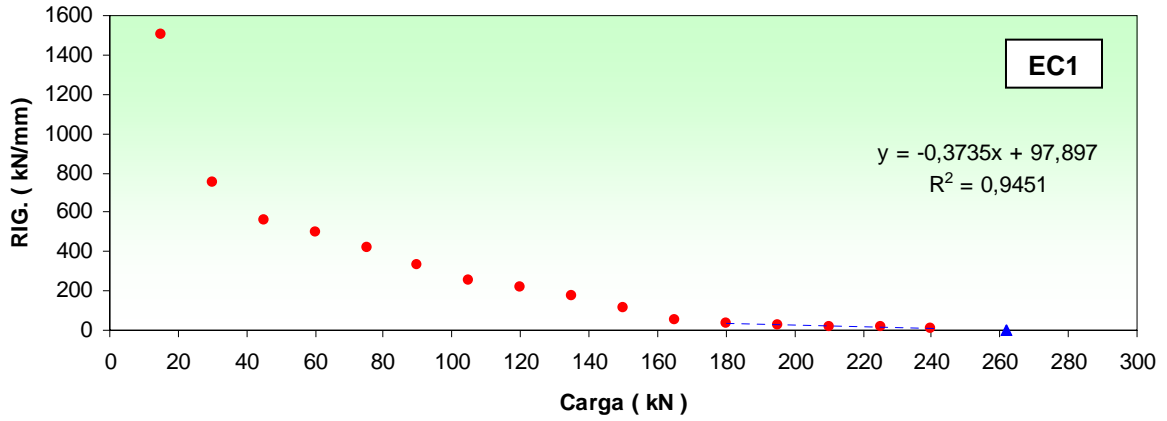
**ANEXO VI: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método de Chin (1970)**

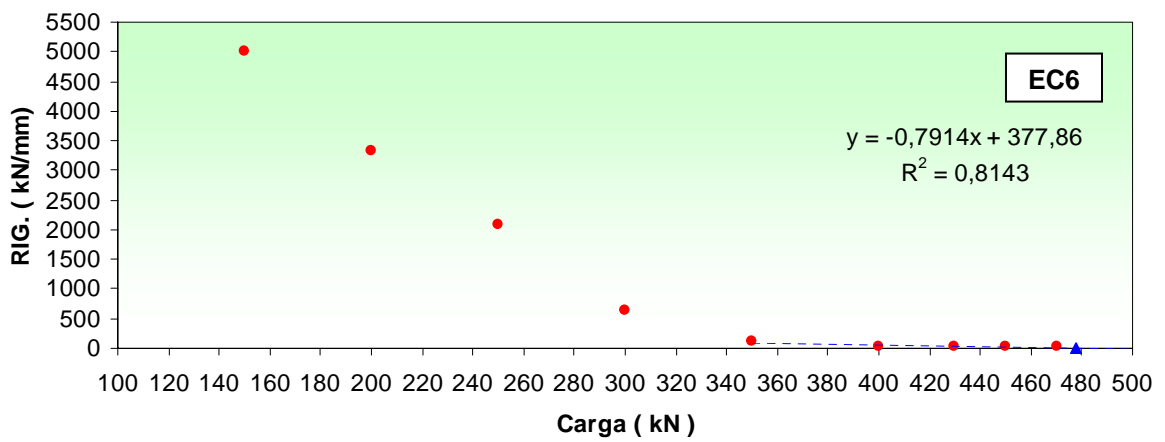
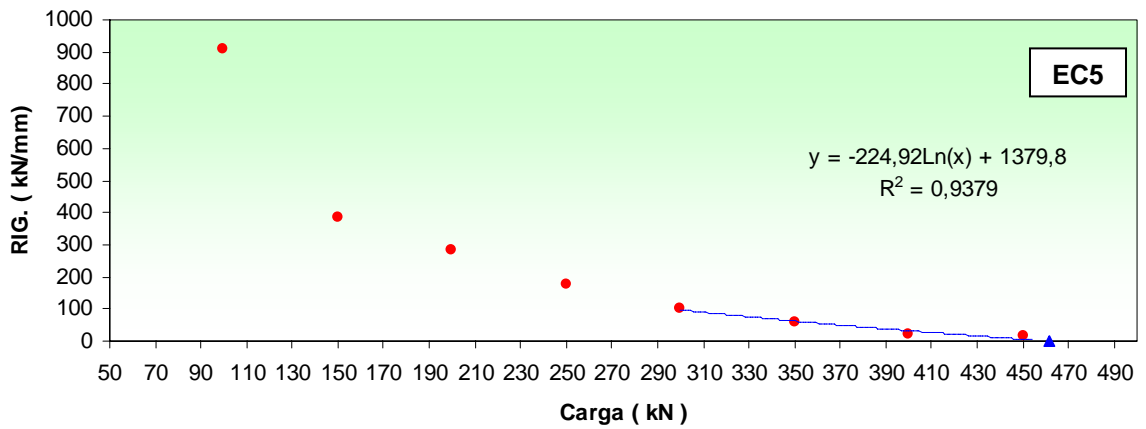
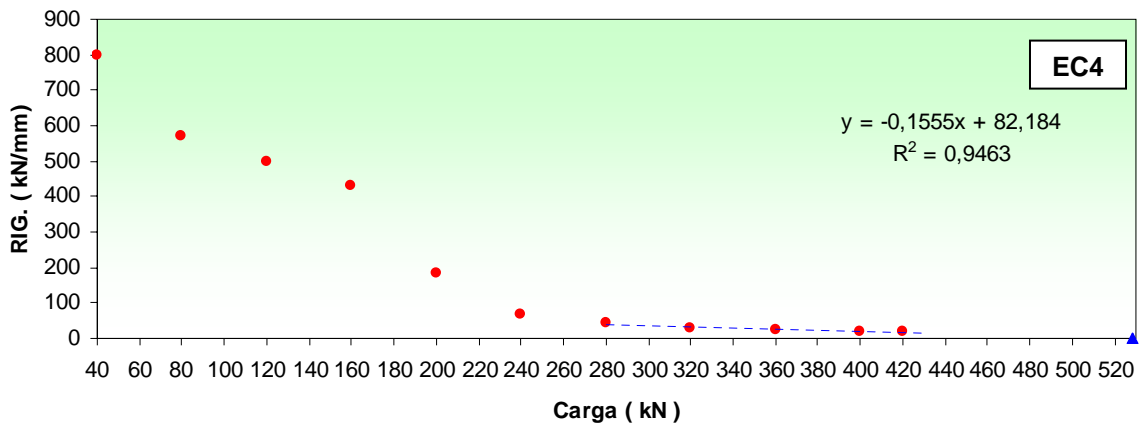




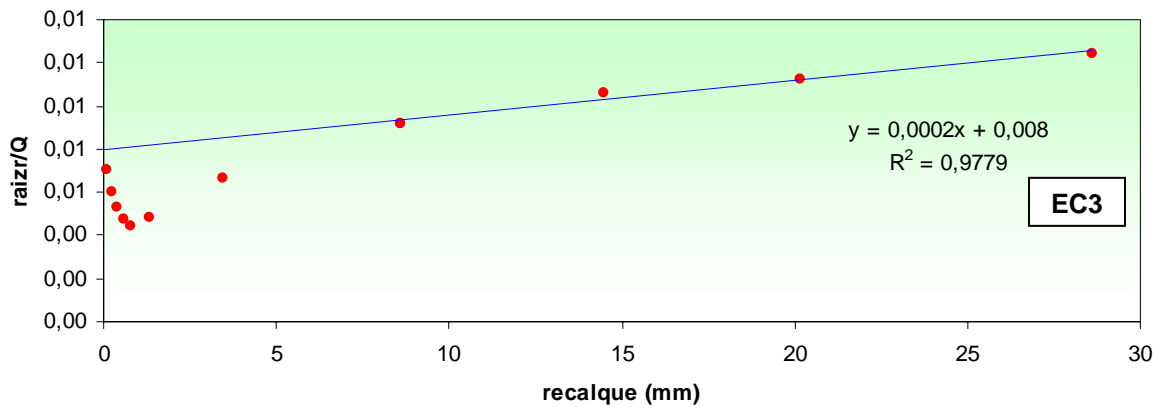
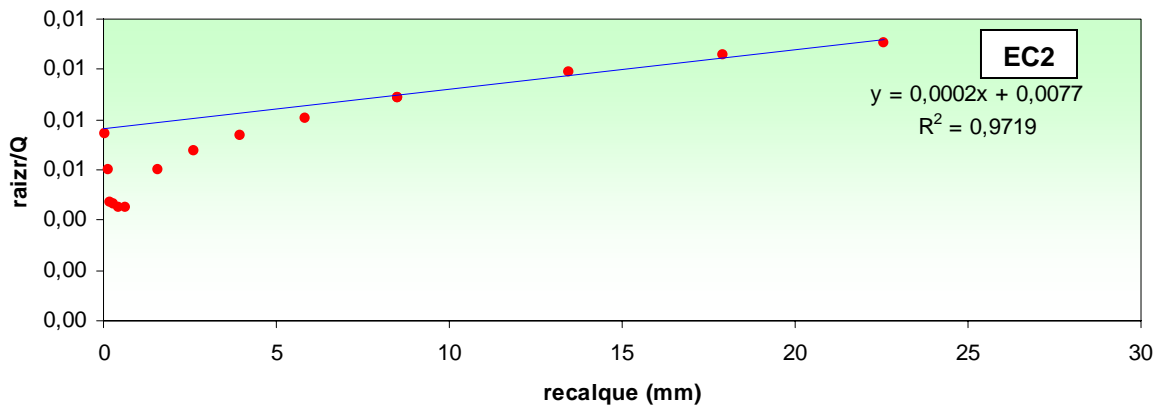
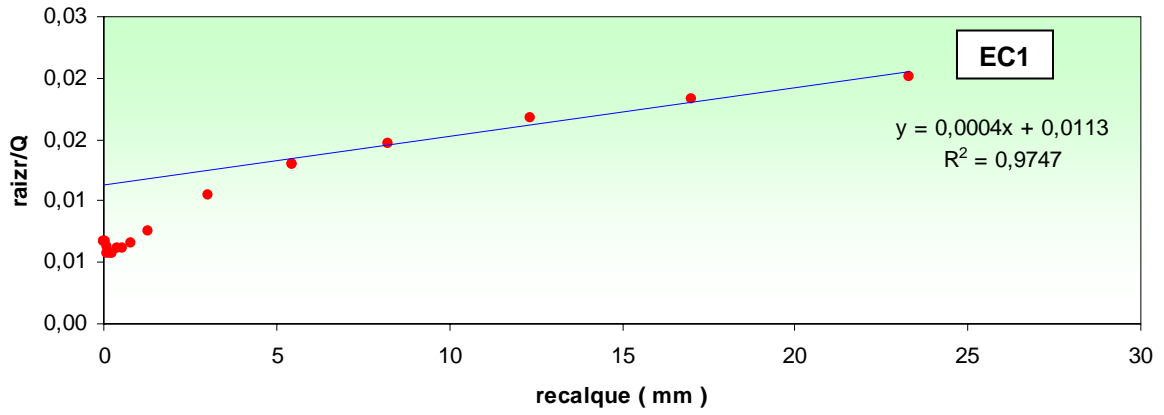


### ANEXO VII: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método da Rigidez (1996)



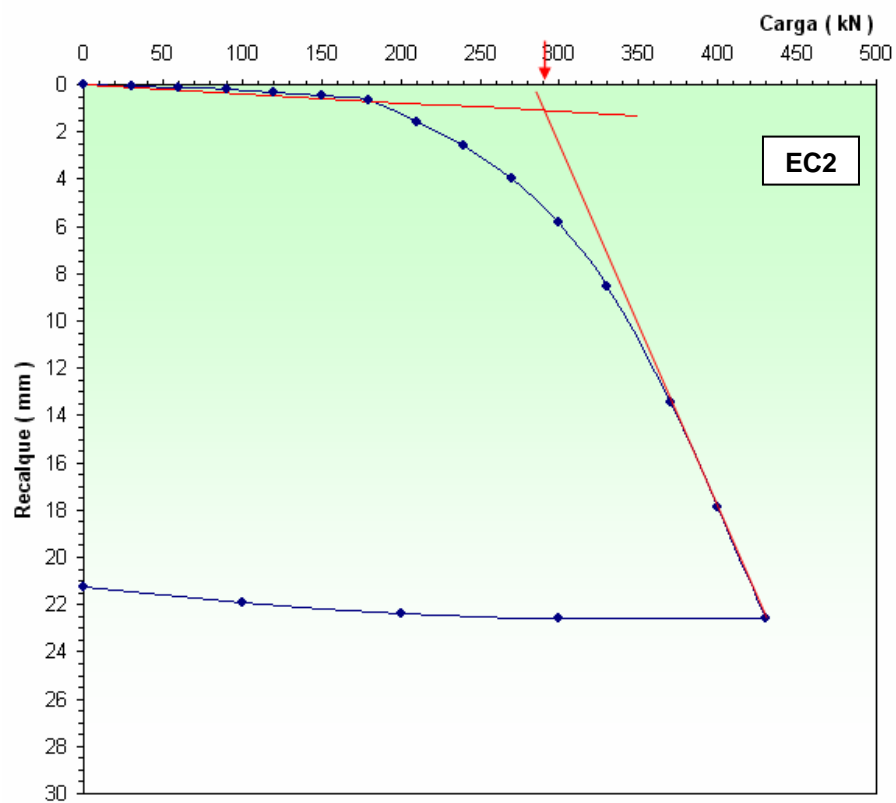
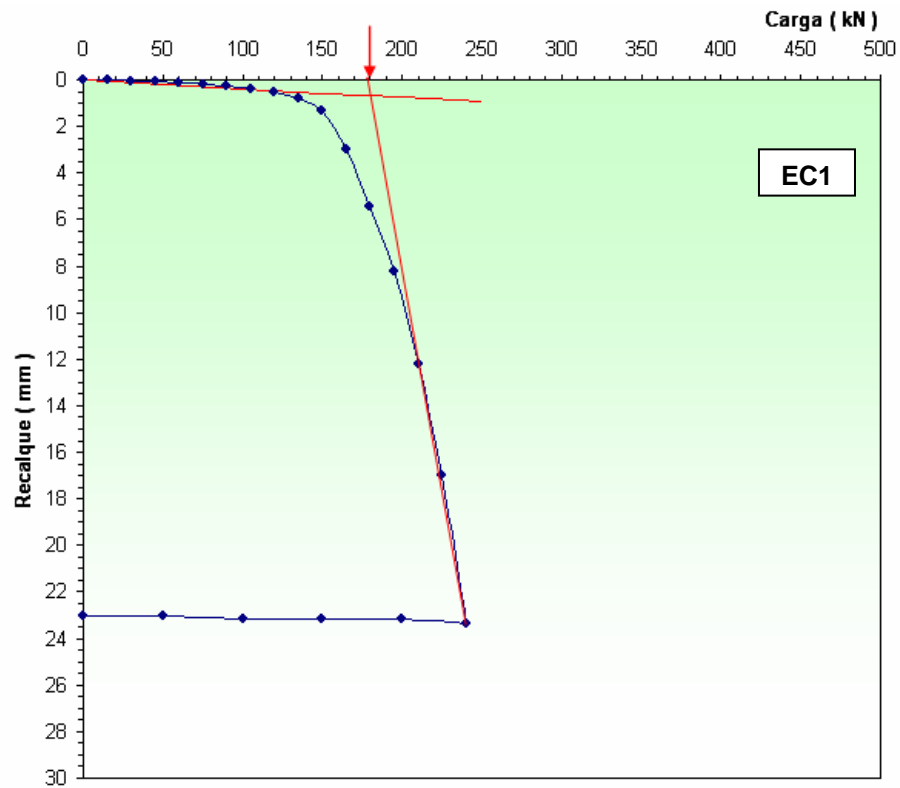


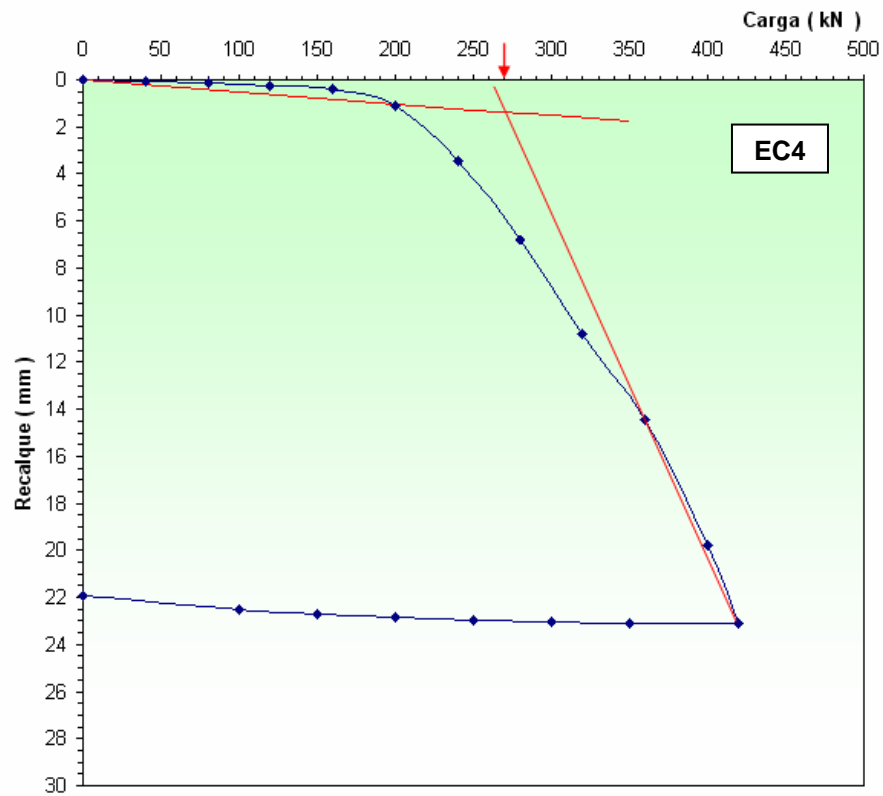
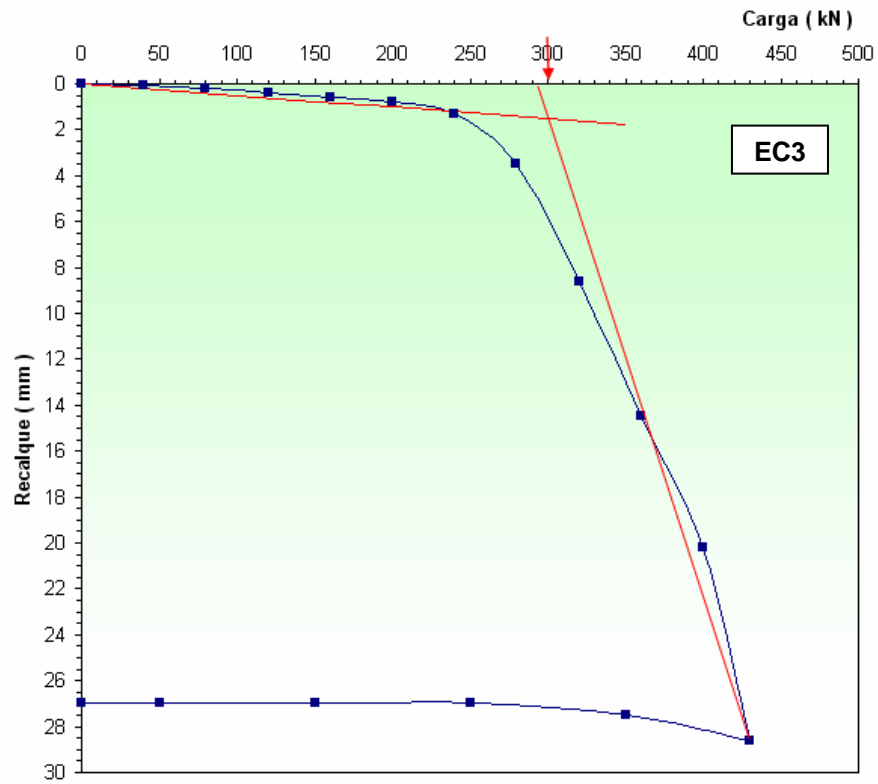
### ANEXO VIII: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método Brinch Hansen 80% (1963)

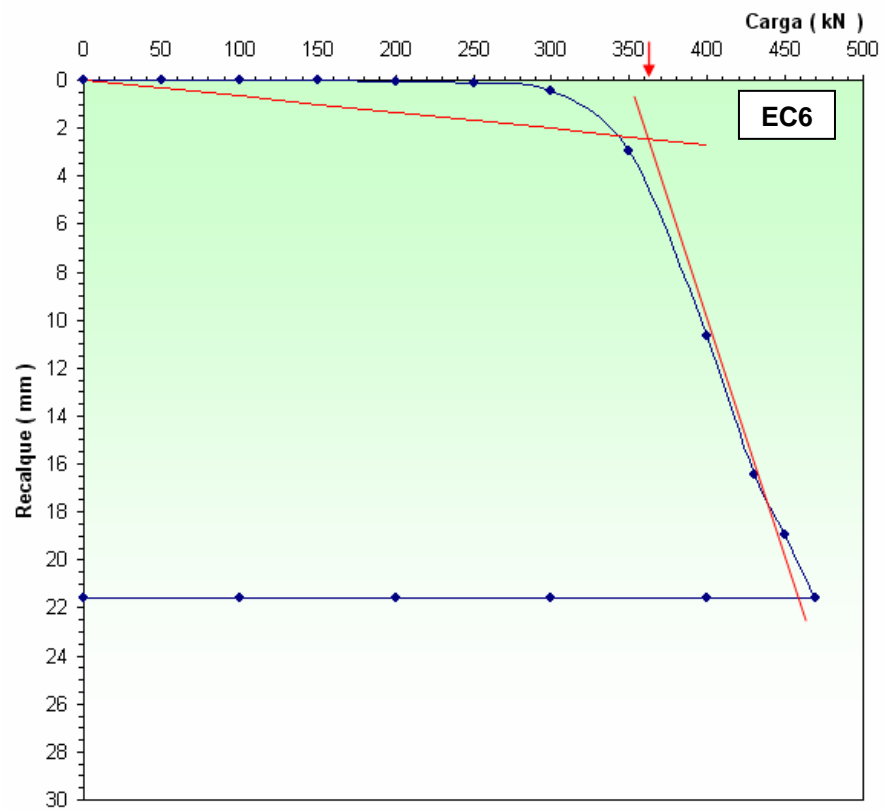
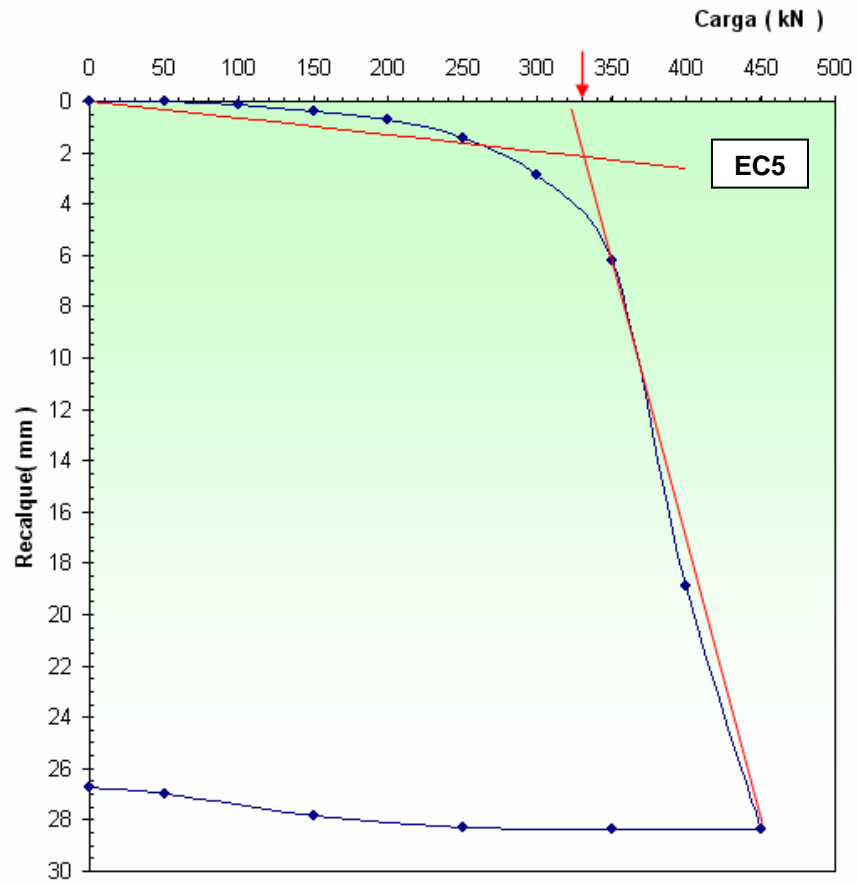




**ANEXO IX: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método Butler e Hoy (Aoki e outros 1998)**









### ANEXO X: Definição da Carga de Ruptura a Partir da Extrapolação da Curva Carga-Recalque para o método De Beer ( 1967 – 1968)

