

7 Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 6508/1984** – Determinação da Massa Específica.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 6459/1984** – Solo - Determinação do Limite de Liquidez.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 7180/1984** – Solo - Determinação do Limite de Plasticidade.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 7181/1984** – Análise Granulométrica.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 6457/1986** – Amostra de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação.

ALLEN, H. E. et al (1995). **Soil Partition Coefficients for Cd by Column Desorption and Comparison to Batch Adsorption Measurements.** Environmental Science technology (29) – 1887-1891.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils.** New York: John Wiley, 1990. 339 p.

BORGES, A. F. (1996). **Avaliação dos Mecanismos de Transporte de Hexaclorociclohexano (HCH) no solo da Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, RJ.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ.

BORGES, A.F.; CAMPOS, T. M. P.; NOBRE, M. M. M. (1997). **Desenvolvimento de um Sistema de Permeômetros para Ensaio de Transporte de Contaminantes em Laboratório.** Solos e Rochas, São Paulo, 20 (3): 191-207. Dezembro, 1997.

BOSCOV, M. E. G. (1997). **Contribuição ao Projeto de Sistemas de Contenção de Resíduos Perigosos Utilizando Solos Lateríticos.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 269p.

BOSCOV, M. E. G. et al (1999). **Difusão de Metais através de uma Argila Laterítica Compactada**. IV Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

BOWEN, H. J. M. **Environmental chemistry of the elements**. London: Academic Press, 1979.

BROOKINS, D. G. (1998). **Eh-pH Diagrams for Geochemistry**. New York: Springer-Verlag.

CAMPOS, M. L.; PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N. Baseline Concentration of Heavy Metals in Brazilian Latosols. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, p. 547-557, 2003.

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1985) – **Resíduos Sólidos Industriais**, São Paulo, SP.

COELHO, H. M. G. et al (2003). **Estudo Preliminar da Contaminação por Metais Pesados na Área do Aterro de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Catas Altas – MG**. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

DAVIES, B.E. Lead. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. p. 177-193.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Anuário estatístico do setor metalúrgico 2001**. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso 2002.

DEUTSCH, W. J. (1997). **Groundwater Geochemistry Fundamentals and Applications to Contamination**. New York, Lewis Publishers. 221p.

DREVER, J. I. (1997). **The Geochemistry of Natural Waters**. Prentice Hall, Inc. U.S. 436p.

DZOMBACK, D. A.; MOREL, F. M. M. (1990). **Surface Complexation Modeling: Hydros Ferric Oxide**. New York: Wiley-Interscience.

ELBACHÁ, A. T. (1989). **Estudo da Influência de Alguns Parâmetros no Transporte de Massa em Solos Argilosos**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ. 178p.

EPA – United States Environmental Protection Agency (1992). **Batch-type Procedures for Estimating Soil Adsorption of Chemicals. Technical Resource Document**, EPA/530-SW-87-006-F, 99p.

EPA – United States Environmental Protection Agency (1999-a). **Understanding Variation in Partition Coefficient, K_d, Values – Volume I - The model, methods of Measurement and Application of Chemical Reaction Codes**, EPA/402-R-99-004A. Office of air and Radiation, Washington, 212p.

EPA – United States Environmental Protection Agency (1999-a). **Understanding Variation in Partition Coefficient, K_d, Values – Volume II – Review of Geochemistry and Available K_d Values for Cadmium, Cesium, Chromium, Lead, Plutonium, Radon, Strontium, Thorium, Tritium (³H), and Uranium**, EPA/402 –R- 99-004B, 334p.

FARIAS, W. N. et al (1999). **Caracterização Química e Mineralógica do Solo do Aterro Sanitário do Jockey Club (DF) e a Influência da Matéria orgânica e pH no Comportamento dos Elementos**. IV Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

FERGUSON, J. E. **The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 614 p.

FETTER, C. W. (1993). **Contaminant Hydrogeology**. Macmillan Publishing Company, U.S. 458p.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. (1979). **Groundwater**. Prentice Hall, Inc. U.S. 604p.

GARCIA-MIRAGAYA, J.; PAGE, A. L. **Sorption of trace quantities of cadmium by soils with different chemical and mineralogical composition**. Water Air & Soil Pollution, Dordrecht, v. 9, n. 3, p. 289-299, 1978.

GENITSE, R. G. (1996). **Column-and Catchment-Scale Transport of Cadmium: Effect of Dissolved Organic Matter**. Journal of Contaminants Hydrology 22 (1996) 145-163.

GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A. **Chemistry Of The Elements**. Leeds: University Of Leeds. Department Of Inorganic And Structural Chemistry, 1989. 1542 P.

GRIFFIN, R. A. e SHIMP, N. F. (1978). **Attenuation of Pollutants in Municipal Landfill Leachate by Clay Minerals**. EPA-600/2-78-157.

GRIM, R. E. (1986). **Clay Mineralogy**, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.

GUSMÃO, A. D. (1999). **Uso de Barreiras Reativas na Remediação de Aquíferos Contaminados**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio. 251p.

HEINRICH, H.; SCHULTZ-DOBRICK, B.; WEDEPOHL, K. H. **Terrestrial geochemistry of Cd, Bi, Tl, Pb, Zn and Rb**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Oxford, v. 44, n. 10, p. 1519-1532, 1980.

HUHEEY, J. E.; KEITER, E. A.; KEITE, R. L. **Inorganic chemistry, principles of structure and reactivity**. 4. ed. Harper Collins College Publishers, 1993. 964 p.

IPT/CEMPRE - **Lixo Municipal, Manual de Gerenciamento Integrado** - São Paulo – 2ª edição, 2000.

ISAAC, R. L. (1993). **Controle de Trihalometanos em Sistemas de Abastecimento: Remoção por Adsorção em Colunas de Carvão Ativado Granular em Estação de Tratamento de Água**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Hidráulica e saneamento, EPUSP, São Paulo.

JOHNSON, B. B. (1990). **Effect of pH, Temperature, and Concentration on the Adsorption of Cadmium on Goethite**. *Environmental Science technology* (24) – 112-118.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 331.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. p. 261-279.

LEITE, C. B. B. (1996). **Aspectos Hidrogeológicos na Disposição de Resíduos Sólidos**. ABGE, Curso sobre Disposição de Resíduos, São Paulo, 13p.

LEITE, A. L.; PARAGUASSU, A. B. (1999). **Simulações da Difusão/Retenção do Potássio em Misturas de Latossolos**. IV Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449 p.

MACHADO, S. L. et al (2003). **Contaminação por Metais Pesados em Santo Amaro da Purificação- BA - Ensaios de Coluna e Parâmetros Hidráulicos de um Solo Residual Expansivo**. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

MAIER, R. M.; PEPPER I. L.; GERBA C.P. (1999). **Environmental Microbiology**. Academic Press.

Manual de Métodos de Análise de Solo – 2º edição – EMBRAPA – Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Rio de Janeiro (1997).

MATTIAZZO-PREZZOTO, M. E. **Comportamento de cobre, cádmio, cromo, níquel e zinco adicionados à solos de clima tropical em diferentes valores de pH**. 1994. 197 p. Tese de Livre Docência - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

MITCHELL, J. K. (1993). **Fundamentals of Soil Behavior**, 2nd edition. John Wiley e Sons, Inc. New York.

NAIDU, R.; BOLAN, N. S.; KOOKANA, R. S.; TILLER, K. G. Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 45, n. 4, p. 419-429, Dec. 1994.

NASCENTES, C. R. et al (2003). **Determinação de Parâmetros de Transporte de Metais Pesados em Solo Laterítico Visando Aplicação em Camadas de Impermeabilização**. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.: **Como Fazer Experimentos**. Editora UNICAMP, 2001.

NOBRE, M.M.M. (1987). **Estudo Experimental do Transporte de Poluentes em Solos Argilosos Compactados**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ. 214p.

NUNES, C.M.F. (2002). **Aplicações do GPR (Ground Penetrating Radar) na Caracterização de Perfis de Alteração de Rochas Gnáissicas do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ. 143p.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (1998). **Geologia de Engenharia**. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo.

OLIVEIRA, C. P. (2000) **Estudo do Comportamento Tensão-Deformação-Resistência de um Solo Residual de Biotita gnaisse Saturado**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ.

OLIVEIRA, S. H. (2002). **Avaliação do Uso de Borra Oleosa Procurada como Material de Construção em Sistemas de Impermeabilização de Aterros Sanitários**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil da PUC-RJ. 182p.

PANKOW, J. F.; FEENSTRA, S.; CHERRY, J. A. e RYAN, M. C. (1996). “ **Dense Chlorinated Solvents in Groundwater: Background and History of the Problem**”, In Dense Chlorinated Solvents and Other DNAPLs in Groundwater, J. F. Pankow and J. A. Cherry (Ed), Waterloo Press, p.1-52.

PARKHURST D. L. AND APPELO C.A. J. (1999) - **User's Guide to PHREEQC** (version2) – A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Denver, Colorado.

PINTO, C. S. (2000). **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. Oficina de Textos. 247p.

PLASSARD, F. et al (2000). **Retention and Distribution of Three Heavy Metals in Carbonated Soil: Comparison Between Batch and Unsaturated Column Studies**.

RIBEIRO, L. D. et al (2003). **Contaminação por Metais Pesados em Santo Amaro da Purificação- BA – Uso de Técnicas de Hidrometalurgia no Reprocessamento de Resíduos Perigosos**. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. REGEO.

SATMARK, B. et al (1996). **Chemical Effects of Goethite Colloid on the Transport of Radionuclides through a Quartz-packed Column**. Journal of Contaminants Hydrology 21 (1996) 231-241.

USEPA, 1992a. **Behavior of Metals in Soils**.

USEPA, Environmental Protection Agency (1992b) – **Understanding Variation in Partition Coefficient, K_d , Values – Volume I: The K_d Model, Methods of Measurements and Application of Chemical Reaction Codes**, EPA/402-R-99-004A. Office of Air and Radiation, Washington. 212p.

USEPA, Environmental Protection Agency (1992c) – **Technical Resource Document: Batch-type Procedures for Estimating Soil Adsorption of Chemicals**, EPA/530-SW-87-006-F. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington. 100p.

VARGAS, E. A. (2001). **Notas de Aula de Hidrologia das Águas Subterrâneas**. Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

WONG, W. Z. (1997). **The use of Calcium to Facilitate Desorption and Removal of Cadmium and Nickel in Subsurface Soils**. Journal of Contaminants Hydrology 25 (1997) 325-336.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Cadmium**. Geneva, 1992. (Environmental Health Criteria, 134).

YONG, R. N.; MOHAMED A. M. O.; WARKENTIN, B. P. (1992). **Principles of Contaminant Transport in Soils**. Elsevier. 327p.

YONG, R. N.; PHADUNGCHWIT, Y. (1993-a). **pH Influence on Selectivity and Retention of Heavy Metals in Some Clay soils**. Canadian Geotechnical Journal (30) 821-833.

YONG, R. N.; PHADUNGCHWIT, Y. (1993-b). **Selective Sequential Extraction Analysis of Heavy-Metal Retention in Soil**. Canadian Geotechnical Journal (30). 834-847 (1993).

ZHU, C.; ANDERSON, G. (2002). **Environmental Applications of Geochemical Modeling**. Cambridge University Press. 284p.

8 Anexos

Anexo 1

Análises Físicas e Químicas dos Solos

Mirante do Leblon

Resultado de Análise de Elementos Totais em Solo

Determinações	Única (g/Kg)
Ca	0,088
Mg	0,065
K	0,047
Na	0,082
Al	19,8
Fe	37,9
Mn	0,023
Zn	0,008
Cu	*
Cr	0,062
Co	0,002
Ni	*
Cd	0,002
Pb	0,024

* teor do elemento abaixo do limite de detecção da técnica utilizada.

Análises Físicas e Químicas (Mirante do Leblon):

pH (1:2,5)		Complexo Sortivo cmol _c /kg								Valor V	<u>100Al</u> ³⁺	P assimiláv el mg/Kg
Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)	(sat de bases) %	S+Al ³⁺ %	
4,3	3,9	0	0,4	0,0 2	0,2 9	0,7	0,7	1, 6	3,0	23	50	1

C (orgânico) g/kg	N g/kg	C N	Ataque por H ₂ SO ₄ (1:1) NaOH (0,8%) g/kg						<u>SiO₂</u> Al ₂ O ₃ (Ki)	<u>SiO₂</u> R ₂ O ₃ (Kr)	<u>Al₂O₃</u> Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ Livre g/kg
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO				
			1,6			160	151	70	9,3			1,80

Duque de Caxias

Análises Químicas

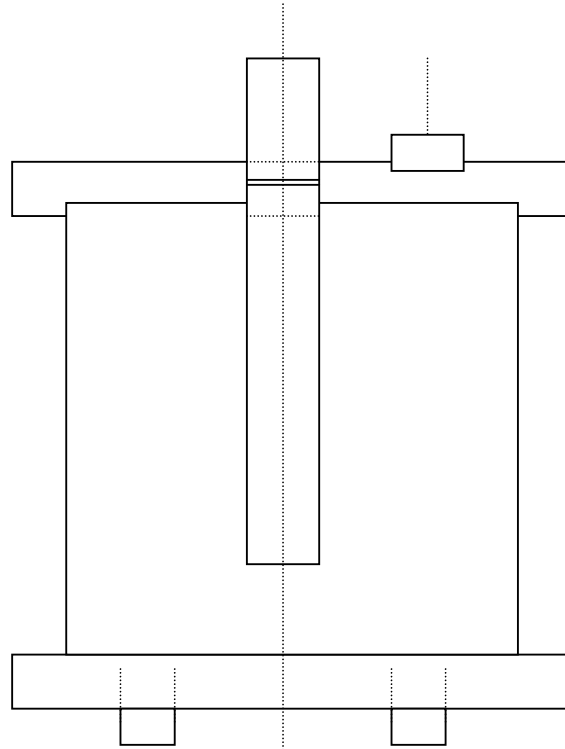
Índices Químicos		Valor
Condutividade Elétrica (MS/cm à 25°C)	82% de água	0,06
pH	H ₂ O	4,9
	KCl	4,1
Sais Solúveis (cmol _c /Kg)	K ⁺	<0,01
	Na ⁺	0,01
Elementos Disponíveis (mg/dm ³)	Mn	0,470
	Fe	5,21
	Cu	0,287
	Zn	0,562
Elementos Disponíveis (g/kg)	C	0,5
	N	0,1
Complexo Sortivo (cmol _c /Kg)	Mg ⁺⁺	0,1
	K ⁺	0,02
	Na ⁺	0,04
	Al ⁺⁺⁺	0,9
	H ⁺	0,7
Fósforo no Extrato Sulfúrico (g/kg)	P ₂ O ₅	0,4
Capacidade de Troca Catiônica, CTC (cmol _c /kg)		1,8
CTC, pela técnica do Azul de Metileno (meq/100g de solo seco)		1,8
Superfície Específica (m ² /g)		14,05
Ânions Trocáveis (mg/Kg)	Cloreto	18075
	Sulfato	4800

ANEXO 2

Projetos para o Ensaio de Coluna

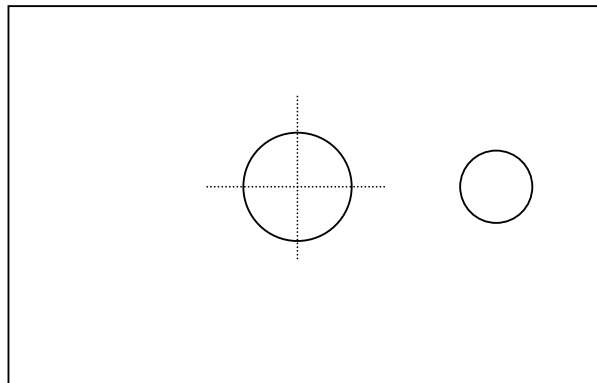
Frasco de Mariotte:

Tubo de PVC
Diâmetro 11cm,
Altura 13cm,
Espessura 1cm.

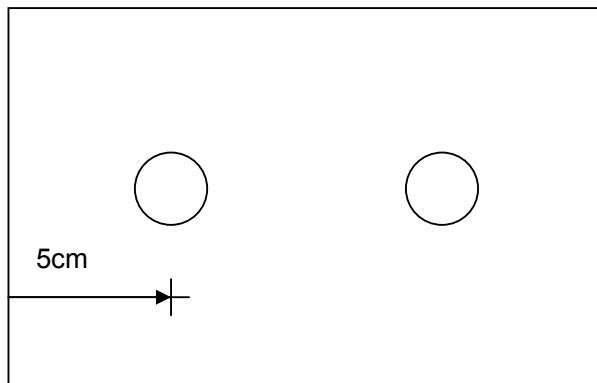


Vista Superior:

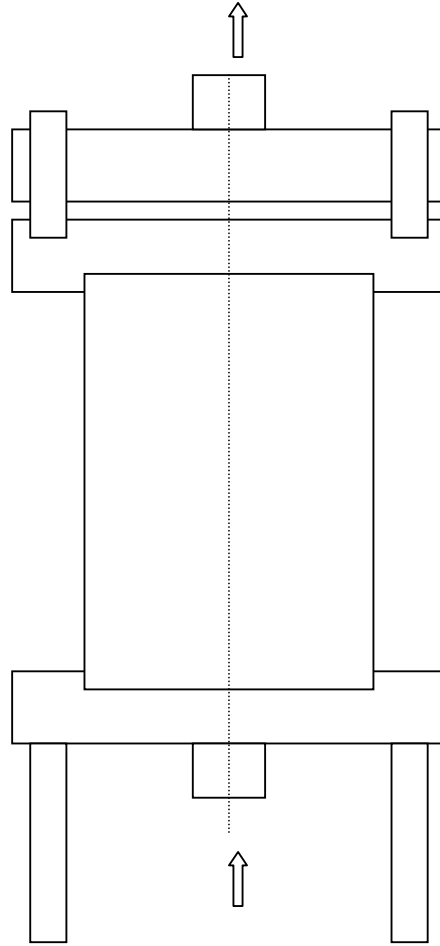
- 2 Placas de PVC
(15x15x2cm)



Vista Inferior



- 4 Colunas de acrílico:



- 3 Placas de acrílico
(12x12x2,4cm)

Tubo de acrílico
Diâmetro int. 70mm,
Altura 10cm.

ANEXO 3**Dados de Entrada do PHREEQC**

- pH x V_v (Volume de vazios percolados);
- C/C_0 x V_v , que representa uma curva de chegada.

```

PRINT
# -status false
TITLE -Transport and Surface Reactions.
SOLUTION 0 CdCl2
    units          mmol/kgw
    temp           25.0
    pH             5.5
    Cd             4.5
    Cl            9.0
SOLUTION 1-100 Initial solution for column - Pure water
    units          mmol/kgw
    temp           25.0
    pH             4.9      charge
SURFACE 1-100
    Hfo_sH         6e-4    14.1    0.03
    Hfo_wH         1.2e-2
SELECTED_OUTPUT
    -file          ex001 Cd.sel
    -reset         false
    -step
    -totals        Cd Cl
USER_PUNCH
    -heading      Pore_vol
    10 PUNCH (STEP_NO + .5) / 100.
END
TRANSPORT
    -cells        100
    -length       0.001
    -shifts       120
    -time_step    720.0
    -flow_direction forward
    -boundary_cond constant flux
    -diffc        0.0
    -dispersivity 0.01
    -correct_disp true
    -punch        100
    -punch_frequency 1
    -print        1
    -print_frequency 1
SELECTED_OUTPUT
    -file          ex001.sel
    -reset         false
    -step
    -totals        Cd Cl
END

```

- Concentração adsorvida x Concentração na solução, que representam as isotermas de adsorção;

```

PRINT
# -status false
TITLE -Transport and Surface Reactions.
SOLUTION 0 CdCl2
      units          mmol/kgw
      temp           25.0
      pH             5.5
      Cd             0.5
      Cl             1.0
SOLUTION 1-10 Initial solution for column - Pure water
      units          mmol/kgw
      temp           25.0
      pH             4.9      charge
SURFACE 1-10
      Hfo_sH         6e-4    14.1    0.03
      Hfo_wH         1.2e-2
SELECTED_OUTPUT
  -file              ex001 Cd.sel
  -reset             false
  -step
  -totals            Cd Cl
USER_PUNCH
  -heading Pore_vol
  10 PUNCH (STEP_NO + .5) / 10.
END
TRANSPORT
  -cells             10
  -length            0.01
  -shifts            120
  -time_step         720.0
  -flow_direction    forward
  -boundary_cond     constant    flux
  -diffc             0.0
  -dispersivity      0.01
  -correct_disp      true
  -punch             10
  -punch_frequency   1
  -print             1
  -print_frequency   1
SELECTED_OUTPUT
  -file              ex001.sel
  -reset             false
  -step
  -totals            Cd Cl
END

```

- Simulação de como seria o comportamento destes metais, no caso da dessorção com apenas percolação de água;

```

PRINT
# -status false
TITLE -Transport and Surface Reactions.
SOLUTION 0 Pure water
    units          mmol/kgw
    temp           25.0
    pH             4.9 charge
SOLUTION 1-10 Initial solution for column - CdCl2
    units          mmol/kgw
    temp           25.0
    pH             5.5 charge
    Cd             10.0
    Cl             20.0
    Hfo_sOCd+     5.521e-004
SURFACE 1-10
    Hfo_sH        6e-4   14.1   0.03
    Hfo_wH        1.2e-2
SELECTED_OUTPUT
    -file          ex001 Cd.sel
    -reset         false
    -step
    -totals        Cd Cl
USER_PUNCH
    -heading      Pore_vol
    10 PUNCH (STEP_NO + .5) / 10.
END
TRANSPORT
    -cells         10
    -length        0.01
    -shifts        120
    -time_step     720.0
    -flow_direction forward
    -boundary_cond constant flux
    -diffc         0.0
    -dispersivity  0.01
    -correct_disp  true
    -punch         100
    -punch_frequency 1
    -print         1
    -print_frequency 1
SELECTED_OUTPUT
    -file          ex001.sel
    -reset         false
    -step
    -totals        Cd Cl
END

```