

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AINES, R.D.; NEWMARK, R.L.; LEIF, R.; KNAUSS, K., Thermal Treatment: Dynamic Underground Stripping and Hydrous Pyrolysis Oxidation. In: **In Situ Thermal Conference** –Technical Seminar - Boston, MA, June, 2000, 20p.

ANTUNES, F.S., **Ensaio para a Caracterização Geológica, Pedológica e Mineralógica de Argilas do Rio de Janeiro**. Relatório de Pesquisa, DNER/IPR, Engenharia Civil, 1978, 134p.

ARARUNA Jr. et al., Uso de Cobertores Térmicos na Limpeza de Praias Atingidas por Derrames de Óleo. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, REGEO, **Anais...**, 2003.

BAKER, S.B., In Situ Thermal Desorption: Remediation of Contaminated Soil by Thermal Conduction and Vacuum. In: **In Situ Thermal Conference** – Technical Seminar Boston, MA, June, 2000, 17p.

BARRETO, A.B.C., **Avaliação de Condições Hidrogeológicas e da Contaminação do Subsolo por HCH na Cidade dos Meninos, RJ**, 1998, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio

BARKER, J.F., SMITH, D. and CHEERY, J.A., Controlled in situ Groundwater Treatment, In: **Meeting on the Evolution of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean-up of Contaminated Land and Groundwater** – Oxford, 1994, 12p.

BAVER, L.D., **Soil Physics**, 3thEdition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1956.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H. and GARDNER, W.R., **Soil Physics**, 4thEdition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1972.

BENEVELI, R.M., **Estudo dos Efeitos de Umidecimento e Secagem na Resistência ao Cisalhamento de um Solo Compactado em Laboratório**, 2002, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio, RJ

BORGES, A.F., **Avaliação dos Mecanismos de Transporte de Hexaclorociclohexano (HCH) no Solo da Cidade dos Meninos: Duque de Caxias, RJ**, 1996, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio, RJ .

BRANDON, T.L. and MICHELL, J.K., Factors Influencing the Thermal Resistivity of Sands. **Journal of Geotechnical Engineering**, ASCE, 115, N° 12, 1989, pp. 1683-1689.

BRITO, A.T.A., **Estudo Químico e Mineralógico de um Perfil de Alteração de Gnaiss Migmatítico do Campo Experimental da PUC-RJ, Gávea, Rio de Janeiro**, 1981, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio, RJ.

CAMPANELA, R.G. e MICHELL, J.K., Influence of Temperature Variations on Soil Behavior. **JSMFD**, ASCE, Vol (94), 1968, pp. 709-734.

CARVALHO, A.C.M.G., **Desenvolvimento de um Ddifusímetro para Solos Não Saturados**, 2001, Tese de Doutorado, DEC, PUC-RIO, RJ.

CARSLAW, H.S. e JAEGER, J.C., **Conduction of Heat in Solids**, Oxford, Clarendon Press, 1959.

CH2MHILL., The Visalia Steam Remediation Project. In: **In Situ Thermal Conference**. Technical Seminar - Boston, MA, June, 2000.

CHANDLER, R.J., CRILLY, M.S. and MONTGOMERY-SMITH, G., A Low-Coast Method of Assessing Clay Dessication for Low-Rise Buildings, **Proceedings of The Institute of Civil Engineering**, 92(2), 1992, pp.82-89

CHANG, H.O., **Hazardous and Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook**, 2001, Copyright CRC Press, Boca Raton, Florida.

CLIFF, B.L., RF Heating Technology for Soil Remediation. In: **In Situ Thermal Conference** –Technical Seminar - Boston, MA, June, 2000.

CUMMINGS, J., Thermal NAPL Remediation – Myths/Excuses/Opportunities. In: **In Situ Thermal Conference** –Technical Seminar -Boston, MA, June, 2000.

DAVIS , E. L., **How heat can enhance In-Situ Soil and Aquifer Remediation: Important Chemical Properties and Guidance on Choosing the Appropriate Technique.** Ground Water Issue. EPA. 1997, p. 88.

DAYLAC, R., **Desenvolvimento e Utilização de uma Célula para a Medição de Ko com Controle de Sucção**, 1994, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio, RJ.

dE CAMPOS, T.M.P., **Temperature Effects on the Engineering Proprieties of Saturated Clayey Soils**, 1979, Master Thesis – Department of Civil Engineering - Imperial College of Science and Technology - London

DE VRIES, D.A., Simultaneous Transfer of Heat and Moisture in Porous Media. In: **Trans. Am. Geophys. Union**, 39, no 5 , 1958, pp.909-916.

_____, D.A., The Thermal Properties of Soils. In: **Physics of Plant Environment**, R.W. Van Wijk, North Holland, Amsterdam, 1963, pp. 210-235 .

EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análises de Solos**, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Rio de Janeiro, 1997.

EPA, **Innovative Site Remediation Technology: Thermal Desorption** – Design and Application Vol. 5, 1998.

_____, **Thermal Desorption Treatment.** Engineering Bulletin. EPA RREL, Demonstration Bulletin. EPA/540/MR93/507, 1999.

EVANS, J.C., Geotechnics of Hazardous Waste Control Systems, **Foundation Engineering Handbook**, Cap. 20, 1991, pp. 750-777.

FANG, H., Introductory Remarks on Environmental Geotechnology, In: First International Symp. On Environmental Geotech., **Proceedings** . Edmonton, Canada, 1986, pp.1-14.

FAROUKI, O.T, **Thermal Properties of Soils**, Series on Rock and Soil Mechanics Vol. 11, 1986, 136p.

FEENSTRA, S., Evaluation of Multi Component DNAPL Sources by Monitoring of Dissolved-Phase Concentrations. **Conference on Subsurface Contamination by Immiscible Fluids**. International Association of Hydrogeologists – 18-20Abril - Calgary, USA, 1990.

FREITAS,P.L. e BLANCANEAUX,P., Metodologia de Pesquisa em Manejo de Solo: estrutura e porosidade do solo. **Reunión sobre metodologia para investigación em manejo suelos** IICA – Montevideu – Uruguai, 1994.

FREDLUND,D.G and XING,A., Equations for the Soil-Water Characteristic Curve, In: **Canadian Geotechnical Journal** , 1994, pp.521-532.

GUSMÃO, A.D., **Uso de Barreiras Reativas na Remediação de Aquíferos Contaminados**, 1999. Tese de Doutorado – DEC - PUC-Rio .

HABIBAGAH, K., Temperature Effect and the Concept Of Effective Void Ratio. – **Indian Geotechnique Journal** Vol.7, No. 1, 1977, pp. 14-34 .

HAYNES,D., CARBEE,D. and VANPELT,D., Thermal Diffusivity of frozen Soils, In: **CRREL Technical Report 80-38**, 1980.

HOPMANS, J.W. and DANE, J.H., Temperature Dependence of Soils Hydraulic Properties, Soil Sci. Soc., **American Journal** 50, 1986, pp. 562-567

HOUSTON, S.L. e LIN, H.D., Thermal Consolidation Model for Pelagic Clays. **Marine Geotechnology** (7), 1987, pp. 79-98.

JACKSON, R.D. e TAYLOR, S.A., Thermal Conductivity and Diffusivity” – in Methods of Soil Analysis, Part 1. **Physical and Mineralogical Methods**. American Society of Agronomy, 1986.

JOHANSEN, O., **Thermal Conductivity of Soils**, 1975, Ph.D. Thesis, Norway, Traduzida por USA Corps of Engineers ADA044002.

JORGE, C.G., **Estudo da Influência da Temperatura Ótima de Dessorção Térmica na Remediação de Solos Contaminados**, 1999, Dissertação de Mestrado, DEC, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF.

KERSTEN, M.S., Laboratory Research for the Determination of the Thermal Properties of Soils, **ACFEL Technical Report 23**, 1949.

LAMBE, T.W., The Permeability of Fine-Grained Soils. **STP 163**, ASTM, 1954 pp. 56-67.

LINS, A., **Análise da Resistência e Poropressão desenvolvidas em solos não saturados ensaiados em laboratório**, 1991, Tese de Doutorado – COPPE – UFRJ.

LUXMOORE, R.J., Micro, Meso and Macroporosity of Soil. *Soil Science, American Journal*. Vol. 45, 1981, pp. 671-672.

MARINHO, F.A.M., **Shrinkage Behavior of Some Plastic Soils**, 1994, Ph.D. Thesis, Empirical College, London, 1994

_____, Medição de Sucção em Solos, 3º Congresso Brasileiro de Solos Não Saturados, **Anais...**, Vol. 2, Rio de Janeiro, 1997, pp. 373-397

MARQUES, M.E.S., **Influência da Velocidade de Deformação e temperatura nos adensamentos de argilas naturais**. 1999, Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ.

McMillan, J.C., **A Study of Heat and Moisture Flow around Hot Buried Pipes**, 1985, Ph.D. Thesis, University of California, Berkley.

MICHAELS, A.S. and LIN, C.S., The Permeability of Kaolinite In: **Industrial and Engineering Chemistry**, Vol. 46, 1954, pp. 1239-1246.

MITCHELL, J.K, **Fundamentals of Soil Behavior**. Jonh Wiley & Sons, Inc, 1993.

MICHELL, J.K. and KAO, T.C., Measurement of Soil Thermal Resistivity. **Journal of Geotechnical Engineering Division**, Vol. 104, No 10 , 1978, pp. 1307-1320.

MILLER, C.T., POIRES MAC-NEILL, M.M. e MAYER, A.S., Dissolution of Trapped Nonaqueous Phase Liquids: Mass Transfer Characteristics. **Water Resource Res.**, 26(11), 1990, pp. 2783-2796.

MILLER, R.D., LOCH, J.P.G. and BRESLER,E., Transport of Water and Heat in a Frozen Permeameter. **Soil Science Society of America Proceedings**, Vol.39, 1975, pp. 1029-1036.

MILLY, P.C.D., Moisture and Heat Transport in hysteric, inhomogeneous porous media: A Matric Heat-Based formulation and a Numerical Model. **Water Resource Res.**, 18(3), 1982, pp.489-498.

MOREIRA, B.D.M., **Estudo Experimental da Permeabilidade Saturada-Não Saturada de um Solo de uma Encosta do Rio de Janeiro**, 1998, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio.

MUSKAT, M., **The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media**. New-York – McGraw-Hill, 1937.

NOBRE, R.C.M., **Moisture and Thermal Energy Transport in Partially Saturated Porous Media**, 1991, Master Thesis, University of Waterloo, Canada.

NOBRE, M.M.M., NOBRE, R.C.M. e DANTAS, J.A., Utilização de Técnicas não Convencionais na Remediação de Solos e águas Subterrâneas Subjacentes a um Pólo Industrial. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, **Anais...** 1998.

NOBRE, R.C.M., NOBRE,M.M.M. e THOMSON, N.R., Remediação In-Situ de Solos e Águas Subterrâneas através de Processos Térmicos, In: REGEO, **Anais...** 1999, pp. 515 –525.

NOBRE, R.C.M. e THOMSON, N.R., The Effects of Transient Temperature Gradients on Soil Moisture Dynamics, **Journal of Hidrology**, 152 (1993) , pp. 57 –101.

OLIVEIRA, R.M., **Estudo da Contaminação do Solo e Pasto por Hexaclorociclohexanos (HCH) na Cidade dos Meninos em Duque de Caxias, RJ**, 1994, Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

OLIVEIRA Jr, A.A.M., **Caracterização das Propriedades Termo-Hidráulicas de Materiais Artificiais para Reaterro de Cabos Elétricos de Potência**, 1993, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

PASSWELL, R.E., Thermal Influence on Clay Soil Deformation. In: **Proc. 3rd. Panam. Conf. SMFE**, Venezuela, vol.1, 1967, pp. 383-396.

PHILIP,J.R. e DE VRIES, D.A., Moisture movement in porous materials under temperature gradients. **Trans. Am. Geophys. Union**, 38(2), 1957, pp. 222-232.

PLUM, R.L. and ESRIG, M.I., Some Temperature Effects on Soil Compressibility and Pore Water Pressure. In: **Proc. ICETHEBS**, HRB, Spec. Rept. No 103, 1969, pp. 231-242.

PORTES, V.L.O., **Aplicação da Dessorção Térmica na Remediação dos Resíduos da Limpeza de Praias Atingidas por Derrames de Óleo**. 2002, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio.

RABE, C., **Efeito da Temperatura em Solos**, 1998, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio.

RABE,C., SAYÃO, A.S.F.J. e NUNES,A.L.L.S., Estudo Experimental do Efeito da Temperatura em Solos. **Revista Solos e Rochas** Vol. 26, N°01, jan-abril, 2003, pp. 69-86.

REED,J., Thermal Blanket remove ground-level contaminant. **Civil Engineering Magazine** (6), 1998, pp. 23-24.

REID, R.C.; PRAUUSNINITZ, J.M.; SHERWOOD, T.K., **The properties of Gases and Liquids**. New York: McGraw-Hill, 1977.

REN,T., NOBORIO,K. and HORTON, R., Measuring Soil Water Content, Electrical Conductivity, and Thermal Proprieties With a Thermo-Time Domain Reflectometry Probe, Soil Sci. Coc., **American Journal**, Vol. 63, 1999, pp.450-457.

RICHARDS, L.A., Capillary Conduction of Liquids through porous media. **Physics**, vol 1, 1931, pp. 318-333.

ROCHA, J.C.S., **Caracterização Geológica-Geotécnica dos Materiais Envolvidos nos Moviemntos de Massa Ocorridos em Fevereiro de 1988, na Vista Chinesa- Rio de Janeiro, RJ.**, 1993, Dissertação de Mestrado, IG, UFRJ.

RIDLEY,A.M., Discussion on Laboratory Filter Paper Suction Measurement by Houston and others, **GTJODJ**, ASTM, Vol. 18 (3), 1995, pp. 391-396.

ROMERO,E., GENS,A. and LLORET, A. Temperature Effects on the Behavior of na Unsaturated Clay. **Geotechnical and Geological Engineering**, Nº 19, 2001, pp. 311-322

SKOOG,D.A., WEST, D.M. A and HOLLER, F.J., **Fundamentals of Analytical Chemistry**, Saundres College Publishing, Orlando, Florida, 1997.

SERTÃ, H.B.C., **Aspectos Geológicos e Geotécnicos do Solo Residual do Campo Experimental II da PUC/RJ**, 1986, Dissertação de Mestrado, DEC, PUC-Rio.

SHIMIZU,T., SHIGENO,Y., YABE,S.& AOKI,M., Study on Effects of Soil Vapor Extraction with Soil Heating in Low Permeable Ground, IV ICEG, **Proceedings**, 2002, pp.126-131

SOPHOCLEOUS, M., Analysis of Water and Heat Flow in Unsaturated-Saturated Porous Media. **Water Resource Res.** 15 (5), 1979, pp. 1195-1206.

STEGEMEIER, G.L., A Calculation of the Permeability Required to Prevent Build-up of Pressure in In-Situ Thermal Conduction Process. **GLS Engineering Inc.**, 1998, pp.6

SWARBRICK, G.E., Measurement of Soil Suction Using the Filter Paper Method, UNSAT'95 ,**Proceedings** , Paris, 1995, pp. 653-658.

TAYLOR, D.W., **Fundamentals of Soil Mechanics** .Jonh Wiley and Sons, Inc. 2nd. Printing, 1948.

TERRATHERM, Complex Thermal Desorption of PCB's form Soil, TerraTherm Environmental Services Inc. <http://www.terratherm.com>, 2001

TOWHATA, I., KUNTIWATTANAKU, P., SEKO, I. and OHISHI, K., Volume Change of Clays Induced by Heating as Observed in Consolidation, **Soils and Foundations**, Vol. 33, No 4, 1993 , pp. 170-183.

TOWHATA, I., KUNTIWATTANAKU, P. and KOBAYASHI, H., Tests A Preliminary Study on Heating of Clays to Examine Possible Effects of Temperature on Soil-Mechanical Properties, **Soils and Foundations**, Vol. 33, No 4, 1993 , pp. 184-190

USEPA, **Monitored Natural Attenuation of Petroleum Hydrocarbons**. US. EPA Remedial Technological Fact Sheet, EPA/600/F-98/021, 1999.

_____, **A Citizen's Guide to Thermal Desorption**. Office of Solid Waste and Emergency Response. Publication EPA/542/F-01/003, 2001.

VAN GENUCHTEN, M.T., A Closed Form Equation for Prediction the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Science, **Soc. American Journal**, 44, 1980, pp.892-898.

VILLAR, L.F.S. e de CAMPOS, T.M.P., Obtenção de uma Curva Característica de Sucção pelo Uso Combinado de Técnicas Diversas, 4º Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, Porto Alegre, **Anais...**, 2001, pp.337-353

WOOD, P.A., Remediation Methods for Contaminated Sites In: **Contaminated Land and its Reclamations**. Thomas Telford, London, 1997, pp. 47-71.

YOUSSEF, M.S., SABRY, A. and RAMBI, A.H., Temperature Changes and Their Effects on Some Physical Properties of Soils, In: **Proc. 5º International Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering**, Vol1, 1961, pp.419-421.

Apêndice A

Calibração da Instrumentação

As calibrações dos instrumentos foram realizadas de modo a simular as condições de ensaio. A calibração consiste de um etapa importante de um ensaio, sendo está responsável pela tradução dos dados, ou seja a transformação de uma grandeza elétrica medida pelos instrumentos elétricos para a grandeza física desejada. Foram executadas pelo menos três vezes para cada instrumento, para que as equações obtidas tivessem uma maior precisão. Nesta tese foram utilizados instrumentos para medida de pressões, variação de volume e temperaturas, sendo que suas principais características estão apresentadas na Tabela 39. Suas calibrações encontram-se nos gráficos a seguir.

As curvas foram plotadas com a leitura obtida dos instrumentos pelo sistema de aquisição de dados em função da leitura real obtida do aparelho usado na calibração. Em todos os gráficos são apresentados a equação de ajuste linear da calibração e o valor de R^2 , ou seja, a proximidade dos valores estimados na linha de tendência em correspondência aos valores obtidos.

Tabela 39- Características dos elementos elétricos utilizados

Instrumentos	Marca – Modelo	Capacidade	Sensibilidade	Histerese	Ganho	Equipamento em que foi utilizado
Transdutor de Pressão de Ar	Schaevitz n°00958	1000 kPa	0,01mV/V.kPa	1,3%	100	Base – permeâmetro convencional
Transdutor de Pressão de Ar	Schaevitz n°02858	1000 kPa	0,01mV/V.kPa	1,1%	100	Topo/Confiante – permeâmetro convencional
Medidor de Variação de Volume	Belofran com LSC-HS n°3483-50	150 cm ³	2,995mV/c.m ³	2,6% (1) 3,0% (2)	1	Permeâmetro Convencional e de temperatura controlada
Transdutor de Pressão de Ar	Gefran TP 867 n°95290393	1000 kPa	0,01mV/V.kPa	1,6%	100	Base – permeâmetro temperatura controlada
Transdutor de Pressão de Ar	Gefran TP 867 n°95290391	1000 kPa	0,01mV/V.kPa	1,9%	100	Topo/Confiante – permeâmetro temperatura controlada
Termopar	Tipo J	150°C	0,075mV/V.°C	0,5%		Permeâmetro de temperatura controlada
Termopar	Tipo J	150°C	0,075mV/V.°C	0,4%		Permeâmetro de temperatura controlada

A.1
Calibrações para Permeâmetro de Parede Flexível e Carga Constante.

A.1.1
Transdutores de Pressão

Os transdutores de pressão utilizados são da marca Schaevitz n°00958 (medidor da pressão da base) e n°02858 (medidor da pressão do topo/tensão confinante) ambos com capacidade de 1000kPa. A calibração foi realizada conectando os transdutores a um sistema de aplicação de pressões conhecidas da marca Budenberg. Foram aplicadas pressões a partir de 1kgf/cm² até 5kgf/cm², sendo feito depois o carregamento. Este ciclo de pressões foi repetido três vezes. As Figuras 67 e 68, apresentam as curvas de calibração e as equações ajustadas linearmente.

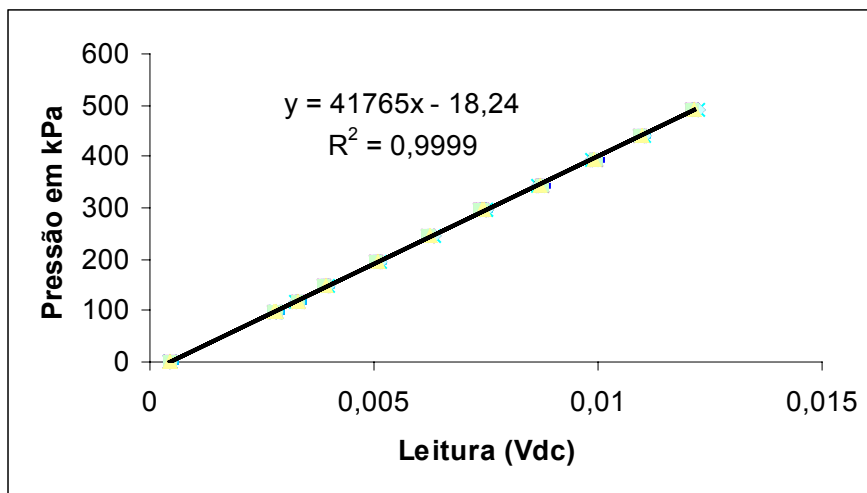


Figura 67 – Calibração do transdutor de poropressão – n°00958

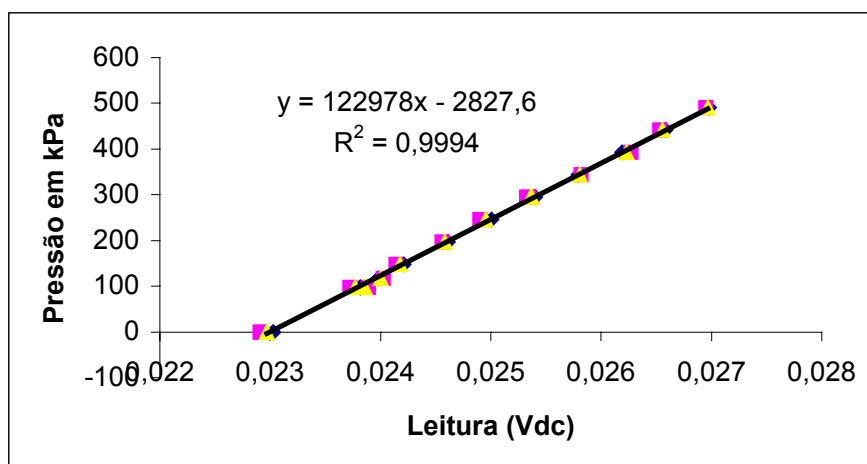


Figura 68 - Calibração do transdutor de poropressão – n°02858

A.1.2 Medidor de Variação Volumétrica

O medidor de variação volumétrica foi calibrado com o auxílio de uma bureta graduada de precisão de $0,1\text{cm}^3$. O transdutor de deslocamento utilizado foi o LSC-HS n°3483-50. A calibração deste transdutor está apresentada na Figura 69.

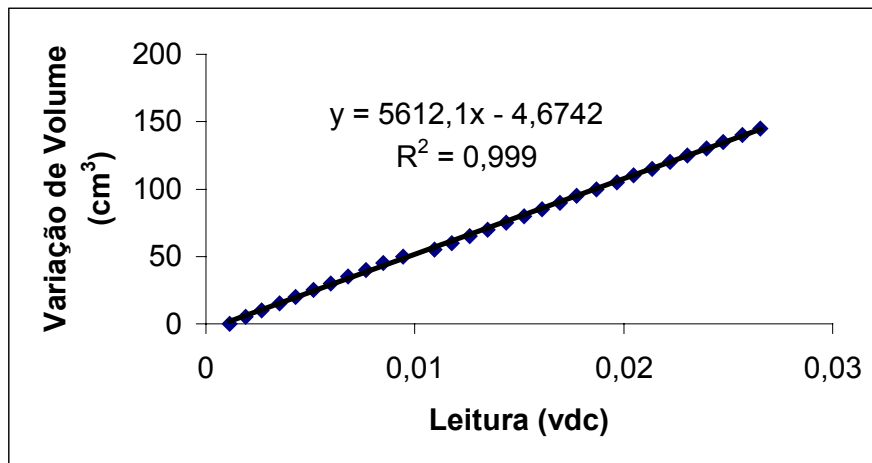


Figura 69 – Calibração do medidor de variação volumétrica

A.2 Calibrações para Permeômetro de Temperatura Controlada

A.2.1 Transdutores de Pressão

Como os aparelhos elétricos foram mantidos dentro da estufa, estes sofreram incrementos de temperatura. Apesar do fabricante garantir o seu funcionamento até a temperatura de 150°C , verificou-se como este se comportaria a diferentes temperaturas. Foram feitas calibrações para as seguintes temperaturas: temperatura ambiente (aproximadamente 24°C), 30°C , 50°C , 70°C e 90°C . As calibrações obtidas foram utilizadas para os ensaios nas respectivas faixas de temperatura.

Os transdutores de pressão utilizados são da marca Gefran TP 867 n°95290393 (medidor da poropressão da base) e n°95290391 (medidor da poropressão do topo/tensão confinante) ambos com capacidade de 1000 kPa. A calibração foi realizada conectando os transdutores a um sistema de aplicação de pressões conhecidas da marca Budenberg. Os transdutores eram mantidos dentro

da estufa aquecida. Foram aplicadas pressões a partir de 1kgf/cm² até 5kgf/cm², sendo feito depois o carregamento. Este ciclo de pressões foi repetido três vezes.

A Figura 70 apresenta as diferentes curvas de calibração e suas equações ajustadas linearmente obtidas em função da temperatura para o transdutor Gefran TP 867 n°95290393 que mede a poropressão da base.

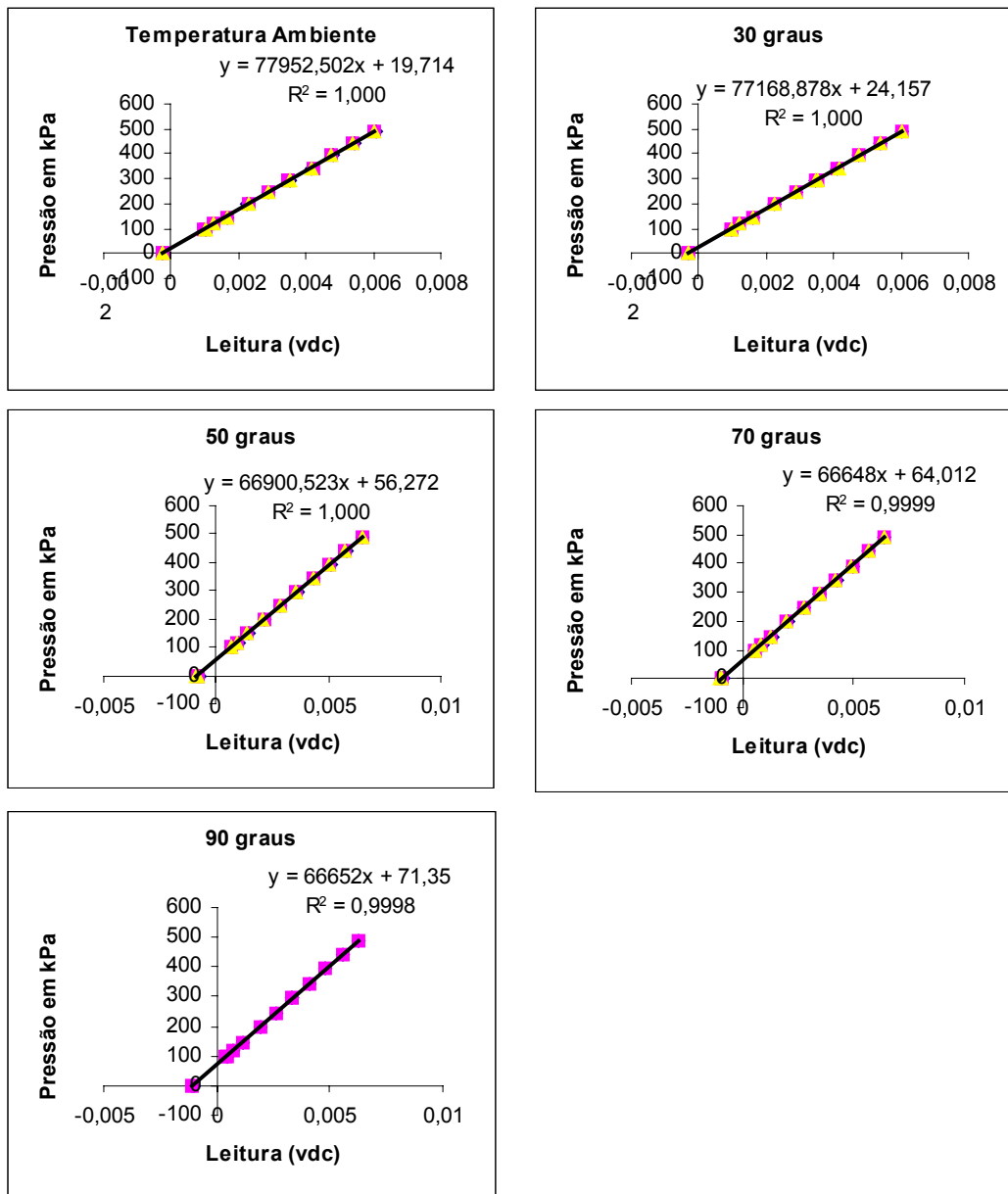


Figura 70– Calibração do transdutor de poropressão(n°95290393) em função da temperatura

A Figura 71 apresenta as diferentes curvas de calibração e suas equações ajustadas linearmente obtidas em função da temperatura para o transdutor Gefran TP 867 n°95290391 que mede a poropressão do topo e tensão confinante.

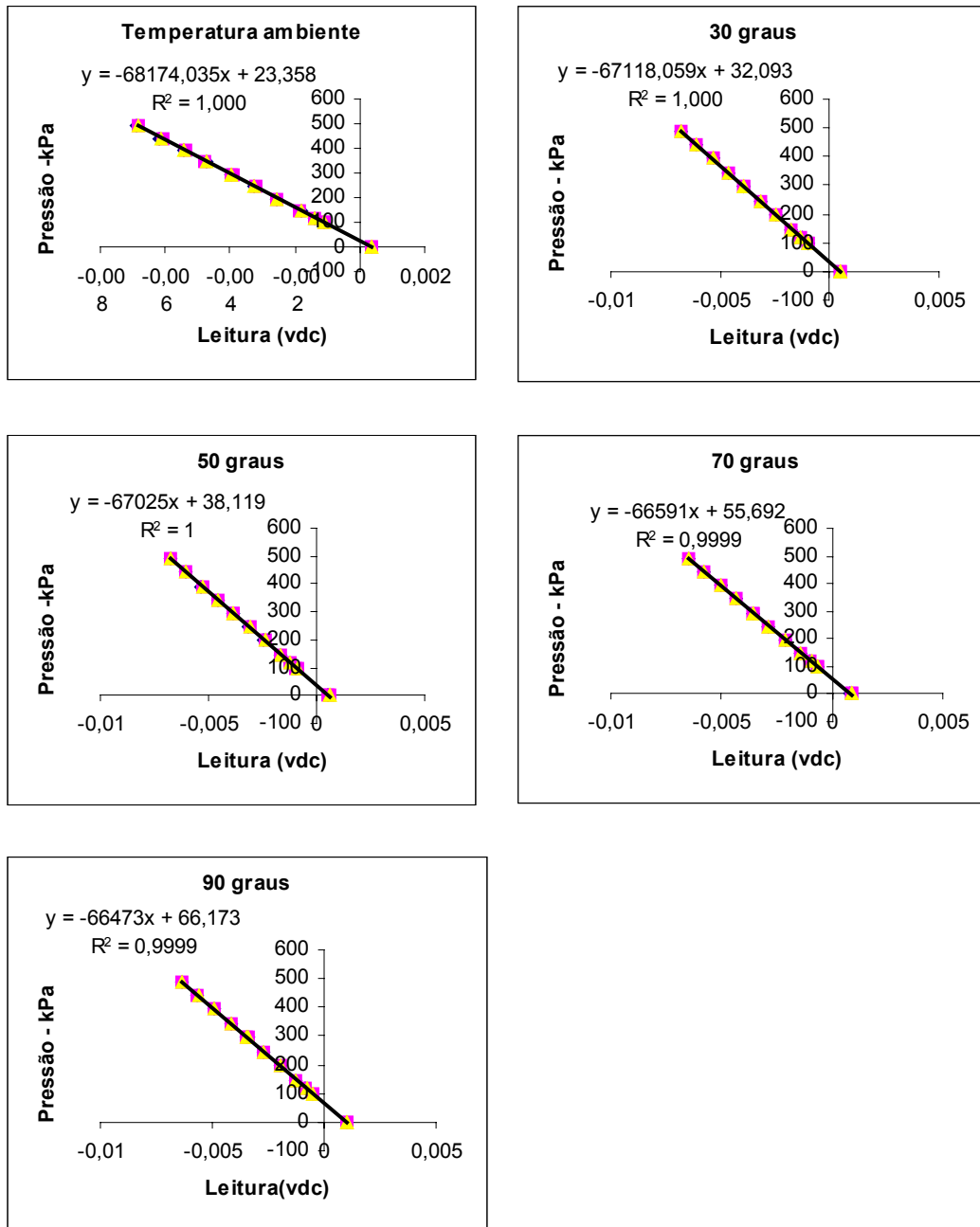


Figura 71– Calibração do transdutor de poropressão(n°95290391) em função da temperatura

A.2.2 Medidor de Variação Volumétrica

Como a faixa de trabalho do transdutor de deslocamento era de até 50 graus, estes foram mantidos do lado de fora da estufa. O transdutor de deslocamento aqui utilizado é o mesmo do equipamento sem controle de temperatura, como garantia foi feita a calibração novamente deste transdutor quando a estufa estava ligada a diferentes de 50, 70 e 90oC, resultando em variações inferiores a 1%. O medidor de variação volumétrica foi calibrado novamente com o auxílio de uma bureta graduada de precisão de 0,1cm³. O transdutor de deslocamento calibrado foi o LSC-HS n°3483-50. A calibração deste transdutor variando-se a temperatura está apresentada na Figura 72, a equação exibida no gráfico é a média das três calibrações.

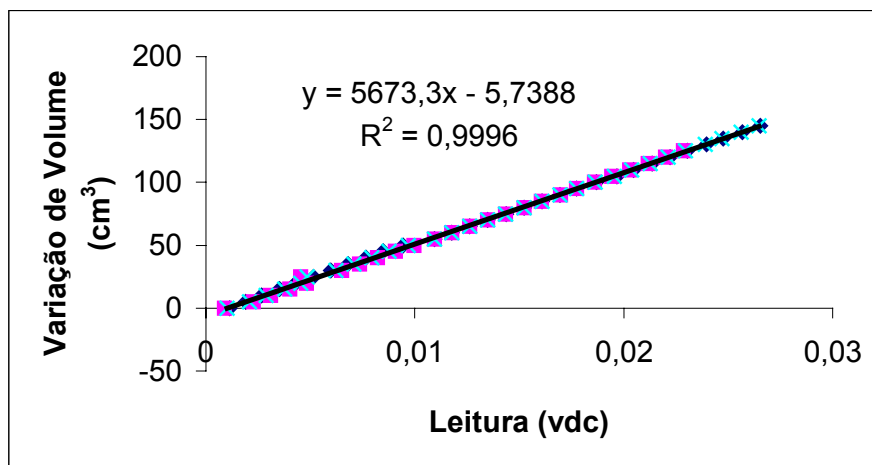


Figura 72 - Calibração do medidor de variação volumétrica.

A.2.3 Calibração dos Termopares

Os termopares tipo J e seus amplificadores de sinal foram calibrados com o auxílio de um banho-maria, neste banho-maria era inserido os termopares e um termômetro digital MINIPA, modelo MN511. Fazia-se então a leitura da temperatura e da voltagem medida naquela temperatura. A Figura 73 mostra o procedimento de calibração.

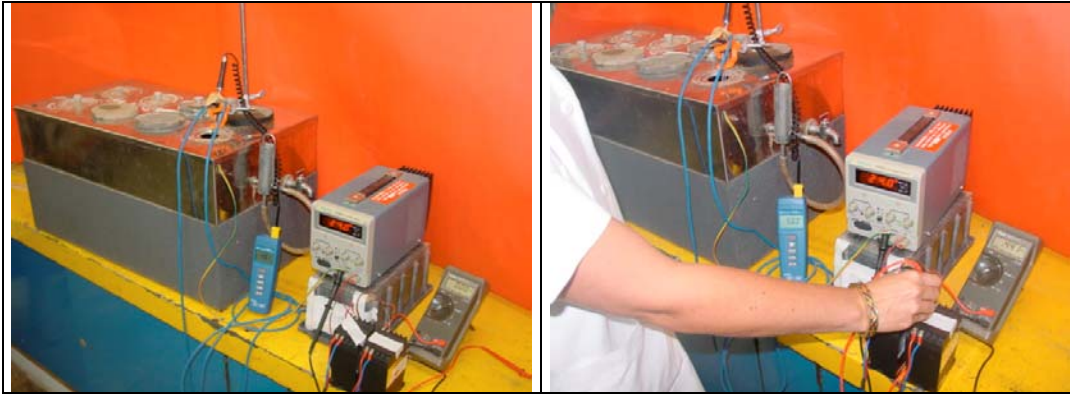


Figura 73 – Calibração dos termopares com o auxílio do banho-maria

Os termopares tinham um tempo de resposta, era necessário esperar uns 40 minutos para que as medidas se estabilizassem, para cada temperatura. Mediu-se a leitura em voltagem do termopar até 80 min após o início do ensaio, anotando-se assim o valor estabilizado. Foram feitas medidas para temperaturas de 30 até 90°C, com incrementos de 5 °C. As Figuras 74 e 75 apresentam as curvas de estabilização com a temperatura para o termopar 1 e 2 respectivamente. Após a sua estabilização estes valores foram correlacionados entre temperatura e voltagem e assim determinada a equação de calibração dos termopares. Esta equação de calibração está apresentada na Figura 76.

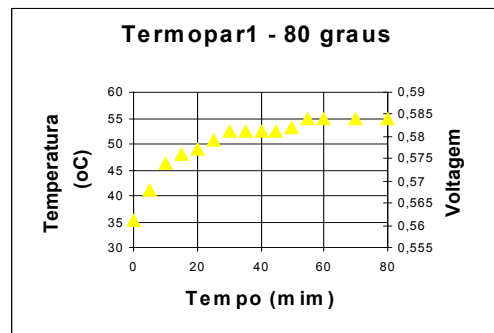
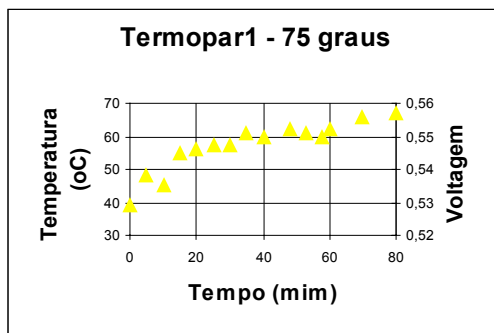
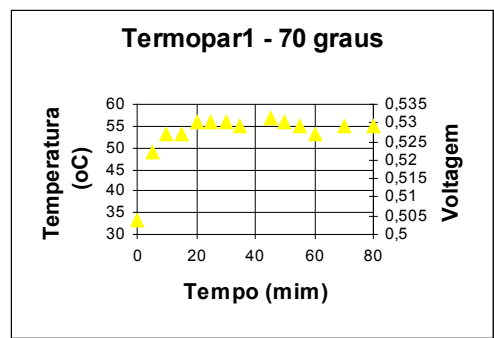
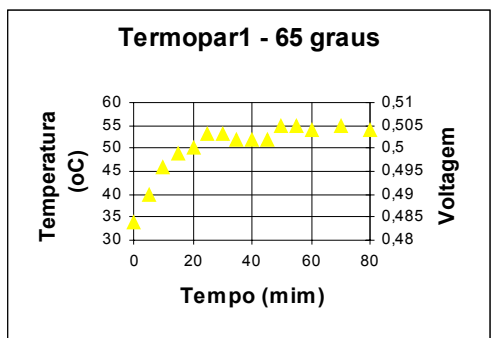
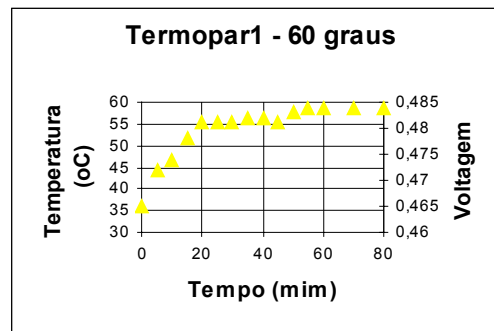
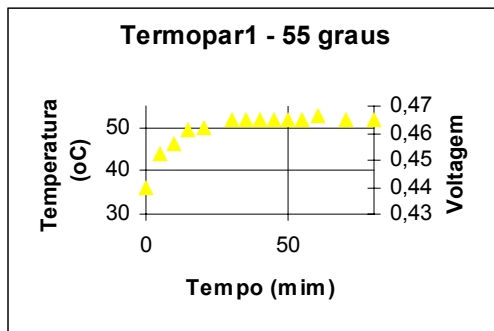
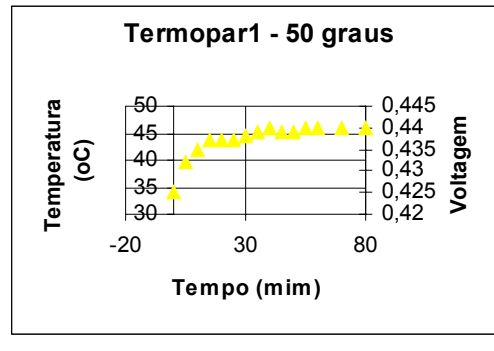
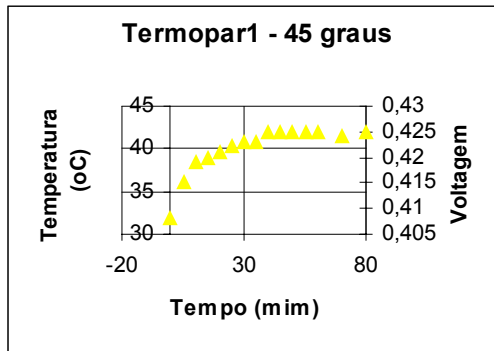
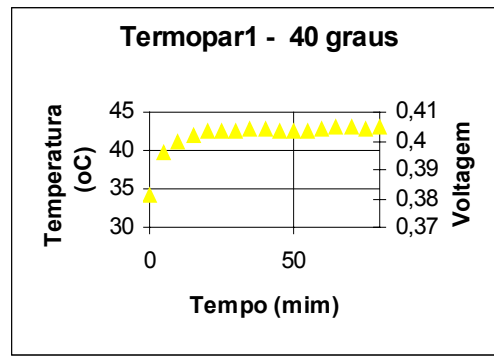
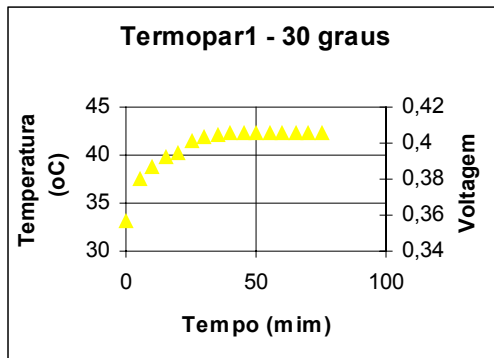


Figura 74 – Estabilização das temperaturas no termopar 1

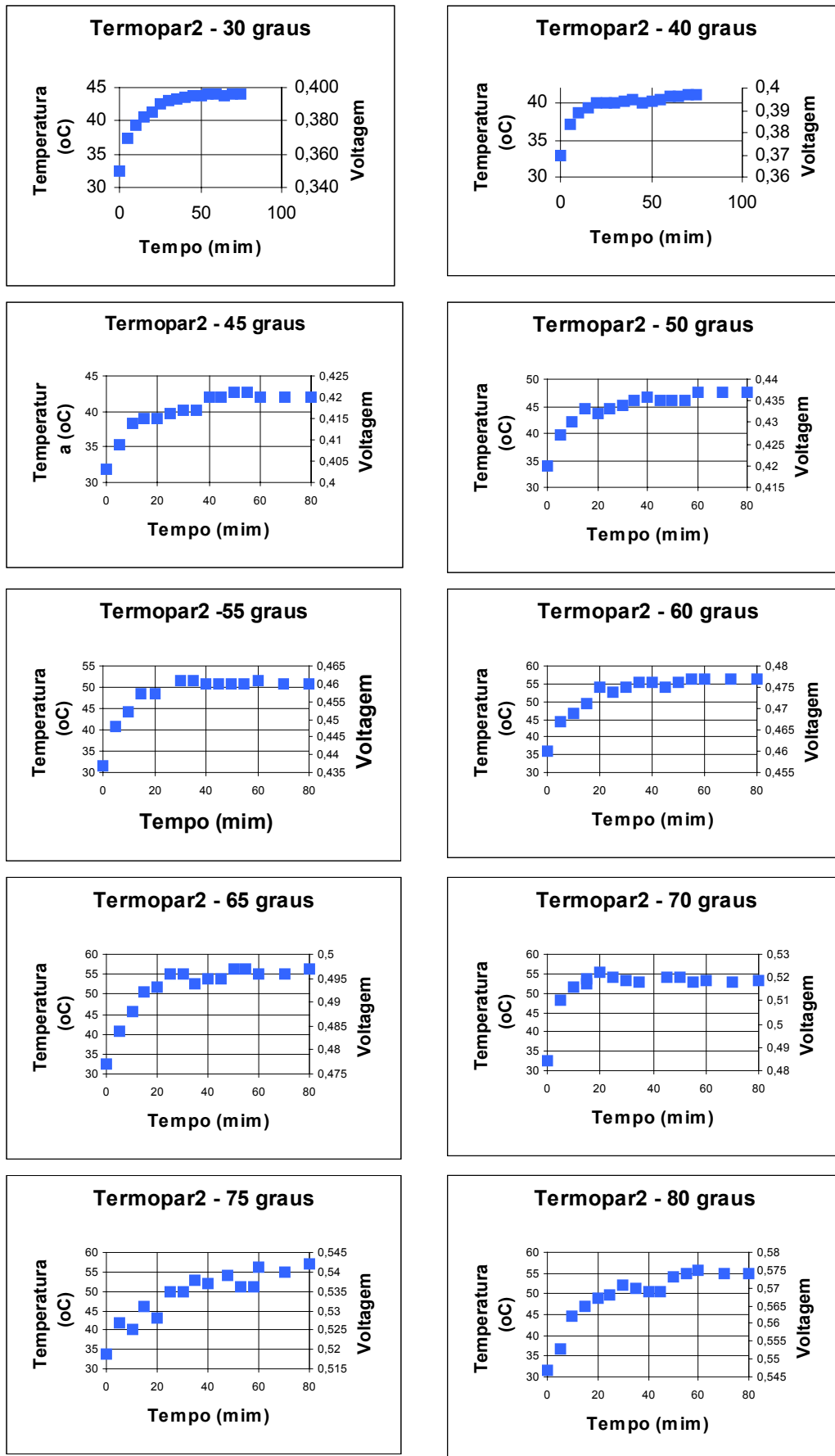


Figura 75 – Estabilização das temperaturas no termopar 2

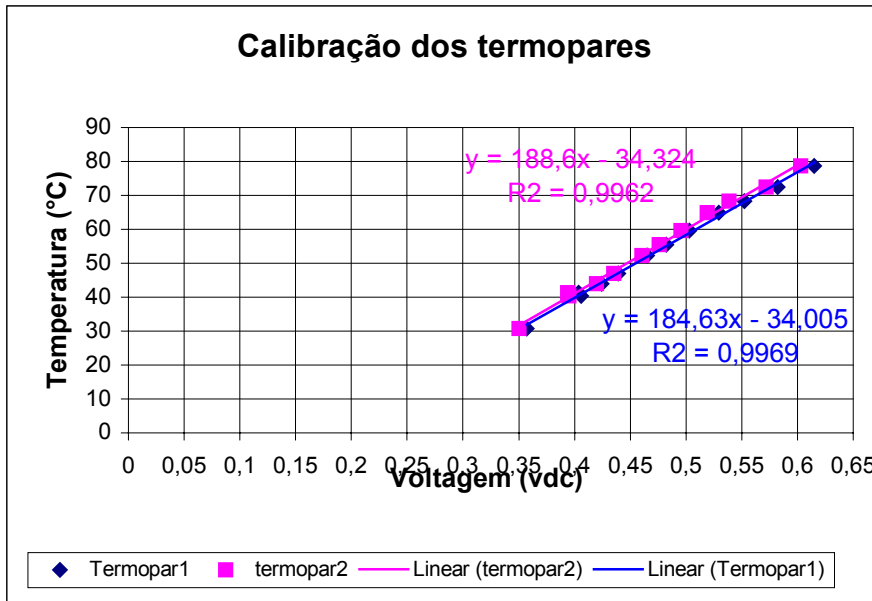


Figura 76- Equações de calibração dos termopares

Apêndice B

Gráficos dos Ensaios de Permeabilidade Saturada

Apresenta-se neste apêndice as figuras referentes aos ensaios de permeabilidade saturada, tanto para o permeâmetro convencional como para o permeâmetro de temperatura controlada. Foram feitos ensaios para o solo do Campo Experimental e para o solo da Cidade dos Meninos

B.1

Ensaios com o Permeâmetro de Parede flexível e Carga Constante.

Foram realizados sete ensaios para o solo do Campo Experimental e quatro ensaios para o solo da Cidade dos Meninos. Realizou-se ensaios no solo no seu estado natural, e para corpos de prova submetidos a diferentes gradientes de temperatura, 50°C, 100°C, 150°C, 200°C, 250°C e 300°C para o solo do Campo Experimental, e, 100°C, 200°C e 300°C para o solo da Cidade dos Meninos.

Os ensaios aqui apresentados foram realizados com gradientes hidráulicos entre 10 e 11.

Para cada figura são apresentados três gráficos, variação do volume percolado com o tempo, variação do gradiente hidráulico com o tempo e variação da permeabilidade com o tempo. Do gráfico de variação do volume percolado com o tempo retira-se o valor da vazão.

B.1.1
Solo do Campo Experimental

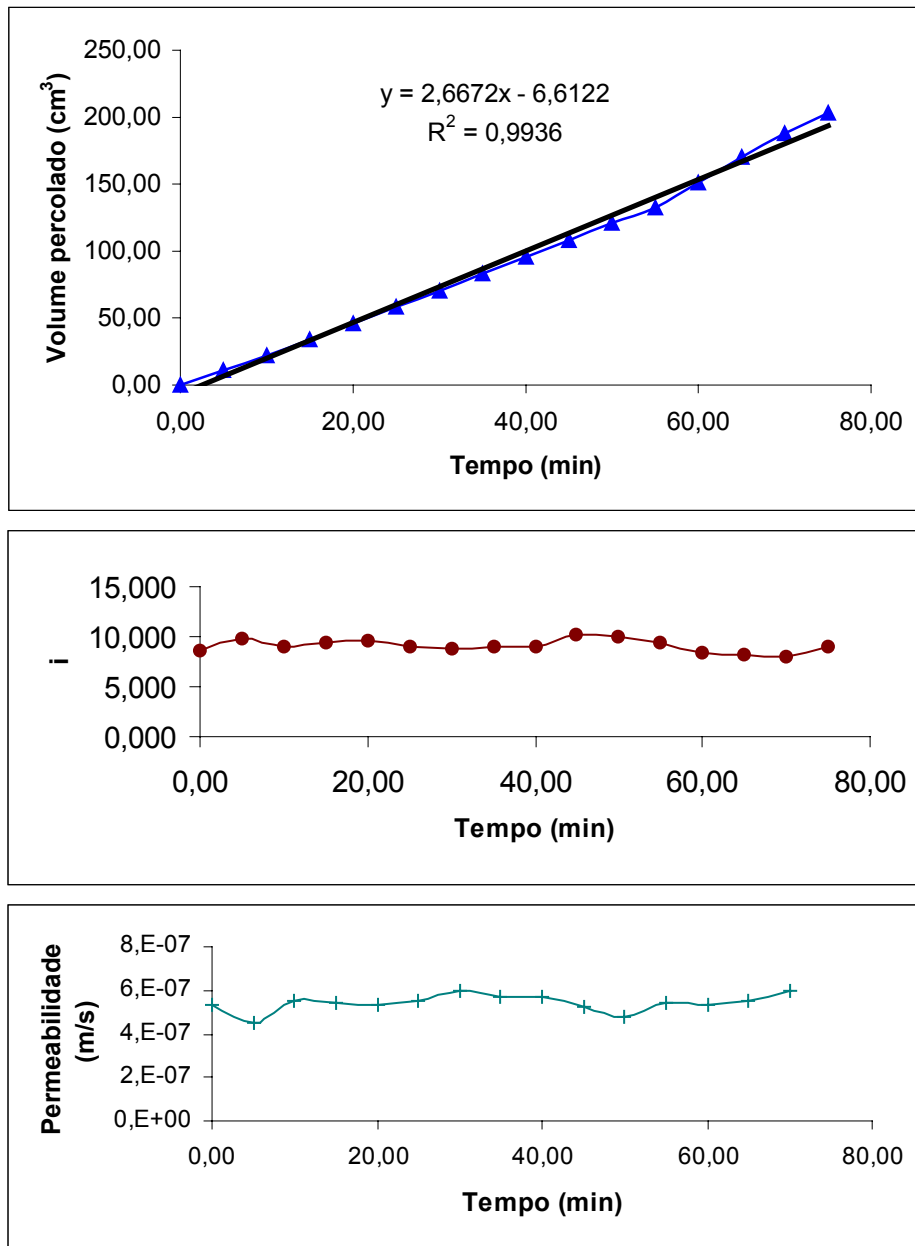


Figura 77 – Ensaio de permeabilidade da amostra a temperatura ambiente: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo

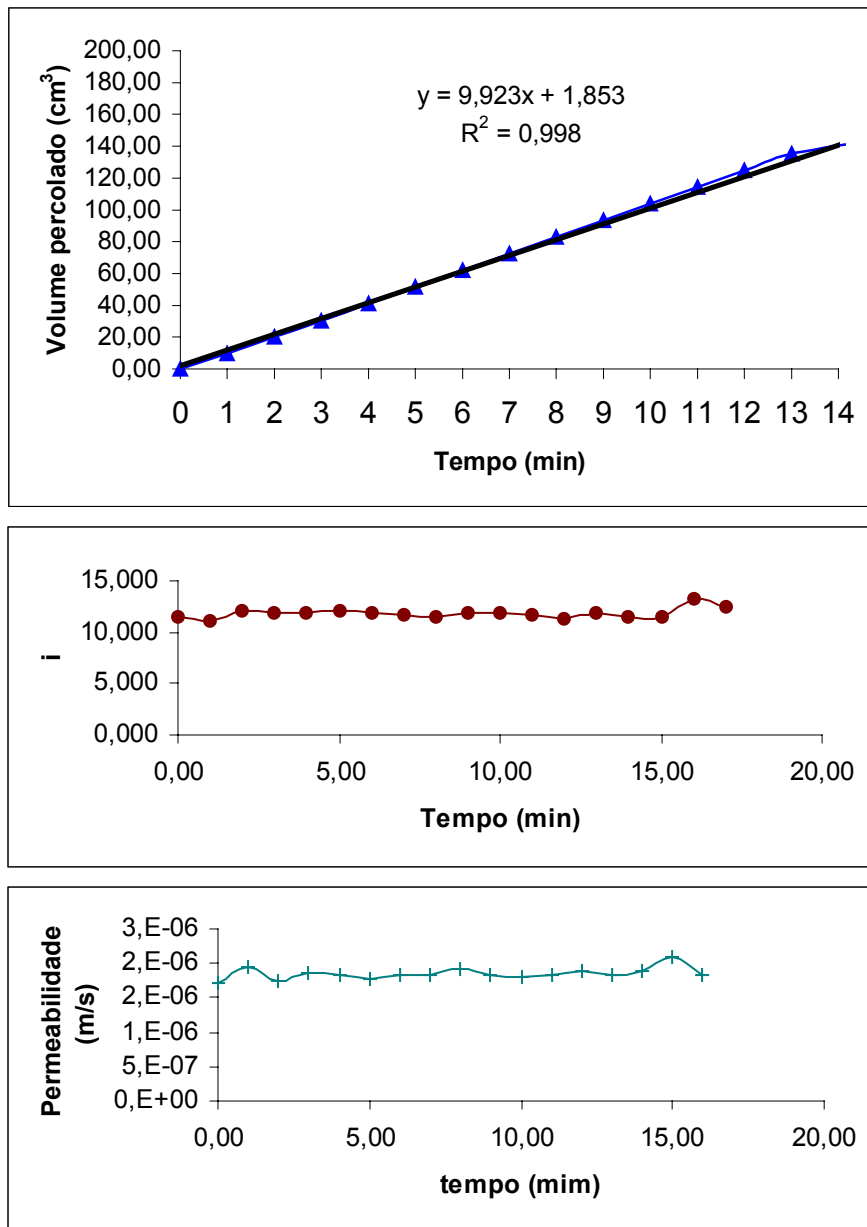


Figura 78 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 50°C:
 (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo;
 (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

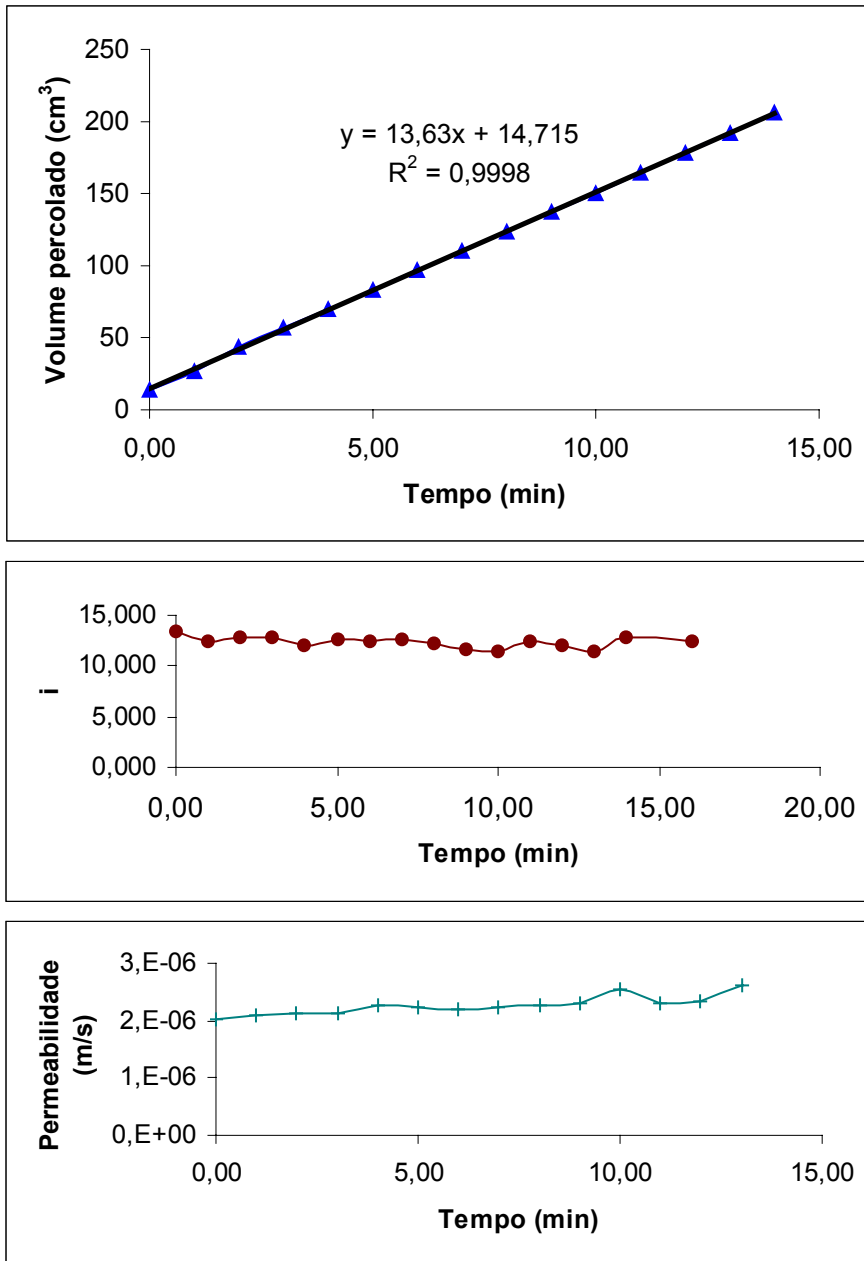


Figura 79 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 100°C:
 (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo;
 (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo

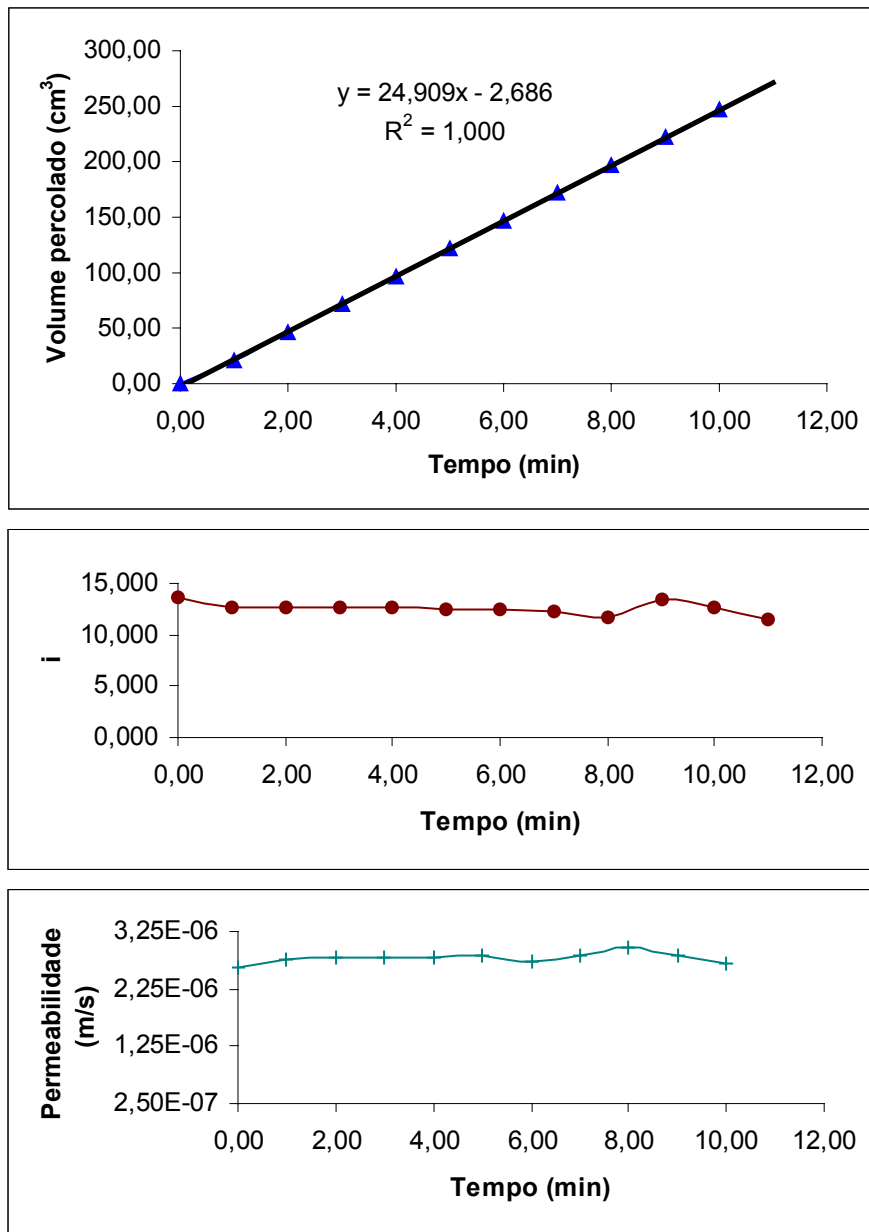


Figura 80 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 150°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

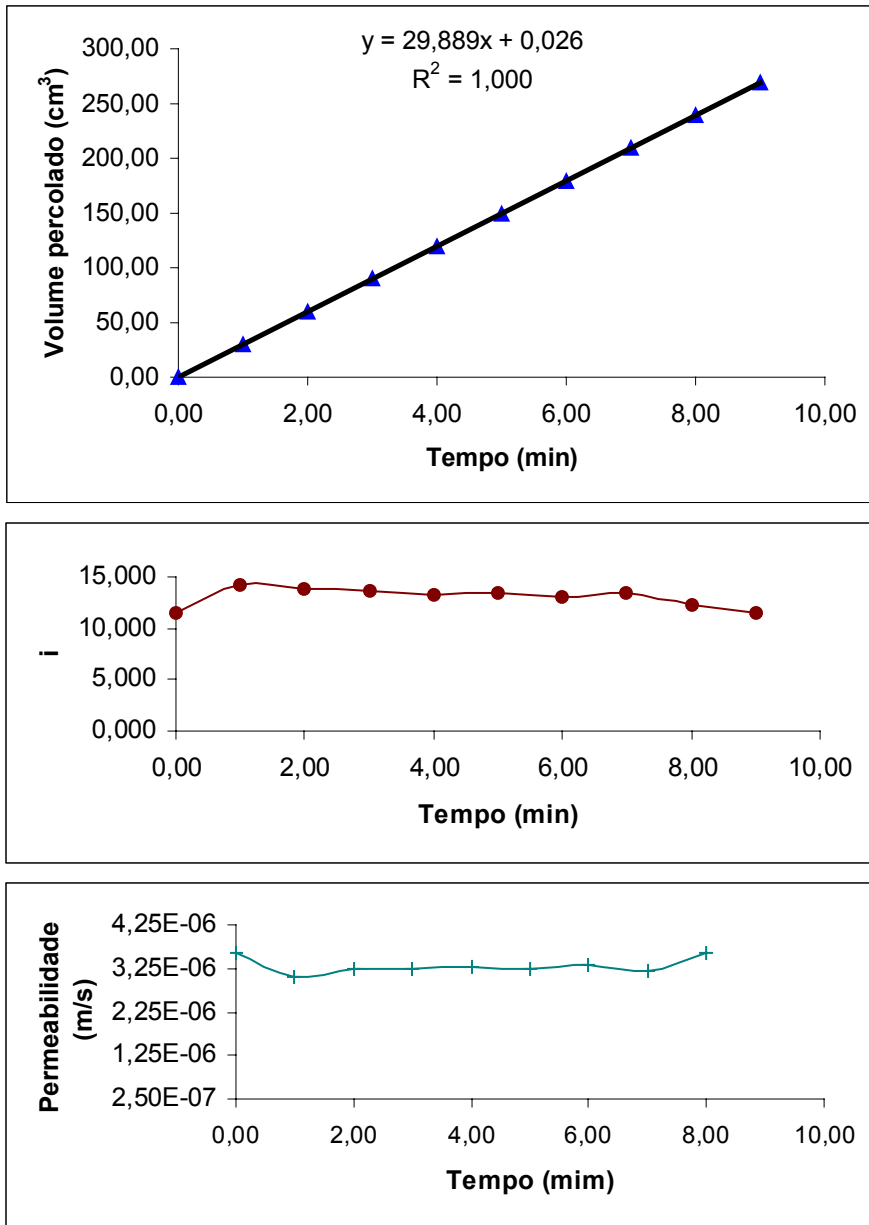


Figura 81 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 200°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

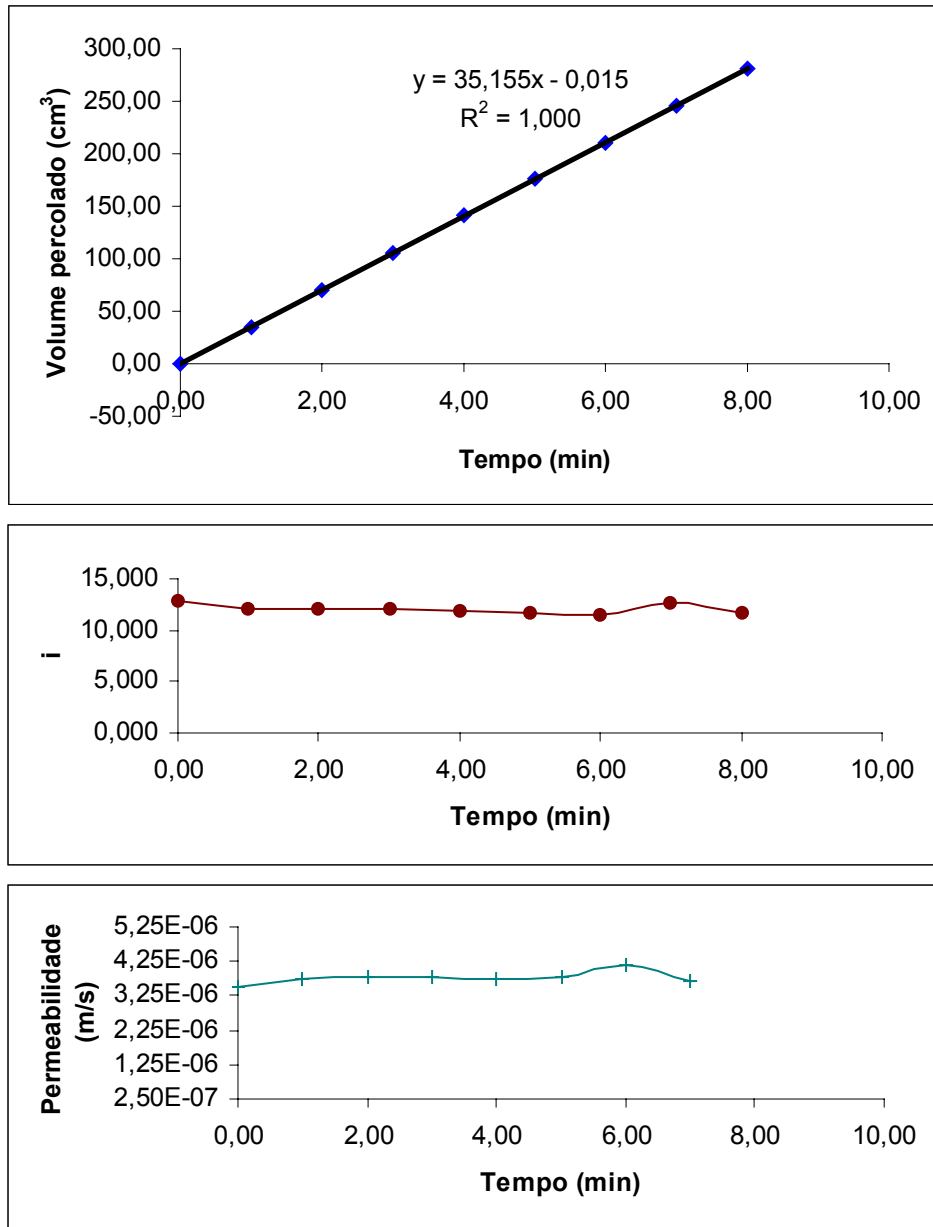


Figura 82 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 250°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo

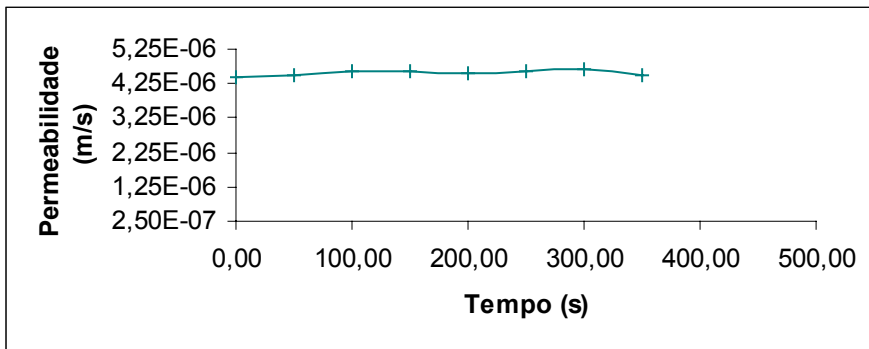
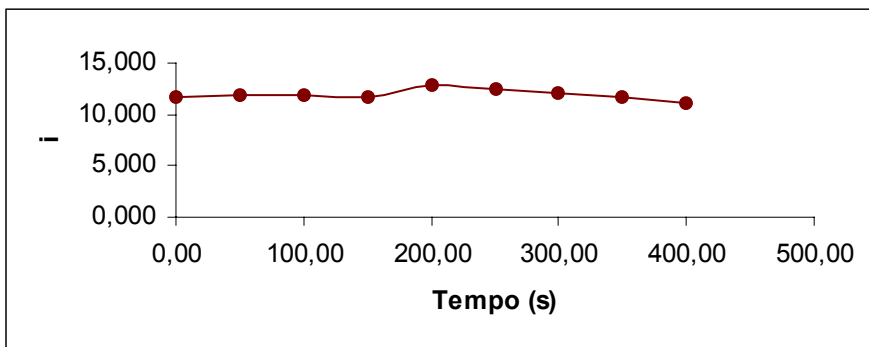
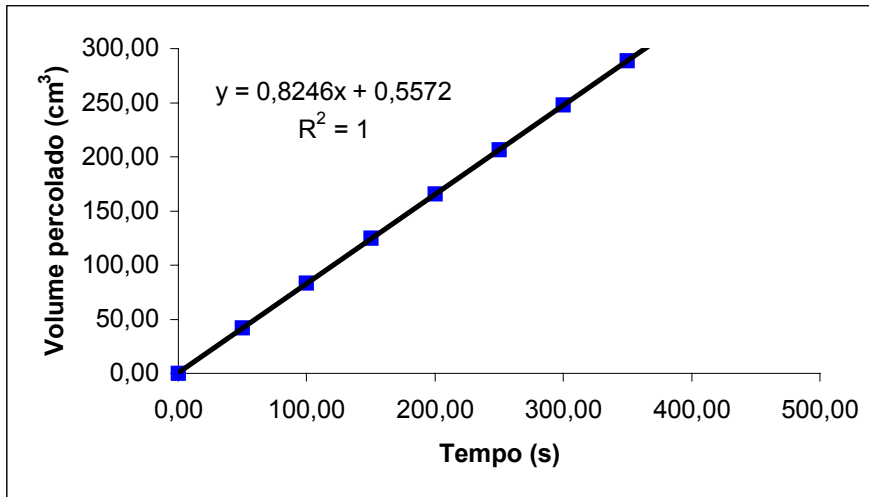


Figura 83 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 300°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo .

B.1.2
Solo da Cidade dos Meninos

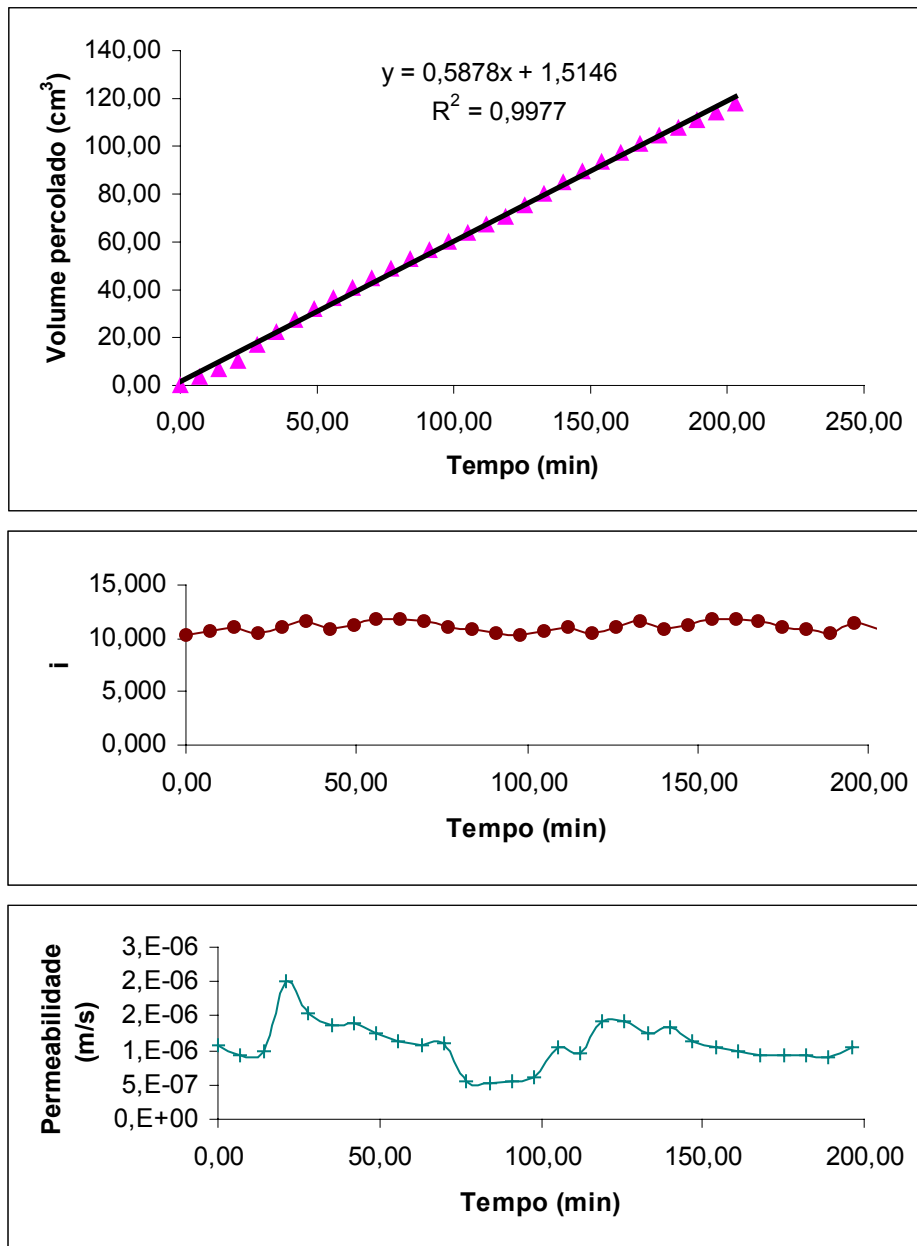


Figura 84 – Ensaio de permeabilidade da amostra a temperatura ambiente: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

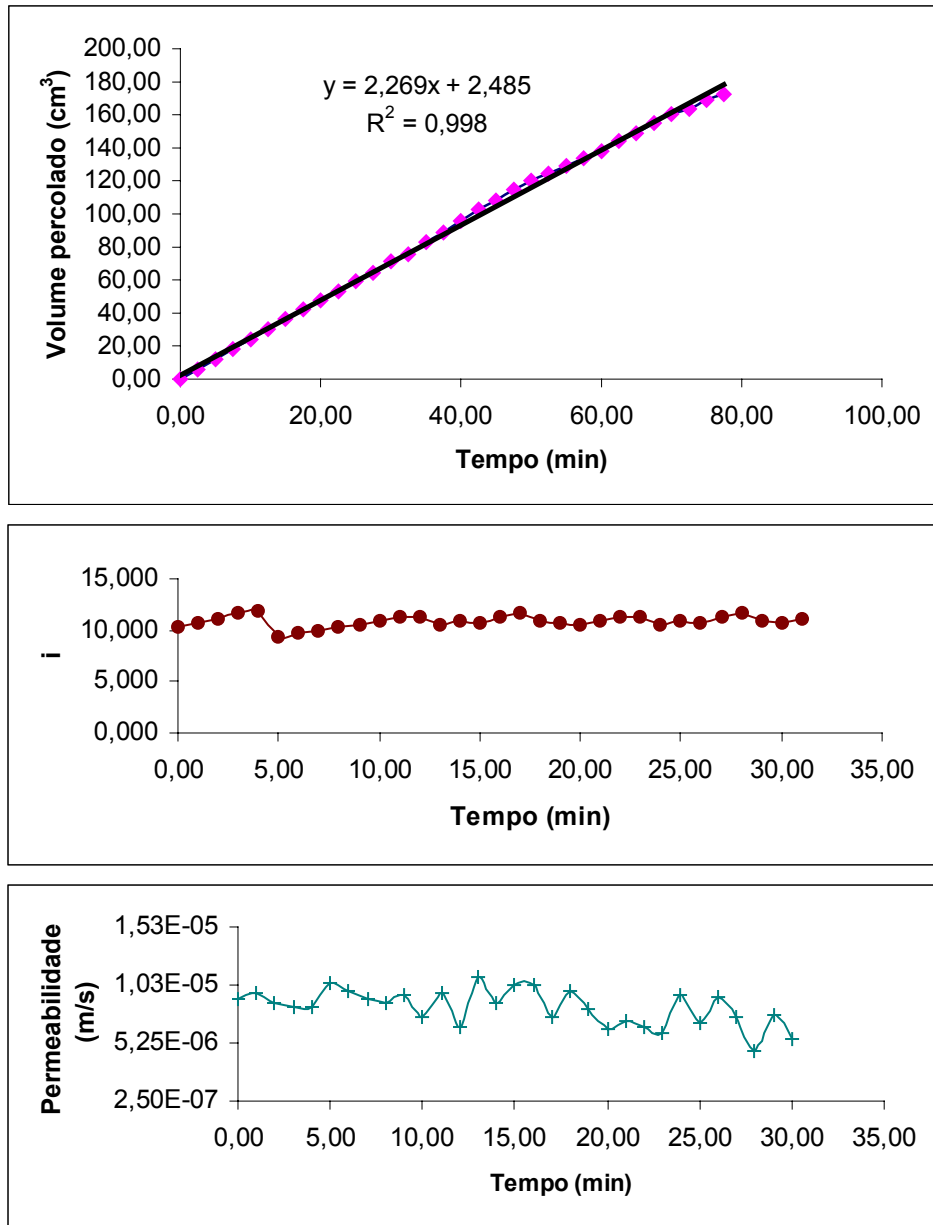


Figura 85 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 100°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

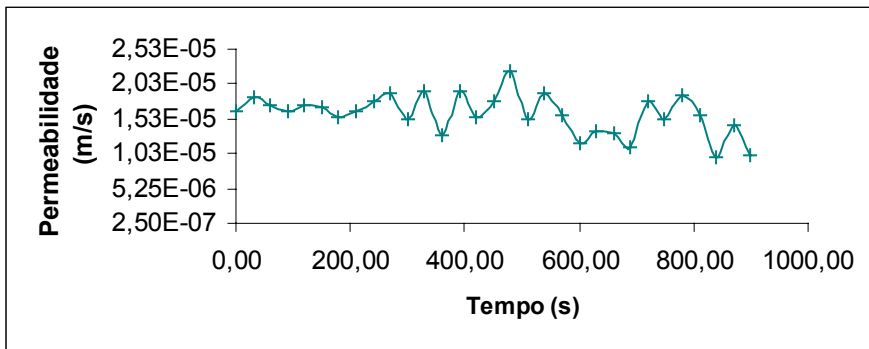
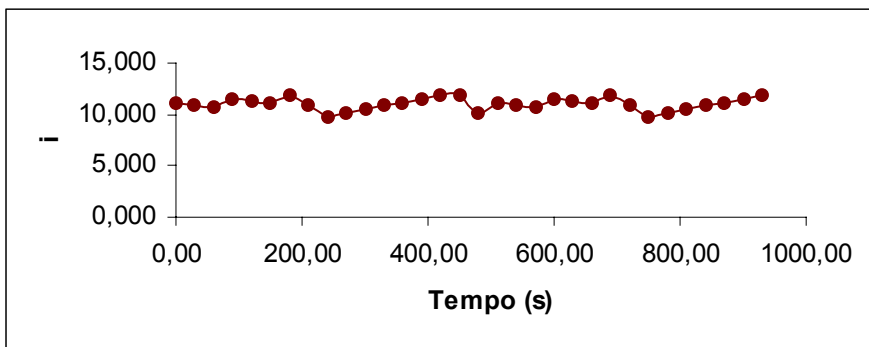
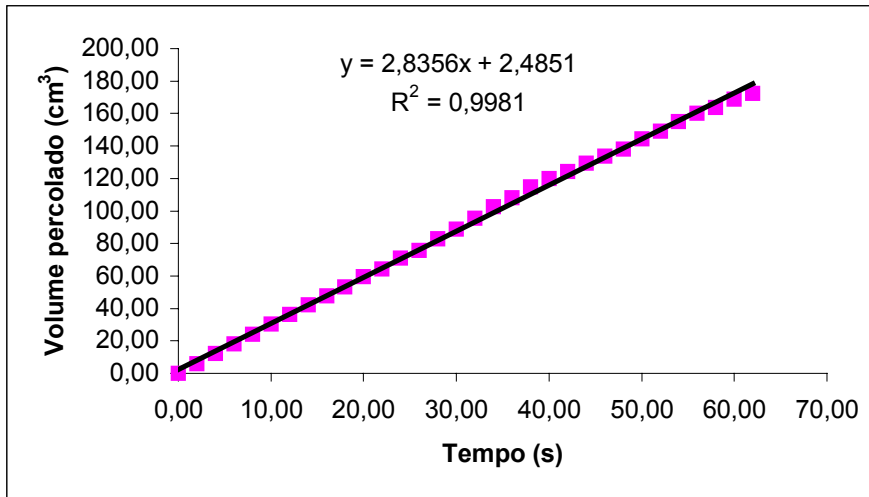


Figura 86 – Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 200°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

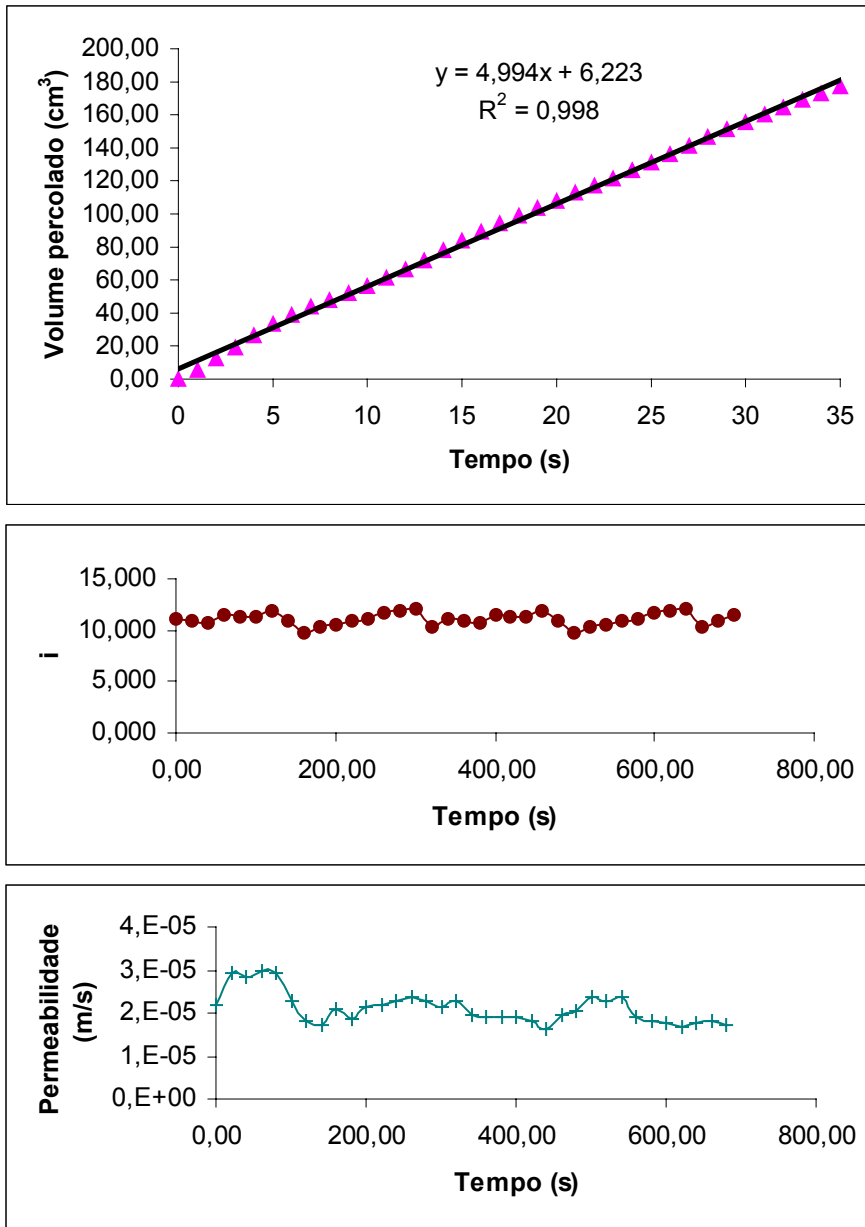


Figura 87 - Ensaio de permeabilidade da amostra submetida a um gradiente de 300°C: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo.

B.2**Ensaio de Permeabilidade Saturada com Temperatura Controlada**

Foram realizados sete ensaios para o solo do Campo Experimental e sete ensaios para o solo da Cidade dos Meninos. Realizou-se ensaios no solo no seu estado natural, e para os corpos de prova submetidos a diferentes gradientes de temperatura de aproximadamente: 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C para ambos os solos.

Os ensaios aqui apresentados foram realizados com gradientes hidráulicos entre 11 e 12.

Para cada figura são apresentados quatro gráficos, variação do volume percolado com o tempo, variação do gradiente hidráulico com o tempo, variação da permeabilidade com o tempo, e , variação da temperatura de ensaio com o tempo. Do gráfico de variação do volume percolado com o tempo retira-se o valor da vazão.

B.2.1
Solo do Campo Experimental

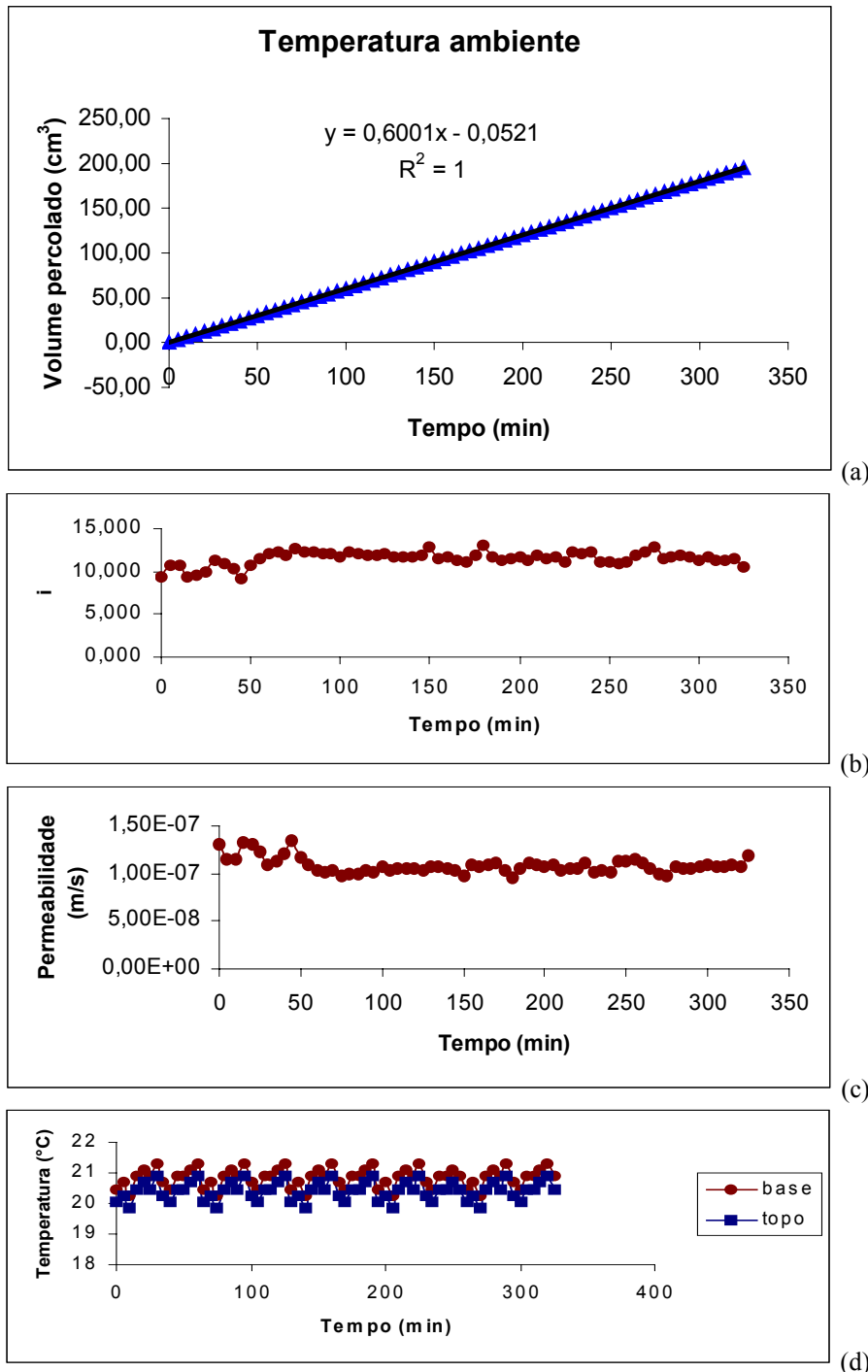
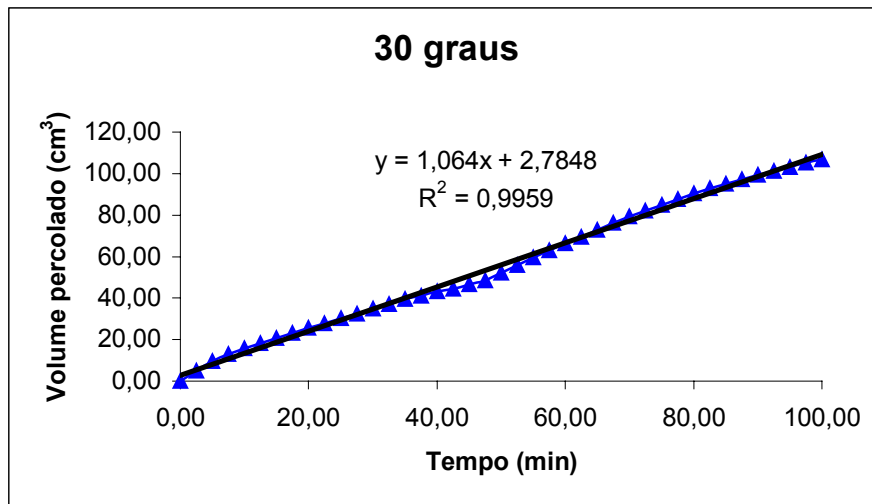
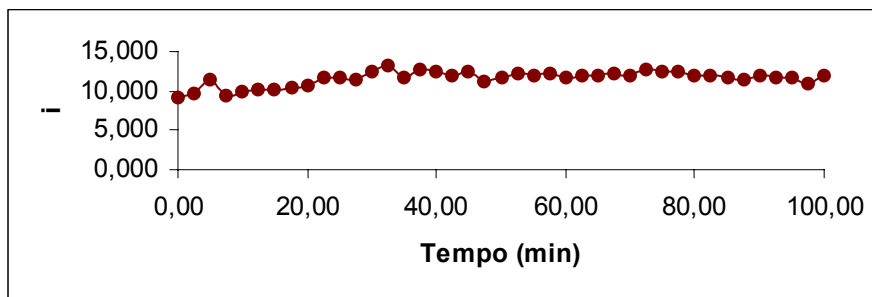


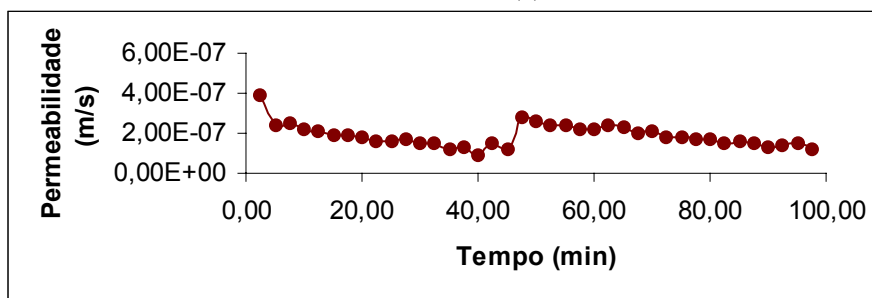
Figura 88 – Ensaio de permeabilidade da amostra a temperatura ambiente: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



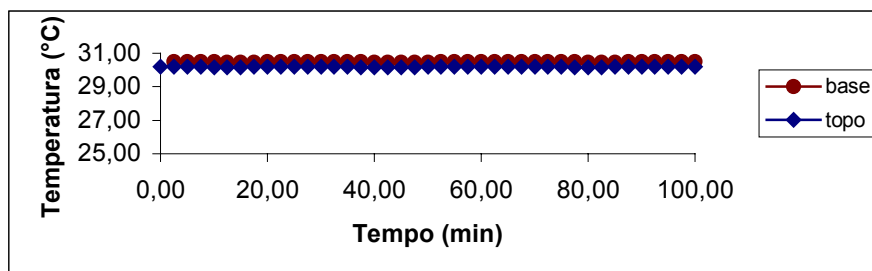
(a)



(b)

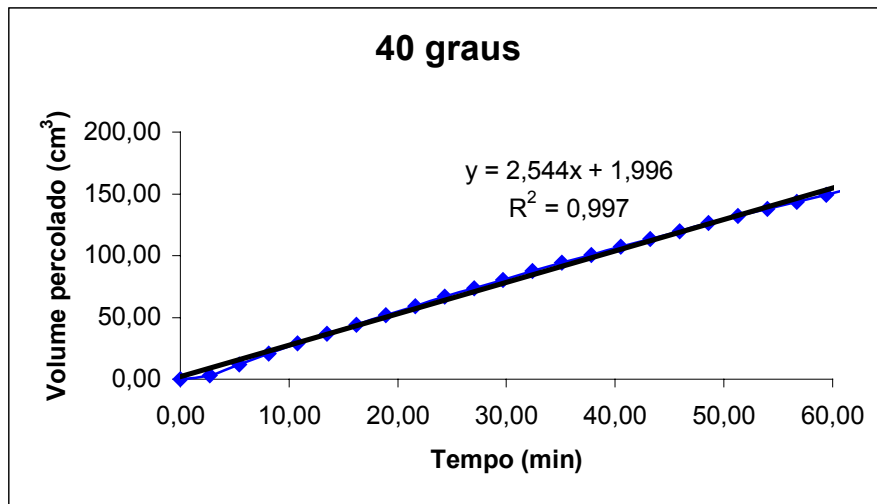


(c)

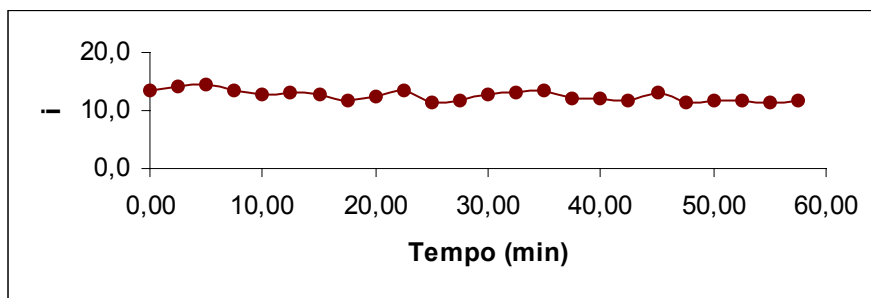


(d)

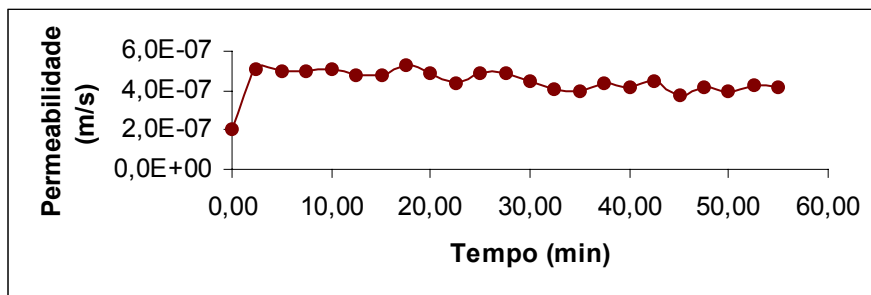
Figura 89 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 30,5°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



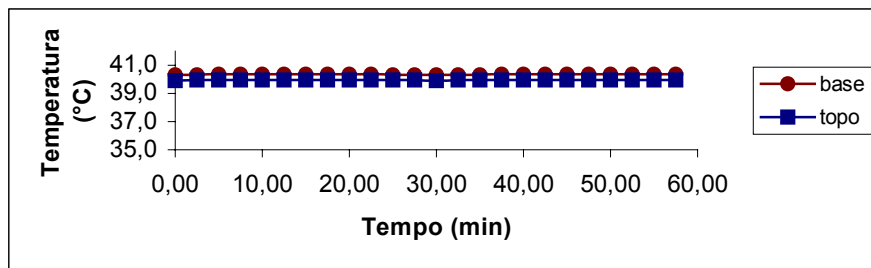
(a)



(b)

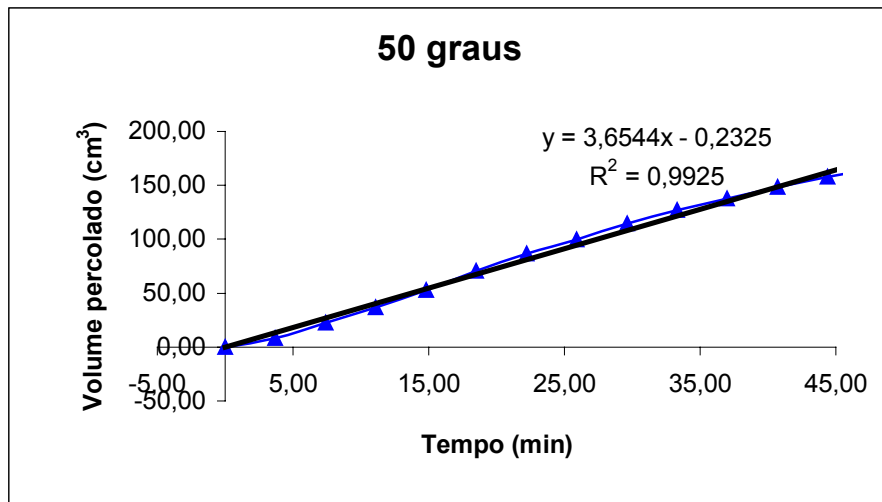


(c)

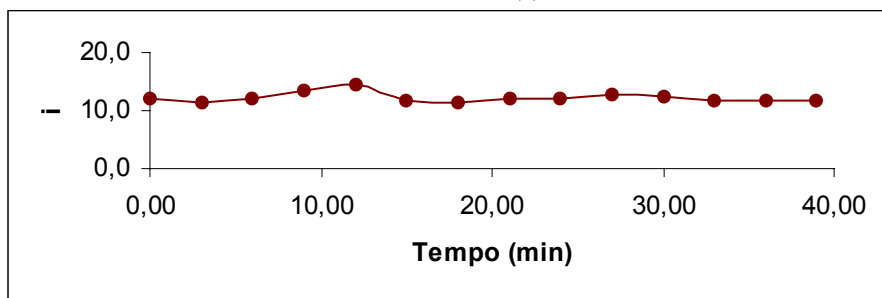


(d)

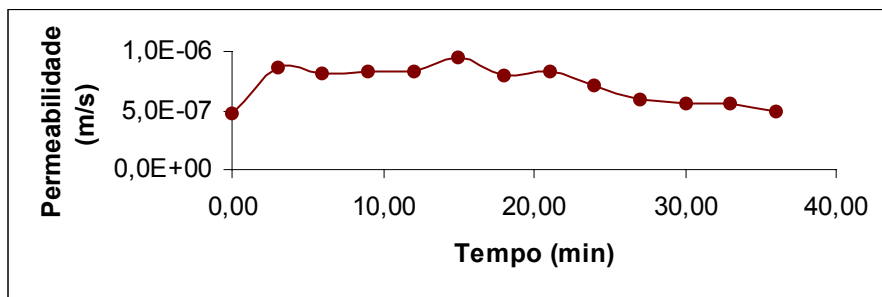
Figura 90 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 40,4°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



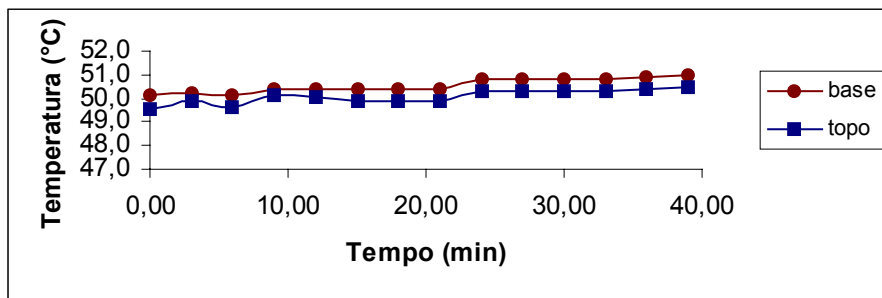
(a)



(b)

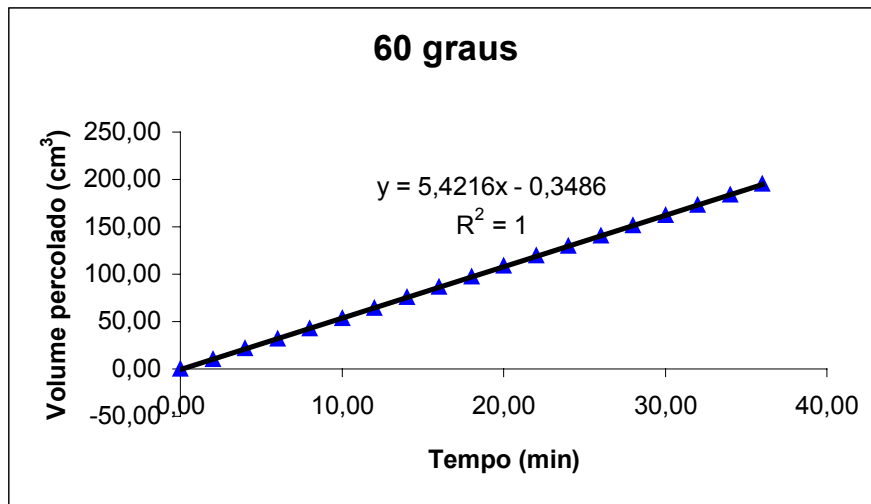


(c)

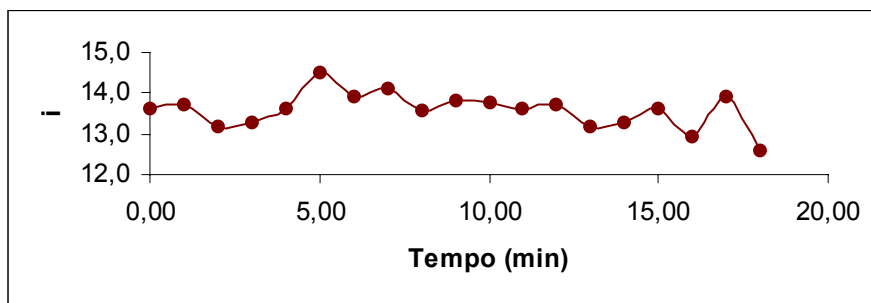


(d)

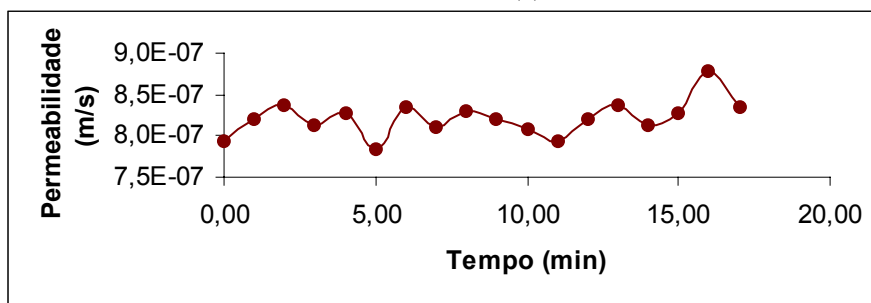
Figura 91 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 50,6°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



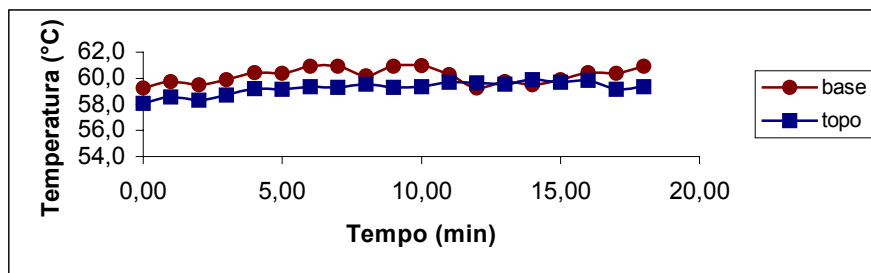
(a)



(b)

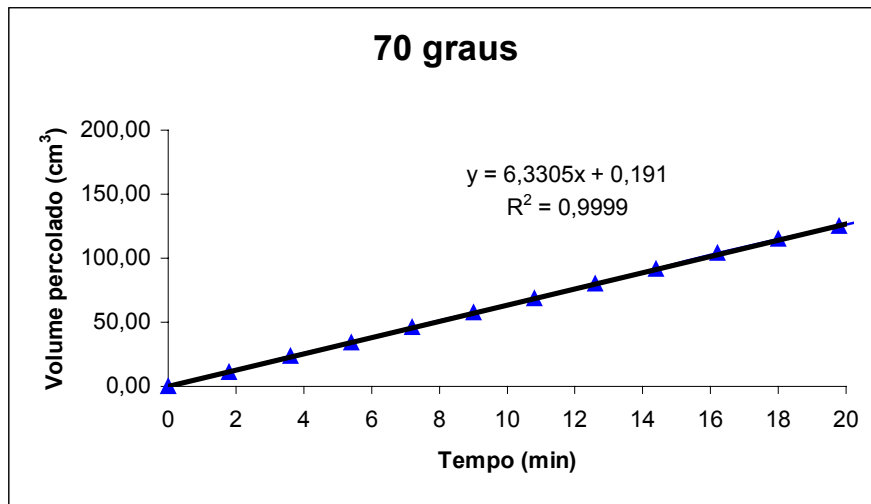


(c)

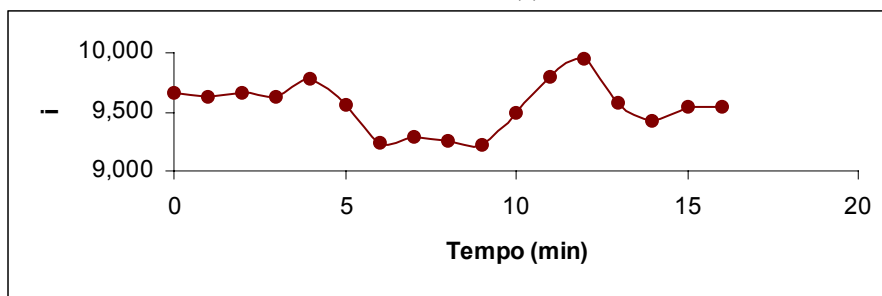


(d)

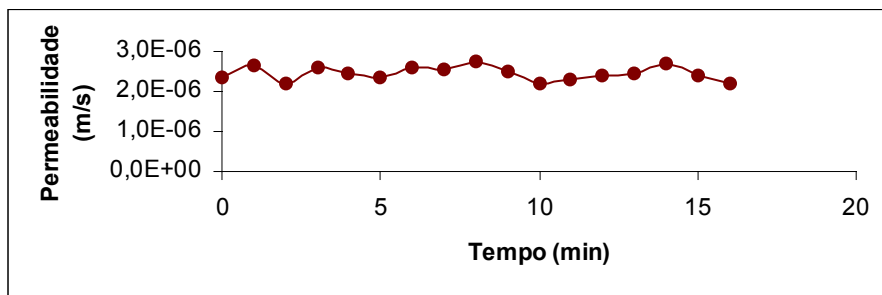
Figura 92 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 60,2°C:
(a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo;
(c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



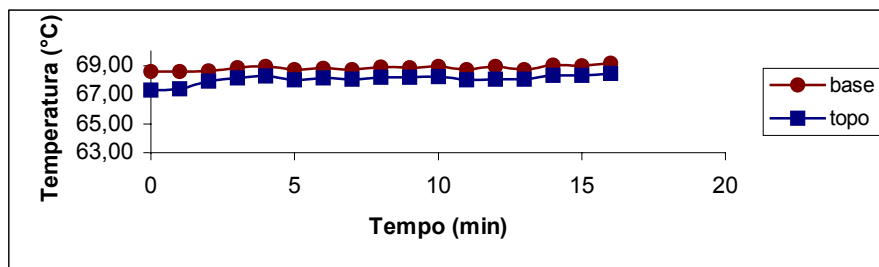
(a)



(b)

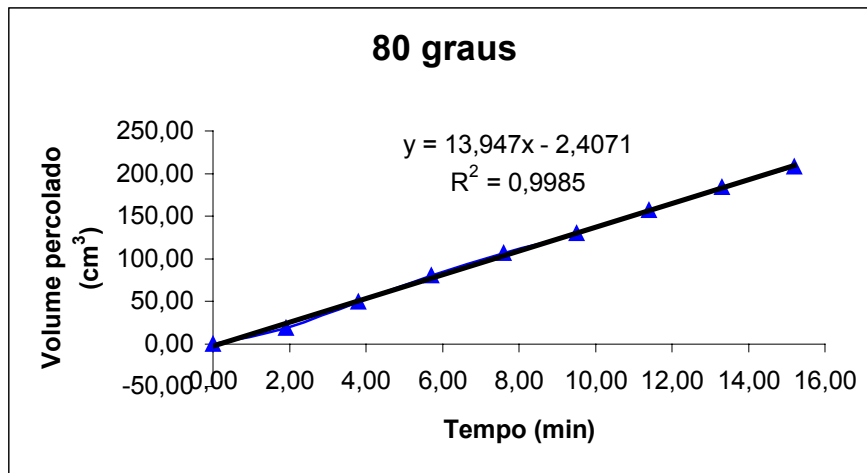


(c)

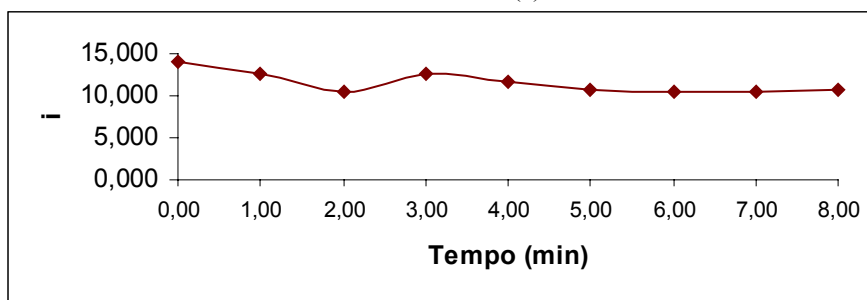


(d)

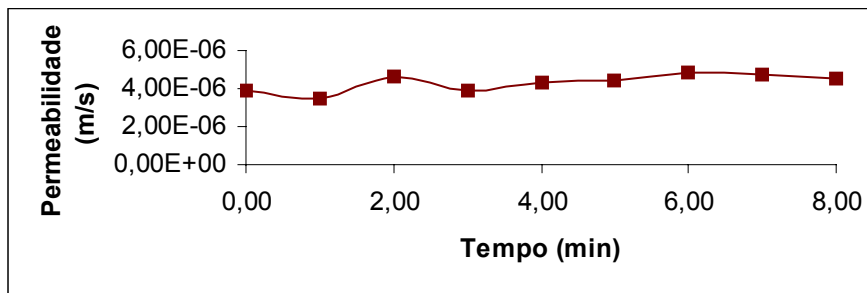
Figura 93 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 68,8°C: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



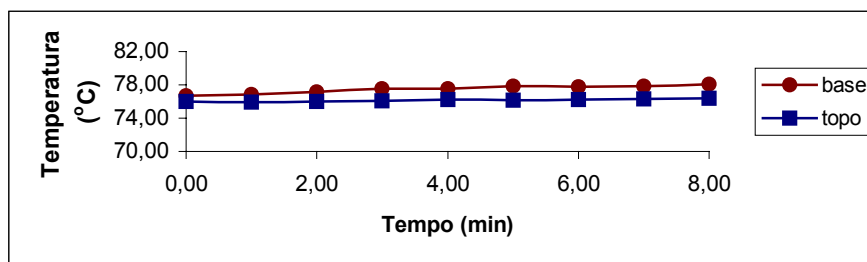
(a)



(b)



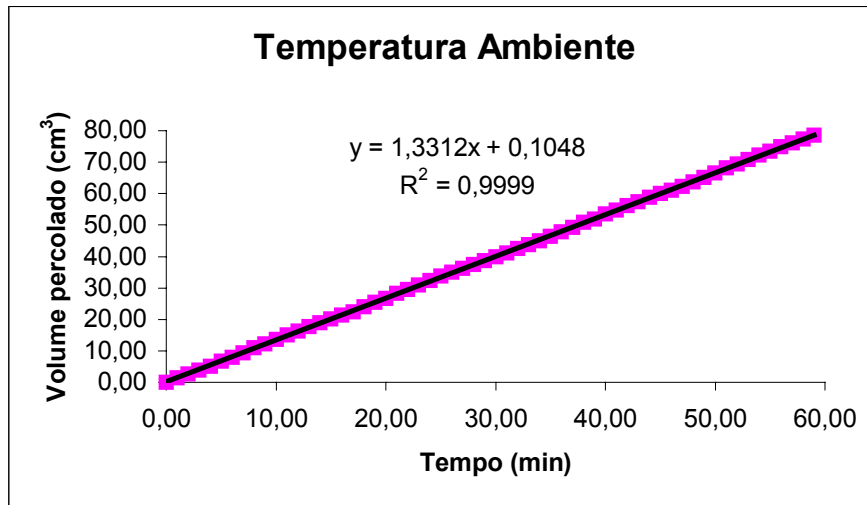
(c)



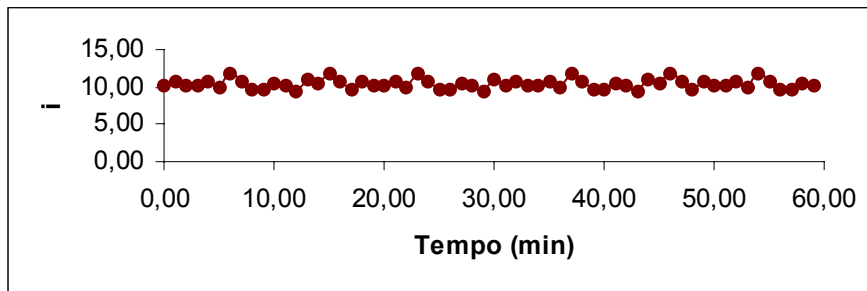
(d)

Figura 94 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 77,5°C: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.

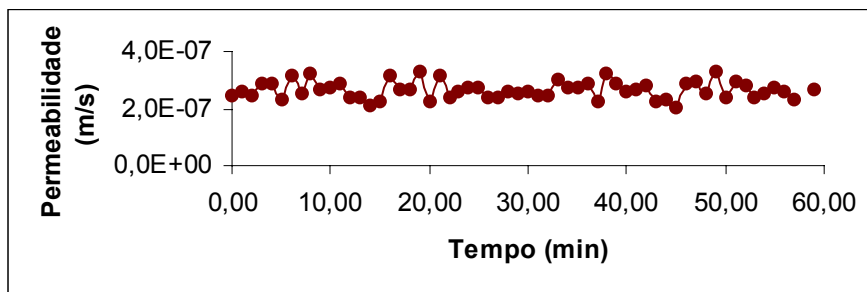
B.2.2
Solo da Cidade dos Meninos



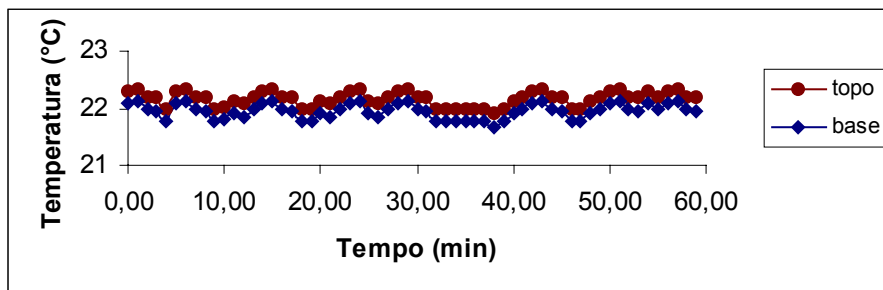
(a)



(b)

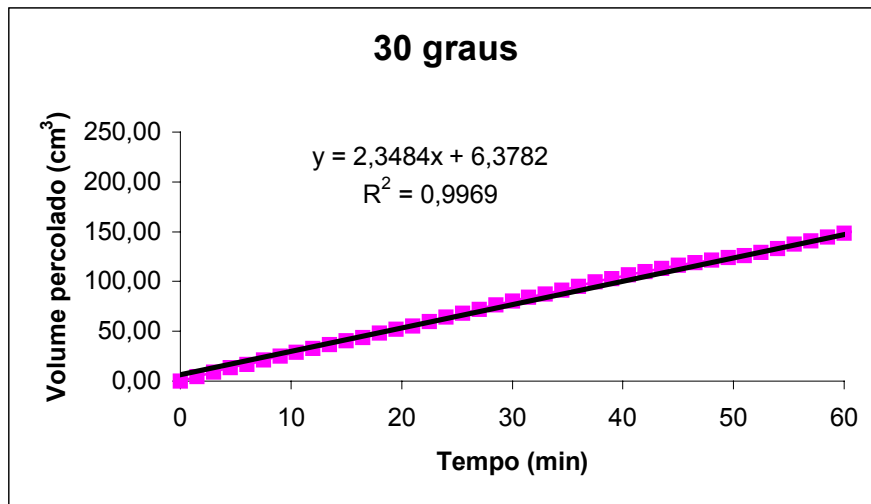


(c)

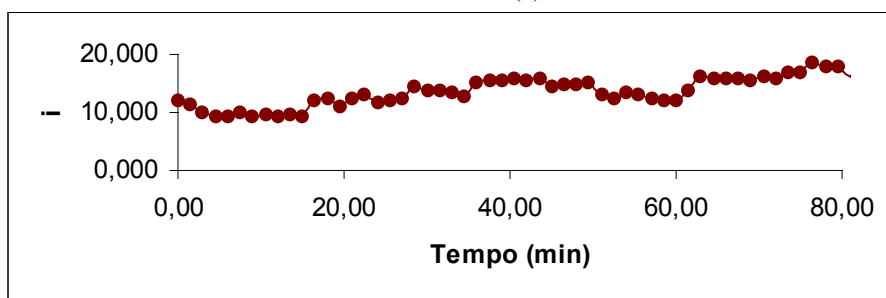


(d)

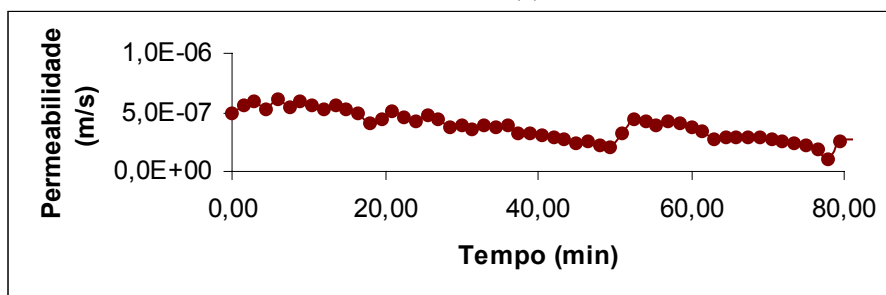
Figura 95 – Ensaio de permeabilidade da amostra a temperatura ambiente: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



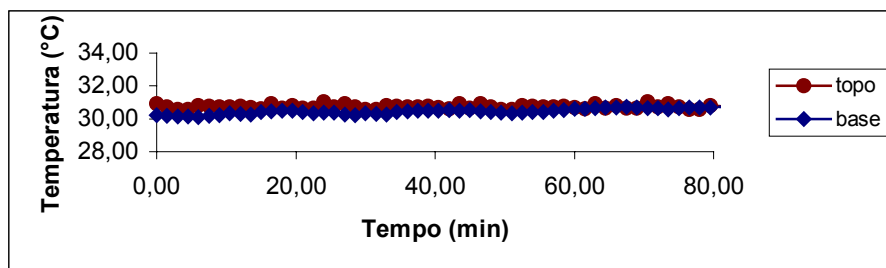
(a)



(b)

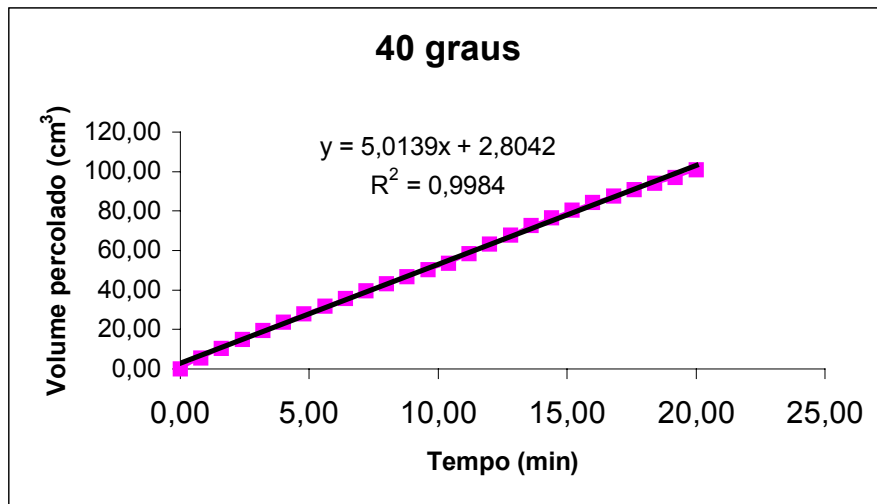


(c)

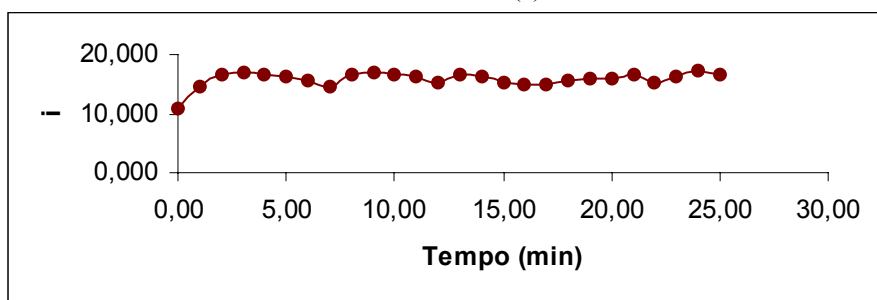


(d)

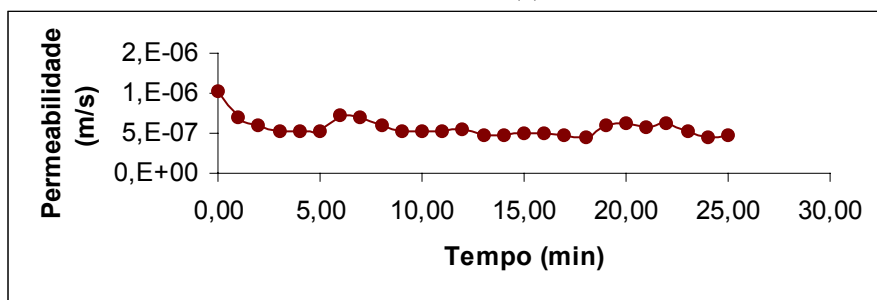
Figura 96 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 30,8°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



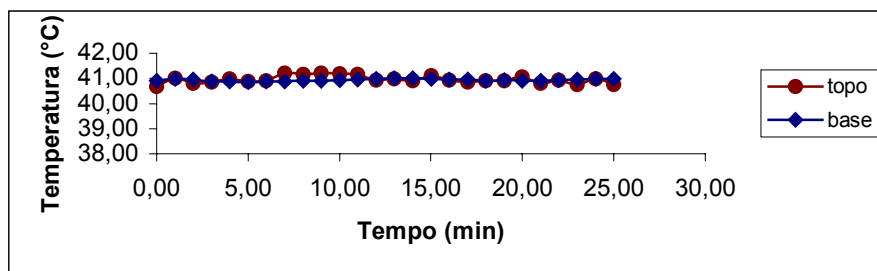
(a)



(b)

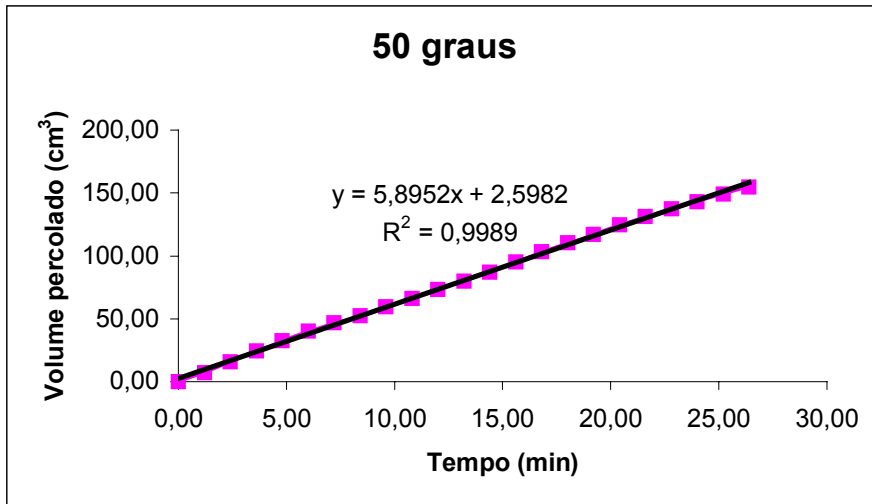


(c)

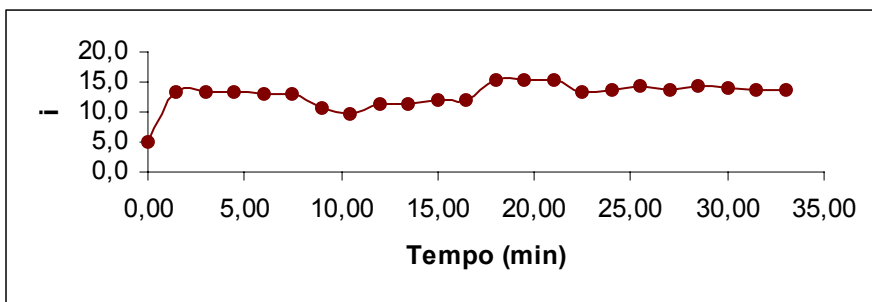


(d)

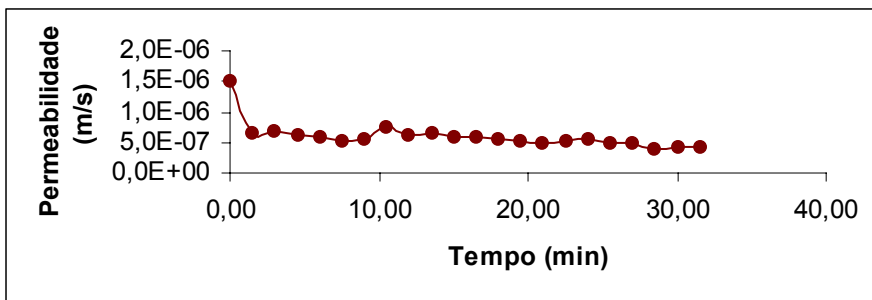
Figura 97 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 41,0°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



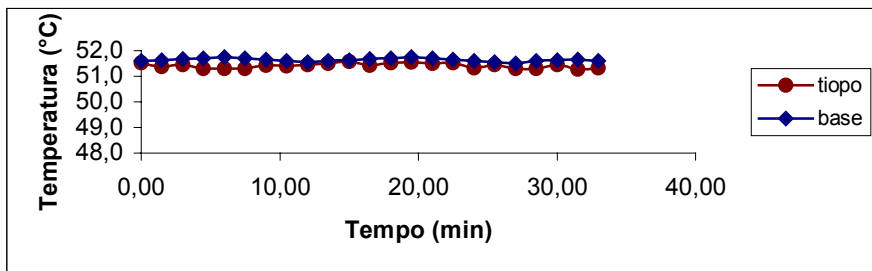
(a)



(b)

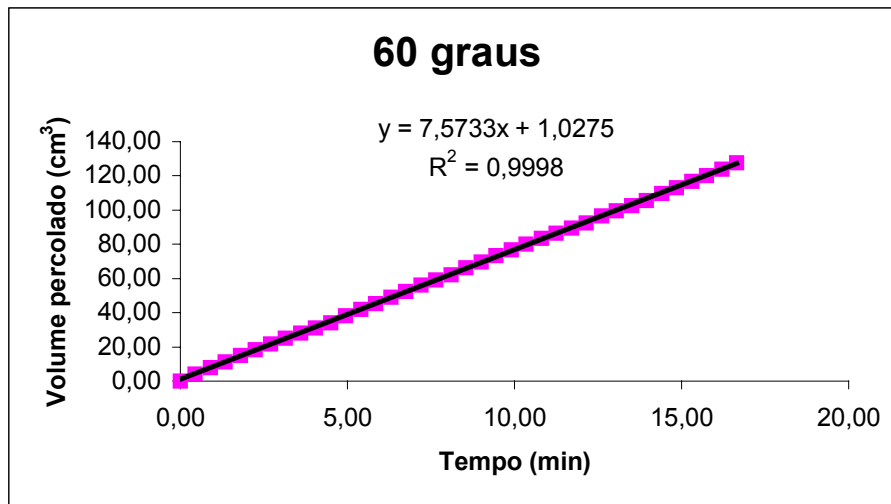


(c)

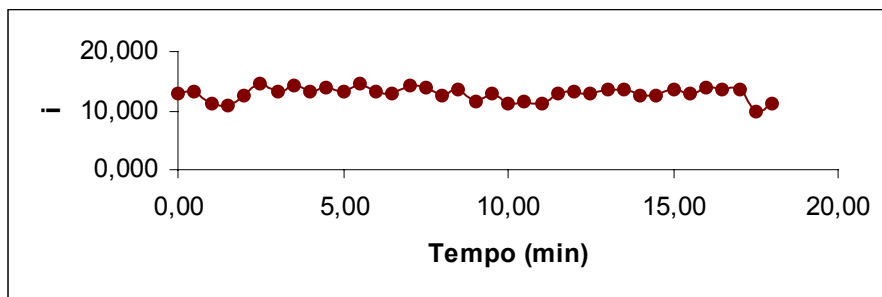


(d)

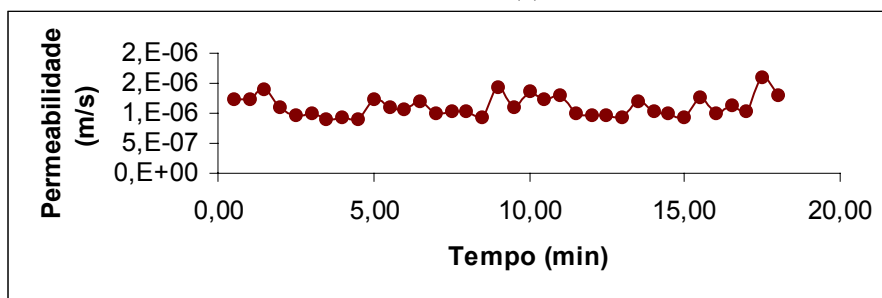
Figura 98 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 51,4°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



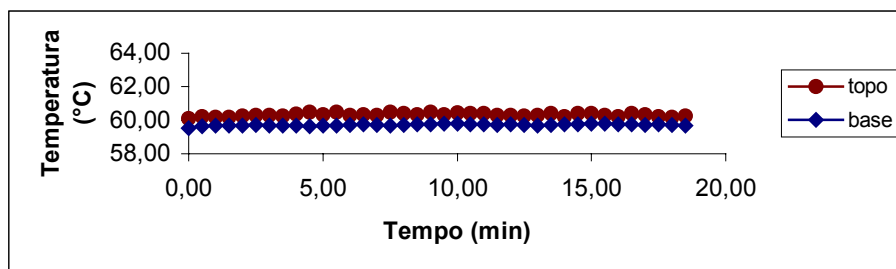
(a)



(b)

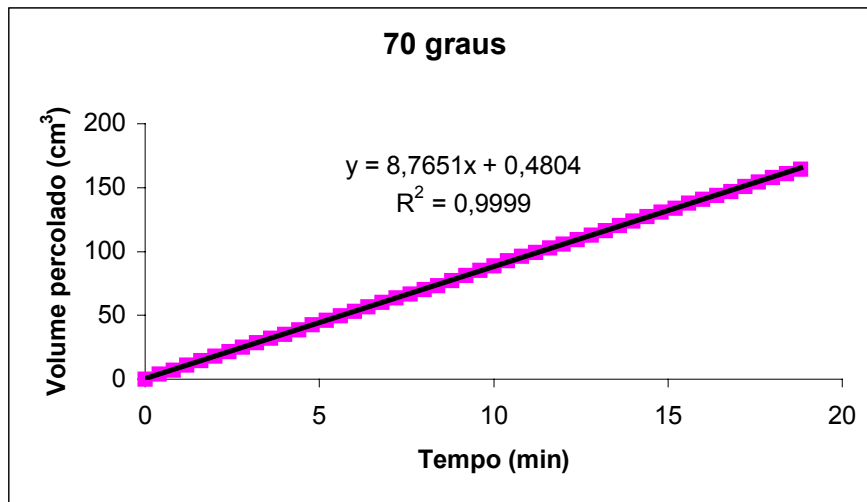


(c)

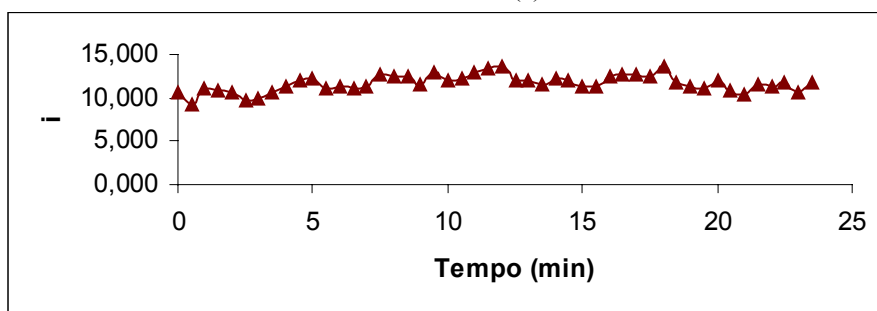


(d)

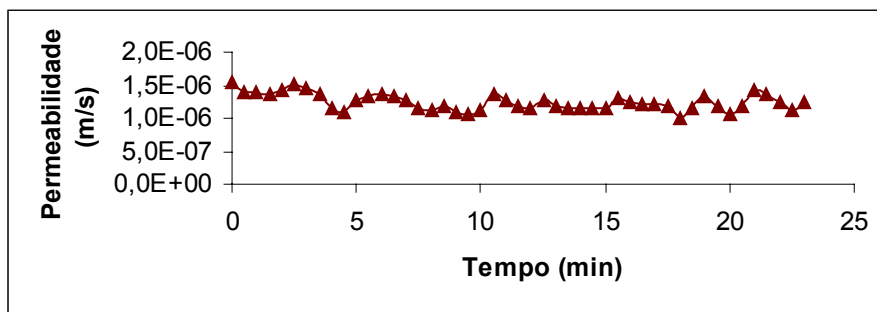
Figura 99 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 60,3°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



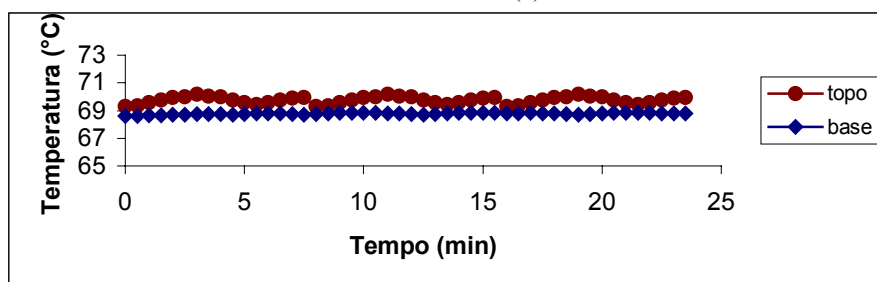
(a)



(b)

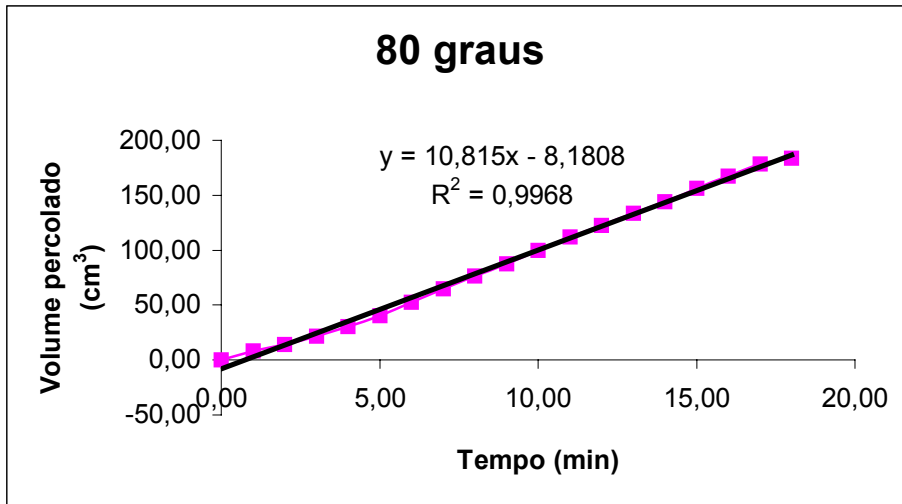


(c)

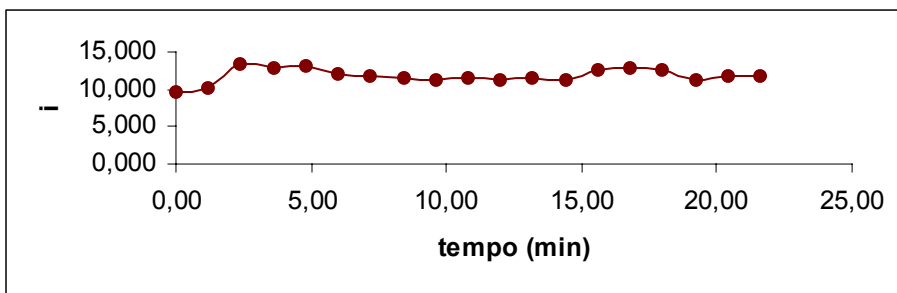


(d)

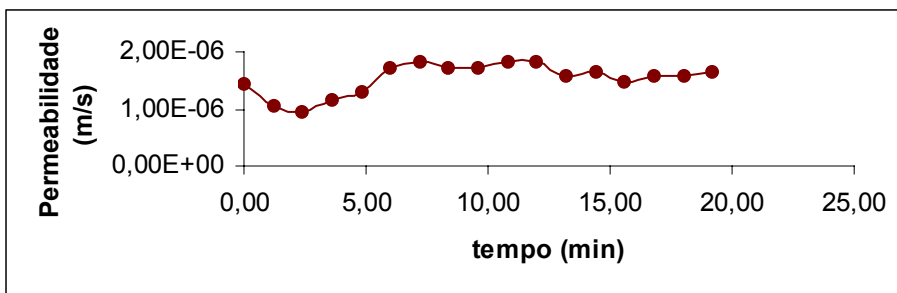
Figura 100 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 69,8°C: (a) variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.



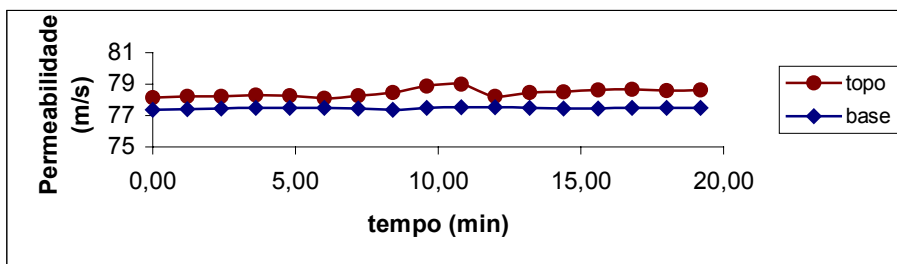
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 101 – Ensaio de permeabilidade com a amostra na temperatura de 77,5°C: (a)variação do volume com o tempo; (b) variação do gradiente hidráulico com o tempo; (c) variação da condutividade hidráulica com o tempo; (d) variação da temperatura com o tempo.

Apêndice C

Dados para a obtenção do Calor Específico

Apresenta-se neste apêndice as curvas temperatura x tempo, referentes aos ensaios de calor específico. Foram realizados quatro ensaios para o solo do Campo Experimental e quatro ensaios para o solo da Cidade dos Meninos, para as condições de compactação pré-estabelecidas no item 5.2.1.

Tanto para o solo do Campo Experimental como para o solo da Cidade dos Meninos foram compactados corpos de prova com energias diferentes, variando o índice de vazios, e estes dados também estão aqui apresentados.

Para cada ensaio é apresentado uma figura com as informações dos parâmetros do solo ensaiado na parte superior e um gráfico mostrando a variação da temperatura com o tempo para três valores externos de temperatura.

C.1
Solo do Campo Experimental

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
14,09	0,91	13,04	38,55	0,374
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
45,8	25,8	3,26	0,241	1,011
48,8	26,5	3,17	0,251	1,050
57,7	27,3	3,08	0,263	1,101

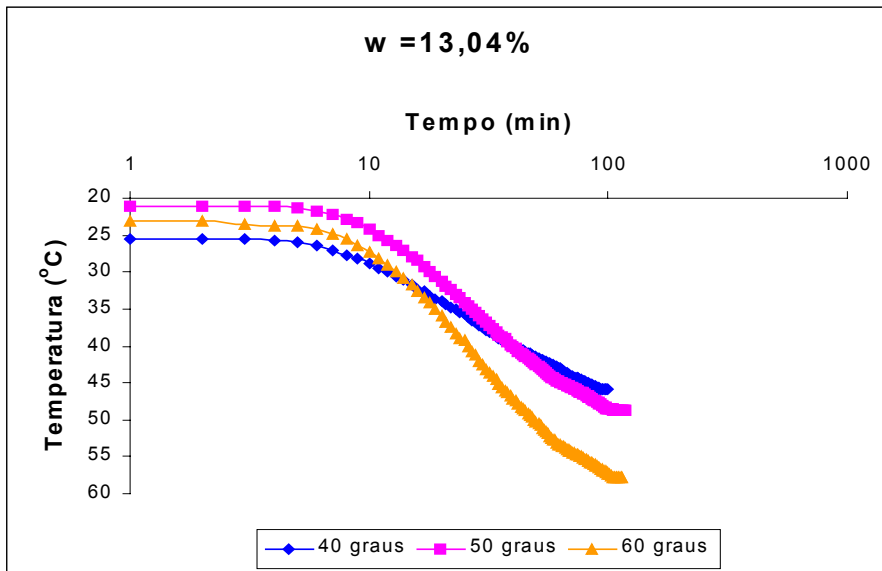


Figura 102- Ensaio de calor específico para o solo do Campo Experimental, CP 1.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
14,08	0,91	7,93	23,40	0,314
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
42,3	25,8	3,25	0,235	0,982
52	26,9	3,12	0,246	1,029
57,7	27,5	3,05	0,255	1,069

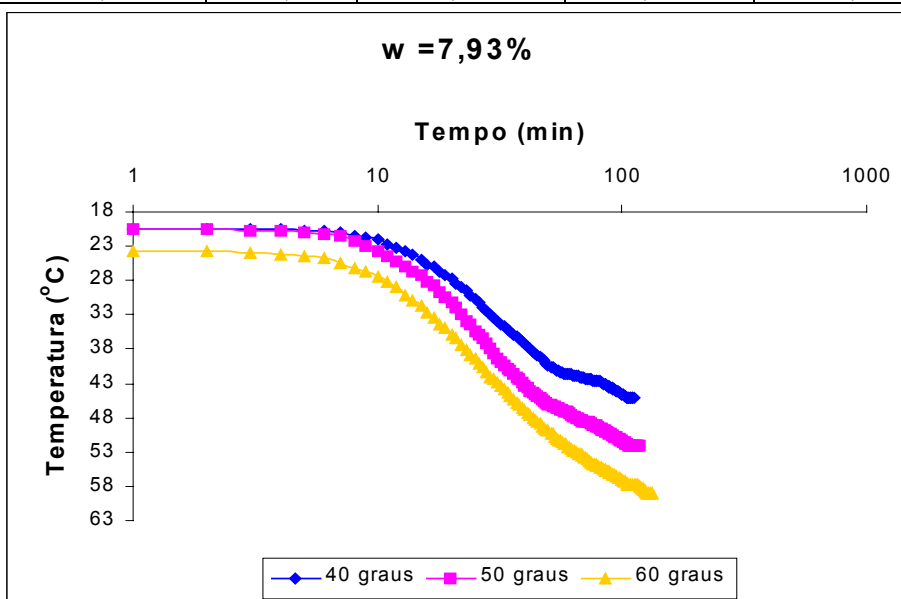


Figura 103- Ensaio de calor específico para o solo do Campo Experimental, CP 2.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
14,10	0,91	12,21	36,18	0,344
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
45	27,9	3,02	0,248	0,982
51,1	28,6	2,94	0,255	1,029
56,1	29,2	2,88	0,265	1,069

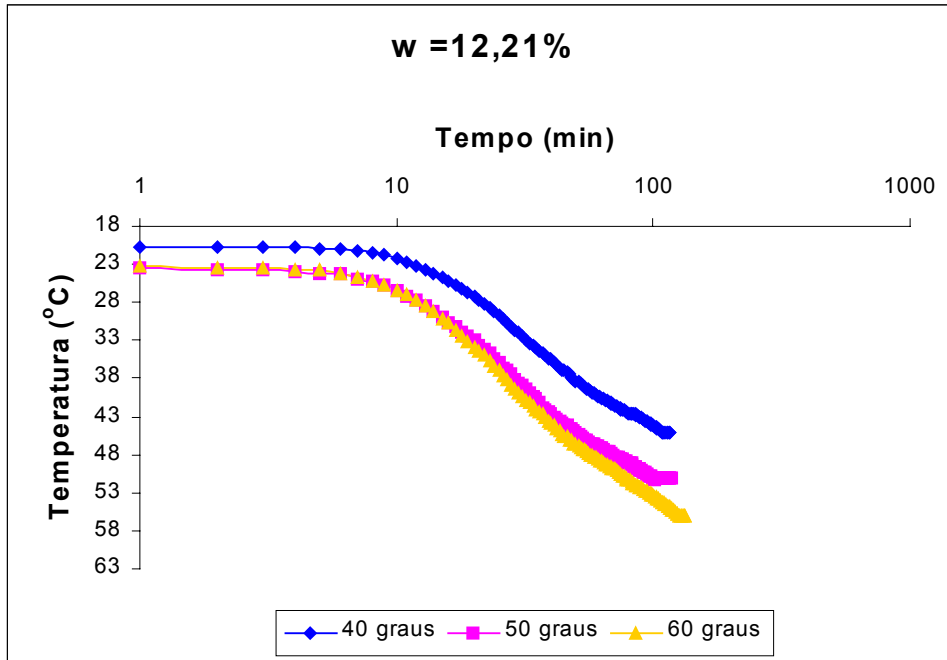


Figura 104- Ensaio de calor específico para o solo do Campo Experimental, CP 3.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
14,32	0,88	1,92	5,87	0,243
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
39,8	26,5	3,14	0,223	0,982
49,1	27,7	3,01	0,235	1,029
56,3	28,5	2,92	0,243	1,069

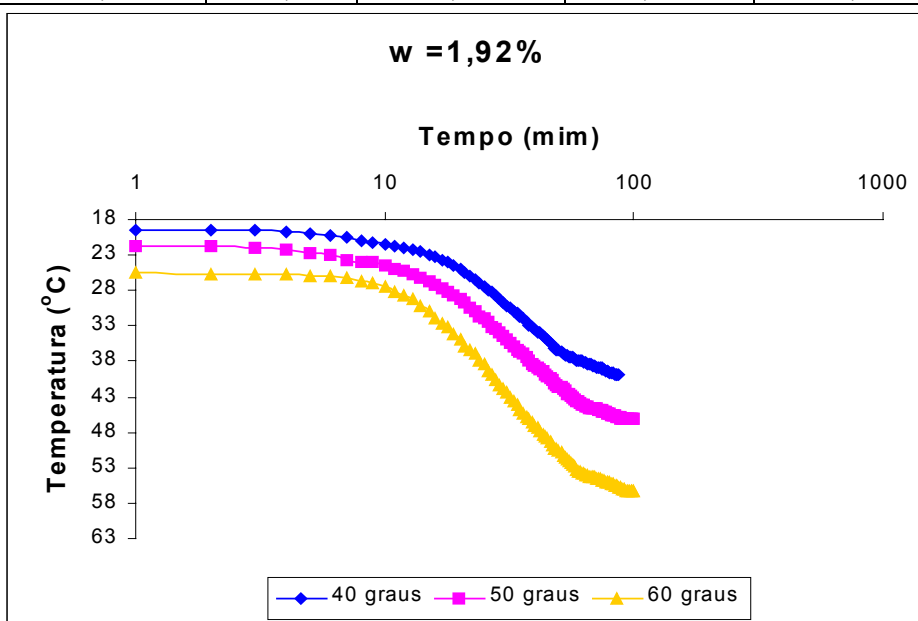


Figura 105- Ensaio de calor específico para o solo do Campo Experimental, CP 4.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ² K)
11,59	1,32	11,98	24,38	0,330
Temperatura(°C)	t ₅₀	D x 10 ⁻³ (cm ² /s)	c _s (cal/g°C)	c _s x 10 ³ (J/kg°C)
44,02	20,3	4,22	0,250	0,982
54,01	20,8	4,12	0,267	1,029
62,4	21,9	3,91	0,289	1,069

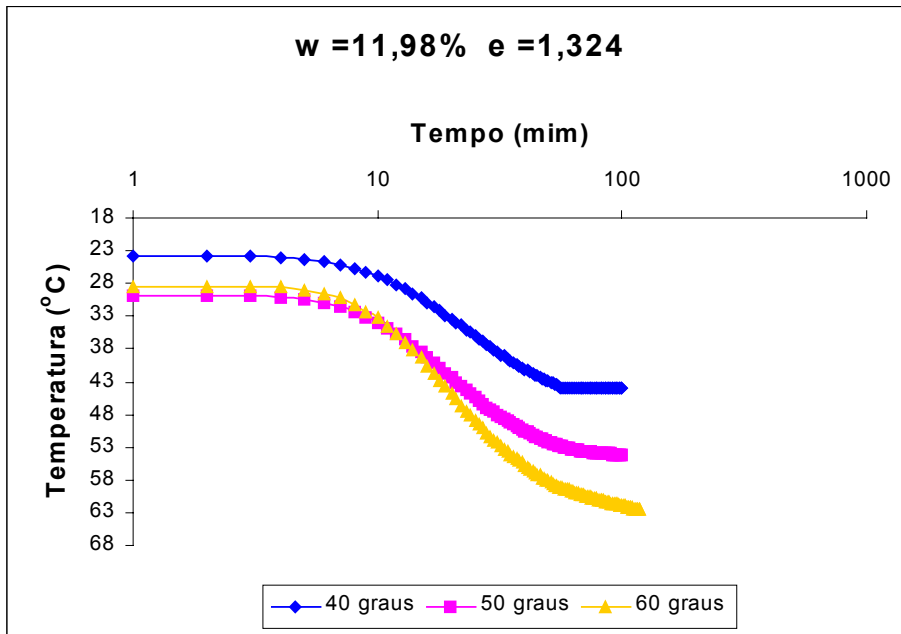


Figura 106- Ensaio de calor específico para novas condições de compactação, e=1,324.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ² K)
11,95	1,25	9,57	20,57	0,315
Temperatura(°C)	t ₅₀	D x 10 ⁻³ (cm ² /s)	c _s (cal/g°C)	c _s x 10 ³ (J/kg°C)
44,5	20,3	4,22	0,240	0,982
50,6	21,3	4,02	0,257	1,029
55,04	21,8	3,93	0,265	1,069

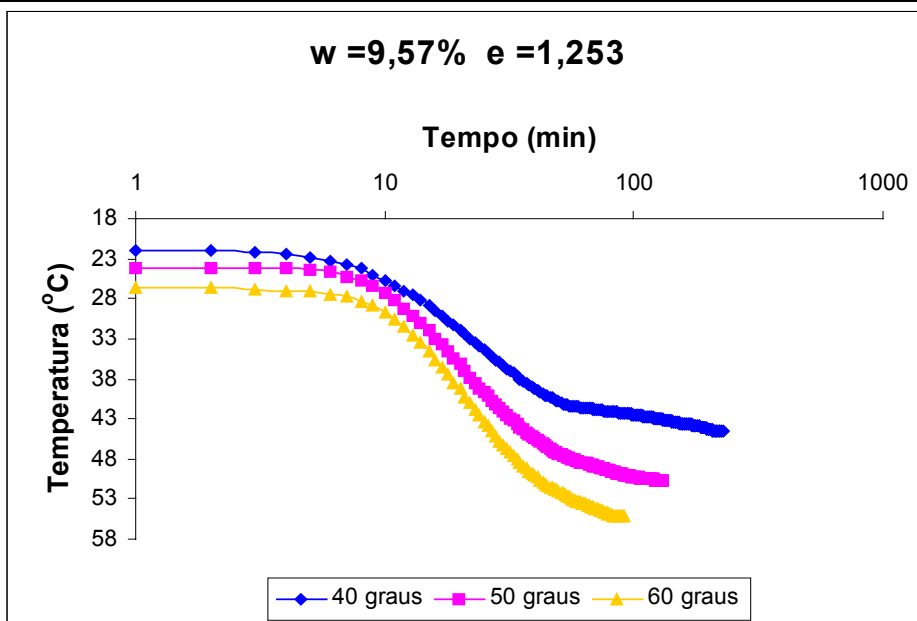


Figura 107- Ensaio de calor específico para novas condições de compactação, e=1,253.

C.2
Solo da Cidade dos Meninos.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
16,89	0,60	15,24	66,65	0,486
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
44	14,8	5,74	0,049	0,204
49,7	15,9	5,40	0,045	0,190
65,3	16,2	5,29	0,049	0,206

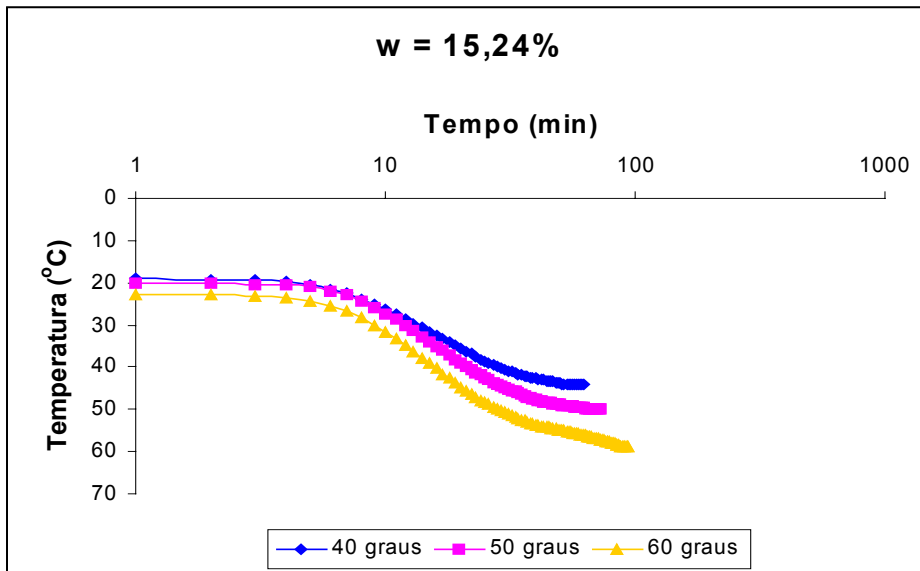


Figura 108- Ensaio de calor específico para o solo da Cidade dos Meninos, CP 1.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
16,89	0,60	7,70	33,68	0,393
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
41,6	25,5	3,33	0,188	0,787
51,5	26,5	3,23	0,197	0,824
59,7	27	3,17	0,204	0,854

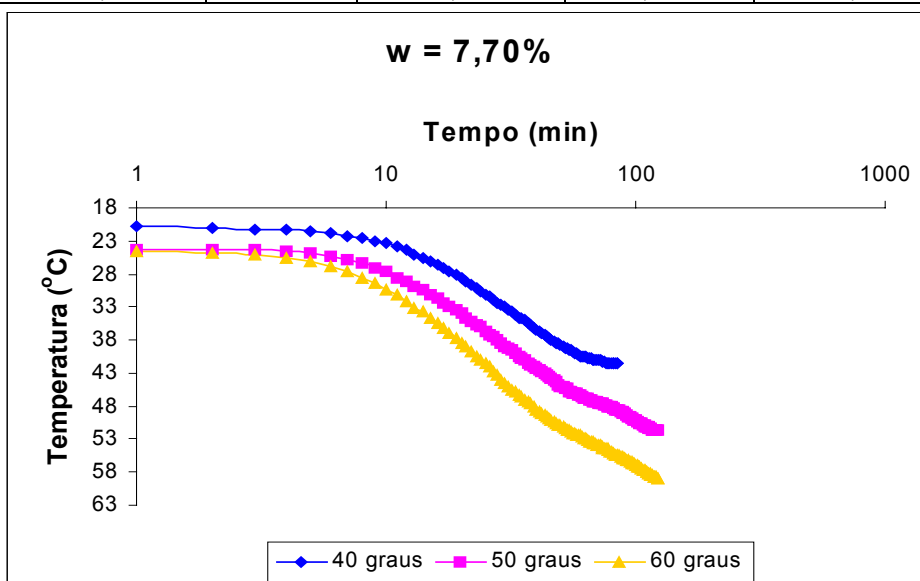


Figura 109- Ensaio de calor específico para o solo da Cidade dos Meninos, CP 2.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
17,02	0,58	2,28	10,19	0,301
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
43,9	25,4	3,35	0,177	0,787
49,4	26,2	3,27	0,182	0,824
61,5	26,9	3,19	0,188	0,854

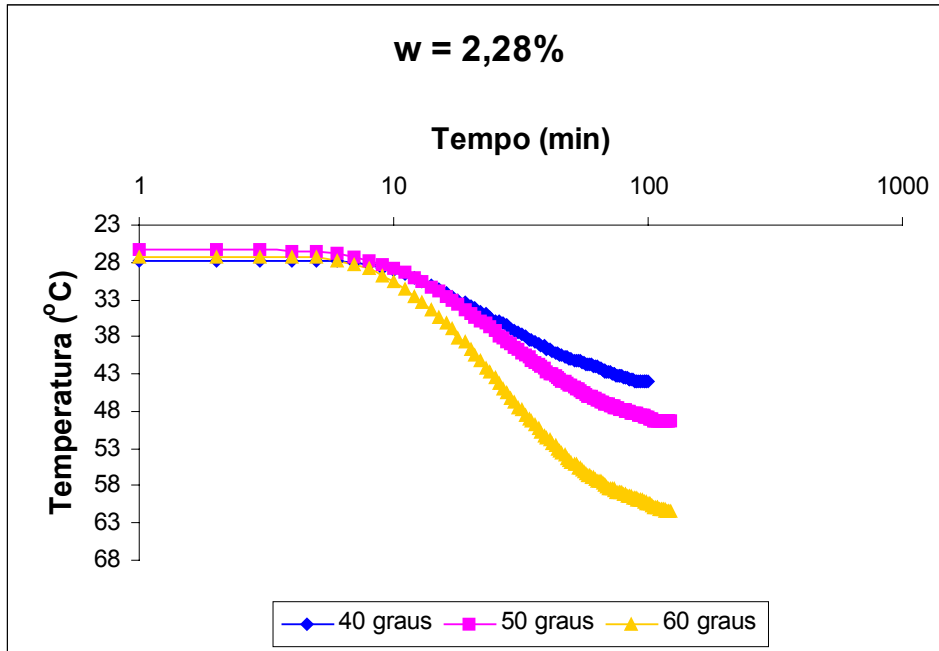


Figura 110- Ensaio de calor específico para o solo da Cidade dos Meninos, CP 3.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
16,94	0,59	6,01	26,46	0,369
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
45,8	25,5	3,33	0,187	0,785
49,3	25,8	3,321	0,190	0,794
57,3	26,4	3,25	0,195	0,817

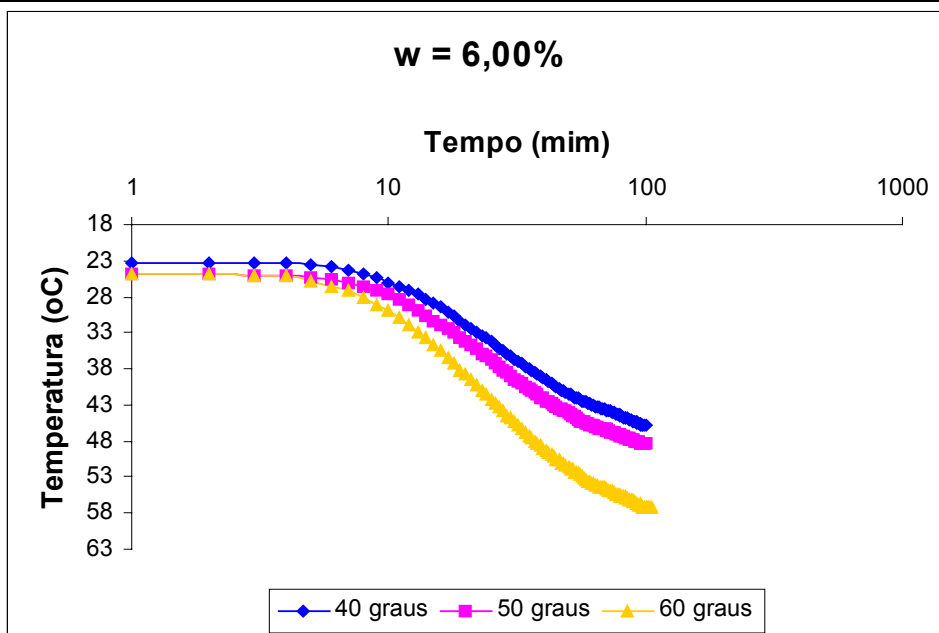


Figura 111- Ensaio de calor específico para o solo da Cidade dos Meninos, CP 4.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
15,39	0,75	8,98	32,24	0,390
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
44,02	22,5	3,81	0,189	0,791
55	22,8	3,76	0,192	0,805
65,3	23,2	3,69	0,198	0,827

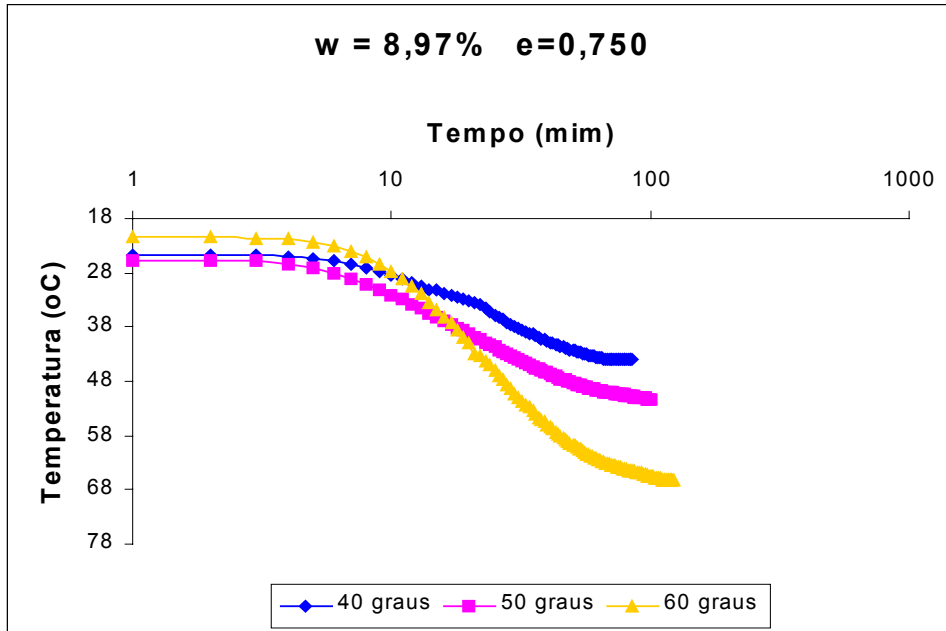


Figura 112- Ensaio de calor específico para novas condições de compactação, e=0,75.

γ_d (kN/m ³)	e	w (%)	S (%)	λ (W/m ^o K)
14,65	0,84	2,44	7,83	0,298
Temperatura(°C)	t_{50}	$D \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	c_s (cal/g ^o C)	$c_s \times 10^3$ (J/kg ^o K)
46,05	19,6	4,37	0,180	0,791
51,85	19,95	4,30	0,183	0,805
61,31	20,1	4,26	0,185	0,827

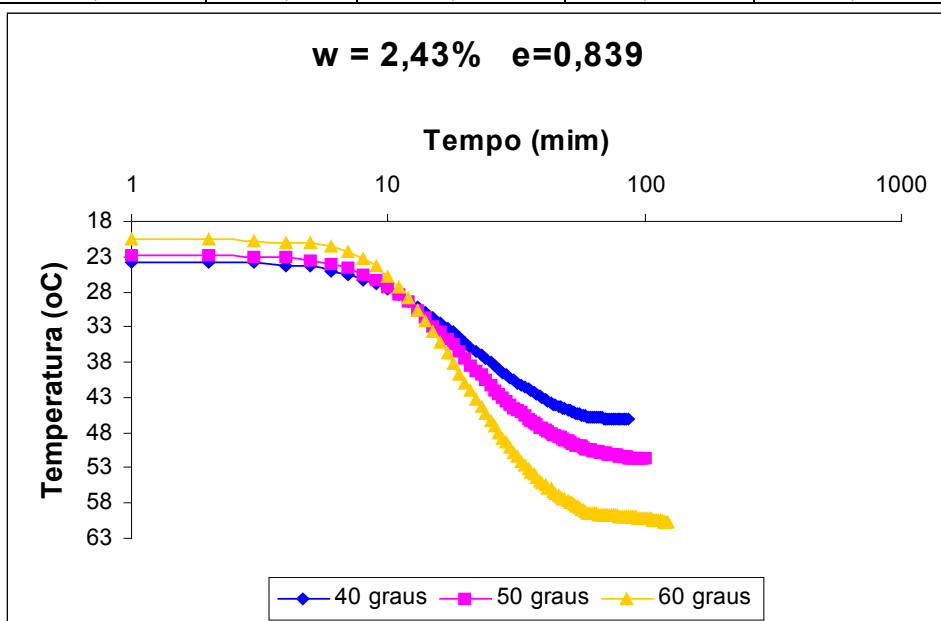


Figura 113- Ensaio de calor específico para novas condições de compactação, e=0,84.

Apêndice D

Dados para a Obtenção da Curva Característica

Neste apêndice estão apresentados os dados dos corpos de prova utilizados na determinação das curvas característica de sucção, assim como os gráficos para a determinação da umidade do papel filtro.

A determinação da sucção através da técnica do papel filtro correlaciona a umidade do papel filtro com a sucção do solo, através de uma curva de calibração, que para o papel filtro utilizado neste trabalho (Whatman N.º 42), foi proposta por Chandler et al. (1992).

Para a determinação da umidade do papel filtro utilizou-se balanças com precisão de 10^{-3} e 10^{-4} g. Com as balanças mencionadas determinou-se o peso do papel filtro após o contato com o solo e seco em estufa. Para se determinar este valor exato pesou-se o papel filtro em determinados intervalos de tempo, durante três minutos, e depois interpolou-se graficamente para se determinar o peso real de quando o papel estava em contato com o solo e quando estava na estufa.

Foram determinadas nove curvas características para o solo do Campo Experimental e quatro curvas para o solo da Cidade dos Meninos. Para cada curva característica determinada apresenta-se: os dados após a compactação dos corpos de prova, as informações dos parâmetros do solo ensaiado para a determinação dos pontos das curvas características. Os gráficos de peso do papel filtro pela raiz do tempo para cada ponto utilizado no traçado da curva característica de sucção, somente serão apresentados para o solo do Campo Experimental aquecido a 100°C . Os demais gráficos tem o mesmo padrão de comportamento. Apresenta-los aqui seria inviável devido ao grande número de gráficos.

Nota-se que o papel filtro após o contato com o solo perde peso, enquanto que após retirado da estufa, ganha peso. Isto acontece devido a tentativa do papel filtro em se equilibrar com a umidade do ar.

D.1 Solo do Campo Experimental

D.1.1 Curva do Material Seco ao Ar

Tabela 40 – Dados iniciais dos corpos de prova do material natural seco ao ar.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	16,94	13,81	22,69	0,95
02	16,78	13,67	22,78	0,97
03	16,83	13,74	22,51	0,96
04	16,81	13,74	22,36	0,96
05	16,83	13,80	21,98	0,95
06	16,81	13,81	21,74	0,95
07	16,67	13,60	22,55	0,98
08	16,83	13,74	22,47	0,96
09	16,85	13,81	22,03	0,95
10	16,81	13,81	21,74	0,95
11	16,67	13,67	21,98	0,97
Média	16,80	13,74	22,31	0,96

Tabela 41 – Parâmetros do solo ensaiado do material natural seco ao ar.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	47,84	6,29	100,46	14,11	33,91	0,91
02	46,88	5,96	98,12	14,06	33,33	0,91
03	39,01	8,14	81,57	14,05	27,77	0,92
04	36,67	17,31	76,78	14,07	26,07	0,91
05	27,94	2177,77	59,32	14,25	19,61	0,89
06	25,73	5476,51	54,42	14,20	18,13	0,90
07	20,21	7125,44	42,20	14,03	14,40	0,92
08	17,19	9942,13	36,26	14,16	12,14	0,90
09	14,30	10361,10	30,12	14,15	10,11	0,90
10	12,05	11843,71	25,58	14,24	8,46	0,89
11	4,31	15615,19	9,02	14,07	3,06	0,91
Saturado	48,52	1,00	100,00	14,13	33,66	0,91

D.1.2 Curva do Material Natural

Tabela 42 – Dados iniciais dos corpos de prova do material natural

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	16,75	13,81	21,29	0,95
02	16,58	13,74	20,65	0,96
03	16,47	13,60	21,08	0,98
04	16,64	13,67	21,71	0,97
05	16,87	13,81	22,13	0,95
06	16,63	13,81	20,44	0,95
07	16,90	13,88	21,71	0,94
08	16,41	13,67	20,02	0,97
09	16,88	13,81	22,23	0,95
10	16,84	13,88	21,29	0,94
11	16,73	13,81	21,20	0,95
Média	16,70	13,77	21,25	0,96

Tabela 43 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material natural

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	31,83	270,05	65,37	13,82	23,04	0,95
02	33,88	21,38	69,16	13,74	24,66	0,96
03	38,46	7,46	77,91	13,64	28,20	0,97
04	43,59	6,00	88,74	13,70	31,81	0,97
05	27,89	3780,64	57,18	13,79	20,22	0,95
06	23,49	9400,27	48,02	13,75	17,08	0,96
07	26,75	3552,42	55,11	13,86	19,30	0,94
08	29,61	1545,90	60,28	13,70	21,61	0,97
09	26,93	6861,25	55,34	13,82	19,48	0,95
10	23,48	7331,67	48,08	13,78	17,04	0,95
11	17,28	8064,17	35,68	13,89	12,44	0,94
Saturado	49,58	1	100	13,77	35,28	0,95

D.1.3

Curva do Material Saturado

Tabela 44 – Dados Iniciais dos Corpos de prova do material natural saturado

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	16,81	13,75	22,29	0,96
02	16,84	13,83	21,78	0,95
03	16,84	13,79	22,11	0,95
04	16,97	13,81	22,91	0,95
05	16,75	13,80	21,38	0,95
06	16,72	13,76	21,44	0,96
07	16,76	13,77	21,71	0,96
08	16,63	13,74	21,02	0,96
09	16,88	13,81	22,23	0,95
10	16,75	13,81	21,29	0,95
Média	16,79	13,79	21,82	0,953

Tabela 45 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material natural saturado

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	30,92	2335,31	63,18	13,75	22,49	0,96
02	37,25	25,08	76,55	13,83	26,94	0,95
03	36,87	68,80	75,56	13,79	26,74	0,95
04	38,28	20,47	78,58	13,81	27,72	0,95
05	35,26	665,21	72,29	13,80	25,55	0,95
06	45,75	7,32	93,57	13,76	33,24	0,96
07	39,31	6,20	80,45	13,77	28,54	0,96
08	11,12	9242,57	22,94	13,87	8,02	0,94
09	25,29	5021,68	52,10	13,86	18,25	0,94
10	30,67	2916,08	62,93	13,80	22,22	0,95
Saturado	49,74	1,00	100,00	13,80	35,31	0,95

D.1.4 Curva do Material Submetido a Temperatura de 50°C

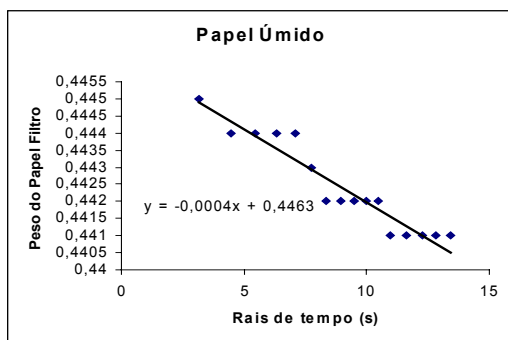
Tabela 46 – Dados Iniciais dos corpos de prova após compactação

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,07	14,07	21,29	0,91
02	16,97	14,06	20,65	0,92
03	16,48	13,61	21,08	0,98
04	16,92	13,90	21,71	0,94
05	16,52	13,53	22,13	0,99
06	16,64	13,82	20,44	0,95
07	17,20	14,13	21,71	0,91
08	15,81	13,18	20,02	1,04
09	16,47	13,48	22,23	0,99
10	16,09	13,27	21,29	1,03
11	16,73	13,81	21,20	0,95
12	17,31	14,15	22,32	0,90
13	16,58	13,71	20,93	0,97
14	16,26	13,57	19,85	0,98
Média	16,65	13,73	21,20	0,96

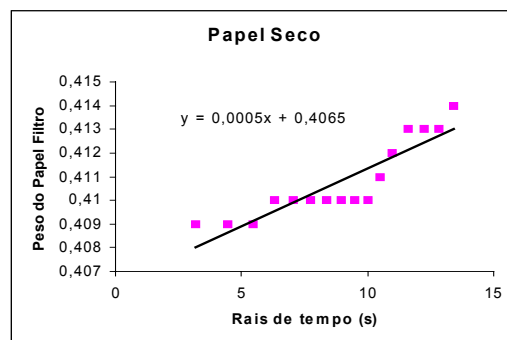
Tabela 47 – Parâmetros do solo ensaiado do Material aquecido a 50°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	12,71	9204,35	24,83	14,06	8,44	0,92
02	8,71	11415,52	17,04	14,08	5,78	0,91
03	17,30	6181,09	32,65	13,63	11,83	0,98
04	22,47	6181,09	42,38	13,88	14,79	0,94
05	1,80	31256,84	3,36	13,54	1,24	0,99
06	18,85	6685,20	36,07	13,81	12,72	0,95
07	17,73	9409,16	34,85	14,13	11,72	0,91
08	23,67	5791,53	43,01	13,16	16,71	1,05
09	28,78	3380,46	54,61	13,70	19,58	0,97
10	4,74	15985,97	8,70	13,28	3,32	1,03
11	39,91	7,51	81,84	12,80	28,92	0,95
12	36,22	19,49	76,39	13,16	25,58	0,90
13	27,95	1304,30	56,85	12,69	20,42	0,97
14	33,12	38,92	66,77	13,57	24,40	0,98
Saturado	48,23	1	100	13,54	35,63	0,96

D.1.5 Curva do Material Submetido a Temperatura de 100°C



(a)



(b)

Figura 114- Determinação do peso no tempo zero – CP1 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

Tabela 48 – Dados Iniciais dos corpos de prova após compactação

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,01	13,89	22,45	0,94
02	16,70	13,66	22,21	0,97
03	15,98	13,30	20,19	1,03
04	16,38	13,50	21,35	1,00
05	17,19	13,99	22,89	0,92
06	16,68	13,47	23,78	1,00
07	15,94	12,86	23,96	1,09
08	16,40	13,15	24,65	1,05
09	17,06	13,66	24,89	0,97
10	16,58	13,36	24,13	1,02
11	16,69	13,46	23,98	1,00
12	18,53	14,81	25,12	0,82
13	15,82	12,64	25,14	1,13
14	18,57	15,00	23,76	0,80
15	17,26	13,97	23,56	0,93
16	18,08	14,54	24,36	0,85
17	18,86	15,26	24,98	0,77
18	18,74	15,00	24,98	0,80
Média	17,14	13,86	23,69	0,95

Tabela 49 – Parâmetros do solo ensaiado do material aquecido a 100°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	6,34	17021,83	13,17	13,97	0,93	4,54
02	7,17	14603,74	14,67	13,77	0,96	5,21
03	10,32	9780,49	20,53	13,39	1,01	7,71
04	13,85	7839,23	27,95	13,58	0,98	10,20
05	22,19	6606,88	46,54	14,09	0,91	15,75
06	4,17	11787,40	8,41	13,56	0,99	3,08
07	15,33	9962,40	29,54	12,96	1,08	11,83
08	18,03	9187,06	35,48	13,25	1,03	13,61
09	47,22	13,01	95,85	13,66	0,97	34,56
10	43,39	7,14	86,11	13,36	1,02	32,48
11	50,92	7,56	101,81	13,46	1,00	37,84
12	26,48	4196,48	58,83	14,81	0,82	17,89
13	32,97	11,33	62,15	12,64	1,13	26,08
14	31,11	1158,10	70,24	15,00	0,80	20,74
15	32,56	69,01	67,63	13,97	0,93	23,31
16	26,08	6105,44	56,69	14,54	0,85	17,94
17	30,86	2079,15	71,86	15,36	0,75	20,09
18	27,86	4263,29	63,29	15,07	0,79	18,48
Saturado	48,60	1,00	100,00	13,91	0,94	34,94

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9924939/CB

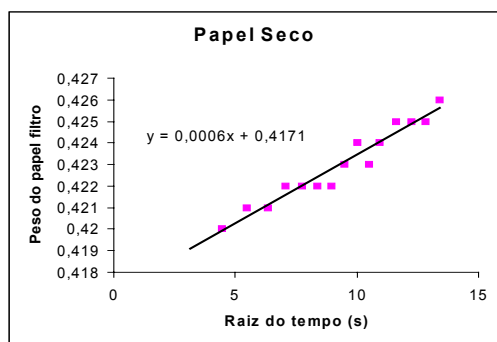
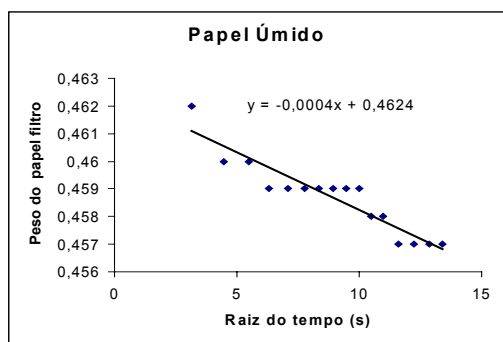
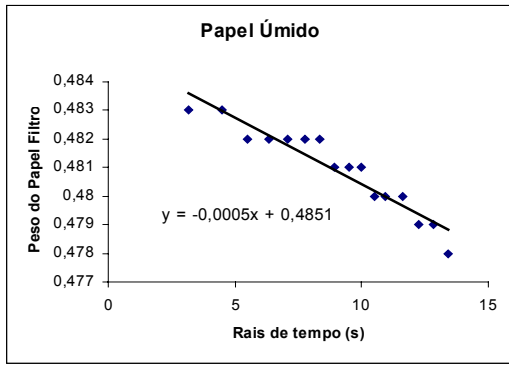
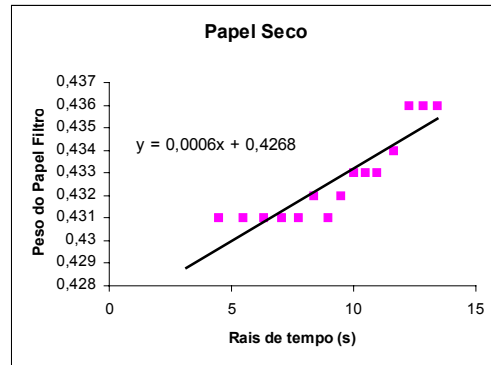


Figura 115- Determinação do peso no tempo zero – CP2: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

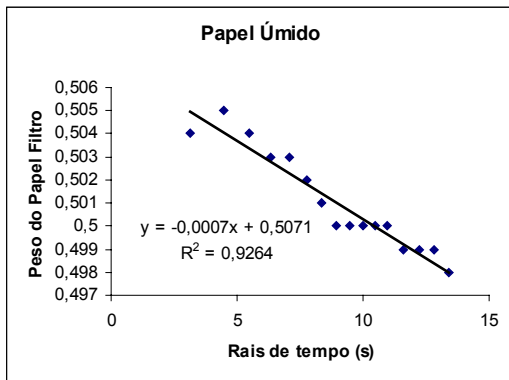


(a)

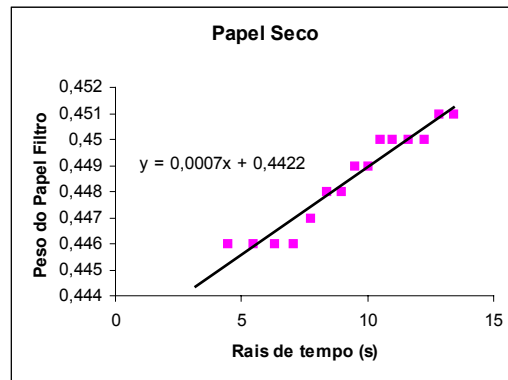


(b)

Figura 116- Determinação do peso no tempo zero – CP3: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

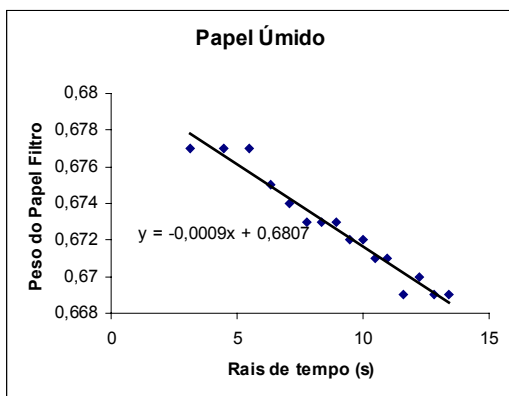


(a)

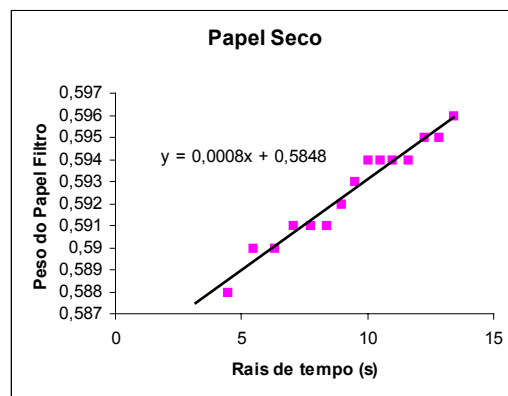


(b)

Figura 117- Determinação do peso no tempo zero – CP4: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

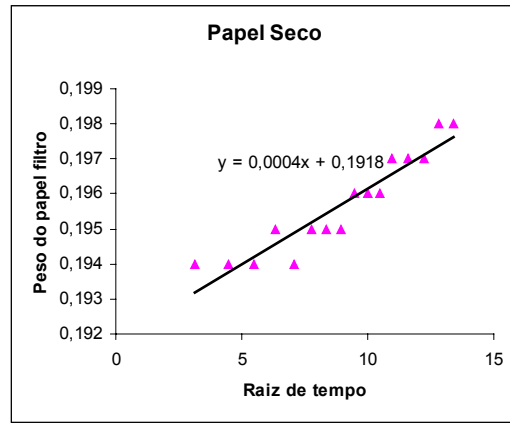
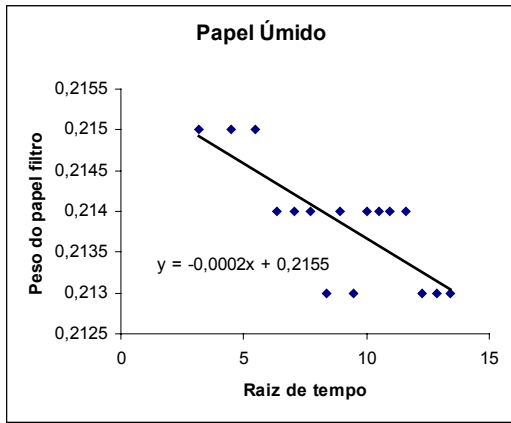


(a)



(b)

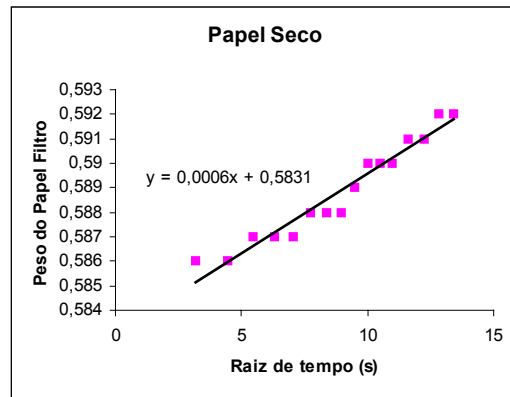
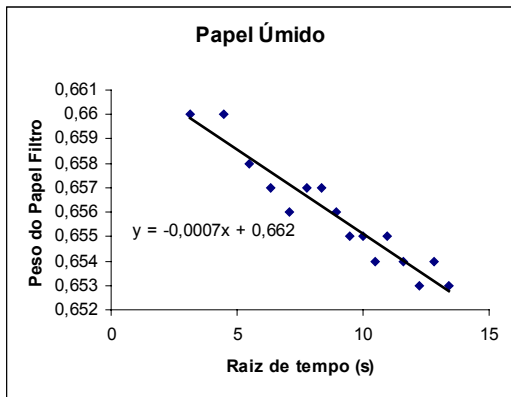
Figura 118- Determinação do peso no tempo zero – CP5: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



(a)

(b)

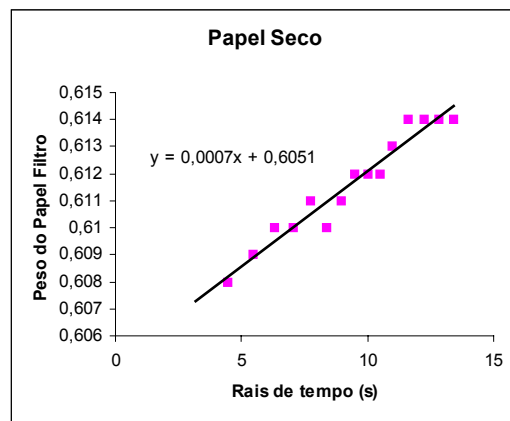
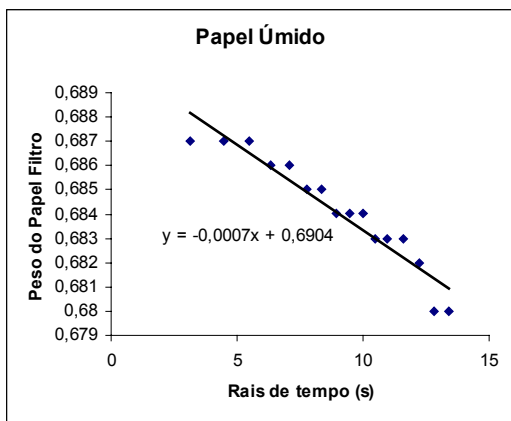
Figura 119- Determinação do peso no tempo zero – CP6 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



(a)

(b)

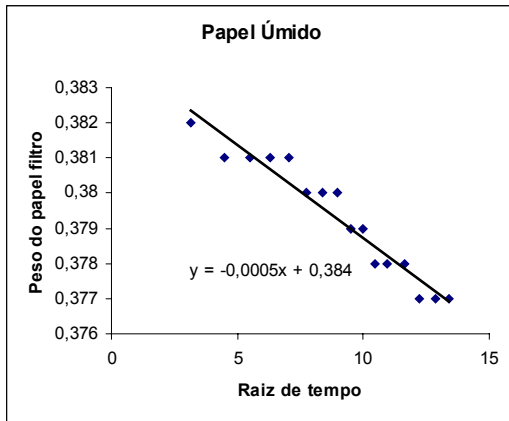
Figura 120- Determinação do peso no tempo zero – CP7: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



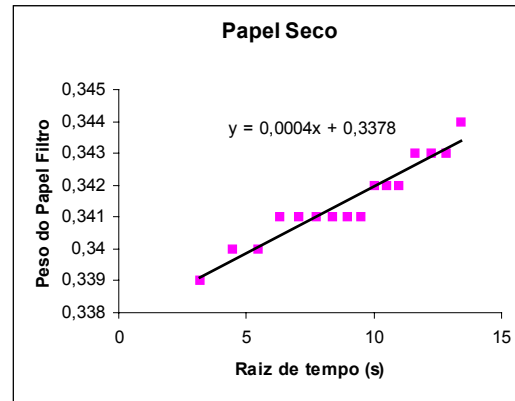
(a)

(b)

Figura 121- Determinação do peso no tempo zero – CP8 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

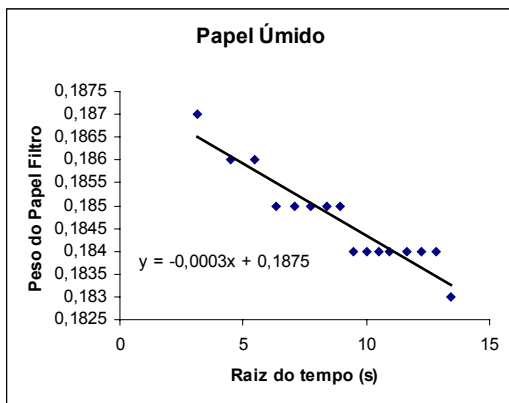


(a)

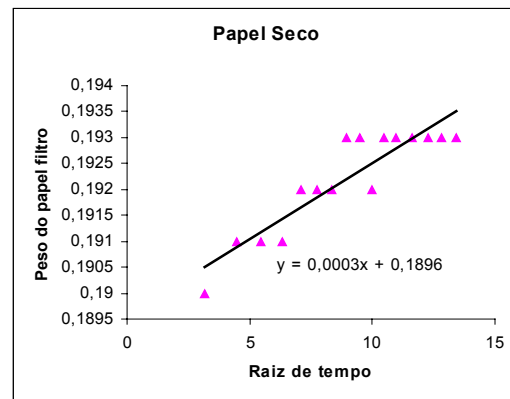


(b)

Figura 122- Determinação do peso no tempo zero – CP9 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

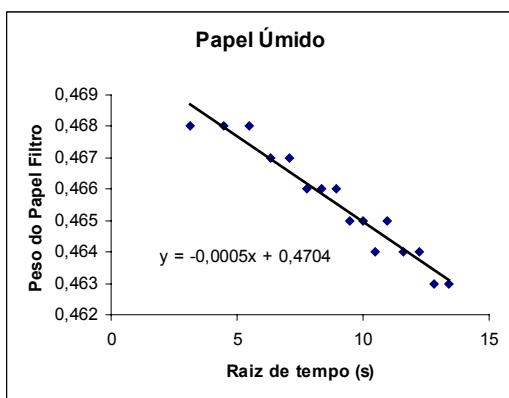


(a)

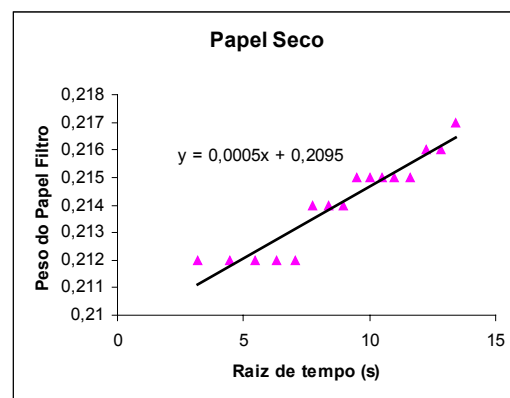


(b)

Figura 123- Determinação do peso no tempo zero – CP10 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

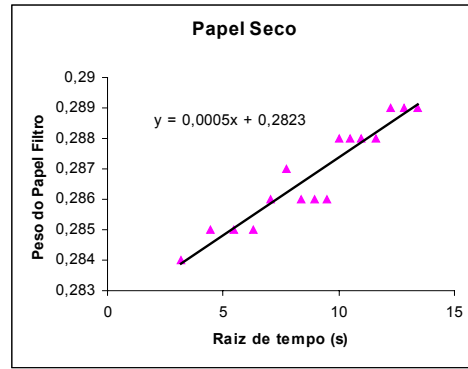
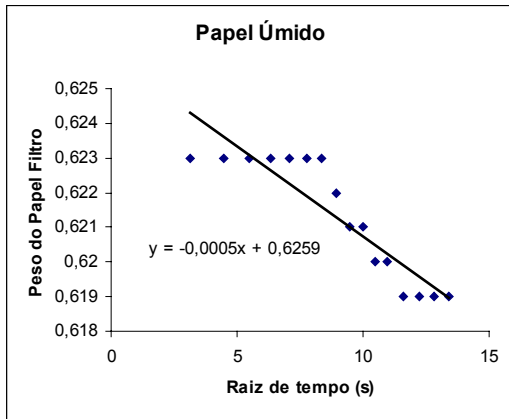


(a)



(b)

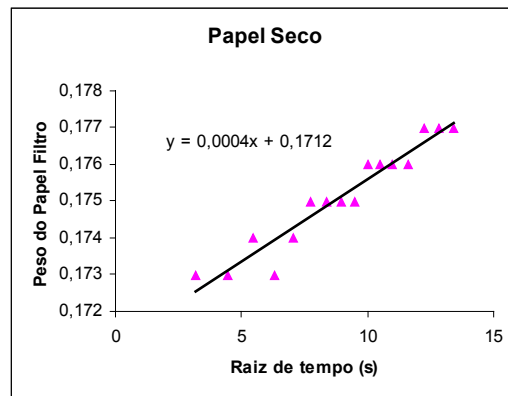
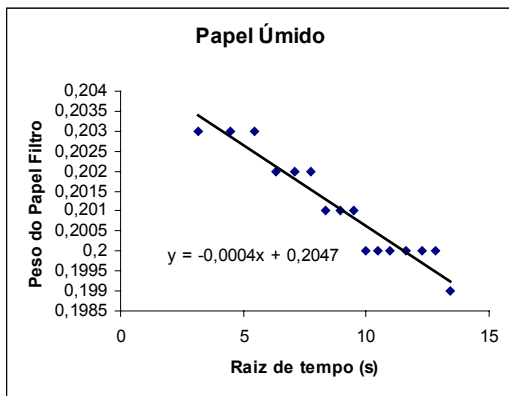
Figura 124- Determinação do peso no tempo zero – CP11: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



(b)

(a)

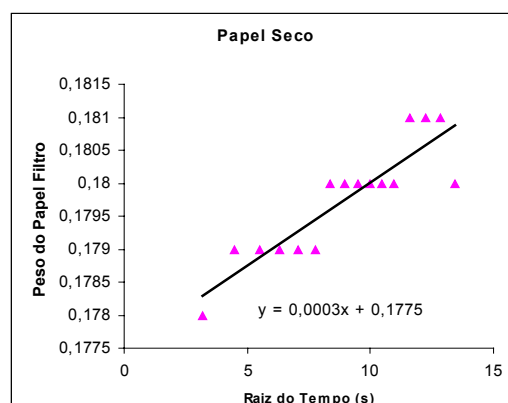
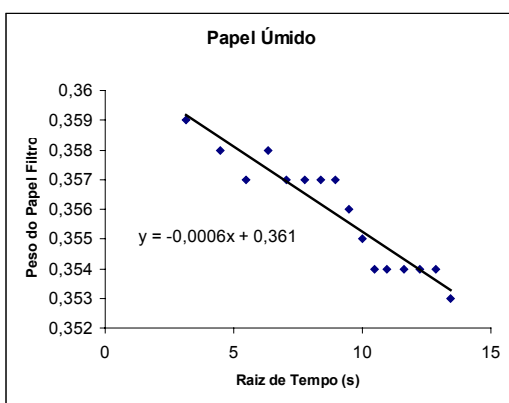
Figura 125- Determinação do peso no tempo zero – CP12 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



(b)

(a)

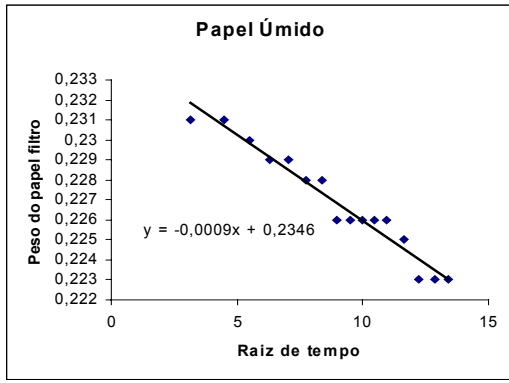
Figura 126- Determinação do peso no tempo zero – CP13 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



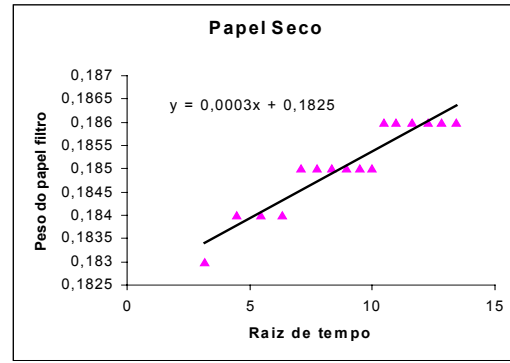
(b)

(a)

Figura 127- Determinação do peso no tempo zero – CP14 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

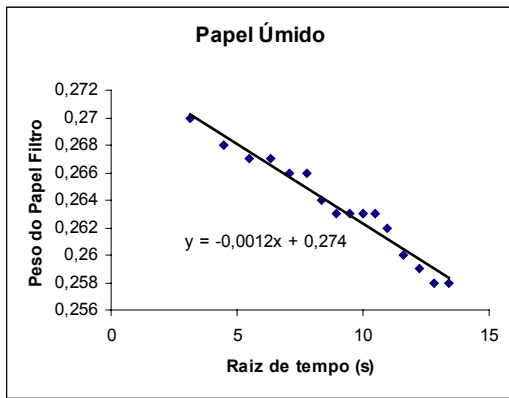


(a)

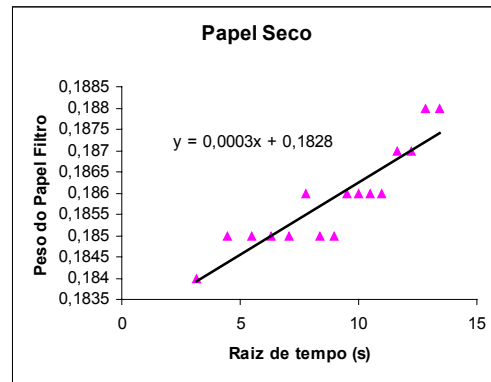


(b)

Figura 128- Determinação do peso no tempo zero – CP15: (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

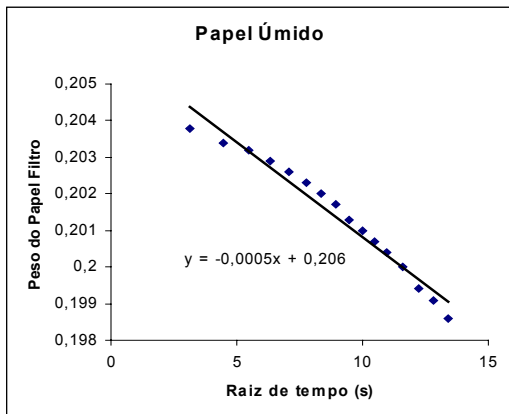


(a)

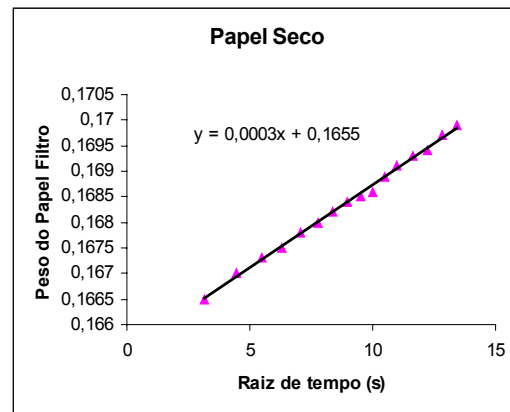


(b)

Figura 129- Determinação do peso no tempo zero – CP16 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.



(a)



(b)

Figura 130- Determinação do peso no tempo zero – CP17 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

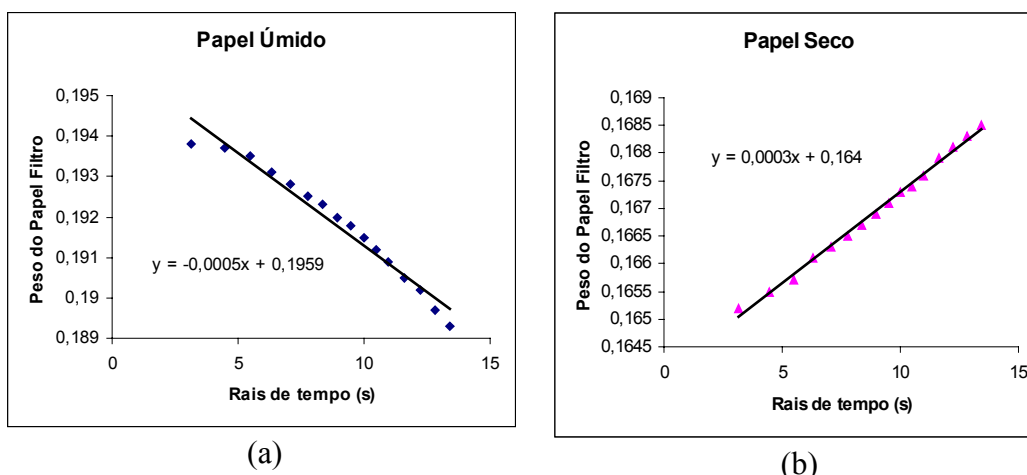


Figura 131- Determinação do peso no tempo zero – CP18 (a) após o contato com o solo, (b) após secagem em estufa. Temperatura de 100°C.

D.1.6

Curva Característica do Material Submetido a 200°C.

Tabela 50 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,19	13,81	24,46	0,95
02	17,54	13,94	25,89	0,93
03	17,04	13,88	22,76	0,94
04	17,11	13,95	22,64	0,93
05	17,38	14,03	23,83	0,92
06	17,14	13,66	25,53	0,97
07	17,03	13,88	22,67	0,94
08	17,33	13,93	24,39	0,93
09	17,19	14,05	22,31	0,92
10	17,22	13,81	24,66	0,95
11	16,87	13,49	25,00	1,00
12	17,45	13,96	25,00	0,93
Média	17,21	13,87	24,10	0,94

Tabela 51 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 200°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	6,81	8111,33	14,98	14,69	4,64	0,83
02	12,00	7659,04	25,92	14,46	8,30	0,86
03	16,65	7685,64	36,13	14,52	11,46	0,85
04	22,27	6929,99	49,78	14,88	14,97	0,81
05	28,14	3583,55	60,62	14,43	19,50	0,87
06	31,17	69,31	65,14	14,05	22,19	0,92
07	35,15	22,40	78,06	14,80	23,74	0,82
08	39,51	6,62	81,87	13,93	28,36	0,93
09	40,39	7,87	84,47	14,05	28,75	0,92
10	0,79	47176,55	1,75	14,85	0,53	0,81
11	29,23	487,57	60,38	13,89	21,04	0,94
	33,38	36,14	72,49	14,53	22,98	0,85
Saturado	47,44	1,00	100,00	14,42	32,23	0,87

D.1.7**Curva Característica do Material Submetido a 300°C.**

Tabela 52 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,16	13,95	22,96	0,93
02	17,02	13,88	22,62	0,94
03	16,87	13,67	23,38	0,97
04	17,30	13,81	25,25	0,95
05	17,12	13,95	22,67	0,93
06	17,54	14,10	24,39	0,91
07	16,70	13,60	22,81	0,98
08	17,13	13,74	24,66	0,96
09	17,04	13,81	23,37	0,95
10	16,71	13,60	22,89	0,98
11	1,699	1,391	22,10	0,930
12	17,04	13,96	22,10	0,950
Média	17,05	1,383	23,268	0,95

Tabela 53 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 300°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	7,14	14076,57	16,08	14,97	4,77	0,80
02	11,20	11466,30	25,07	14,90	7,52	0,81
03	16,38	7840,70	35,05	14,35	11,42	0,88
04	21,60	8985,08	48,02	14,81	14,58	0,82
05	26,52	5611,24	57,62	14,53	18,25	0,85
06	28,06	4203,28	62,35	14,81	18,95	0,82
07	35,74	7,30	75,47	14,18	25,21	0,90
08	37,14	7,31	82,41	14,79	25,11	0,82
09	4,92	22054,04	10,53	14,35	3,43	0,88
10	0,55	52287,81	1,22	14,85	0,37	0,81
11	30,13	78,25	64,18	14,29	21,09	0,89
12	34,37	13,64	72,59	14,18	24,25	0,90
Saturado	45,88	1,00	100,00	14,58	31,46	0,85

D.1.8**Curva Característica do Material Submetido a 100°C e Saturado.**

Tabela 54 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,15	13,95	22,89	0,93
02	17,36	14,03	23,78	0,92
03	17,48	14,10	23,96	0,91
04	17,60	14,12	24,65	0,91
05	17,48	14,00	24,89	0,92
06	17,47	14,07	24,13	0,91
07	17,12	13,81	23,98	0,95
08	17,37	13,88	25,12	0,94
09	17,19	13,74	25,14	0,96
10	16,92	13,67	23,76	0,97
Média	17,31	13,94	24,23	0,93

Tabela 55 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 100°C e depois saturado.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	31,50	4492,18	68,83	14,61	21,56	0,84
02	38,58	5,44	81,65	14,21	27,15	0,90
03	41,13	6,60	90,63	14,71	27,96	0,83
04	35,04	29,65	74,14	14,20	24,67	0,90
05	33,91	112,05	71,15	14,10	24,05	0,91
06	38,12	7,02	80,39	14,16	26,93	0,90
07	32,67	378,52	71,07	14,55	22,45	0,85
08	30,96	232,05	62,58	13,61	22,75	0,98
09	23,71	7454,95	51,26	14,47	16,38	0,86
10	11,59	9756,57	25,02	14,46	8,02	0,86
Saturado	44,20	1,00	100,00	14,29	30,93	0,88

D.1.9

Curva Característica do Material Submetido a 300°C e Saturado.

Tabela 56 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	17,32	14,10	22,81	0,91
02	17,13	13,74	24,66	0,96
03	17,30	14,03	23,37	0,92
04	17,06	13,88	22,89	0,94
05	17,04	13,95	22,10	0,93
06	17,13	14,03	22,10	0,92
07	17,62	14,17	24,34	0,90
08	17,61	14,10	24,87	0,91
09	17,23	13,88	24,12	0,94
Média	17,27	13,99	23,47	0,93

Tabela 57 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 300°C e posteriormente saturado.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	37,04	8,87	74,89	14,52	23,84	0,86
02	38,75	5,71	85,78	14,83	26,24	0,82
03	37,70	7,26	74,45	14,26	24,78	0,90
04	28,63	707,29	58,94	14,73	18,21	0,83
05	27,16	7422,96	54,23	14,35	17,79	0,88
06	27,18	8633,07	55,04	14,52	17,52	0,86
07	18,94	14575,30	38,64	14,63	12,12	0,84
08	17,93	15792,32	36,07	14,48	11,65	0,87
09	2,37	9968,13	5,21	14,72	1,62	0,84
Saturado	46,12	1,00	100,00	14,54	31,78	0,86

D.2**Solo da Cidade dos Meninos****D.2.1****Curva do Material Natural**

Tabela 58 – Dados iniciais dos corpos de prova após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	18,80	15,86	18,51	0,64
02	19,13	16,14	18,51	0,61
03	18,92	15,89	19,02	0,64
04	19,28	16,23	18,78	0,60
05	18,77	15,80	18,86	0,65
06	19,58	16,51	18,58	0,58
07	19,01	16,10	18,1	0,62
08	19,17	16,18	18,47	0,61
09	19,09	16,08	18,7	0,62
10	19,71	16,61	18,62	0,57
Média	19,14	16,14	18,62	0,61

Tabela 59 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material natural

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	30,09	12,36	74,43	15,86	0,64	18,32
02	35,26	7,27	91,32	16,14	0,61	21,46
03	31,08	6,59	77,25	15,89	0,64	18,92
04	21,85	1372,69	57,27	16,21	0,60	13,30
05	6,05	12301,02	14,87	15,81	0,64	3,68
06	16,41	6239,14	45,37	16,54	0,57	9,99
07	24,63	392,08	63,62	16,12	0,61	14,99
08	26,35	155,15	68,58	16,17	0,61	16,04
09	17,36	5187,90	44,69	16,10	0,61	10,57
10	32,03	7,19	87,39	16,46	0,58	19,49
Saturado	38,76	1,00	100,00	16,13	0,61	23,55

D.2.2**Curva do Material Submetido a 100°C**

Tabela 60 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	19,49	16,35	19,21	0,59
02	19,32	16,24	19,16	0,60
03	19,30	16,21	18,98	0,60
04	19,23	16,17	18,92	0,61
05	19,18	16,11	19,05	0,61
06	19,14	16,08	19,02	0,62
07	19,15	16,10	18,94	0,62
08	19,34	16,24	19,06	0,60
09	19,33	16,23	19,08	0,60
10	19,26	16,14	19,36	0,61
Média	19,27	16,19	19,08	0,61

Tabela 61 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 100°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	e	w (%)	γ_d (kN/m ³)
01	1,27	59308,68	3,43	0,59	0,77	16,38
02	4,93	11610,22	13,11	0,60	3,01	16,28
03	10,64	6742,10	28,03	0,60	6,50	16,11
04	15,92	5220,40	42,08	0,60	9,73	15,52
05	20,34	976,72	53,14	0,61	12,43	16,04
06	26,44	26,91	68,85	0,61	16,15	16,07
07	27,78	12,12	72,02	0,61	16,97	16,12
08	30,13	8,61	79,92	0,60	18,41	15,96
09	34,49	3,72	91,02	0,60	21,07	16,23
10	39,53	7,11	103,27	0,61	24,15	15,74
Saturado	37,20	1,00	100	0,60	23,19	16,04

D.2.3

Curva do Material Submetido a 200°C

Tabela 62 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	19,08	16,06	18,78	0,62
02	18,29	15,38	18,94	0,69
03	18,02	15,13	19,06	0,72
04	19,15	16,16	18,51	0,61
05	19,63	16,56	18,51	0,57
06	20,67	17,37	19,02	0,50
07	19,57	16,48	18,78	0,58
08	19,71	16,58	18,86	0,57
09	19,05	16,14	18,05	0,61
10	18,95	16,04	18,14	0,62
Média	19,21	16,19	18,67	0,61

Tabela 63 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 200°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	0,90	27307,97	2,38	16,10	0,54	0,62
02	5,21	11014,80	12,32	15,41	3,15	0,69
03	10,91	7484,88	24,78	15,16	6,58	0,72
04	15,04	6533,33	40,27	16,18	9,07	0,61
05	17,37	2997,60	49,94	16,61	10,48	0,57
06	18,99	2292,08	63,02	17,46	11,46	0,49
07	24,29	59,81	68,64	16,51	14,66	0,58
08	29,12	9,88	84,01	16,63	17,58	0,56
09	23,62	357,31	63,35	16,19	14,25	0,61
10	33,99	3,66	89,86	16,11	20,51	0,61
Saturado	37,71	1,00	100,00	16,24	23,23	0,60

D.2.4

Curva do Material Submetido a 300°C

Tabela 64 – Dados iniciais dos corpos de prova do material após a compactação.

CP	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	19,34	16,34	18,37	0,59
02	18,90	15,98	18,29	0,63
03	19,09	16,13	18,37	0,61
04	19,27	16,25	18,58	0,60
05	19,24	16,29	18,10	0,60
06	19,29	16,28	18,47	0,60
07	19,43	16,37	18,70	0,59
08	19,15	16,15	18,60	0,61
09	19,11	16,15	18,34	0,61
Média	19,20	16,22	18,42	0,60

Tabela 65 – Parâmetros do solo ensaiado da curva característica do material submetido a 300°C.

CP	θ (%)	Sucção (kPa)	S(%)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e
01	0,23	18123,79	0,69	16,81	0,14	0,55
02	13,74	6055,52	36,34	16,12	8,27	0,61
03	23,36	50,99	63,64	16,30	14,06	0,60
04	8,87	6512,61	26,38	16,82	5,34	0,55
05	4,20	11768,16	11,53	16,35	2,53	0,59
06	29,36	6,59	80,33	16,33	17,67	0,59
07	32,16	3,84	89,84	16,45	19,36	0,58
08	21,51	419,66	57,34	16,17	12,95	0,61
09	19,64	1135,27	54,65	16,43	11,82	0,58
Saturado	37,62	1,00	100,00	16,42	22,45	0,58

Apêndice E

Dados de Variação de Volume com a Temperatura

Apresenta-se neste apêndice as curvas de poropressão x tempo e variação de volume x tempo para cada incremento de temperatura, referentes aos ensaios de variação de volume com temperatura controlada. Um mesmo corpo de prova foi mantido dentro da câmara sendo submetido a incrementos de 10°C, desde a temperatura de 22°C (temperatura ambiente) até 80°C, sendo realizado um ensaio para o solo do Campo Experimental, e um ensaio para o solo da Cidade dos Meninos.

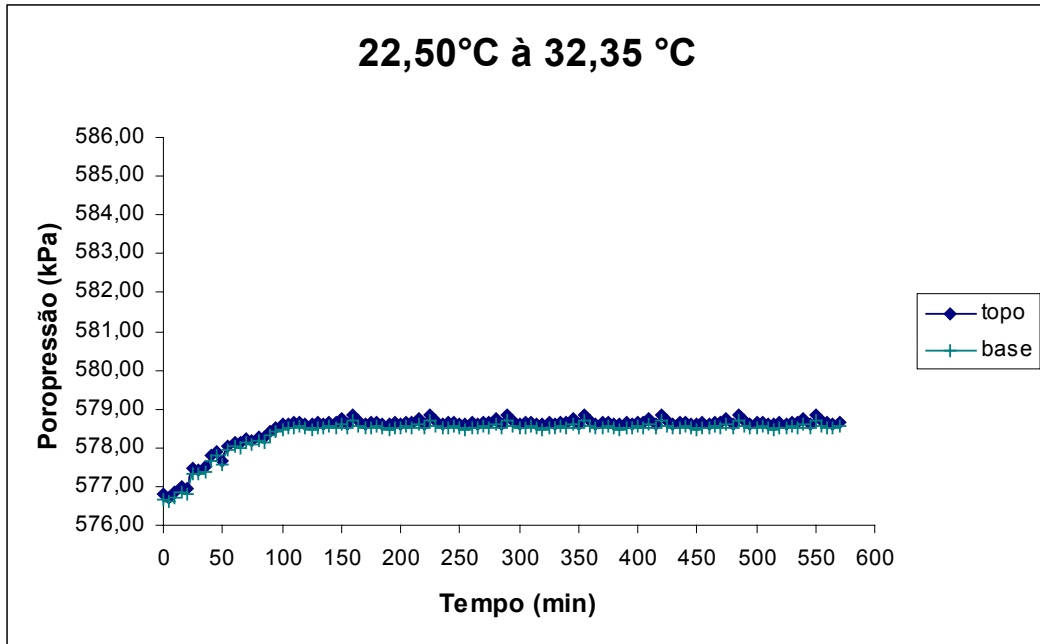
Os corpos de prova utilizados tanto para o solo do Campo Experimental como para o solo da Cidade dos Meninos foram compactados conforme descrito no Capítulo 5, item 5.2.1.

Para cada ensaio é apresentado uma tabela com as informações dos parâmetros do solo ensaiado e seis figuras, uma para cada incremento de temperatura. Nas figuras, na parte superior apresenta-se a variação de poropressão com o tempo (drenagens fechadas) e na parte inferior um gráfico mostrando a variação de volume com o tempo (drenagens abertas).

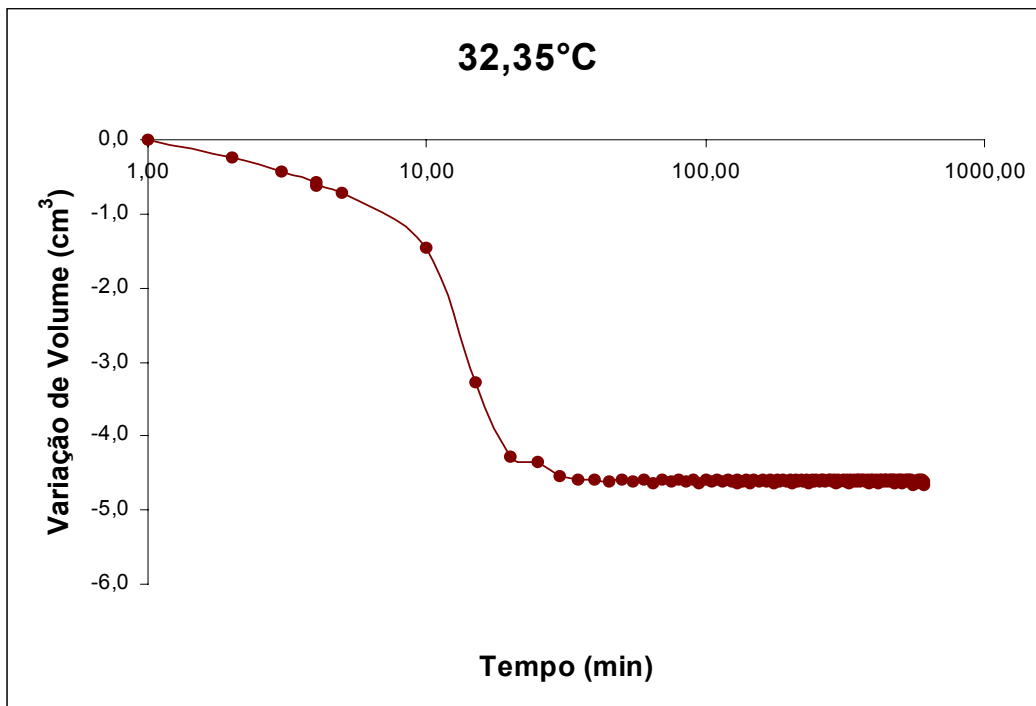
E.1
Solo do Campo Experimental

Tabela 66– Parâmetros iniciais do solo ensaiado

γ_d (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e	N	S (%)
16,82	13,74	22,40	0,96	0,49	62,89



(a)

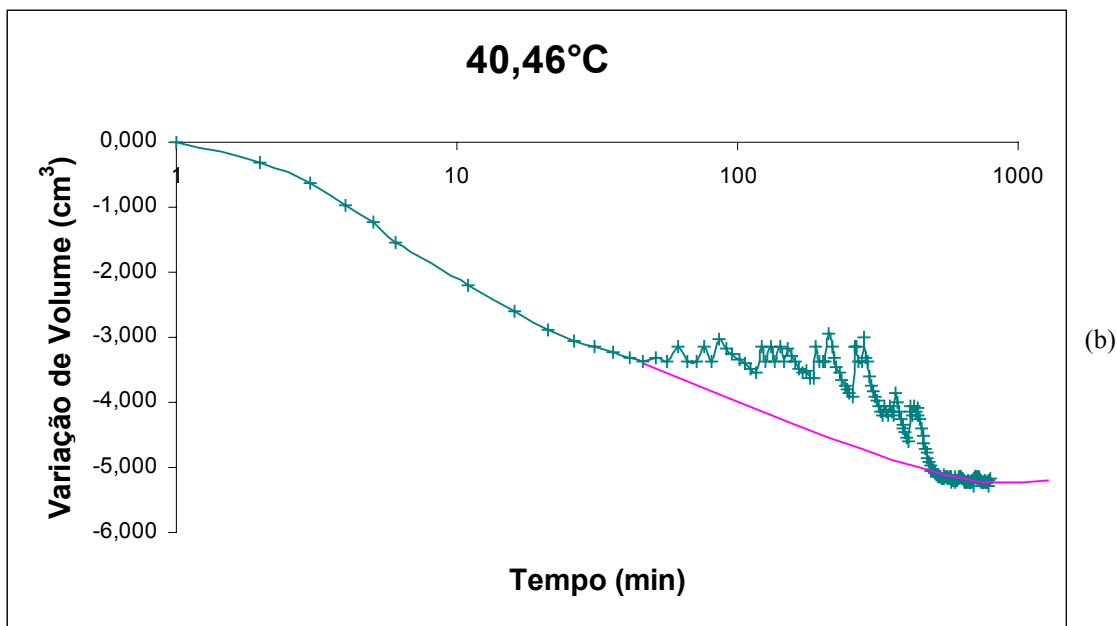
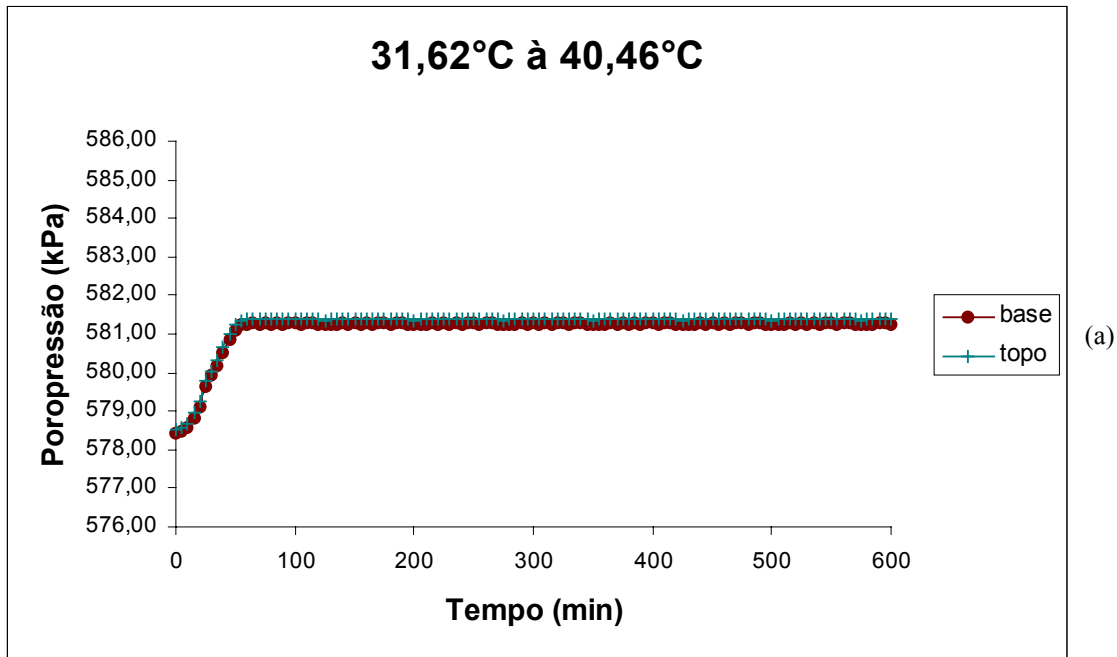


(b)

Variação de Volume deste estágio = 4,61 cm³

Variação de Volume Acumulada = 4,61 cm³

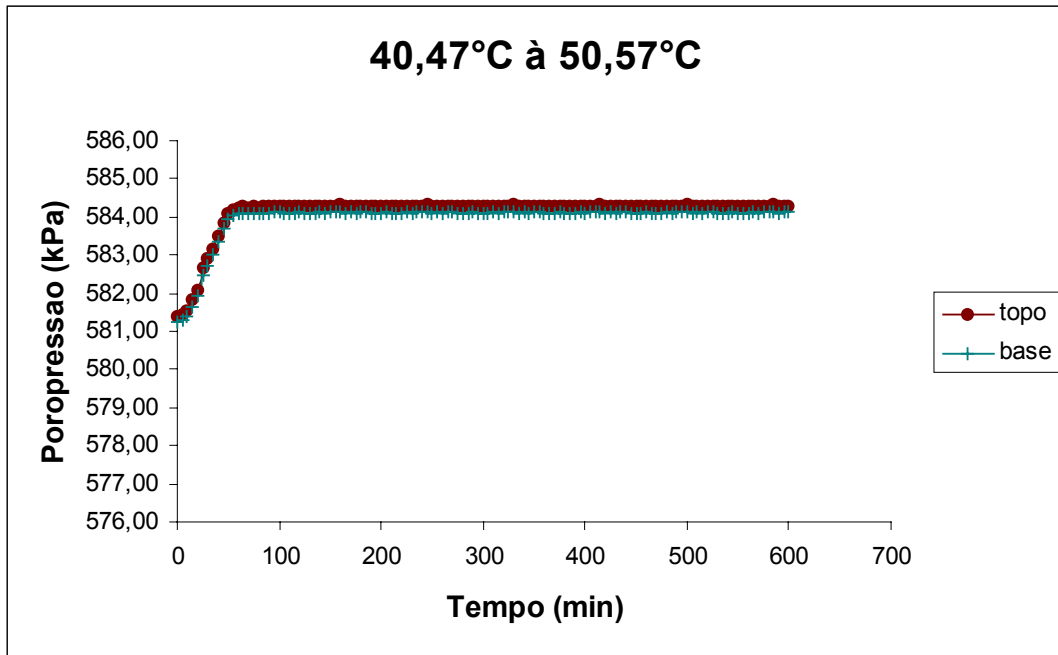
Figura 132- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 30°C.



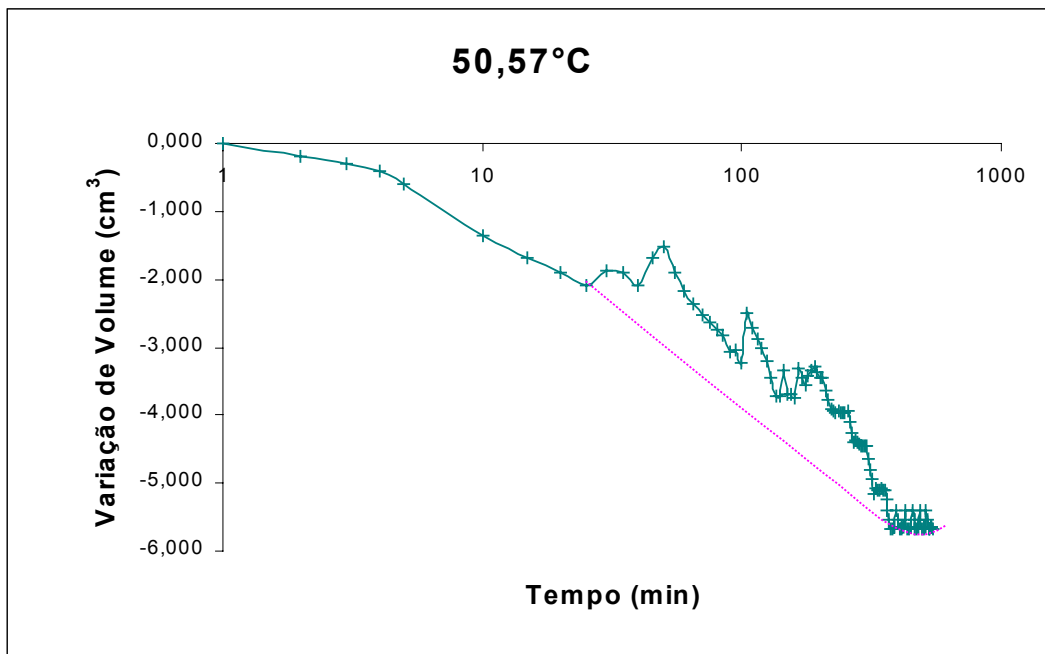
Variação de Volume deste estágio = 5,17 cm³

Variação de Volume Acumulada = 9,78 cm³

Figura 133- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 40°C.



(a)

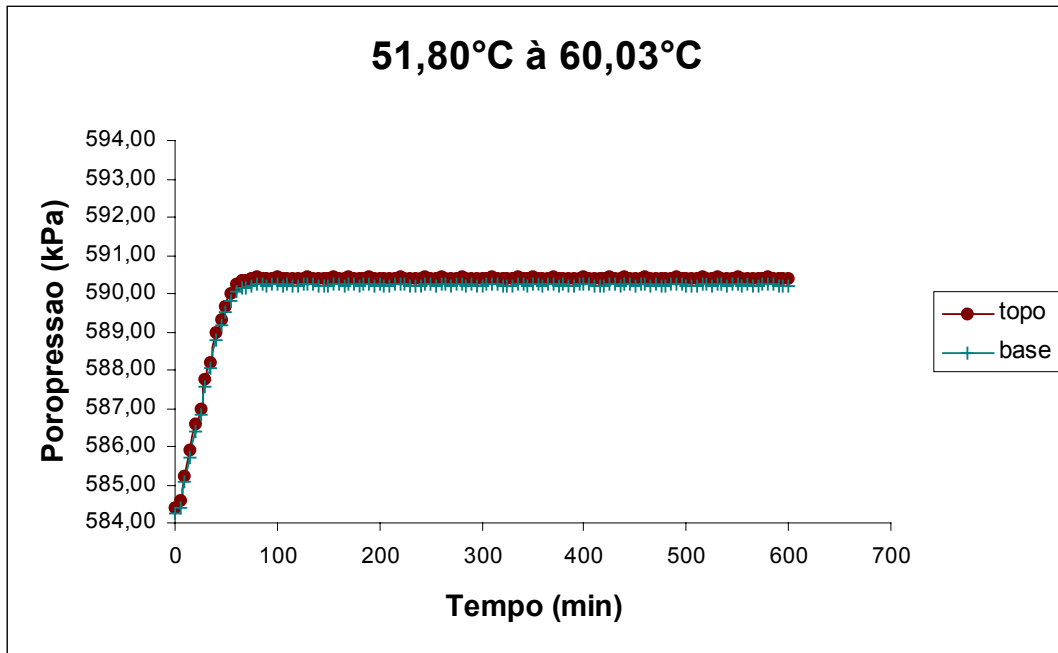


(b)

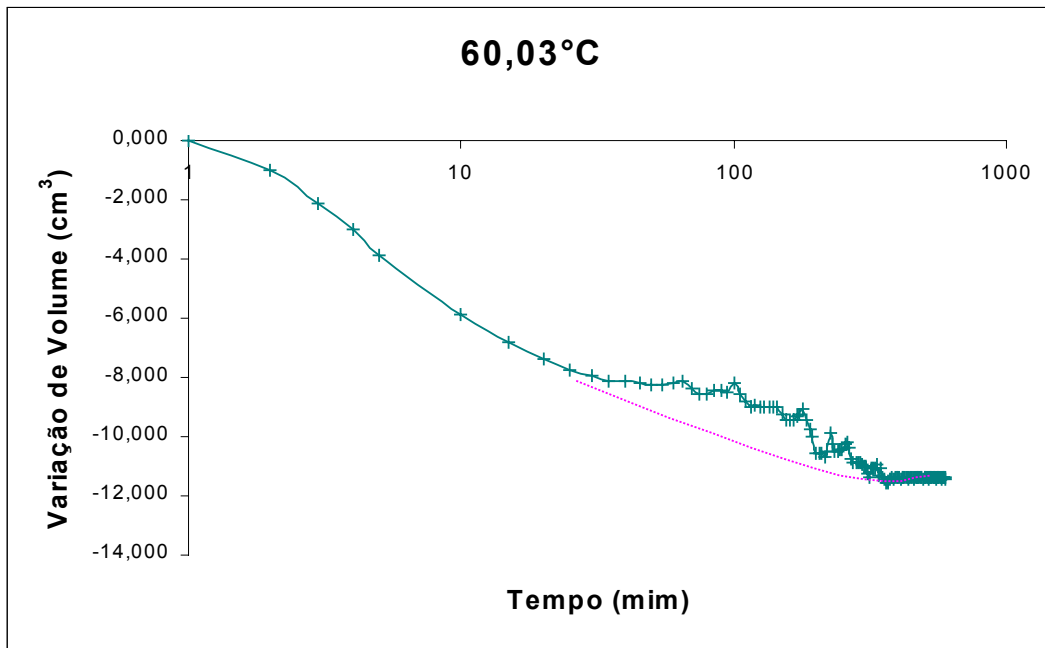
Variação de Volume deste estágio = 5,67 cm³

Variação de Volume Acumulada = 15,45 cm³

Figura 134- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 50°C.



(a)

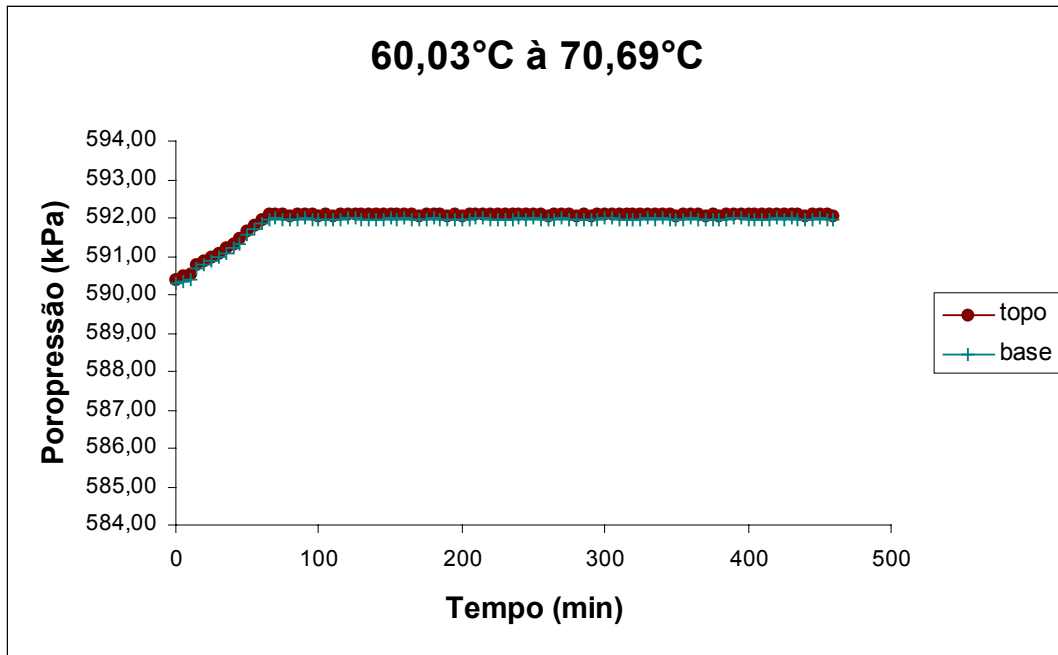


(b)

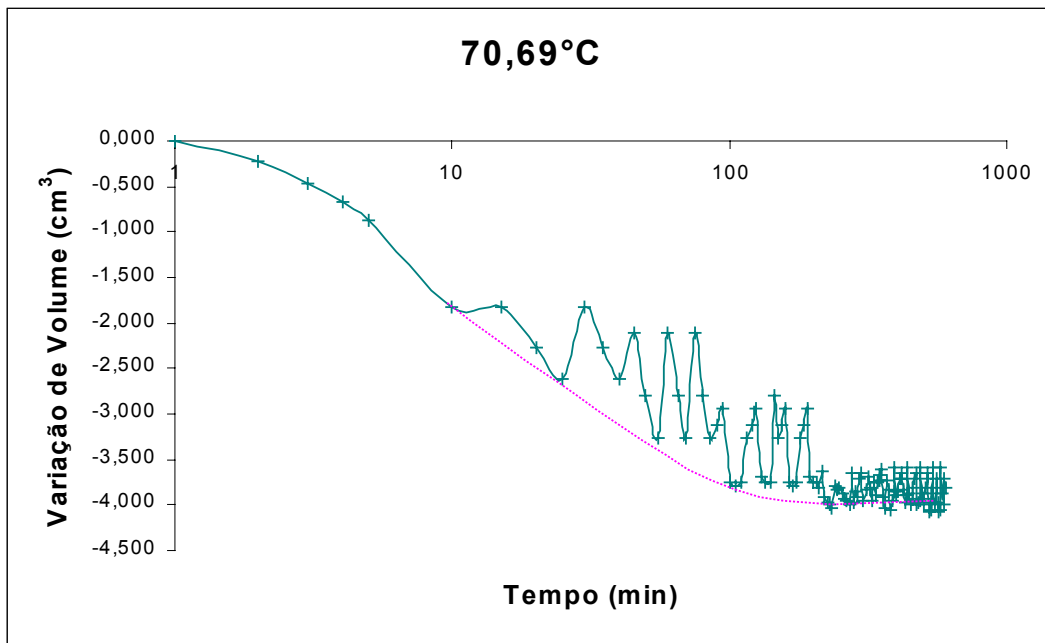
Variação de Volume deste estágio = $11,37 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $26,82 \text{ cm}^3$

Figura 135- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 60°C .



(a)

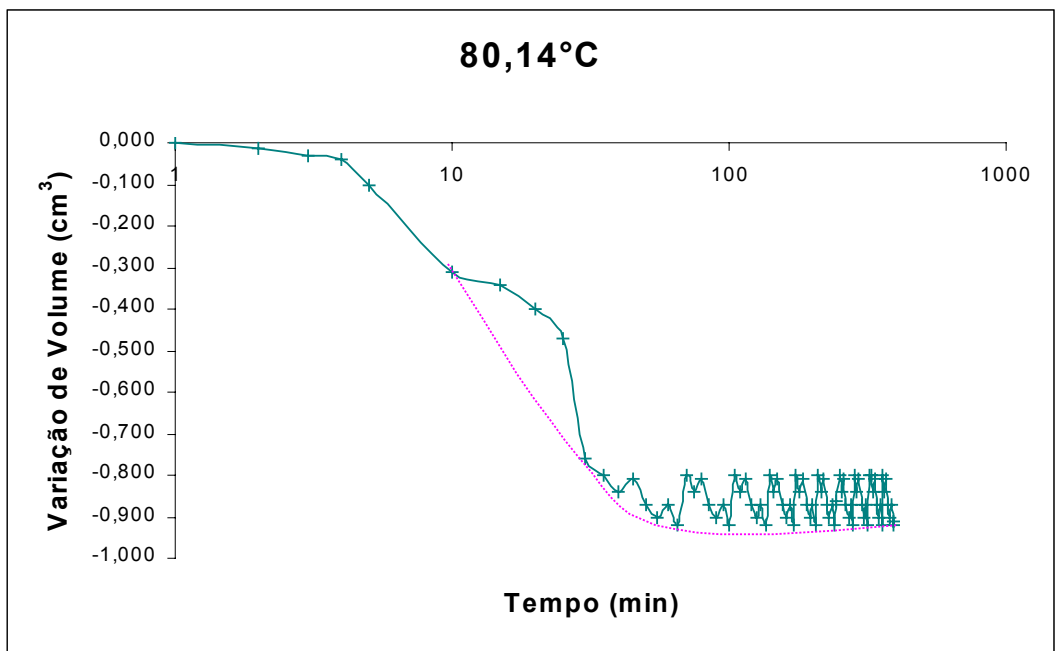
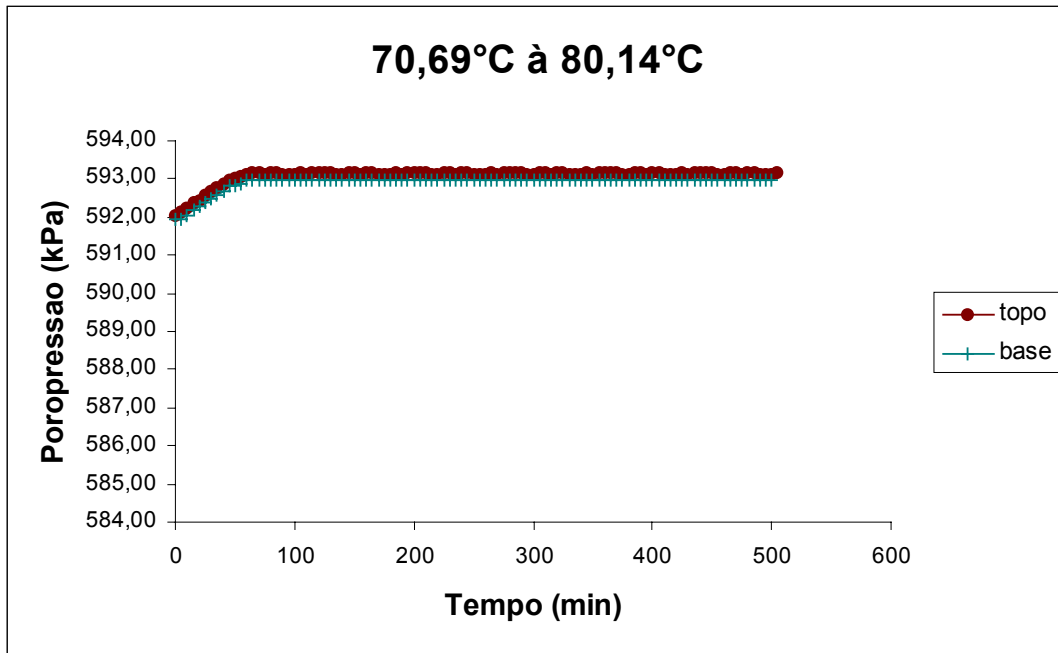


(b)

Variação de Volume deste estágio = $3,81 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $30,63 \text{ cm}^3$

Figura 136- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 70°C .



Variação de Volume deste estágio = $0,91 \text{ cm}^3$

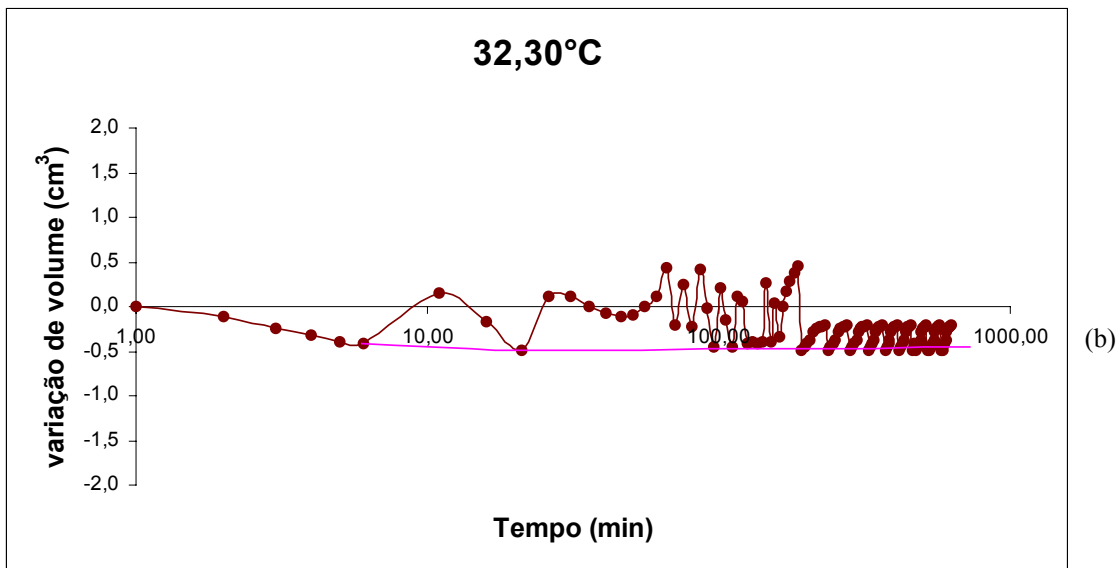
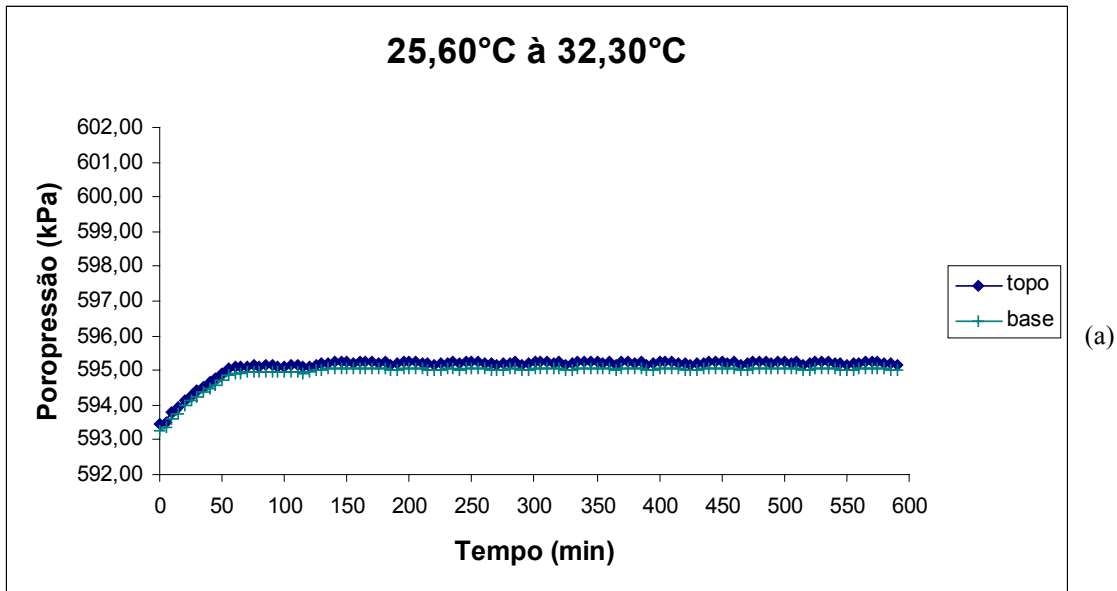
Variação de Volume Acumulada = $31,54 \text{ cm}^3$

Figura 137- Ensaio de variação de volume para o solo do Campo Experimental, estágio de 80°C .

E.2
Solo da Cidade dos Meninos

Tabela 67– Parâmetros iniciais do solo ensaiado da Cidade dos Meninos

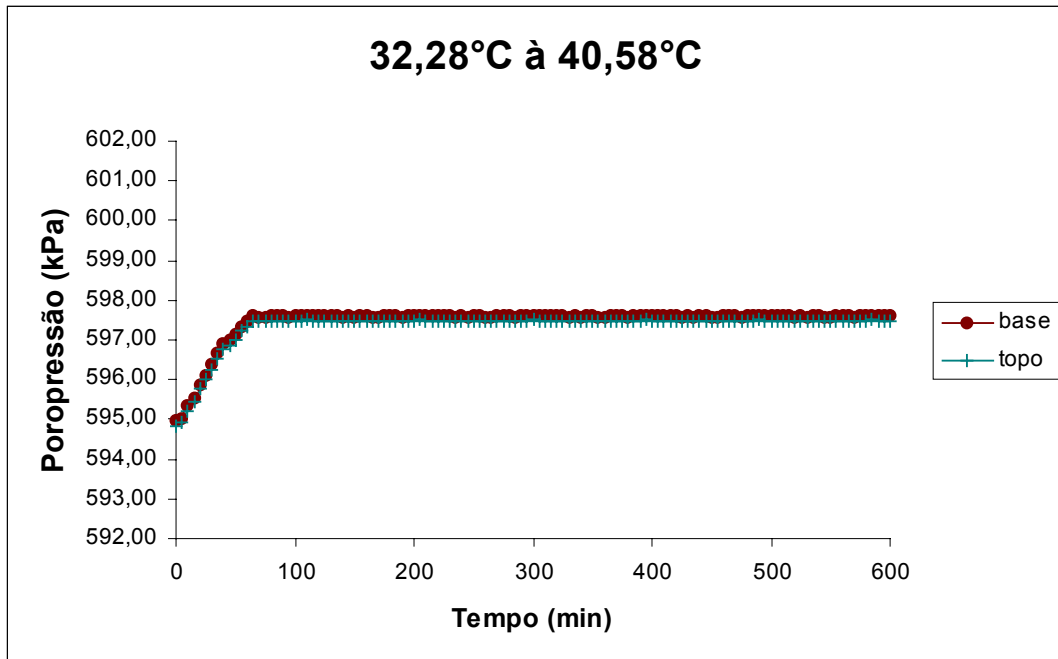
γ_d (kN/m ³)	γ_a (kN/m ³)	w (%)	e	n	S (%)
18,67	15,88	17,50	0,64	0,39	71,42



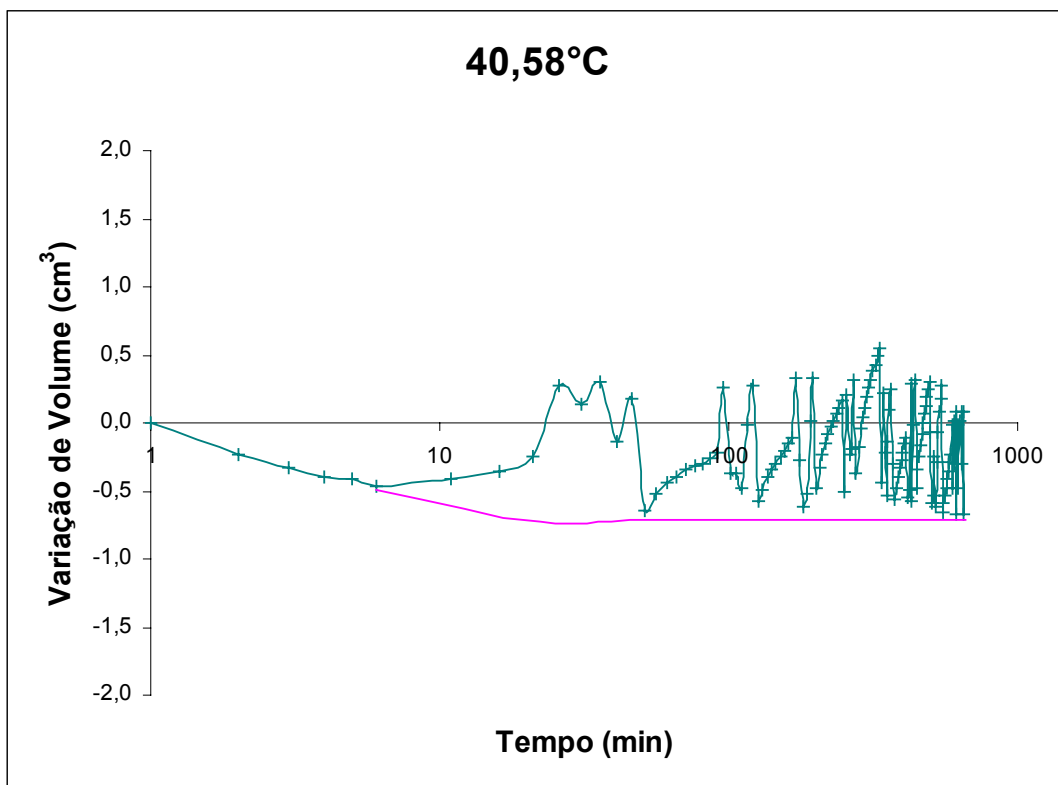
Variação de Volume deste estágio = 0,45 cm³

Variação de Volume Acumulada = 0,55 cm³

Figura 138- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 30°C.



(a)

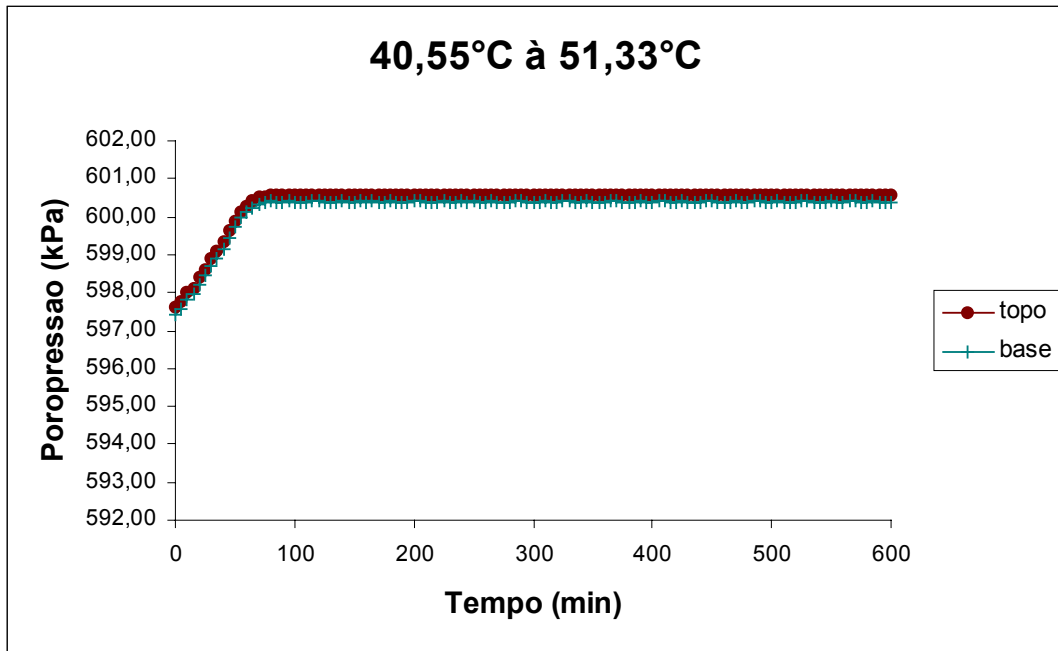


(b)

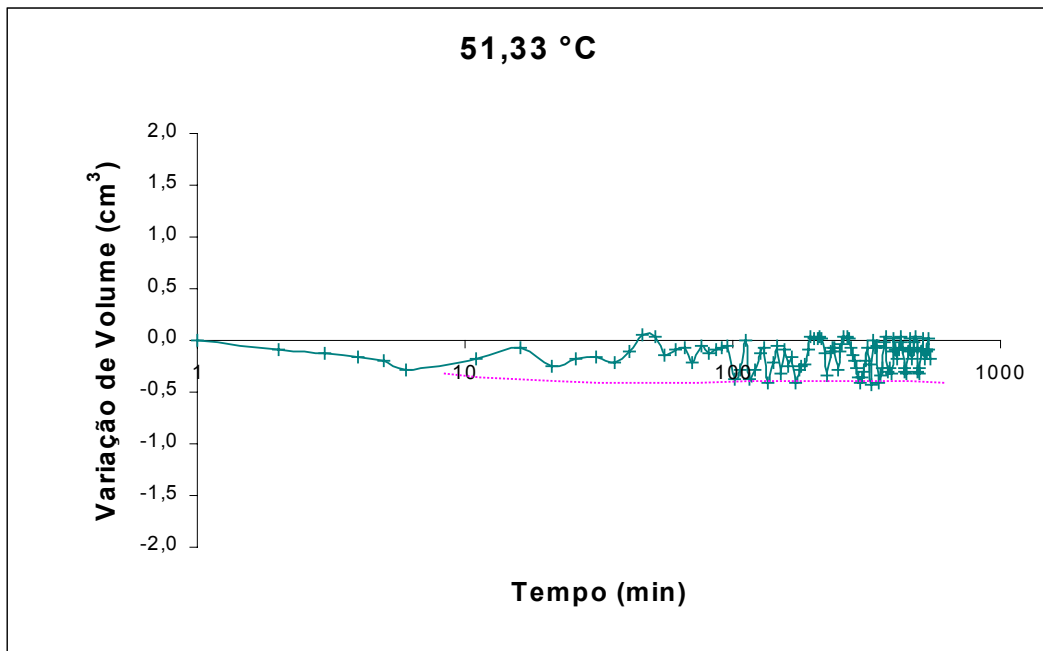
Variação de Volume deste estágio = $0,45 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $0,90 \text{ cm}^3$

Figura 139- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 40°C .



(a)

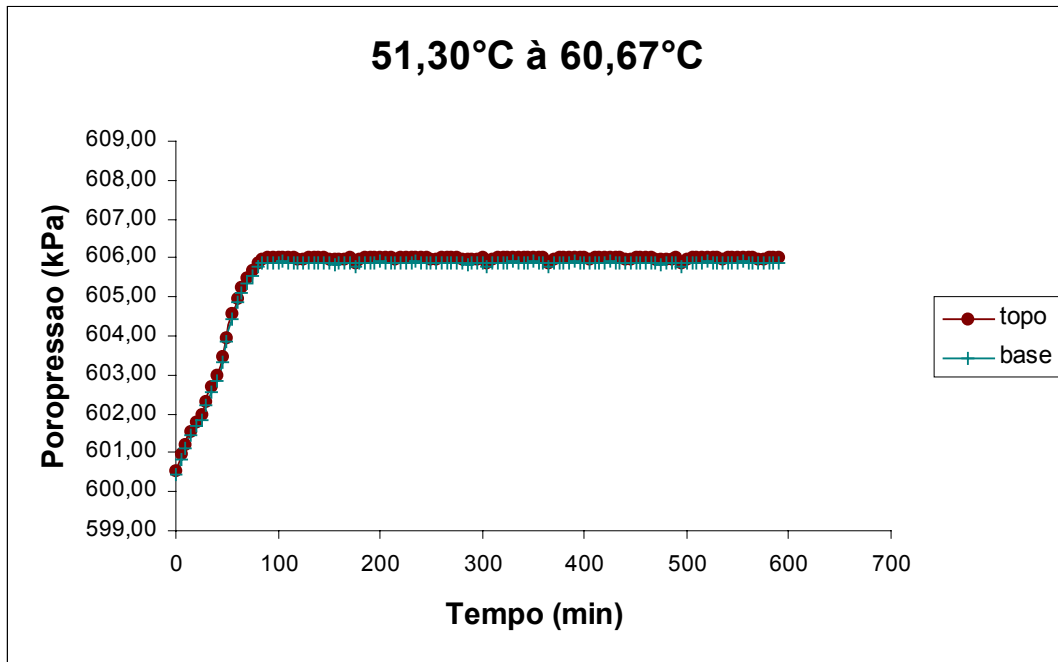


(b)

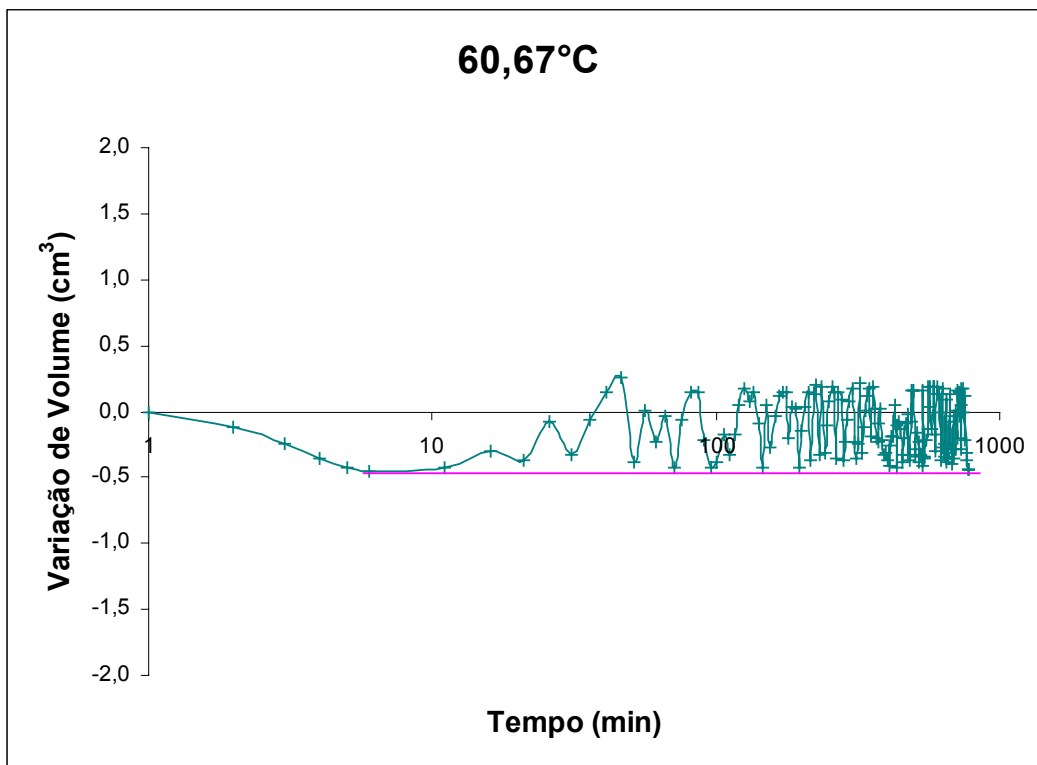
Variação de Volume deste estágio = $0,38 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $1,28 \text{ cm}^3$

Figura 140- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 50°C .



(a)

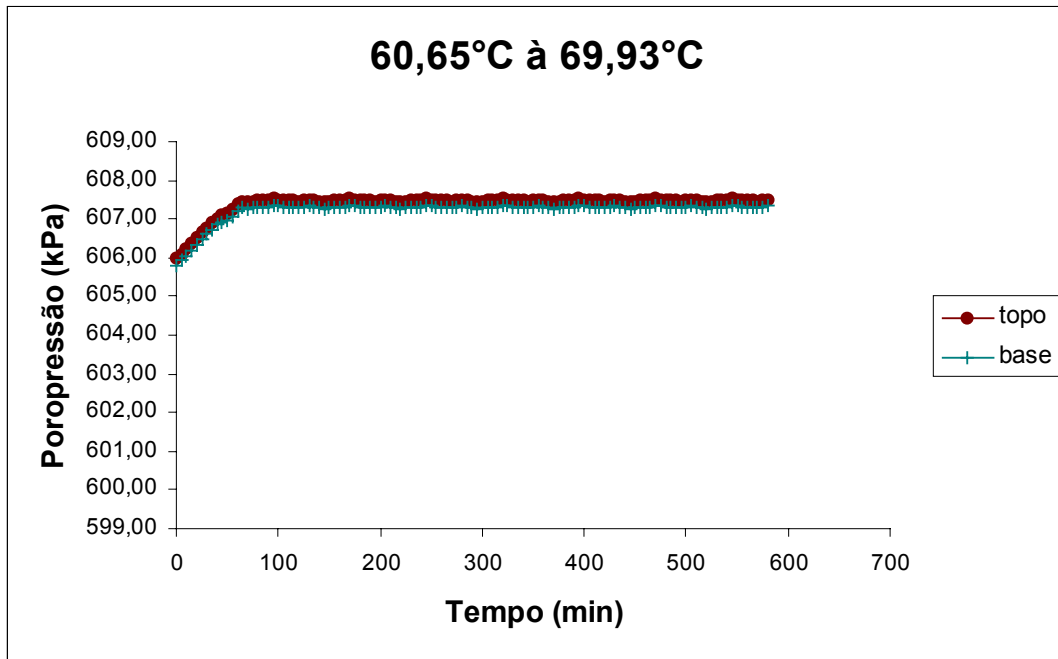


(b)

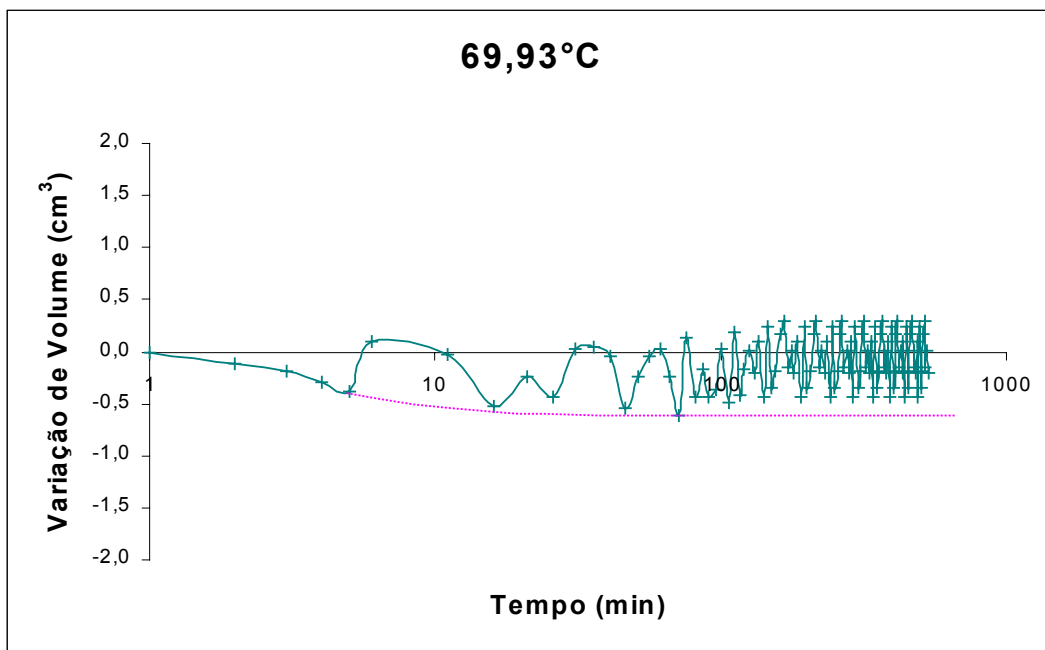
Variação de Volume deste estágio = $0,43 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $1,71 \text{ cm}^3$

Figura 141- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 60°C .



(a)

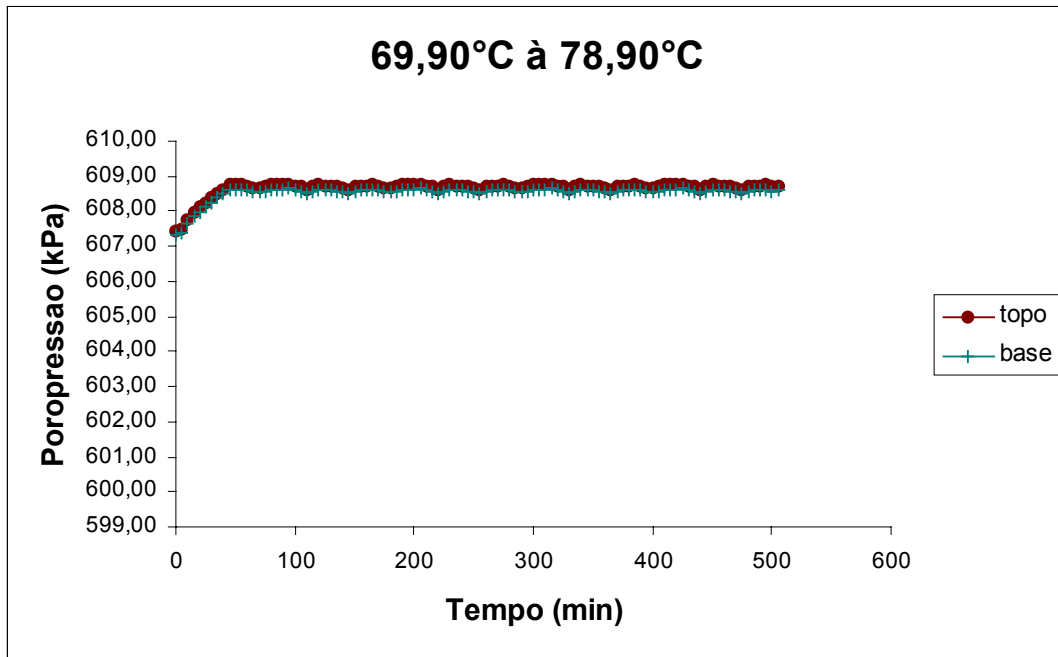


(b)

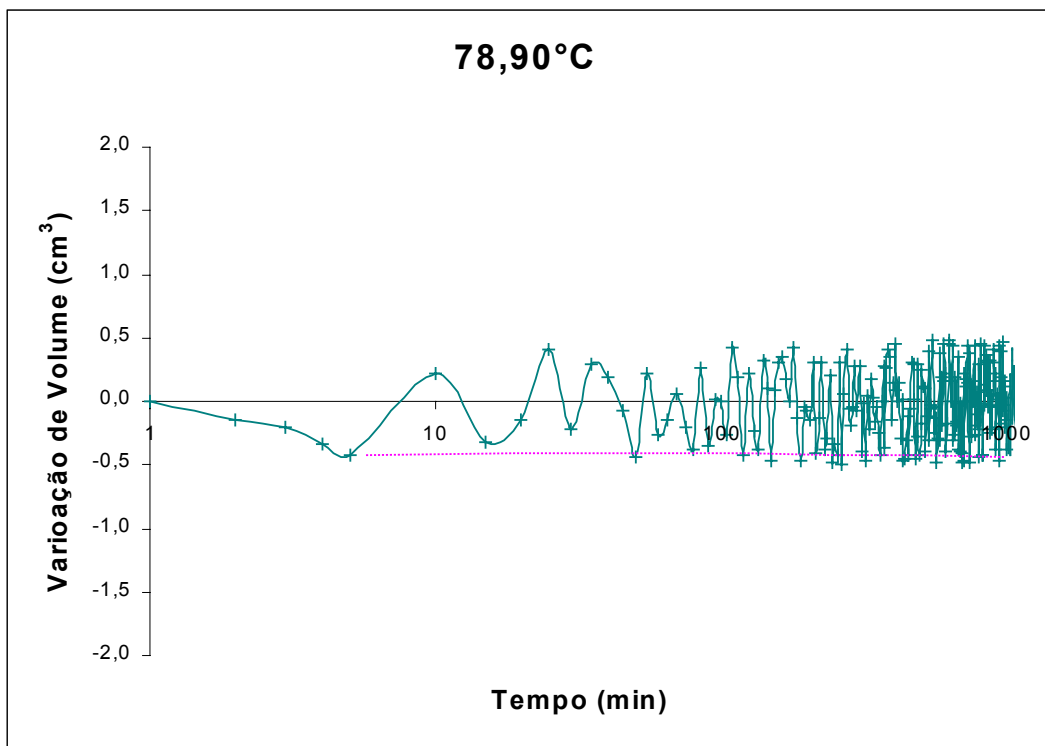
Variação de Volume deste estágio = $0,38 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $2,09 \text{ cm}^3$

Figura 142- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 70°C .



(a)



(b)

Variação de Volume deste estágio = $0,41 \text{ cm}^3$

Variação de Volume Acumulada = $2,50 \text{ cm}^3$

Figura 143- Ensaio de variação de volume para o solo da Cidade dos Meninos, estágio de 80°C .