**EFEITO DO SÓDIO TROCÁVEL, DA CONCENTRAÇÃO SALINA E DA
RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
DE UM SOLO ALUVIAL**

HUDSON SANTOS PIMENTA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, área de
concentração: Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Junho de 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Pimenta, Hudson Santos

P644e Efeito do sódio trocável, da concentração salina e
da relação de adsorção de sódio na condutividade hidráulica de um solo aluvial. Piracicaba, 1991.
95p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Água salgada - Concentração 2. Sódio em solo - Ad
sorção 3. Solo - Condutividade hidráulica 1. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.432

**EFEITO DO SÓDIO TROCÁVEL, DA CONCENTRAÇÃO SALINA E DA
RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE
UM SOLO ALUVIAL**

HUDSON SANTOS PIMENTA

Aprovada em: 30.08.1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

CCT/UFPB

Prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani

ESALQ/USP

Prof. Dr. Toshiaki Kinjo

ESALQ/USP

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Orientador

Aos meus pais,
Augusto S. Pimenta e
Regina S. Pimenta,

OFEREÇO

A José Monteiro Filho,
que não mediu esforços para
minha melhor formação moral
e intelectual,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade Federal de São Paulo, pela formação acadêmica de Mestrado;

A Universidade Federal da Paraíba-UFPB/CAMPUS II, pelo apoio e infra-estrutura cedida para realização do trabalho;

Ao CNPq/PRONI pela bolsa de estudo e auxílio de tese concedidos;

A Companhia de Engenharia Rural da Bahia - CERB, pela oportunidade para realizar o curso;

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, pela indicação do trabalho, orientação, empenho, apoio, amizade e incentivo;

Ao Dr. Pierre Audry, pelas sugestões;

Aos professores e aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem pelos ensinamentos e apoio, e finalmente a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o sucesso deste trabalho.

SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Movimento da água no solo e definições	3
2.2. Condutividade hidráulica do solo saturado.....	4
2.2.1. Fatores que afetam a condutividade hidráulica.....	6
2.2.2. Determinação da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Caracterização do experimento.....	21
3.2. Localização do experimento.....	21
3.3. Fase prévia do experimento.....	22
3.4. Coleta das amostras.....	25
3.5. Aparato experimental.....	27
3.6. Preparo das amostras do solo e das soluções para o estudo.....	30
3.6.1. Amostras do solo.....	30
3.6.2. Soluções.....	34
3.7. Metodologias utilizadas.....	37

3.7.1. Determinação da condutividade hidráulica.....	37
3.7.2. Análise do solo.....	40
3.7.3. Determinação da turbidez.....	41
3.8. Análise estatística.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Avaliação da homogeneidade entre as amostras coletadas.....	44
4.2. Efeito da percentagem de sódio trocá- vel e concentração salina com dife- rentes níveis de RAS na condutividade hidráulica do solo.....	46
4.2.1. Variação da condutividade hidráulica do solo saturado....	46
4.2.2. Efeito da percentagem de sódio trocável na condutividade hidráulica.....	50
4.2.3. Efeito da concentração eletro- lítica na condutividade.....	52
4.2.4. Efeito da RAS na condutividade hidráulica.....	57
4.2.5. Análise estatística.....	59
5. CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	63
APÊNDICE 1.....	71
APÊNDICE 2.....	73

APENDICE 3	75
------------------	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vista do lisímetro dividido em quadriculas de 10 x 10cm.....	26
Figura 2. Vista dos cilindros e tubos de PVC introduzido para coleta das amostras.....	28
Figura 3. Equipamento Experimental - Sistema de Permeâmetros de Carga Constante (Perspectiva).....	29
Figura 4. Amostras colocadas na placa de porcelana perfurada no interior do dessecador contendo água destilada ou solução de Na_2CO_3	32
Figura 5. Vista da bomba de sucção criando vácuo dentro do dessecador.....	33
Figura 6. Nomograma para determinar o valor da RAS e estimar o valor correspondente da PST do solo em equilíbrio com água (RICHARDS, 1954).....	35
Figura 7. Etapas para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado.....	38
Figura 8. Curva padrão de turbidez estabelecida para o solo estudado.....	42
Figura 9. Comportamento da condutividade hidráulica saturada com o tempo	

para algumas amostras.....	48
Figura 10. Comportamento da condutividade hidráulica relativa para diferentes PST utilizando-se água destilada e água com $CE = 2,5dS/m$ a $25^{\circ}C$ e RAS 1,6 como solução percolante..	51
Figura 11. Comportamento da condutividade elétrica do percolado com o tempo para diferentes PST utilizando-se água destilada como solução percolante.....	53
Figura 12. Comportamento da condutividade elétrica do percolado com o tempo para diferentes PST utilizando-se água $CE = 2,5dS/m$ a $25^{\circ}C$ e RAS 1,6 como solução percolante.....	56
Figura 13. Efeito da relação de adsorção de sódio na condutividade hidráulica relativa do solo ajustado a dife- rentes níveis de percentagem de sódio trocável.....	58

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Características físicas, químicas e mineralógicas do solo utilizado para encher os lisímetros.....	23
Tabela 2. Valores de densidade aparente (Da) e teor de água a base de massa (%) obtidos para amostras utilizadas...	45
Tabela 3. Leitura médias de turbidez observadas no percolado sob diferentes tratamentos de PST, utilizando água destilada como solução percolante...	54
Tabela 4. Valores médios estimados de ppm de argila no percolado sob diferentes tratamentos de PST, utilizando água destilada como solução percolante...	54
Tabela 5. Análise de variância para condutividade hidráulica relativa.....	60
Tabela 6. Valores médios da condutividade hidráulica relativa (%) para os diferentes tratamentos.....	60

EFEITO DO SÓDIO TROCÁVEL, DA CONCENTRAÇÃO SALINA E DA
RELAÇÃO DE ADSORÇÃO SÓDIO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE
UM SOLO ALUVIAL

Autor: HUDSON SANTOS PIMENTA

Orientador: PROF. DR. HANS RAJ GHEYI

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da percentagem de sódio trocável (PST) do solo, concentração salina e relação de adsorção de sódio (RAS) na condutividade hidráulica de um solo aluvial de textura franco arenosa do Perímetro Irrigado de São Gonçalo - PB, foi conduzido um experimento no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande - PB, no período de março de 1990 a fevereiro de 1991.

O experimento foi realizado utilizando-se amostras de solo não deformadas coletadas em anéis cilíndricos de PVC tipo Uhland (4,7cm de diâmetro interno e 5,0cm de altura). O experimento consistiu em determinar a condutividade hidráulica saturada da amostra de solo em duas etapas. Na etapa 1 após saturação das amostras com água destilada procedeu-se com determinação da condutividade hidráulica saturada (K_o) utilizando-se um

conjunto de permeâmetros de carga constante, sendo K_0 calculado aplicando a lei de Darcy. Na etapa 2 do trabalho, determinou-se a condutividade hidráulica (K_1) da mesma amostra do solo após ajustar a PST do solo a nível desejado e utilizando-se água destilada ou água com $CE = 2,5dS/m$ tendo RAS variáveis como solução percolante. Os tratamentos estudados foram: 4 níveis de PST (1,6; 10, 16 e 30) estabelecidos mediante saturação das amostras do solo com Na_2CO_3 de concentração adequada, utilizando-se como segundo fator 5 diferentes tipos de água (água destilada e água com $CE = 2,5dS/m$ a $25^{\circ}C$ com os valores de RAS igual a 1,6; 8,5; 14 e 30 $(mmoles/l)^{1/2}$). Cada determinação foi feita em 3 repetições, sendo as amostras escolhidas aleatoriamente.

Os resultados obtidos mostraram que devido a variabilidade espacial houve grande variação na condutividade hidráulica saturada das amostras tendo como 95,13% de coeficiente variação. A PST influenciou a K_r - condutividade hidráulica relativa ($K_1/K_0 \cdot 100$) negativamente e de forma exponencial, sendo reduzida praticamente a zero na PST de 30. A concentração eletrolítica da solução percolante mostrou um efeito positivo na condutividade hidráulica relativa do solo, resultando em valores de K_r de 249,28; 41,62; 33,47 e 36,83% para as respectivas PST de 1,6; 10, 16 e 30. A RAS da solução percolante afetou a K_r , sendo que melhores

resultados foram obtidos para valores de RAS em equilíbrio com a PST, no entanto, para alto valor de PST (30) com água de CE = 2,5dS/m a 25°C e RAS 30 não se verificou qualquer influência.

EFFECT OF EXCHANGEABLE SODIUM PERCENTAGE, SALINE
CONCENTRATION AND SODIUM ADSORPTION RATIO ON HYDRAULIC
CONDUCTIVITY OF AN ALLUVIAL SOIL

Author: HUDSON SANTOS PIMENTA

Adviser: PROF. DR. HANS RAJ GHEYI

SUMMARY

With the objective to study the effect of exchangeable sodium percentage (ESP), saline concentration and sodium adsorption ration (SAR) on hydraulic conductivity of an alluvial sandy loam soil of irrigated perimeter of São Gonçalo - PB, an experiment was conducted at the Irrigation and Salinity Laboratory Agricultural Engineering Department of the Center of Sciences and Technology of the Federal University of Paraíba, Campina Grande (PB), Brazil, from March, 1990 to February, 1991.

The experiment was carried out using undisturbed soil samples collected in Uhland type PVC plastic cylinders (4.7cm in diameter; 5.0cm long). The experiment consisted of determination of saturated hydraulic conductivity of soil in two steps. In first step, after saturating the soil sample with distilled water, proceeded with the determination of saturated hydraulic conductivity (K_o) using a constant head water supply system. The K_o was calculated using Darcy's

equation. In the second step, after adjustment of desired ESP, the hydraulic conductivity (K_1) was determined for the same soil sample using either distilled water or saline solution of $EC = 2.5dS/m$ at $25^{\circ}C$ for percolation. The treatments studied were 4 (four) levels of ESP (1.6, 10, 16 and 30) established by saturation of the soil sample with the appropriate concentration of Na_2CO_3 using as a second factor 5 (five) different types of water (distilled water and water with $EC = 2.5dS/m$ at $25^{\circ}C$ with SAR values equal to 1.6, 8.5, 14 and 30 $(mmoles/l)^{1/2}$). Each determination was replicated 3 (three) times and the soil samples were chosen at random.

The results obtained show that due to spatial variability high variation in hydraulic conductivity of the soil samples was observed having a variation coefficient of 95.13%. The ESP influenced K_r - relative hydraulic conductivity ($K_1/K_0 \cdot 100$) negatively and exponentially with sharp decrease to zero at ESP 30. The percolating solution with $EC = 2.5dS/m$ showed a positive effect on relative hydraulic conductivity, resulting in values of K_r 249.28, 41.62, 33.47 and 36.83% at ESP of 1.6, 10, 16, and 30 respectively. The SAR of the percolating solution affected K_r negatively and the best results were obtained at values of SAR in equilibrium with ESP, although at a high value of ESP (30) with water $EC = 2.5dS/m$ $25^{\circ}C$ and SAR 30 no influence was verified.

1. INTRODUÇÃO

Um dos graves problemas que pode limitar o desenvolvimento da irrigação numa região é o risco da salinização dos solos. Segundo SUDENE (1977) citado por QUEIROZ (1990), 52% da superfície do Nordeste brasileiro é caracterizada por uma região semi-árida devido às condições edafoclimáticas seus solos estão propensos a sofrerem processos de salinização e/ou sodificação sobretudo quando a área irrigada apresenta drenagem inadequada. GOES (1978) estimou que cerca de 25% da área dos diversos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro está salinizada e uma parte significativa desta área encontra-se abandonada por tornar-se improdutivas.

Uma das várias causas da salinização de solos é o manejo inadequado do solo e da água. A utilização de água de irrigação com alto teor de sais, principalmente do sódio, pode favorecer o acúmulo desse na solução do solo favorecendo sua adsorção pelo complexo de troca. Assim, provocando modificações na estrutura do solo devido aos efeitos do sódio adsorvido sobre a dilatação, dispersão e migração das partículas de argila nos poros condutores com

consequente formação de camadas impermeáveis que podem interferir na condutividade hidráulica do solo.

Em vários perímetros irrigados do Nordeste o alto valor de percentagem de sódio trocável (PST)¹ tem sido identificado como principal fator limitante na produção (GOES, 1978; MILLAR & CORDEIRO, 1978) devido ao seu efeito na permeabilidade do solo. Embora o efeito benéfico da água de concentração eletrolítica sobre a condutividade hidráulica do solo saturado (QUIRK & SCHOFIELD, 1955) e na recuperação de solos sódicos (REEVE & BOWER, 1960) seja bem conhecido raros são os trabalhos dessa natureza desenvolvidos em solos do Nordeste. O conhecimento do modo como o solo comporta-se sob condições salinas e/ou sódicas é primordial para se definir critérios de manejo de água e solo em áreas irrigadas evitando ou minimizando assim riscos futuros de salinização e sodificação.

Diante do exposto o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da PST do solo, concentração salina e relação de adsorção de sódio (RAS)² da água de irrigação na condutividade hidráulica de um solo aluvial de textura franco arenosa, localizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Paraíba.

¹ Na literatura inglesa expressa-se ESP, iniciais de Exchangeable Sodium Percentage, e.

² SAR, iniciais de Sodium Adsorption Ratio.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Movimento da água no solo e definições

Água é por excelência um elemento dinâmico no solo, e o seu fluxo se processa dentro do solo devido ao potencial total da água que é constituído pela somatória de quatro componentes: 1. potencial mátrico, gerado pela interação entre matriz sólida do solo e água; 2. potencial osmótico, que aparece devido a água no solo ser uma solução de sais minerais e outros solutos; 3. potencial gravitacional, devido a altura geométrica do ponto considerado em relação ao plano de referência e 4. potencial de pressão ou hidráulico, que está sempre presente em solos saturados e corresponde à pressão exercida sobre o ponto considerado da água que satura o solo. Convém lembrar que o potencial hidráulico, em situação de saturação é sempre maior que zero e para condições de não saturação é nulo, ficando o movimento da água, nesse caso, governado apenas pelo potencial mátrico, osmótico e gravitacional. Portanto, o fluxo da água em estado líquido, de uma zona para outra no mesmo solo, se

processa em função dum gradiente de potencial de água no solo. O fluxo dirige-se da zona com potencial total mais elevado (maior energia livre) para aquela de potencial mais reduzido (BUCKMAN,1979).

2.2. Condutividade hidráulica do solo saturado

Darcy (1856) citado por REICHARDT (1985), estudando a dinâmica da água em meios porosos, verificou experimentalmente, em colunas de areias saturadas, que a densidade de fluxo em meio poroso saturado é proporcional ao gradiente hidráulico, e que, esse fator de proporcionalidade, a condutividade hidráulica, caracteriza o meio quanto a capacidade em transmitir água. Assim, Darcy estabeleceu a primeira lei que descreve o fluxo de água em materiais porosos saturados. Sua equação foi mais tarde adaptada para solos não saturados e, apesar de suas limitações, é a equação que melhor descreve a densidade de fluxo de água no solo.

LIBARDI (1988), comenta que da experiência sobre infiltração vertical de água em filtros de areia "homogênea" sob condições de saturação Darcy obteve as seguintes conclusões:

- A vazão Q , isto é, o volume de água (V) que atravessa a coluna por unidade de tempo (t) é proporcional à área (A) de sua secção transversal, isto é:

$$Q = V/t \propto A \quad (1)$$

- A vazão Q é proporcional a diferença de carga piezométrica ($H_1 - H_2$) através da coluna:

$$Q \propto (H_1 - H_2) \quad (2)$$

- A vazão Q é inversamente proporcional ao comprimento L da coluna de areia:

$$Q \propto 1/L \quad (3)$$

Substituindo então o símbolo de proporcionalidade por uma constante de proporcionalidade K_o , obtém-se:

$$Q = K_o A (H_1 - H_2)/L \quad (4)$$

Portanto, o fluxo da água no solo ocorre de acordo com a Lei de Darcy:

$$Q/A = V/At = K_o \Delta H/L \quad (5)$$

onde: V é o volume de água que passa através o solo no tempo (t), A é a área da secção transversal da coluna de solo, ΔH é a diferença de carga hidráulica, L é o comprimento da coluna de solo ($\Delta H/L$ é o gradiente de carga hidráulica) e K_o é a condutividade hidráulica do solo saturado (HILLEL, 1982; SHAINBERG & LETEY, 1984).

Segundo REICHARDT (1985), a equação de Darcy simplesmente nos diz que a densidade de fluxo é proporcional força que atua sobre a água, isto é, o

gradiente de potencial. O coeficiente de proporcionalidade K_o é condutividade hidráulica. Aparece ainda um sinal negativo na equação que unicamente indica que o sentido do fluxo é o inverso do gradiente. A condutividade hidráulica pode então ser definida pela relação entre o fluxo e o gradiente:

$$K_o = -V.L/A.t \Delta H \quad (6)$$

$$\text{Quanto a unidades, } K = L^3.L/L^2.T.L = L.T^{-1}$$

Portanto, a unidade em que a condutividade hidráulica pode ser expressa é $L.T^{-1}$ cm/h ou cm/dia.

2.1. Fatores que afetam a condutividade hidráulica

Segundo REICHARDT (1985), a condutividade hidráulica depende das propriedades do fluido e do material poroso. Através de análise dimensional verificou-se que:

$$K = k.d.g/n \quad (7)$$

onde: k = a propriedade do solo chamada permeabilidade intrínseca (cm^2) que depende do arranjo geométrico das partículas e da umidade, que determinam a secção transversal útil para o fluxo; d = densidade do fluido (água) (g/cm^3); g = aceleração da gravidade (cm/s^2) e n = viscosidade do fluido ($g/cm.s$).

A viscosidade e a densidade da solução do solo dependem da temperatura, pressão, concentração de sais solúveis, teor de água do solo. Com exceção de solos expansíveis, o valor de K de um solo é tido como constante para uma dada umidade. Para efeito prático, assume-se que d , g e n são constantes para um dado experimento, e K varia apenas com a umidade (área útil do fluxo).

Em um dado solo, a condutividade hidráulica é função da umidade e quanto mais úmido estiver o solo, maior será o seu valor, atingindo o valor máximo quando o solo estiver saturado, recebendo a denominação de condutividade hidráulica do solo saturada (K_0) (REICHARDT, 1978).

Segundo REICHARDT (1985), a condutividade hidráulica depende da geometria do espaço poroso, portanto, pode variar enormemente de solo para solo e para o mesmo solo, com variações estruturais, como compactação.

Segundo HILLEL (1972), os principais fatores que afetam a condutividade hidráulica são a textura e estabilidade estrutural do solo, a densidade aparente, os agregados, a composição química do solo e do complexo de troca, as propriedades de dilatação e compactação do solo, a atividade microbiana e a possível presença de ar que possa bloquear a passagem da água.

Segundo KLAR (1984), condutividade hidráulica não se mantém constante em um mesmo solo,

devido aos processos de natureza química, física e biológica que ocorrem continuamente como por exemplo, a alteração do complexo de cátions trocáveis e a migração de partículas de argila durante o fluxo. Ainda, segundo o autor, dados de laboratórios talvez não forneceriam estimativas válidas do comportamento no campo já que quantidade substancial de água poderia passar através das descontinuidades do solo, tal como, fendas de dissecação, canais de vermes.

KLUTE & DIRKSEN (1986), acrescentam que quando o fluido atravessa amostras de solo por longos períodos de tempo, ou quando as amostras tem estado submersas por longos períodos, diversos processos biológicos, químicos e físicos podem ocorrer no sistema que mudam a condutividade hidráulica. Ainda, segundo os autores, a acumulação de gases nos poros, devido ao uso de água rica em gases dissolvidos, reduz a condutividade hidráulica. Se as amostras de solos contêm argilas expansíveis, a mudança na composição química da solução do solo pode ter grandes efeitos na condutividade hidráulica (REEVE et alii, 1954; QUIRCK & SCHOFIELD, 1955; DANE & KLUTE, 1977; ROLFE & AYLMOORE, 1977).

Além de sua dependência a atributos físicos do solo, a condutividade hidráulica depende da PST e da concentração eletrolítica da solução do solo. Dois principais mecanismos têm sido propostos para explicar os

decréscimos da permeabilidade do solo com alta PST: a expansão e dispersão dos minerais de argila. QUIRK & SCHOFIELD (1955), sugeriram que a expansão das partículas de argila, a qual aumenta com o aumento da sodicidade do solo poderia resultar no fechamento total ou parcial dos poros condutores. ROWELL et alii (1969), também indicam a expansão das argilas como causa das reduções iniciais da condutividade hidráulica em solos com alto PST.

Os efeitos adversos da alta PST sobre as propriedades físicas do solo têm sido universalmente reconhecida. O problema foi discutido originalmente pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954) e por QUIRK & SCHOFIELD (1955), entre outros. Na Austrália os efeitos da PST sobre solos e argilas foram avaliados por NORTHCOTE & SKENE (1972), LOVEDAY & PYLE (1973), e outros. O valor 15 para PST foi sugerido por RICHARDS (1954) como critério para diferenciar um solo sódico de um não sódico considerando que as propriedades físicas dos solos com PST mais elevadas seriam seriamente afetadas quando na presença de água. Experiências na Austrália sugere que o valor de PST 15 é muito alto. NORTHCOTE & SKENE (1972), sugeriram um PST de 6 como valor limite, LOVEDAY & PYLE (1973), apresentaram resultados experimentais que dão suporte a esse valor. Por outro lado, BERNSTEIN (1974), tem proposto o valor do PST 10 em solos de textura fina e 20 em solos de textura grossa.

Contudo, os dados na Austrália foram obtidos através de experimentos com solos argilosos, enquanto nos Estados Unidos os experimentos foram conduzidos em solos de textura mais leve McINTYRE (1979).

Os trabalhos de McNEAL & COLEMAN (1966a); McNEAL (1968); YARAN & THOMAS (1968), e DESHPANDE et alii (1968), concordam com ABROL et alii (1978) de que o efeito adverso do sódio trocável nas propriedades físicas do solo é consideravelmente modificada pelo tipo e quantidade de minerais de argila presentes no solo, presença ou ausência de agregados e materiais estabilizantes incluindo sesquióxidos e matéria orgânica. No entanto, McINTYRE (1979), estudando a relação entre PST, grau de subplasticidade, teor e tipo de argila, utilizando água de boa qualidade para medir a condutividade hidráulica, observou que para solos plásticos normais a PST influencia a condutividade hidráulica mais do que qualquer outro atributo. Esse efeito foi independente do teor e tipo de argila.

Outras atributos do solo tal como mineral primário e teor de Ca_2CO_3 são muito importantes na determinação da resposta de solos sódicos lixiviados com água destilada (SHAINBERG & LETEY, 1984).

PUPISKY & SHAINBERG (1979), em estudos com solos de textura franco-arenosa, verificaram que em altos valores de PST e concentração salina acima de 0,01N a

expansão das argilas foi o principal fator responsável pelo decréscimo da condutividade hidráulica. Porém, sob baixos valores de PST e soluções do solo muito diluídas, a dispersão e migração das partículas de argila para os poros condutores foi o principal mecanismo responsável pelas reduções no valor da condutividade hidráulica. Os mesmos autores concluíram que a dispersão é possível apenas quando a concentração da solução do solo diminui abaixo de um certo "valor limite" no qual as partículas de argila floculam.

A dilatação não é apreciável a menos que a PST exceda a 20 ou 30%, mas dispersão pode ocorrer em níveis de PST tão baixo quanto 10 a 20% se o nível de eletrolitos for inferior 10 meq/l (Aylmore & Quirk (1959), Quirk (1968), Shainberg & Caiserman (1971) e Felhendler et alii (1974), citados por FRENKEL et alii (1978).

McNEAL & COLEMAN (1966a), em pesquisa sobre o efeito da composição da solução do solo sobre o valor de condutividade hidráulica em solos do oeste dos Estados Unidos, encontraram que os decréscimos mais pronunciados na condutividade hidráulica se verificaram na faixa de PST 20 a 30% e concentração salina entre 3 e 50 meq/l.

SHAINBERG & LETEY (1984), concluíram que a expansão e dispersão são mecanismos muito importantes na maioria dos solos sódicos agricultáveis porque embora a expansão seja um processo reversível pela adição, ao

sistema, de eletrólitos ou cátions bivalentes, dispersão e migração são essencialmente irreversíveis e que podem causar a formação de uma camada impermeável no perfil do solo.

A dispersão das argilas e a condutividade hidráulica do solo também são afetadas pela composição dos cátions trocáveis. ALPEROVITCH et alii (1986), em estudos com sistemas Na-Ca e Na-Mg, explicam que em solos bem intemperizados, nos quais o Ca_2CO_3 e minerais primários tem sido lixiviados, a maioria dos eletrólitos do solo são derivados da hidrólise dos minerais de argila, a qual é diminuída com presença do magnésio trocável. Tais condições pode favorecer a dispersão devido a redução na concentração de eletrólitos em relação ao sódio trocável e em consequência haverá também um decréscimo da condutividade hidráulica.

De acordo com QUIRCK & SCHOFIELD (1955), McNEAL & COLEMAN (1966a), YARON & THOMAS (1968) e FRENKEL et alii (1978), com o aumento da PST ou diminuição da condutividade elétrica da solução decresce a permeabilidade do solo.

Para descrever a afinidade entre condutividade hidráulica e composição da solução, QUIRCK & SCHOFIELD (1955), desenvolveram o conceito de "threshold concentration" (concentração limite). Essa é a concentração de sais na solução percolante, a qual causa

uma redução de 10 a 15% na permeabilidade do solo para um dado valor de PST. Eles mostraram que a condutividade hidráulica de um dado solo diminui com o aumento da PST desde que a concentração eletrolítica esteja abaixo de um nível crítico.

Os solos em regiões áridas e semi-áridas, frequentemente têm altos valores de PST e, por essa razão deve ser dada grande importância à concentração eletrolítica da água de irrigação. O trabalho de Bodman & Fireman (1939,1950) citado por QUIRCK & SCHOFIELD (1955), mostrou que uma satisfatória permeabilidade pode ser mantida para um solo com 30% de saturação com sódio utilizando uma alta concentração eletrolítica. Um valor satisfatório da condutividade hidráulica, mesmo em solos com altos valores de PST, pode ser conseguido desde que a condutividade elétrica da água de irrigação permaneça acima de um certo valor crítico o qual varia de solo para solo e não pode ser obtido sem testes experimentais mesmo para solos similares (McNEAL & COLEMAN (1966a) e FRENKEL et alii (1978).

EMERSON & BAKKER (1973), através de seus estudos constataram que a dispersão da argila foi favorecida quando havia: (i) uma redução drástica da concentração de sais na solução do solo abaixo concentração limite "threshold concentration", na qual partículas de argila floculam, e (ii) o alto gradiente de

concentração entre as soluções diluídas dos macroporos e a solução mais concentrada no microporos dentro dos agregados. O excessivo gradiente de sais criado provoca o movimento da água dentro dos agregados e destruição desses. PUPISKY & SHAINBERG (1979), reportaram dados de solo areno-argiloso que aparecem para dar suporte às hipóteses de Emerson e Bakker.

A importância da dispersão na permeabilidade do solo tem sido também observada por RHOADES & INGVALSON (1969), que concluíram que a taxa de dispersão, ao invés da dilatação, era o processo operativo que diminuía a permeabilidade em solos vermiculíticos. Por outro lado, FRENKEL et alii (1978), concluíram que o entupimento dos poros pela dispersão das partículas de argilas é a causa mais importante da redução da condutividade hidráulica em solos montmorilonítico, vermiculítico e caulínítico para PST abaixo de 20%..

OSTER & SHAINBERG (1980), trabalhando com diferentes solos, mostraram que quando lixiviado com água destilada, o baixo valor de PST do solo, (até 10%), foi o suficiente para uma apreciável redução na condutividade hidráulica. Os autores também observaram que a concentração eletrolítica acima de 2 e 6 meq/l na solução percolante preveniu o efeito adverso de 10 e 30% de sódio trocável respectivamente na condutividade hidráulica do mesmo solo.

PAL et alii (1980), trabalhando com solo barro argiloso e barro arenoso, utilizando combinações de água com RAS de 0, 15, 30, 45 e 60 e concentração eletrolítica total de 20, 40, 80 e 120 meq/l, verificaram que: i) a condutividade hidráulica do solo saturado aumentou com o aumento da concentração eletrolítica e diminuiu com o aumento da RAS em ambos os solos; ii) o efeito da concentração eletrolítica de 20 para 30 meq/l no aumento da condutividade hidráulica do solo saturado em todos os valores de RAS foi menor no solo barro argiloso do que no solo barro arenoso; iii) os valores de condutividade hidráulica do solo saturado aumentaram progressivamente, quando concentração eletrolítica aumentou de 40 para 120 meq/l nos solo barro argiloso, enquanto no solo barro arenoso, a condutividade hidráulica do solo saturado não mudou com RAS, quando a concentração eletrolítica aumentou de 80 para 120 meq/l; iv) em ambos os solos o aumento da RAS de 0 (zero) para 15 ocasionou a máxima diminuição na condutividade hidráulica do solo saturado, e v) a percentagem de diminuição no valor da condutividade hidráulica com o aumento da RAS de 0 (zero) para 60 foi mais pronunciado no solo barro arenoso do que no solo barro argiloso na faixa de concentração eletrolítica.

A interação entre colóides e a composição da solução do solo influencia fortemente a dilatação dos

minerais de argila e a dispersão das partículas do solo. Esses processos, que são fortemente afetados pelo sódio trocável, têm efeitos bem conhecidos sobre a estabilidade dos agregados (EMERSON & BAKKER, 1973) e sobre as propriedades hidráulicas do solo (McNEAL & COLEMAN 1966a). A condutividade hidráulica do solo saturado é drasticamente reduzida devido a dispersão das argilas em concentração da solução menor que 3 meq/l (OSTER & SHAINBERG, 1980).

GIRDHAR & YADAV (1980), estudando o efeito da qualidade de água na propriedades e atributos do solo, tendo variado a relação Mg/Ca em 2, 4, 8 e 16, a RAS em 10, 25 e 50 e a concentração eletrolítica de 20 e 80 meq/l, sobre a dispersão e condutividade hidráulica em quatro solos de textura diferentes, encontraram que o aumento na relação de Mg/Ca, ou aumento da RAS e a diminuição da concentração eletrolítica da água de lixiviação aumentou a dispersão e diminuiu a condutividade hidráulica dos solos estudados.

LIMA et alii (1990), trabalhando com um solo franco na Califórnia, verificaram três níveis de PST (0,7; 4,7 e 13,8) e três diferentes concentrações de solução percolante: (0, 5 e 15 meq/l) na condutividade hidráulica do solo. Apesar de poucos níveis de salinidade testado, eles observaram que quando a PST do solo aumentava ou a concentração da solução percolante

diminuía, a condutividade hidráulica diminuía.

Diferenças de opinião podem ser encontradas na literatura quanto se a dilatação ou dispersão é a maior causa da redução da permeabilidade dos solos sódicos. McNEAL & COLEMAN (1966b), McNEAL (1968) e ROWELL et alii (1969), têm publicado equações que relatam condutividade hidráulica do solo saturado e dilatação. McNEAL & COLEMAN (1966b), consideraram dispersão e translocação de partículas como o mecanismo dominante para diminuição da condutividade hidráulica de solos de textura grossa. Esses solos continham pequenas quantidades de mineral expansível. Felhandler et alii (1974), citado por FRENKEL et alii (1978), sugeriram que dispersão e bloqueio dos poros são as principais causas de redução da condutividade hidráulica em todos os solos de baixa PST (<15). Dispersão mais do que dilatação parece ser o processo que leva a diminuição da permeabilidade em solo vermiculítico (RHOADES & INGVALSON, 1969).

2.2.2. Deteminação da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório.

Numerosos métodos têm sido usados para determinação da condutividade hidráulica (BAVER et alii, 1972; MARSHAL & HOLMES, 1979; HILLEL, 1982; KLAR 1984).

Segundo KLUTE & DIRKSEN (1986), vários métodos para determinação da condutividade hidráulica têm sido descritos na literatura. São métodos de campo e de laboratório, tendo cada um deles suas vantagens e desvantagens. A escolha do método depende de fatores tais como: i) disponibilidade de equipamentos; ii) a natureza do solo; iii) tipo de amostras possível de ser obtida; iv) experiência e conhecimento do pessoal técnico e v) os propósitos para quais as medições serão feitas.

Segundo KLAR (1984), os métodos de laboratório podem classificar em indiretos e diretos. O método de medição direta é feito mediante o uso de permeâmetros (existem diversos tipos), podendo ser divididos em permeâmetros de carga constante (utilizado no presente estudo) e de carga variável, podendo ser utilizadas amostras não deformadas (coletadas em campo ou amostras reconstituídas em laboratório), procurando-se manter a maior representatividade possível da estrutura original. As informações obtidas através das amostras indeformadas são mais recomendáveis, quando se pretende extrapolar os dados para as condições de campo (MILLAR & CORDEIRO, 1978).

Estudos de laboratório tem a vantagem de permitir um maior controle de ambiente, contudo a desvantagem de não se poder relacionar diretamente os dados obtidos com as condições de campo. As determinações

em campo embora mais confiáveis, são extremamente trabalhosas e requerem instrumentação adequada, nem sempre disponível (Davidson et alii, 1965, citados por CARVALHO & AZEVEDO, 1975).

De acordo com BAVER et alii (1972), em condições de laboratório, a condutividade hidráulica pode ser medida com certa precisão. Há problemas, no entanto, de se assegurar que a estrutura do solo seja mantida durante a coleta no campo, ou alcançada durante sua reconstituição.

Por outro lado, SHAINBERG & LETEY (1984), afirmam que valores relativos da permeabilidade de solo obtidos em laboratório durante variações nas condições químicas do solo descreveriam relativamente o comportamento no campo sobre condições similares, apesar do valor absoluto da condutividade hidráulica do campo não poder ser realmente estimado em estudos de laboratório (SHAINBERG & LETEY, 1984).

Segundo RIEU (1983), permeâmetros de laboratório são muito úteis devido a possibilidade de se efetuar medidas em série de amostras. É conveniente, contudo, efetuar-se as medições em amostras de solo indeformadas, previamente saturadas em água. A água usada nas determinações da condutividade hidráulica em laboratório deve ser livre de gases através de fervura e resfriamento a baixa pressão, para evitar o efeito do

aprisionamento de gases nos espaços porosos do solo e consequentes interferências no fluxo (MARSHALL & HOLMES, 1979).

Comparados com outros métodos, os de laboratório têm duas inerentes limitações. A primeira limitação é da amostragem que além de exigir muito tempo ainda precisa equipamentos e técnicas adequadas. A segunda, é o pequeno tamanho da amostra, o que pode ocasionar uma grande variação nas características do solo, devido a variação espacial, exigindo para uma avaliação segura a coleta de um grande número de amostras (Kessler & Oosterban, 1980, citado por QUEIROZ, 1990).

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em laboratório utilizando-se amostras indeformadas coletadas em anéis cilíndricos de PVC tipo Uhland de 4,7cm de diâmetro interno e 5cm de altura. O experimento consistiu em determinar a condutividade hidráulica saturada das amostras de solo antes e após o ajustamento de níveis desejados de percentagem de sódio trocável (1,6; 10; 16 e 30%) estabelecidas mediante saturação de amostras de solo com concentração adequada de Na_2CO_3 , utilizando-se 5 diferentes tipos de água como solução percolante (água destilada e água com CE = 2,5 dS/m a 25°C ajustada aos valores de RAS 1,6; 8,5; 14 e 30 (mmoles/l)^{1/2}). Cada determinação foi feita em 3 repetições sendo as amostras escolhidas aleatoriamente.

3.2. Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório

de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande-Paraíba, utilizando as amostras do solo indeformadas, coletadas em anéis cilíndricos de PVC no lisímetro número 07 localizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), distante 10km da cidade de Souza-PB, possuindo latitude sul de $6^{\circ}50'$ e $38^{\circ}19'$ de longitude oeste de Greenwich com uma altitude média de 235m.

3.3. Fase prévia do experimento

Em setembro de 1986, uma bateria de 12 lisímetros com dimensões de 1,25 x 1,25 x 1,25m foi preenchido com solo aluvial de textura franco arenosa, retirado de uma parcela de tamanho 20x10m, da Estação Experimental da EMEPA/EMBRAPA/IAJAT (lote 05 pertencente ao Perímetro Irrigado), para atender necessidades de pesquisa do Departamento de Engenharia Agrícola. Para enchimento foi utilizado solo destorroado e homogenizado, sem nenhuma compactação. As características físicas, químicas e mineralógicas do solo utilizado estão apresentadas na Tabela 1. No processo de estabilização do

Tabela 1. Características físicas, químicas e mineralógicas
do solo utilizado para encher os lisímetros*.

Granulometria - %

Areia	60,80
Silte	31,50
Argila	7,70

Classificação Textural

Franco Arenosa

Densidade Aparente - g/cm^3	1,35
Densidade Real - g/cm^3	2,65
Umidade - %	
Natural**	1,52
0,33 atm	15,75
1,00 atm	10,14
2,00 atm	8,39
5,00 atm	7,64
10,00 atm	7,25
15,00 atm	6,99

Complexo Sortivo - meq/100g

Cálcio	6,50
Magnésio	2,80
Potássio	0,87
Sódio	0,12
Bases Trocáveis	10,29
Hidrogênio + Alumínio	1,81
Capacidade de Troca Catiônica	12,10

Carbono Orgânico - % 0,97

Fósforo Assimilável - meq/100g 3,40

pH - H_2O (1:2,5) 6,50

Condutividade Elétrica - dS/m (1:2,5) 0,15

Mineralogia*** Ilita, Caulinita, Smectita

=====

* Segundo GHEYI. (1989).

** Amostra seca ao ar.

*** Semi-quantitativa, presença em ordem decrescente.

solo foram realizadas várias irrigações nos meses de setembro à novembro. Nos meses seguintes, até fevereiro de 1987, os lisímetros foram submetidos ao processo natural de compactação do solo, ficando exposto às chuvas e ao sol, sendo irrigado ocasionalmente utilizando água do açude de São Gonçalo, cujas características químicas estão apresentadas no Apêndice 1. Objetivando promover a estruturação do solo bem como permitir compactação, implantou-se no trimestre fevereiro-abril de 1987 cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Em seguida, o lisímetro número 7, permaneceu exposto as condições climáticas, sendo irrigado e cultivado ocasionalmente. O milho (*Zea mays* L.) foi a última cultura implantada (setembro a dezembro de 1989). Maiores detalhes referentes à metodologia utilizada no enchimento dos lisímetros e condições anteriores ao presente estudo podem ser encontradas em GHEYI et alii (1989) e QUEIROZ (1990).

O clima da região segundo classificação de Köppen é semi-árido quente Bsh, a precipitação média anual é de 890mm sendo a maior parte ($\approx 66\%$) concentrado no trimestre fevereiro-abril, a média anual da umidade relativa do ar é de 64% e a evaporação média anual diária do tanque classe A é de 7,5 mm/dia (HIDROSERVICE, 1970). Salienta-se que durante os quatro meses mais secos (agosto a novembro) a temperatura média chega a extremos de 36°C (média anual 27°C), a umidade relativa média mensal de 46%

e a evaporação tanque classe A é de 9,5 mm/dia.

3.4. Coleta das amostras

As amostras foram coletadas no lisímetro número 7 localizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo em março de 1990. Na época da coleta das amostras o lisímetro não estava cultivado com qualquer cultura e aproximadamente 30 horas antes da coleta das amostras ocorreu uma chuva de 40mm o que além uniformizar o teor de água no perfil do solo facilitou a retirada das amostras. No início, foi retirado 20cm do solo do lisímetro com o objetivo de limpar e eliminar possíveis raízes presentes e também para um melhor nivelamento da superfície do solo. Em seguida o lisímetro foi dividido em quadriculas de 10 x 10cm, totalizando 120 quadriculas, utilizando para isso barbante, tomando-se o cuidado para deixar 7,5cm de bordadura entre as paredes do lisímetro e as primeiras fileiras de quadriculas (Figura 1). As amostras foram coletadas em cilindros de PVC de 5,0cm de altura e 4,7cm de diâmetro interno, chanfrados na parte inferior para facilitar sua introdução no solo, utilizando-se do trado tipo Uhland. Essas amostras eram retiradas sempre no canto superior esquerdo das quadriculas. Os cilindros (amostras) após retirados eram vedados tanto na parte inferior quanto

Figura 1. Vista do lisímetro dividido em quadriculas de 10 x 10cm.

na superior com tampas de alumínio com auxílio de um prendedor de borracha e identificadas através de numeração, (por exemplo: amostra 5.9 significa amostra retirada na quadricula situada na linha 5 com a coluna 9). Simultaneamente, na mesma profundidade que se retirou os cilindros, foram retiradas amostras de solo para determinação da umidade na parte inferior direita das quadriculas, utilizando-se tubos de PVC ($\phi = 1''$) com 15cm de comprimento (Figura 2). Para determinação do teor de água do solo usou-se o método padrão de estufa (método gravimétrico).

3.5. Aparato experimental

Para determinação da condutividade hidráulica do solo saturada das amostras foi montado um sistema de permeâmetros, cujos detalhes podem ser vistos na Figura 3. O equipamento consta de 12 permeâmetros ($P_1, P_2, \dots, P_{11}, P_{12}$) interligados a um reservatório com bóia (R_2). Esse por sua vez é conectado a um reservatório maior (R_1) que abastece todo o sistema.

Como mostra a Figura 3, os doze permeâmetros podem ser ligados e desconectados simultaneamente ou isoladamente através de uma presilha adaptada a mangueira de borracha flexível que liga cada um deles ao reservatório com bóia, sem que isso prejudique o

Figura 2. Vista dos cilindros e tubos de PVC introduzido para coleta das amostras.

P 1 a P 12 - PERMEÂMETRO

Figura 3 - Equipamento Experimental - Sistema de Permeômetros de Carga Constante (Perspectiva)

funcionamento dos demais.

A Figura 3 apresenta maiores detalhes sobre o funcionamento do sistema, onde: R_1 abastece R_2 , que ao atingir seu nível máximo propicia uma carga constante de 3cm sobre a superfície do solo. A água percolada através da coluna de solo é armazenada no reservatório (R_3) do permeâmetro até que forme uma lâmina de aproximadamente 0,3cm quando o líquido escoar para fora do reservatório e é coletado em uma proveta graduada.

Nessas condições a condutividade hidráulica do solo saturado (K_o) é calculada pela equação de Darcy:

$$K_o = V.L/A.t(h + L) \quad (8)$$

onde: V = volume de água que passa através da amostra no tempo " t " em cm^3 ;

A = a área da secção transversal da amostra em cm^2 ;

L = comprimento da amostra em cm e

h = potencial de pressão (carga hidráulica no topo) da amostra em cm.

3.6. Preparo das amostras do solo e das soluções para o estudo.

3.6.1. Amostras do solo:

Para ajustar a PST do solo, a amostra do solo posterior a determinação da condutividade hidráulica saturada com água destilada foi colocada num suporte de porcelana perfurada no interior do dessecador (Figura 4) contendo solução de Na_2CO_3 na concentração adequada determinada previamente com base no ensaio preliminar e os resultados obtidos por BARRETO (1989). Para evitar aprisionamento de ar no solo, manteve-se no início o nível da solução ligeiramente superior a base do solo e através de uma bomba de sucção criou-se o vácuo dentro do dessecador (Figura 5). A amostra permaneceu em vácuo até que a superfície do solo encontrava-se molhada. Em seguida o nível da solução foi elevado um pouco além do nível do solo (dentro do cilindro) e novamente a amostra foi mantida sob condições de vácuo durante um período de 10 dias.

Os tratamentos estudados estão discriminados abaixo:

Tratamento 1 (T_1) - Amostras com PST inicial do solos em qualquer ajustamento (PST 1,6).

Tratamento 2 (T_2) - Amostras sodificadas em solução 0,03N de Na_2CO_3 (PST 10).

Figura 4. Amostras colocadas na placa de porcelana perfurada no interior do dessecador contendo água destilada ou solução de Na_2CO_3 .

Figura 5. Vista da bomba de sucção criando vácuo dentro do dessecador.

Tratamento 3 (T_3) - Amostras sodificadas em solução 0,04N de Na_2CO_3 (PST 16).

Tratamento 4 (T_4) - Amostras sodificadas em solução 0,10N de Na_2CO_3 (PST 30).

Na preparação das soluções de 0,03; 0,04 e 0,1N de Na_2CO_3 utilizou-se respectivamente 1,59; 2,1 e 5,3g/l de Na_2CO_3 anidro procedente da MERCK e água destilada previamente fervida com o objetivo de minimizar a presença de gases dissolvidos.

Para cada tratamento estudado utilizou-se 3 repetições sendo a amostra escolhida aleatoriamente. No entanto no processo de saturação com Na_2CO_3 utilizava-se algumas amostras extras com o objetivo de certificar o nível da PST atingido mediante análise de solo.

3.6.2. Soluções:

Como solução percolante, além de água destilada previamente fervida utilizou-se soluções de $\text{CE} = 2,5\text{dS/m}$ a 25°C e com os valores de RAS igual a 1,6; 8,5; 14 e 30 (mmoles/l)^{1/2}. Esses valores das RAS foram estimados utilizando nomograma (Figura 6) dado por

Figura 6. Nomograma para determinar o valor da RAS e estimar o valor correspondente da PST do solo em equilíbrio com água (RICHARDS, 1954).

RICHARDS (1954), e representam o valor em equilíbrio com correspondente PST do solo. Para preparar as soluções utilizou-se NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de procedência MERCK discriminadas abaixo:

Água 1 - água destilada, previamente fervida.

Água 2 - água com condutividade elétrica (CE igual a 2,5dS/m a 25°C e RAS igual a 1,6. Utilizou-se 298,91mg/l de NaCl (5,11 meq/l de Na) e 1461,55mg/l de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (19,885 meq/l de Ca) dissolvidos em água destilada previamente fervida.

Água 3 - água com CE igual a 2,5dS/m a 25°C e RAS igual a 8,5. Utilizou-se 993,71mg/l de NaCl (17,00 meq/l de Na) 588,01mg/l de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (7,99 meq/l de Ca) dissolvidos em água destilada previamente fervida.

Água 4 - água com CE igual 2,5dS/m a 25°C e RAS igual a 14. Utilizou-se 1206,93mg/l de NaCl (20,649meq/l de Na) e 319,84mg/l de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (4,351meq/l) dissolvidos em água destilada previamente fervida.

Água 5 - água com CE igual a 2,5dS/m a 25°C e RAS igual 30. Utilizou-se 1387,95mg/l de NaCl e 92,12mg/l $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (1,25 meq/l de Ca) dissolvidos em água destilada previamente fervida.

3.7. Metodologias utilizadas

3.7.1. Determinação da condutividade hidráulica

A determinação da condutividade hidráulica foi realizada em duas etapas, como mostra a Figura 7.

Etapa 1

A amostra do solo no cilindro em que foi coletado teve sua base (parte chanfrada do cilindro) fixada em pedaço de gaze para evitar qualquer distúrbio e perda do solo. Foi também conectado na parte superior do cilindro uma luva de PVC ($\phi = 5\text{cm}$). Em seguida a amostra foi colocada num suporte de porcelana perfurado porosa de porcelana no interior do dessecador contendo água destilada. Para evitar aprisionamento de ar no solo, manteve-se no início o nível de água ligeiramente superior base do solo (Figura 7) e através de uma bomba de sucção criou-se o vácuo dentro do dessecador (Figura 5). A

Figura 7 - Etapas para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado

amostra permaneceu em vácuo até que a superfície do solo encontrava-se molhada, em seguida o nível de água foi elevado até a altura do solo e novamente a amostra foi mantida sob condições de vácuo durante um período de 3 dias. Após a saturação do cilindro (amostra) em água destilada, utilizando-se sistema de permeâmetros de carga constante foi determinada a condutividade hidráulica do solo saturada, em intervalo de uma hora durante um período de 12 horas, denominada de K_o . Além de medições do volumes drenados foram feitas determinações da turbidez, da condutividade elétrica e pH no percolado.

Salienta-se que para determinação da condutividade hidráulica do solo saturada usou-se água destilada e as amostras do solo que possuíam PST 1,6 (amostras sem qualquer ajuste da PST).

Etapa 2

Terminada a Etapa 1, o abastecimento de água aos permeâmetros foi interrompido e deixou-se drenar a água existente no permeâmetro durante 90 minutos. Em seguida, as amostras foram colocadas em contato com as soluções de Na_2CO_3 na concentração adequada durante 10 dias, conforme foi descrito no item 3.6.1 para se atingir o valor da PST desejado. No caso de amostra com PST do solo inicial (1,6), a amostra foi saturada novamente com

água destilada.

Concluído o período de sodificação, as amostras foram novamente conectadas ao sistema de permeâmetros utilizando-se água 1, água 2, água 3, água 4 ou água 5 e durante um período de 12 horas foi medido o volume percolado em intervalos horários, determinando-se, em seguida, a condutividade hidráulica, agora denominada de K_1 . Novamente, juntamente com as medições do volume drenado foram feitas determinações da turbidez, condutividade elétrica e pH do percolado.

Para avaliar o efeito da PST do solo, concentração eletrolítica e RAS da solução percolante sobre a condutividade hidráulica solo saturado foi calculada a condutividade hidráulica relativa (K_r) como sendo a percentagem de K_1 em relação a K_0 ou seja:

$$K_r (\%) = K_1 / K_0 \cdot 100 \quad (9)$$

3.7.2. Análise do solo

Para as determinações das análises químicas utilizou a metodologia usual descrita em EMBRAPA (1979), sendo os cátions trocáveis determinados utilizando acetato de amônio a 1N e pH 7,0 (Na e K) e cloreto de potássio a 1N e pH 7,0 (Ca + Mg).

A umidade a base de massa das amostras foi

determinada pelo método padrão de estufa (método gravimétrico), utilizando amostras retiradas simultaneamente na mesma quadrícula onde foi retirado o cilindro (amostra) para estudo da condutividade hidráulica.

A densidade aparente ou global (D_a) do solo foi determinada de maneira indireta pela seguinte fórmula:

$$D_a = (AU - C) - [e_g.(AU - C)/100] / [\pi.d^2/4.h] \quad (10)$$

onde: AU = massa do cilindro contendo solo úmido em (g);

C = massa do cilindro incluindo tampas de alumínio

(g) d = diâmetro do cilindro (cm);

h = altura do cilindro cm e

e_g = umidade a base de massa (%).

3.7.3. Determinação da turbidez

Para determinação da turbidez, adaptou-se a metodologia descrita por ARORA & COLEMAN (1978), utilizando-se um espectrofotômetro (Spectronin 20 Bausch & Lomb) ajustado ao comprimento de 530nm. O aparelho foi calibrado para leitura de 100% de transmitância com água destilada e em seguida foram obtidas leituras para as amostras contendo diferentes teores de argila (variando de 46,98 a 563,76 ppm). Com as leituras obtidas, confeccionou-se a curva padrão (Figura 8), que permite cálculo do teor de argila em suspensão a partir das

Figura 8. Curva padrão de turbidez estabelecida para o solo estudado.

leituras de turbidez.

Para preparação das amostras com diferentes teores de argila utilizou-se o seguinte procedimento: Em um becker de 1000cm^3 colocou-se 50g do solo ($<2\text{mm}$) utilizado no experimento, adicionou-se 25cm^3 de NaOH a 1N e completou o volume para 1000cm^3 com água destilada. Retirou-se alíquotas de 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 e 6 cm^3 a uma profundidade de 5cm, 10 minutos após agitação. Retirou-se ao mesmo tempo, uma alíquota de 60cm^3 da solução e levou-a para secagem a 105°C por 24 horas para determinação do teor de argila na suspensão, levando-se em considerações nos cálculos, a massa residual de NaOH, encontrou-se que 1cm^3 da suspensão corresponde ao 0,004698g de argila, que diluído em 50cm^3 , para leitura, corresponde a 93,96ppm de argila na suspensão (Apêndice 2).

3.8. Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando recurso computacional (foi usado o programa SANEST - Sistema de Análise e Estatística).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da homogeneidade entre as amostras coletadas.

Na Tabela 2, apresenta-se os valores de densidade do solo (g/cm^3) e o teor de água a base de massa (%) das amostras coletadas para o estudo. Quanto à densidade solo, verificou-se que as amostras apresentaram valores na faixa de 1,18 a 1,46 g/cm^3 , com um valor médio 1,34 g/cm^3 com desvio padrão (s) de 0,051 g/cm^3 e coeficiente de variação (CV) de 3,81%. Esse resultado concorda com o obtido por QUEIROZ (1990), que para o solo do mesmo lisímetro nas diferentes profundidades, na fase inicial do trabalho, tem encontrado para densidade solo um valor médio de 1,35 g/cm^3 com um $s = 0,035\text{g/cm}^3$ e $CV = 2,60\%$. Os resultados mostram também que não houve mudança significativa nos valores da densidade solo com o tempo, indicando desse modo, que o solo dentro do lisímetro tinha atingido uma condição de equilíbrio quanto a acomodação e compactação. Um análise cuidadosa dos resultados obtidos

TABELA 2 : Valores de densidade aparente (Da) e teor de água a base de massa (%) obtidos para amostras utilizadas.

Nº da amostra	Da (g/cm³)	% umidade	Nº da amostra	Da (g/cm³)	% umidade	Nº da amostra	Da (g/cm³)	% umidade
1.1	1.42	18.74	4.8	1.41	18.21	8.5	1.21	20.24
1.2	1.42	17.39	4.9	1.41	19.21	8.6	1.29	20.30
1.3	1.28	19.61	4.10	1.39	18.22	8.7	1.38	19.14
1.4	1.39	16.96	4.11	1.33	19.66	8.8	1.37	19.07
1.5	1.34	16.80	5.1	1.23	19.76	8.9	1.31	20.77
1.6	1.41	16.61	5.2	1.33	19.34	8.10	1.31	20.05
1.7	1.46	17.12	5.3	1.38	19.60	8.11	1.38	19.46
1.8	1.38	17.55	5.4	1.45	18.71	9.1	1.33	19.16
1.9	1.31	17.31	5.5	1.31	18.41	9.2	1.24	16.04
1.10	1.33	17.95	5.6	1.37	17.86	9.3	1.25	17.84
1.11	1.33	18.12	5.7	1.37	18.16	9.4	1.33	19.06
2.1	1.34	17.64	5.8	1.37	19.57	9.5	1.31	19.76
2.2	1.33	18.32	5.9	1.37	18.46	9.6	1.31	20.07
2.3	1.20	18.28	5.10	1.29	19.09	9.7	1.38	19.07
2.4	1.27	15.92	5.11	1.35	19.10	9.8	1.36	20.42
2.5	1.42	17.65	6.1	1.33	17.72	9.9	1.31	21.35
2.6	1.37	17.16	6.2	1.24	17.92	9.10	1.32	19.94
2.7	1.35	17.21	6.3	1.34	17.76	9.11	1.34	19.38
2.8	1.35	18.22	6.4	1.35	17.58	10.1	1.35	18.65
2.9	1.36	19.14	6.5	1.35	18.36	10.2	1.31	18.89
2.10	1.37	18.88	6.7	1.46	17.92	10.3	1.36	20.09
2.11	1.32	18.53	6.8	1.40	17.52	10.4	1.36	19.56
3.1	1.18	15.40	6.9	1.42	18.70	10.5	1.33	19.15
3.2	1.28	16.89	6.10	1.34	19.16	10.6	1.28	20.24
3.3	1.33	17.70	6.11	1.40	17.47	10.7	1.31	20.11
3.4	1.27	16.52	7.1	1.35	18.82	10.8	1.35	20.27
3.5	1.34	18.18	7.2	1.37	18.87	10.9	1.34	21.72
3.6	1.35	17.91	7.3	1.36	17.79	10.10	1.36	21.25
3.7	1.39	17.99	7.4	1.36	17.83	10.11	1.34	19.97
3.8	1.40	17.70	7.5	1.40	18.35	11.1	1.33	18.17
3.9	1.38	18.09	7.6	1.30	18.72	11.2	1.29	17.85
3.10	1.38	16.91	7.7	1.39	17.34	11.3	1.30	17.98
3.11	1.39	17.67	7.8	1.39	18.26	11.4	1.32	19.12
4.1	1.27	18.72	7.9	1.31	19.59	11.5	1.35	19.28
4.2	1.27	18.22	7.10	1.29	19.07	11.6	1.29	19.91
4.3	1.33	17.32	7.11	1.34	18.89	11.7	1.33	20.09
4.4	1.30	17.36	8.1	1.43	13.76	11.8	1.36	20.50
4.5	1.40	15.98	8.2	1.25	14.62	11.9	1.36	21.05
4.6	1.35	17.92	8.3	1.26	18.71	11.10	1.32	21.64
4.7	1.41	18.20	8.4	1.31	17.69	11.11	1.40	22.17

Valor mínimo : 1.18 13.76
 Valor máximo : 1.46 22.17
 Média : 1.34 18.60
 Desvio padrão(s): 0.05 1.36
 Coef. var. (CV) : 3.81 7.31

revela que estes não apresentam qualquer tendência definida de gradiente. Quanto a umidade, os resultados mostraram valores na faixa de 13,76 a 22,17% tendo como valor 18,60% com $s = 1,36\%$ e $CV = 7,31\%$. Esses valores comparados com as constantes de umidade apresentados na Tabela 1 mostram que maioria das amostras tinham umidade ligeiramente superior a capacidade de campo (15,75%), talvez em decorrência das chuvas ocorridas apenas 48 horas antes da coleta das amostras. Os valores de umidades obtidos também não se apresentam qualquer tendência de gradiente.

4.2. Efeito da percentagem de sódio trocável e concentração salina com diferentes níveis de RAS na condutividade hidráulica do solo.

Os resultados de condutividade hidráulica bem como outras observações obtidas durante a determinação com diferentes amostras estão apresentados no Apêndice 3. Para uma melhor compreensão dos resultados, os mesmos serão discutidos a seguir em subitens.

4.2.1. Variação da condutividade hidráulica do solo saturado.

Observando-se os resultados de condutividade hidráulica do solo saturado obtidos para diferentes amostras (Apêndice 3 - Etapa 1), verificou-se que os mesmos não apresentam qualquer comportamento definido do ponto de vista de local de retirada, densidade do solo ou unidade da amostra e desse modo só pode ser atribuído à variabilidade espacial do solo. Os valores de condutividade hidráulica obtidos para primeira hora de determinação variaram entre 0,47 a 7,90 cm/h, enquanto no final da determinação após 12 horas os resultados apresentaram variação na faixa de 0,34 a 17,95 cm/h. Salienta-se que os resultados para primeira hora apresentam valores ligeiramente inferiores aos reais devido ao fato que uma parte de água fica retido no reservatório (R_3 -Figura 3) antes de drenar para o recipiente coletor.

Uma análise cuidadosa dos resultados obtidos com o tempo, revela que para maioria das amostras (cerca de 58%) os valores de condutividade hidráulica aumentaram com o tempo, enquanto para aproximadamente 38% das amostras estudadas com o tempo não houve uma variação significativa na condutividade hidráulica. Por outro lado, algumas amostras apresentaram diminuição da condutividade hidráulica com o tempo. A Figura 9 mostra essas tendências dos resultados para as amostras 3.4, 3.9 e 2.10. Independentemente da tendência apresentada, observou-se

Figura 9. Comportamento da condutividade hidráulica saturada com o tempo para algumas amostras.

que resultados da condutividade hidráulica entre 10 e 12 horas de determinação mostraram pouca variação. Portanto, para estudar os efeitos de outros parâmetros (PST, CE e RAS) na condutividade hidráulica considerou-se os valores de 10, 11 e 12 horas para a estimativa do valor médio.

Mesmo assim, verificou-se que os resultados médios de condutividade hidráulica do solo saturado obtidos para diferentes amostras apresentaram grandes variações, com valores na faixa de 0,37 a 18,92cm/h tendo um valor médio $4,11 \pm 3,9$ cm/h. Vale salientar que, QUEIROZ (1990), em seu estudo para o mesmo solo, no entanto em outro lisímetro (número 9) obteve valor da condutividade hidráulica do solo saturado semelhante (3,63 a 13,54cm/h) tendo como média 7,18cm/h. A variação observada nos valores de condutividade hidráulica se devam possivelmente, além da variabilidade espacial, da presença de caminhos preferenciais deixados pela decomposição de pelos radiculares ou junto as paredes do cilindro, provocando um aumento no volume de água percolado. Por outro lado, a diminuição na condutividade hidráulica pode ser explicado pelo provável bloqueio dos poros condutores devido a migração e dispersão da argila. Convém salientar que no início da determinação foi observado presença de partículas de argila no percolado coletado. Devido a esse fenômeno ARORA & COLEMAN (1978), também observaram diminuição na condutividade hidráulica do solo com o

tempo.

4.2.2. Efeito da percentagem de sódio trocável na condutividade hidráulica

Observa-se na Figura 10, que utilização de água destilada (água 1) como solução percolante, provocou uma significativa diminuição na condutividade hidráulica relativa (K_r) a medida que se aumentou a PST do solo. Para o solo com PST inicial 1,6 (T_1), o valor da K_r foi de $80,75 \pm 24,02\%$, enquanto para o solo com PST ajustado para 10 (T_2), 16 (T_3), e 30 (T_4) os valores foram de $10,02 \pm 9,95$; $6,59 \pm 9,76$ e $2,09 \pm 0,67\%$, respectivamente. Assim, quanto maior a percentagem de sódio no complexo de troca do solo menor foi sua capacidade relativa de transmitir água. O mesmo comportamento foi observado quando utilizou-se as diferentes águas como solução percolante, como mostra a Figura 10, para a água com $CE = 2,5dS/m$ a $25^\circ C$ e RAS 1,6. Resultados semelhantes tem sido verificado por McNEAL & COLEMAN (1966a); FRENKEL et alii (1978); PARK & O'CONNOR (1980). BARRETO (1989), trabalhando com o mesmo solo verificou uma diminuição drástica no valor da condutividade hidráulica relativa do solo quando o PST ultrapassava de 25%. QUIRCK & SCHOFIELD (1955), indicam

Figura 10. Comportamento da condutividade hidráulica relativa para diferentes PST, utilizando-se água destilada e água com $CE = 2,5dS/m$ a $25^{\circ}C$ e RAS 1,6 como solução percolante.

que enquanto a concentração da solução do solo for mantida acima de um valor limite ("threshold concentration") a dispersão é minimizada e a condutividade hidráulica não é muito afetada. Nas condições do experimento o uso de água destilada como solução percolante, na etapa 2, diminuiu a concentração eletrolítica da solução do solo a praticamente zero (Figura 11) para os tratamentos com PST 1,6 e 10 provocando dispersão e com a migração da argila dispersa houve entupimento dos poros condutores, resultando em uma diminuição da condutividade hidráulica. Para os tratamentos com PST 16 e 30% a dispersão foi provocada devido ao elevado PST do solo. A dispersão das partículas de argila e sua subsequente migração pode ser comprovada através de valores de turbidez no percolado (Tabela 3 e 4) que mostraram uma tendência nítida de aumento com a PST do solo.

4.2.3. Efeito da concentração eletrolítica na condutividade hidráulica

O uso de água com $CE = 2,5 \text{ dS/m}$ a 25°C e RAS 1,6 como solução percolante, resultou em valores de K_r igual a $249,13 \pm 30,28\%$; $41,62 \pm 10,24\%$; $33,47 \pm 11,23\%$ e $36,83 \pm 35,225\%$ respectivamente para os tratamentos com PST igual a 1,6; 10; 16 e 30 como mostra a Figura 10. Comparando-se esses resultados com os obtidos utilizando a

Figura 11. Comportamento da condutividade elétrica do percolado com o tempo para diferentes PST utilizando-se água destilada como solução percolante.

TABELA 3. Leituras médias de turbidez observadas no percolado sob diferentes tratamentos de PST utilizando água destilada como solução percolante.

		Leitura de turbidez (média das 3 amostras)			
Amostra:		9.4 / 7.3 / 4.5	11.4 / 3.8 / 10.6	2.11 / 6.3 / 7.5	7.8 / 5.6 / 10.3
Tempo	PST	1,6	10	16	30
1h		88.67	62.67	54.67	
2		94.33	54.67	50.00	8.00
3		95.33	46.33	39.00	11.67
4		97.00	43.67	31.00	19.00
5		97.33	42.00	29.00	6.00
6		97.33	40.00	18.50	14.00
7		96.00	39.67	25.50	6.00
8		98.00	39.67	18.50	10.00
9		98.33	41.33	32.00	6.00
10		98.67	41.33	18.50	4.00
11		99.00	38.00	26.00	7.00
12		99.67	42.67	21.00	2.00

TABELA 4. Valores médios estimados de ppm de argila no percolado sob diferentes tratamentos de PST utilizando água destilada como solução percolante.

		ppm de argila (média das 3 amostras)			
Amostra:		9.4 / 7.3 / 4.5	11.4 / 3.8 / 10.6	2.11 / 6.3 / 7.5	7.8 / 5.6 / 10.3
Tempo	PST	1,6	10	16	30
1h		21.18462	108.4937	142.8519	
2		5.617234	142.8519	165.3163	626.3632
3		2.964217	164.4933	227.8250	531.3704
4		0	199.3710	265.5821	408.7443
5		0	209.1807	302.3606	626.3632
6		0	221.4535	415.4536	483.5732
7		0	223.5397	334.7185	698.7392
8		0	223.5397	415.4536	570.2246
9		0	221.4535	277.5947	698.7392
10		0	213.2264	415.4536	800.7474
11		0	165.3163	329.8333	659.9575
12		0	205.1990	383.5649	673.1234

água destilada, notou-se que o maior aumento na condutividade hidráulica relativa correspondeu ao tratamento de menor PST e a medida que houve aumento na PST esse aumento foi menos pronunciado. Observou-se ainda que para o tratamento com PST 30 (T_4) o valor da K_r é ligeiramente superior do que a do tratamento com PST 16 (T_3), devido ao fato de que o valor do desvio padrão foi muito grande, o que proporcionou um aumento do valor da média. Bodman & Fireman, (1939, 1950), citados por FRENKEL, (1978) e OSTER & SHAINBERG (1980), observaram também que com uma alta concentração eletrolítica o efeito adverso do sódio na permeabilidade pode ser controlado. O aumento na condutividade hidráulica do solo com a utilização de água salina pode ser explicado pelo aumento da concentração de cátions ao redor da micela proporcionando uma redução no "potencial zeta", diminuindo assim a dispersão e aumentando a floculação (BUCKMAN, 1979).

O comportamento geral das curvas para CE do percolado com o tempo utilizando como solução percolante água destilada (água 1) e água com $CE = 2,5dS/m$ a $25^{\circ}C$ e RAS 1,6 (água 2) para os diferentes PST é mostrada na Figura 11 e 12, respectivamente. No caso de água destilada, observa-se que os valores iniciais da CE do percolado são relativamente altos, diminuindo progressivamente com o tempo, tornando-se constante após 9

Figura 12. Comportamento da condutividade elétrica do percolado com o tempo para diferente PST utilizando-se água com CE = 2,5dS/m a 25°C e RAS 1,6 como solução percolante.

a 11 horas do teste. Observa-se ainda na Figura 11, que os valores finais de CE do percolado foram maiores para o tratamento de PST 30 devido a solução de Na_2CO_3 remanescente após o ajuste da PST. Para solução percolante água 2 (CE 2,5dS/m a 25°C e RAS 1,6) observa-se na Figura 12, que embora os valores de CE do percolado em diferentes PST variaram muito no início, no entanto após 10 a 12 horas de teste esses valores estabilizam ao redor da CE inicial da solução (2,5dS/m). O alto valor de CE do percolado (superior 4,5dS/m) observado no início para o PST 30, foi uma consequência do volume remanescente do Na_2CO_3 utilizado para ajustar a PST do solo.

4.2.4. Efeito da RAS na condutividade hidráulica

A Figura 13 mostra o comportamento da condutividade hidráulica relativa a diferentes valores de RAS em solos com diferentes níveis de PST. Essas curvas foram obtidas utilizando-se as águas com CE = 2,5dS/m a 25°C e RAS correspondente ao PST do solo. Com exceção da curva para PST do solo igual a 30, verifica-se que o máximo valor da K_r foi obtido para o correspondente valor de RAS que estaria em equilíbrio com a PST do solo. Esses resultados podem ser explicado considerando que o valor de RAS em equilíbrio com PST do solo provocaria mínima

Figura 13. Efeito da relação de adsorção de sódio na condutividade hidráulica relativa do solo ajustado a diferentes níveis de percentagem de sódio trocável.

desestruturação do solo com a passagem da solução percolante. No entanto para o solo com PST 30 (T_4) isto não foi válido, provavelmente porque a CE da solução (2,5dS/m) não foi suficiente para promover floculação e nesse caso o PST ainda controlaria a K_r . QUIRCK & SCHOFIELD (1955), mostraram que a condutividade hidráulica de um dado solo diminui com o aumento da PST desde que a concentração eletrolítica esteja abaixo de um valor limite ("threshold concentration"). PUPISKY & SHAINBERG (1979), concluíram que a dispersão é possível apenas quando a concentração da solução do solo cai abaixo da "threshold concentration" na qual as partículas de argilas floculam.

Embora para o solo com PST igual a 30 não se verifique uma tendência definida com o aumento da RAS, vale ressaltar que os valores de K_r observados foram bem superiores aos de K_r obtido para o mesmo PST (30) com água destilada (Figura 10).

4.2.5. Análise estatística

Analisando globalmente os resultados de K_r , verifica-se efeitos altamente significativa dos atributos estudados (PST, solução percolante e a sua interação) como mostra a Tabela 6 contendo os resultados da análise de variância.

Tabela 5. Análise de variância para a condutividade hidráulica relativa.

Causas da variação	G. L.	S. Q.	Q. M	Valor F	Prob. > F
Solução	4	31063,566	7765,892	8,234	0,00016
PST	9	103704,941	34568,314	36,659	0,00001
Solução x PST	12	51693,752	4307,813	4,568	0,00025
Resíduo	40	37725,084	943,127		
Total	50	224187,343			
Média geral = 68,091			Coef. de variação = 45,102%		

Observa-se que o coeficiente de variação foi relativamente alto ($CV = 45,10\%$) mas isto era esperado levando em consideração a grande variação obtida nos valores de K_0 por motivos explicados anteriormente.

A Tabela 6 mostra os valores médios de condutividade hidráulica relativa (%) para os diferentes tratamentos.

Tabela 6. Valores médios de condutividade hidráulica relativa (%) para os diferentes tratamentos

PST	Água dest.	Água com CE = 2,5dS/m a 25° C				
		RAS 1,6	RAS 8,5	RAS 14	RAS 30	Média
1,6	80,73 bA	249,31a A	117,86 bA	114,30bA	118,15bA	136,07A
10,0	10,02 b B	41,62ab B	104,45a A	78,79abAB	77,62abAB	62,50 B
16,0	6,60 b B	33,47ab B	52,63abAB	88,69a AB	65,82abAB	49,44 BC
30,0	2,09a B	36,83a B	18,30a B	46,50a B	18,00a B	24,35 C
Média	24,86b	90,31a	73,31a	82,07a	69,90a	

As médias seguidas por letras maiúscula e minúscula distintas respectivamente na vertical e horizontal diferem entre si ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observando a Tabela 7, a comparação das médias, pelo teste de Tukey, para o fator PST verifica-se que embora haja uma diminuição significativa na condutividade hidráulica relativa a medida que se aumentou a PST do solo, estatisticamente apenas as diferenças entre tratamento T_1 (PST 1,6) e demais e o tratamento T_2 (PST 10) e tratamento T_4 (PST 30) foram significativas ao nível de 0,05 de probabilidade. O teste de Tukey aplicado as médias da solução percolante revelou que o tratamento com água destilada (água 1) apresentando a menor média diferiu das demais médias que não diferiram entre si ao nível de significancia de 0,05. A significancia da interação PST versus solução indica que as águas utilizadas na percolação influenciaram de maneira diferente em níveis de PST. Em PST 1,6 (T_1) a média para água 2 (RAS 1,6) apresentou-se maior e difere das demais médias que não se diferem entre si ao nível de 0,05 de probabilidade. Para a PST 10 (T_2) apenas a média do tratamento da água 3 difere da média do tratamento água 1 e para a PST 16 (T_3) a média do tratamento da água 4 diferiu apenas da média do tratamento água 1 também ao nível de 0,05 de probabilidade. A PST 30 (T_4) as águas utilizadas não apresentaram diferenças significativas entre si.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e com o que foi discutido nas condições do experimento conclui-se que:

- i) Os valores de condutividade hidráulica saturada do solo (K_o) obtidos apresentaram variações na faixa de 0,37 a 18,92cm/h tendo como valor médio $4,11 \pm 3,91\text{cm/h}$;
- ii) A PST diminuiu a condutividade hidráulica relativa (K_r) de forma exponencial, sendo que para PST 30, utilizando água destilada, o valor foi de $2,09 \pm 0,67\%$;
- iii) A concentração salina proporcionou aumento na condutividade hidráulica, sendo que em PST menores esse efeito foi mais pronunciado quando utilizou-se água com RAS 1,6; e
- iv) A RAS da solução percolante afetou a condutividade hidráulica relativa (K_r), significativamente, entretanto, os maiores valores de K_r para solos com PST 1,6; 10 e 16 foram obtidos pelo RAS de 1,6; 8,5 e 14.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABROL I.P.; SAHA A.K.; ACHARYA C.L. Effect of exchangeable sodium of some physical properties. J. Indian Soc. Soil Sci., 26(2):98-105 1978.
- ALPEROVITCH N.; SHAINBERG I.; RHOADES J.D. Effect of mineral weathering of the response of sodic soils to exchangeable magnesium. Soil Sci. Soc. Am. J., 50:901-904, 1986.
- ARORA H.S. & COLEMAN N.T. The influence of electrolyte concentration of flocculation of clay suspensions. Soil Sci., 127(3):134-139 1978.
- BARRETO F.L. Estudos de condutividade hidráulica em solos com diferentes teores de sódio trocável. Campina Grande, 1989. (Mestrado - Universidade Federal da Paraíba).
- BAVER L.D.; GARDNER W.H.; WILFORD R. Soil physics. 4th ed. New York John Wile & Sons 1972. p.498.
- BERNSTEIN L. Drainage for agriculture In: van Schifgaarde Ed. Crop Growth an Salinity. Am. Soc.

- Agron. Monogr. n^o. 17. 1974.
- BODMAN G.B. & FIREMAN M. Trans. Fourth Internat. Cong. Soil Sci. 1:397. 1950.
- BUCKMAN H. O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos; 5.ed. Rio de Janeiro Freitas Bastos 1979. 647p.
- CARVALHO H.O. & AZEVEDO H.M. Determinação da condutividade hidráulica não saturada baseada na curva retenção do solo. In: III SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Fortaleza, Novembro 1975. 39-50p.
- DANE J.H. & KLUTE A. Salt effects of the hydraulic properties of a swelling soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:1043-1049, 1977.
- DESHPANDE T.L.; GREENLAND; QUIRCK J.P. Changes in soil properties associated with the removal of iron and aluminum oxides. J. Soil Sci., 19:108-122. 1968.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1979.
- EMERSON W.W. & BAKKER A.C. The comparative effect of exchangeable Ca Mg and Na of some physical properties of red brown earth subsoils. Aust. J. Soil Res., 11:151-157. 1973.
- FRENKEL H.; GOERTZEN J.O.; RHOADES J.O. Effects of clay type and content exchangeable sodium percentage and

- electrolyte concentration of clay dispersion and soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:32-39. 1978.
- GHEYI, H.R. Modelo numérico para previsão de riscos de salinização em áreas irrigadas; In:Relatório Anual do Projeto PB 42 Convênio PDCT.CNPq/BID/UFPB). Campina Grande, UFPB/Depto. Eng. Agric., 1989. 72p.
- GIRDHAR I.K. & YADAV J.S.P. Effect of different Mg/Ca ratios RAS values and electrolyte concentrations in the leaching water of the dispersion and hydraulic conductivity of soils. In: INTERNAT. SYMP. ON SALT AFFECTED SOILS. PRINCIPLES AND PRACTICES FOR RECLAMATAION AND MANAGEMENT Karnal, 18-21. FEBRUARY 1980. p. 210-218.
- GOES E.S. O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 5. ed Maio 1978. 4-24p.
- GUPTA R.K.; BHUMBLA D.K.; ABROL I.P. Effect of sodicity pH organic matter and calcium carbonato of the dispersion behavior. Soil Sci. 137:245-251 1984.
- HIDROSERVICE ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. Projeto de trabalho de recuperação hidro-agrícola da bacia de irrigação de São Gonçalo: levantamento detalhado dos solos. São Paulo 1970. V.1.

- HILLEL D. Soil and water physical principles and processes
3.ed. New York, Academic Press, 1972. 288p.
- HILLEL D. Introduction to soil physics. New York,
Academic Press, 1982. 385p.
- KLAR A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São
Paulo Nobel 1984 408p.
- KLUTE A. & DIRKSEN C. Hydraulic conductivity and
diffusivity: Laboratory methods. In: KLUTE, A., ed.
Methods of soils analysis. Madison, ASA, 1986. pt.1,
p.687-734.
- LIBARDI P.L. Movimento da água no solo. Apostila.
Piracicaba (SP) 1988. Capítulo VIII 135-159p.
- LIMA L.A.; GRISMER M.E.; NIELSEN D.R. Salinity effects
of Yolo loam hydraulic properties. Soil Sci.,
150:451-458 1990.
- LOVEDAY D.S. & PYLE J. The Emerson dispersion test and
its relation to hydraulic conductivity. CSIRO, Aust.
Div. Soils Tech. Pap., 15. 1973.
- MARSHALL T.J. & HOLMES J.W. Soils physic. 1.ed. London
Cambridge University Press. 1979 345p.
- McINTYRE D.S. Exchangeable sodium subplasticity and
hydraulic conductivity of some Australian soils. Aust.
J. Soil Res., 17:115-120. 1979.
- McINTYRE D.S. & LOVEDAY J. Sodicity hydraulic
conductivity and swelling of clay soils. Division of
Soils. Commonwealth Scientific and Divisional Report

- no. 39 Industrial Research Organisation, Australian
1979. 9p.
- McNEAL B.L. Prediction of the effect of mixed-salt
solutions of soil hydraulic conductivity. Soil Sci.
Soc. Am. Proc. 32:190-193 1968.
- McNEAL B.L. & COLEMAN N.T. Effect of solution
composition of soil hydraulic conductivity. Soil
Science Am. Proc., 30:308-312. 1966a.
- McNEAL B.L. & COLEMAN N.T. Effect of solution
composition of the swelling of extracted soil clays.
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 30:313-317. 1966b.
- MILLAR A.A. & CORDEIRO G.G. Caracterização dos
problemas de sais dos setores de irrigação em operação
do projeto São Gonçalo. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM
ÁREAS IRRIGADAS. Anais. Fortaleza 4 e 5. Maio 1978.
25-33p.
- NORTHCOTE K.H. & SKENE J.K.M. Australian soils with
saline and sodic properties. CSIRO Aust. Soil Publ.,
27. 1972.
- OSTER J.D. & SHAINBERG I. Predicting the hydraulic
properties of sodic soils. In: INTERNAT. SYMP. ON
SALT AFFECTED SOILS. PRINCIPLES AND PRACTICES FOR
RECLAMATION AND MANAGEMENT Karnal. 18-21. February 1980
p.195-200.
- PAL R., SINGH S., POONIA S.R. The effect of water
quality of source water transmission parameters of soils

and their evaluation by using different methods. In: INTERNAT. SYMP. ON SALT AFFECTED SOILS. PRINCIPLES AND PRACTICES FOR RECLAMATION AND MANAGEMENT Karnal 8-21. February 1980 p.202-209.

PARK C.S. & O'CONNOR G.A. Salinity effects of hydraulic properties of soils. Soil Sci. 130:167-174 1980.

PUPISKY H. & SHAINBERG I. Salt effects of the hydraulic conductivity of a sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J.43:429-433 1979.

QUEIROZ M.M.F. de. Estudo da condutividade hidráulica de um solo aluvial franco-arenoso em experimentos de lisímetros. Campina Grande(PB), UFPB. 1990. (Tese Mestrado)

QUIRK J.P. Particle interaction and soil swelling. Isr. J. Chem., 6:213-234, 1968.

QUIRK J.P. & SCHOFIELD R.K. The effect of eletrolyte concentrataion of soil permeability. J. Soil Sci. 6:163 178 1955.

REEVE R.C. & BOWER C.A. Use of high salt water as a flocculant and source of divalente cations for reclaiming sodic soils. Soil Sci., 90:139-144. 1960.

REEVE R.C.; BOWER C.A.; BROOKS R.H; GSCHWEND F.B. A comparison of the effects of exchangeable sodium an potassium upon the physical condition of soils. Soil Sci.Soc. Am. Proc., 18:130-132. 1954.

REICHARDT K. A água na produção agrícola. São Paulo

McGraw-Hill 1978. 119p.

REICHARDT K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4.ed. rev.e ampliada. Campinas Fundação Cargill 1985. 445p.

RICHARDS L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, USDA, 1954. 160p. (USDA. HANDBOOK, 60).

RIEU M. Simulaton num rique des flux hydriques et prediction de la salinit dans les sols. Paris, ORSTOM, 1983. 161p.

RHOADES J.D. & INGVALSON R.D. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity properties of four vermiculitic soils. Soil Sci. Am. Proc. 33:364-145, 1969.

ROLFE P.F. & AYLMORE L.A.G. Water and salt movement through compacted clays: 1.Permeabilit of compacted illite and montmorillonite. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:489-495. 1977.

ROWELL D.L.; PAYNE D.; AHMAD N. The effect of the concentration and movement of solutions of the swelling dispersion and movement of clay in saline and alkali soils. J. Soil Sci. 20:176-188 1969.

SCHAIK J.C. VAN Influence of adsorbed sodium and gypsum content on permeabilit of glacial till soils. Journal of Soil Science 18:42-46 1967.

SHAINBERG & LETEY J. Response of soils to sodic and saline conditions. Hilgardia 52:1-57. 1984.

- SHAINBERG I. & OSTER J.D. Quality of irrigation water.
Bet Dagan, Israel. International Irrigation Information
Center. 1978. 65p. (IIIC Publications no. 2)
- YARON B. & GRANT W.T. Soil hydraulic conductivity
as affected by sodic water. Water Resour. Res.,
4:545-552, 1968.
- ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A. SANEST - Sistema de
análise e estatística para microcomputadores. Pelotas
(RGS), 1983.

APÊNDICE 1

Característica químicas da água do açude de
São Gonçalo - PB, utilizada nas irrigações*

pH	7,10
CE dS/m a 25°C	0,24
CATIONS SOLÚVEIS - meq/l	
Cálcio	1,05
Magnésio	0,80
Potássio	0,20
Sódio	0,61
ANIOS SOLÚVEIS - meq/l	
Cloreto	0,65
Sulfato	presença
Bicarbonato	1,69
Carbonato	0,00

* Segundo QUEIROZ, 1990.

APENDICE 2

__Esquema do cálculo de ppm de argila

50g do solo (<2mm) + 25cm³ NaOH 1N ==> 1000cm³
 Agitou-se e esperou-se 10' ==> (1) e (2)

(1) Aliquotas 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 e 6cm³ ==>
 ==> diluição em 50cm³ H₂O ==>
 ==> Leitura de turbidez.

(2) Aliquota 60cm³ ==> Secagem 105°C por 24h

Cálculo do resíduo de NaOH no 60cm³ da solução:

1 N de NaOH ==> 40g NaOH/l = 0,04g NaOH/ml
 25cm³ da sol. NaOH 1N x 0,04 = 1g NaOH/1000cm³ = 0,001g NaOH/cm³
 60cm³ solução x 0,001g NaOH/cm³ = 0,06g NaOH/60cm³

Cálculo de argila em 60cm³ de suspensão:

Peso do recipiente = 44,615g
 Peso do recipiente e 60ml de suspensão = 104,9905g
 Peso do recipiente após secagem = 44,9587g

44,9587g - 44,615g = 0,3437g argila NaOH
 0,3437g - 0,06g = 0,2837g de argila
 104,9905 - 44,958 = 60,0325g (peso da suspensão)
 (0,2837/60,0325)/100 = 0,4726% de argila na suspensão

Transformação para ppm de argila:

1ml	==>	50ml	
0,004698g	==>	50g	
0,009396g	==>	100g	
93,96mg	==>	1Kg	==> 93,96ppm

APENDICE 3

Dados básicos observados durante a determinação da condutividade hidráulica.

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 9.4				Rep. 2 / Amost. 7.3				Rep. 3 / Amost. 4.5			
	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0
1h	65.1	0.200	7.6	2.5	80.3	0.310	8.0	3.02	46.8	0.305	8.0	1.76
2	101.3	0.055	7.3	3.9	109.6	0.210	7.7	4.12	73.0	0.200	7.8	2.75
3	112.6	0.024	7.1	4.3	130.8	0.076	7.4	4.92	87.3	0.075	7.9	3.29
4	120.8	0.017	6.9	4.6	132.6	0.038	7.2	4.98	116.8	0.036	7.4	4.40
5	146.6	0.021	6.7	5.6	139.8		7.1	5.25	139.1		7.3	5.24
6	182.1	0.014	6.7	6.9	143.1		7.1	5.38	162.5		7.2	6.12
7	279.1	0.014	6.8	10.6	146.6		7.1	5.47	178.0		7.1	6.71
8	284.0	0.015	6.5	10.8	146.3		7.0	5.50	194.3		7.1	7.32
9	328.6	0.013	6.6	12.5	143.6	0.018	7.0	5.40	206.1	0.022	7.0	7.77
10	344.1	0.013	6.6	13.1	135.6	0.018	6.9	5.10	215.1	0.020	7.0	8.10
11	357.3	0.013	6.6	13.6	133.6	0.017	6.9	5.02	217.4	0.023	7.2	8.19
12	362.9	0.010	6.6	13.8	131.1	0.015	6.8	4.93	334.1	0.017	6.9	8.82
K ₀ média				13.51	5.01				8.37			

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo com PST 1,6(T1), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 9.4				Rep. 2 / Amost. 7.3				Rep. 3 / Amost. 4.5			
	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1
1h	314.6	0.055	7.5	11.98	102.6	0.091	7.7	3.86	195.1	0.082	7.7	7.35
2	287.3	0.015	7.1	10.94	118.3	0.034	7.3	4.45	229.6	0.033	7.3	8.65
3	272.3	0.012	7.0	10.37	115.1	0.019	7.1	4.33	241.6	0.019	7.2	9.10
4	277.1	0.010	6.8	10.55	112.6	0.015	6.9	4.23	244.6	0.014	7.0	9.22
5	256.1	0.010	6.8	9.75	110.1	0.014	6.8	4.14	264.6	0.021	6.9	9.97
6	252.1	0.009	6.7	9.60	109.6	0.013	6.9	4.12	257.6	0.014	6.8	9.71
7	236.6	0.009	6.7	9.01	106.1	0.012	6.8	3.99	249.3	0.014	6.8	9.39
8	227.1	0.008	6.7	8.65	105.1	0.011	6.8	3.95	244.6	0.015	6.8	9.22
9	224.1	0.008	6.6	8.53	107.6	0.011	6.8	4.04	248.1	0.011	6.8	9.35
10	212.1	0.008	6.6	8.08	106.1	0.011	6.9	3.99	237.1	0.010	6.7	8.93
11	207.7	0.008	6.6	7.91	106.1	0.011	6.8	3.99	236.5	0.010	6.8	8.91
12	197.2	0.008	6.6	7.51	101.7	0.010	6.8	3.82	231.9	0.010	6.8	8.74
K ₁ média				7.83	3.93				8.86			
Kr				58.0	78.4				105.8			

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando a equação 8;
 Kr = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 11.4				Rep. 2 / Amost. 3.8				Rep. 3 / Amost. 10.6				
Tempo	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	107.1	0.200	7.7	3.96	64.6	0.202	7.8	2.42	48.0	0.380	8.0	1.75	
2	145.4	0.054	7.1	5.36	96.0	0.100	7.5	3.59	58.2	0.168	7.6	2.12	
3	194.7	0.027	7.0	7.19	143.9	0.035	7.1	5.39	60.1	0.072	7.4	2.19	
4	240.0	0.023	6.7	8.87	185.7	0.022	7.0	6.95	62.5	0.042	7.1	2.28	
5	254.2		6.8	9.39	249.6		6.9	9.34	67.4	0.030	7.2	2.46	
6	274.6		6.7	10.15	267.8		6.9	10.02	74.9		7.1	2.73	
7	295.3		6.6	10.91	265.5		6.7	9.99	77.9		7.0	2.84	
8	297.4		6.3	10.99	265.2		6.7	9.93	80.6		7.1	2.94	
9	297.1	0.014	6.6	10.98	256.6	0.014	6.8	9.60	82.8	0.024	7.1	3.02	
10	276.8	0.012	6.7	10.30	249.5	0.014	6.8	9.34	82.4	0.032	7.1	3.01	
11	257.8	0.011	6.7	9.53	232.4	0.012	6.7	8.70	79.3	0.027	7.0	2.89	
12	245.9	0.012	6.6	9.09	217.3	0.011	6.7	8.13	79.9	0.021	7.2	2.92	
Ko média				9.64					8.72				2.94

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 10 (T2), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 11.4				Rep. 2 / Amost. 3.8				Rep. 3 / Amost. 10.6				
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h	71.8	0.910	9.3	2.65	54.2	0.950	9.2	2.03	53.2	1.040	9.2	1.94	
2	50.1	0.335	8.8	1.93	46.4	0.500	8.8	1.74	51.4	0.450	8.8	1.88	
3	32.7	0.196	7.5	1.21	32.6	0.276	8.2	1.22	38.6	0.228	8.2	1.41	
4	24.9	0.150	7.3	0.92	24.2	0.196	8.2	0.91	33.6	0.158	7.8	1.23	
5	19.9	0.136	7.4	0.74	19.4	0.164	8.1	0.73	28.7	0.128	7.8	1.05	
6	17.6	0.130	7.8	0.65	16.3	0.150	8.1	0.61	25.2	0.116	7.7	0.92	
7	15.8	0.124	7.6	0.58	14.7	0.142	8.0	0.55	23.3	0.108	7.8	0.85	
8	13.6	0.150	7.4	0.51	13.6	0.132	8.0	0.51	21.5	0.104	7.6	0.78	
9	12.9	0.122	7.9	0.48	12.6	0.136	8.0	0.47	20.1	0.100	7.9	0.73	
10	11.4	0.118	7.9	0.42	11.3	0.126	8.0	0.42	18.6	0.098	7.8	0.68	
11									17.3	0.093	7.7	0.63	
12	20.1	0.116	7.8	0.37	19.0	0.122	7.9	0.36	16.1	0.096	7.8	0.59	
K1 média				0.40					0.39				0.63
Kr				4.15					4.47				21.43

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando a equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante.

	Rep. 1 / Amost. 2.11				Rep. 2 / Amost. 6.3				Rep. 3 / Amost. 7.5			
Tempo	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko
1h	204.9	0.210	7.7	7.57	213.8	0.138	7.4	7.90	62.4	0.134	7.5	2.31
2	339.9	0.074	7.4	12.56	311.2	0.026	6.9	11.50	129.5	0.027	7.2	4.79
3	390.2	0.028	7.1	14.42	397.0	0.015	6.8	14.67	207.9	0.014	7.0	7.68
4	294.9	0.023	7.0	10.90	451.2	0.017	6.8	16.67	171.2	0.012	6.9	6.33
5	248.2		6.9	9.17	265.2		6.7	9.80	180.8		6.7	6.68
6	463.8		6.8	17.14	474.1		6.7	17.52	185.9		6.7	6.87
7	450.9		6.9	16.66	475.1		6.7	17.55	193.8		6.8	7.16
8	445.6		6.9	16.46	406.4		6.7	15.02	194.3		6.6	7.16
9	391.6	0.014	6.9	14.48	433.0	0.011	6.8	16.00	191.9	0.011	6.8	7.09
10	418.2	0.012	6.8	15.45	412.6	0.011	6.6	15.25	189.0	0.018	6.7	6.98
11	381.5	0.012	6.8	14.10	351.7	0.012	6.8	13.00	173.2	0.091	6.7	6.34
12	374.0	0.011	6.8	13.82	429.0	0.008	6.6	15.85	172.7	0.085	6.7	6.38
Ko média				14.46	14.70				6.57			

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 1,6 (T3), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 2.11				Rep. 2 / Amost. 6.3				Rep. 3 / Amost. 7.5				
	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h	34.1	1.920	9.4	1.26	45.4	1.460	9.4	1.68	16.4	1.620	9.5	0.61	
2	27.4	1.340	9.4	1.01	39.1	1.020	9.2	1.45	36.4	0.910	9.3	1.35	
3	15.1	0.552	8.8	0.56	23.7	0.760	9.0	0.88	36.7	0.620	9.0	1.36	
4	12.3	0.270	8.3	0.46	16.2	0.640	8.9	0.60	34.4	0.480	8.8	1.27	
5		0.202	8.1						29.6			1.09	
6		0.172	8.0		22.1			0.41	27.5	0.395	8.6	1.02	
7	12.9	0.134	7.7	0.16		0.520	8.8		36.6			1.35	
8		0.106	7.7		14.7			0.27	35.4	0.340	8.5	1.31	
9		0.095	7.7						34.6			1.28	
10		0.092	7.6		11.6			0.21	32.4	0.315	8.4	1.20	
11	10.5	0.087	7.6	0.10		0.460	8.7		31.9			1.18	
12	2.0	0.076	7.6	0.07	9.8			0.18	30.9	0.350	8.5	1.14	
K1 média				0.09					0.20				1.17
Kr				0.62					1.36				17.81

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando a equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

Apêndice 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 5.6				Rep. 2 / Amost. 7.8				Rep. 3 / Amost. 10.3				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	106.6	0.016	7.6	3.84	75.3	0.190	7.5	3.01	88.4	0.020	7.8	3.35	
2	150.2	0.045	7.2	5.41	101.4	0.075	7.2	4.06	122.0	0.071	7.4	4.63	
3	254.3	0.027	7.0	9.16	158.5	0.032	7.0	6.34	142.3	0.026	6.8	5.40	
4	228.4	0.017	6.9	8.23	269.8	0.016	6.8	10.80	181.3	0.019	6.9	6.88	
5	235.5		6.9	10.29	137.7		6.7	5.51	252.6		6.9	9.58	
6	300.0		6.6	10.81	149.7		6.8	5.99	278.3		6.8	10.55	
7	283.5		6.6	10.21	151.3		6.8	6.06	269.5		6.4	10.22	
8	304.6		6.7	10.97	158.7		6.8	6.35	270.7		6.8	10.27	
9	286.1	0.012	2.2	10.31	155.4	0.014	6.8	6.22	268.7	0.012	6.8	10.19	
10	293.2	0.011	6.7	10.56	156.9	0.013	6.8	6.28	232.6	0.018	6.8	8.83	
11	271.9	0.012	6.7	9.80	156.2	0.012	6.8	6.25	247.1	0.011	6.7	9.37	
12	259.8	0.011	6.6	9.36	163.2	0.011	6.7	6.53	247.6	0.010	6.6	9.39	
Ko média				9.91					6.36				9.20

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 30 (T4), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante.

	Rep. 1 / Amost. 5.6				Rep. 2 / Amost. 7.8				Rep. 3 / Amost. 10.3				
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h													
2	29.1	4.350	9.7	1.05					31.6	3.600	9.6	1.198	
3	13.6	2.640	9.5	0.49	19.1	4.000	9.7	0.26	21.6	1.960	9.4	0.819	
4									15.8	1.620	9.3	0.599	
5	18.9	1.900	9.4	0.34	17.1	3.300	9.7	0.34					
6									22.3	1.100	9.1	0.423	
7	12.2	1.480	9.2	0.22	12.7	2.700	9.6	0.25					
8									14.7	0.900	9.0	0.279	
9					10.6	2.200	9.5	0.21					
10	12.7	1.140	9.1	0.15									
11									12.6	0.770	8.9	0.159	
12	6.4	1.000	9.0	0.23	11.6	1.900	9.4	0.16	3.2	0.840		0.121	
K1 média				0.19					0.18				0.14
Kr				1.92					2.83				1.52

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 1.11				Rep. 2 / Amost. 9.9				Rep. 3 / Amost. 1.4			
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko
1h	71.6	0.350	7.3	2.69	42.7	0.350	7.9	1.58	61.6	0.350	7.7	2.36
2	86.8	0.102	7.0	3.26	75.1	0.190	7.8	2.79	87.3	0.204	7.6	3.34
3	90.3	0.048	6.9	3.39	84.1	0.068	7.6	3.12	93.2	0.076	7.4	3.57
4	97.6	0.022	7.0	3.67	97.4	0.031	7.3	3.61	95.5	0.033	7.2	3.66
5	105.7			3.97	115.9			4.30	97.4			3.73
6	106.8			4.01	132.5			4.92	97.3			3.72
7	109.1			4.10	137.8			5.11	97.4			3.73
8	116.6			4.38	135.5			5.03	93.0			3.56
9	121.1	0.020	6.9	4.55	151.1	0.013	7.0	5.61	93.1	0.014	7.0	3.56
10	129.7	0.012	6.9	4.87	162.6	0.011	7.2	6.03	95.1	0.015	7.2	3.64
11	140.8	0.009	7.0	5.29	177.1	0.010	7.2	6.57	101.6	0.014	7.1	3.89
12	149.4	0.009	7.0	5.61	180.6	0.010	7.1	6.70	110.2	0.013	7.1	4.22
Ko média				5.26	6.43				3.92			

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 1,6 (T1), utilizando água com CE = 2,50dS/m a 25°C e RAS 1,6 (água 2) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 1.11				Rep. 2 / Amost. 9.9				Rep. 3 / Amost. 1.4			
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1
1h	181.3	2.200	7.7	6.81	182.6	2.180	8.0	6.77	87.9	1.800	8.1	3.36
2	230.6	2.800	7.4	8.67	250.5	2.900	7.0	9.29	125.1	2.700	6.9	4.79
3	249.2	2.940	7.3	9.36	284.1	2.940	6.9	10.58	136.6	2.880	7.4	5.23
4	260.6	3.000	7.3	10.54	320.3	2.930	7.4	11.88	147.4	2.920	6.9	5.64
5	294.6	3.000	7.3	11.07	344.1	3.000	7.3	12.76	156.1	3.000	8.0	5.98
6	325.6	2.820	7.1	12.23	374.1	2.840	7.0	13.88	167.6	2.840	7.0	6.42
7	310.7	2.700	7.9	11.68	383.1	2.740	7.1	14.21	169.6	2.740	7.6	6.49
8	341.3	2.640	7.9	12.82	409.6	2.640	7.0	15.19	180.1	2.660	6.8	6.89
9	347.1	2.640	7.0	13.04	413.1	2.640	7.0	15.32	188.1	2.640	7.4	7.20
10	370.6	2.640	6.9	13.93	430.1	2.640	7.0	15.95	204.6	2.640	7.3	7.83
11	367.2	2.620	6.9	14.55	445.1	2.620	7.0	16.51	218.3	2.600	6.8	-8.36
12	406.0	2.600	7.7	15.26	444.0	2.600	6.9	16.47	244.0	2.600	7.3	9.34
K1 média				14.58	16.31				8.51			
Kr				277.19	253.66				217.09			

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 8.6				Rep. 2 / Amost. 9.5				Rep. 3 / Amost. 11.9				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	24.6	0.460	7.7	0.97	25.1	0.510	7.9	0.95					
2	33.9	0.300	7.8	1.34	32.4	0.345	7.7	1.23	12.9	0.500	8.1	0.45	
3	28.9	0.166	7.7	1.14	28.6	0.200	7.6	1.09	13.1	0.510	8.1	0.48	
4	26.2	0.110	7.6	1.03	26.5	0.130	7.5	1.01	14.9	0.420	8.0	0.55	
5	23.7			0.94	24.6			0.93	13.1	0.270	7.9	0.48	
6	21.8			0.86	23.3			0.86	13.3			0.49	
7	20.3			0.80	22.0			0.83	13.2			0.49	
8	18.9			0.75	20.4			0.77	13.1			0.48	
9	17.2	0.040	7.3	0.68	19.2	0.046	7.4	0.73	13.3	0.097	7.6	0.49	
10	16.1	0.038	7.3	0.64	18.4	0.047	7.4	0.70	13.1	0.081	7.6	0.48	
11	14.9	0.051	7.5	0.59	17.6	0.036	7.3	0.67	10.8	0.075	7.6	0.40	
12	14.3	0.053	7.5	0.57	17.0	0.045	7.5	0.65	11.1	0.090	7.7	0.41	
Ko média				0.60					0.67	0.43			

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 3.10				Rep. 2 / Amost. 3.2				Rep. 3 / Amost. 2.10				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	42.8	0.278	7.5	1.60	65.3	0.252	7.2	2.48	69.5	0.254	7.5	2.64	
2	49.0	0.092	7.3	1.83	66.0	0.095	7.3	2.50	81.9	0.086	7.1	3.11	
3	47.8	0.045	7.3	1.79	59.2	0.042	7.1	2.25	86.1	0.032	7.0	3.27	
4	51.3	0.035	7.2	1.92	59.1	0.027	7.1	2.24	95.1	0.020	6.9	3.61	
5	53.5			2.00	61.0			2.31	99.4			3.77	
6	57.4			2.15	64.2			2.44	109.7			4.16	
7	60.4			2.26	69.6			2.64	114.1			4.33	
8	65.3			2.44	78.1			2.96	119.5			4.53	
9	70.9	0.015	7.0	2.65	92.0	0.012	6.8	3.49	122.7	0.010	6.8	4.65	
10	80.7	0.013	7.1	3.02	102.2	0.012	7.0	3.88	122.1	0.010	6.9	4.63	
11	93.4	0.013	6.9	3.50	111.3	0.010	6.7	4.22	119.6	0.010	6.8	4.54	
12	105.6	0.012	7.2	3.95	129.1	0.010	6.8	4.90	116.3	0.010	6.9	4.41	
Ko média				3.49					4.33				4.53

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 16 (T3), utilizando água com CE = 2,50dS/m a 25 °C e RAS 1,6 (água 2) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 3.10				Rep. 2 / Amost. 3.2				Rep. 3 / Amost. 2.10			
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1
1h												
2	42.6	2.500	9.8	0.80	33.7	2.600	10.2	0.64	21.0	2.620	10.1	0.40
3	30.9	2.600	9.3	1.16	19.1	2.580	9.9	0.73	19.9	2.540	9.9	0.76
4	31.9	2.740	8.9	1.19	26.4	2.500	9.5	1.08	22.1	2.600	9.6	0.84
5	33.2	2.800	8.7	1.24	28.2	2.620	9.2	1.07	23.6	2.740	9.3	0.90
6	36.1	2.840	8.6	1.35	28.7	2.800	9.0	1.09	25.9	2.820	9.0	0.96
7	36.1	2.860	8.4	1.35	29.7	2.840	8.7	1.13	26.6	2.860	8.7	1.01
8	38.8	2.880	8.2	1.45	31.6	2.840	8.5	1.20	28.4	2.860	8.5	1.06
9	40.4	2.900	8.1	1.51	32.1	2.860	8.3	1.22	28.7	2.880	8.4	1.09
10	41.9	2.900	8.0	1.57	33.9	2.900	8.2	1.29	29.4	2.900	8.3	1.12
11	43.1	2.920	8.1	1.61	33.7	2.900	8.1	1.28	29.7	2.900	8.2	1.13
12	43.8	2.920	7.8	1.64	33.7	2.920	8.0	1.28	29.6	2.940	8.1	1.12
K1 média				1.61	1.28				1.12			
Kr				46.13	29.56				24.72			

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25 °C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 1.8				Rep. 2 / Amost. 3.9				Rep. 3 / Amost. 11.2				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	57.8	0.355	7.5	2.11	12.3	0.345	7.7	0.47	25.9	0.400	7.9	0.96	
2	56.1	0.114	7.2	2.05	25.5	0.262	7.7	0.98	40.2	0.250	7.8	1.78	
3	50.2	0.047	7.0	2.12	27.1	0.176	7.6	1.04	35.7	0.160	7.6	1.32	
4	61.6	0.027	7.0	2.25	26.4	0.110	7.5	1.02	34.9	0.092	7.4	1.29	
5	70.5			2.57	26.7			1.03	33.6			1.24	
6	75.6			2.76	26.9			1.03	34.2			1.26	
7	75.4			2.75	27.6			1.06	35.2			1.30	
8	73.6			2.69	30.1			1.16	37.1			1.37	
9	71.6	0.013	6.9	2.61	29.7	0.030	7.2	1.14	38.1	0.023	7.2	1.41	
10	69.1	0.013	6.9	2.52	27.2	0.026	7.3	1.05	37.9	0.023	7.3	1.40	
11	67.6	0.013	6.9	2.47	26.4	0.024	7.2	1.01	37.1	0.019	7.2	1.37	
12	64.7	0.013	6.9	2.36	26.0	0.020	7.3	1.00	35.1	0.023	7.3	1.30	
Ko média				2.45					1.02				1.36

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 3.6				Rep. 2 / Amost. 6.7				Rep. 2 / Amost. 9.1			
	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0
1h	31.20	0.400	8.0	1.17								
2	39.50	0.272	7.8	1.48	44.6	0.420	7.5	0.85	23.8	0.350	7.7	0.46
3	39.30	0.136	7.6	1.47	27.6	0.282	7.6	1.05	16.5	0.380	7.9	0.63
4	36.90	0.079	7.5	1.34	27.7	0.150	7.3	1.05	15.6	0.292	7.6	0.60
5	34.70			1.30	28.5			1.08	15.4			0.59
6	33.50			1.25	28.6			1.09	14.2			0.55
7	31.80			1.19	27.4			1.04	13.7			0.53
8	29.80			1.12	27.2			1.03	14.6			0.56
9	30.10	0.037	7.4	1.13	25.4	0.039	7.2	0.96	12.8	0.089	7.5	0.49
10	29.40	0.024	7.3	1.10	25.6	0.025	7.2	0.97	12.9	0.061	7.5	0.50
11	27.20	0.024	7.4	1.02	24.6	0.027	7.2	0.93	11.6	0.051	7.4	0.45
12	27.20	0.024	7.3	1.02	25.1	0.023	7.2	0.95	12.1	0.047	7.4	0.47
K_0 média				1.05					0.95			

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 1,6 (T1), utilizando água com CE = 2,50 dS/m a 25 °C e RAS 8,5 (água 3) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 3.6				Rep. 2 / Amost. 6.7				Rep. 2 / Amost. 9.1			
	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1
1h												
2	22.6	0.752	8.4	0.42	24.9	0.720	8.4	0.472				
3	18.0	1.140	8.3	0.67	20.1	1.240	8.2	0.762	13.6	0.560	8.3	0.17
4	22.1	1.820	7.7	0.83	21.1	1.900	7.6	0.800				
5	24.2	2.220	7.1	0.91	22.8	2.280	6.2	0.865	17.1	1.000	8.1	0.33
6	29.7	2.460	6.5	1.11	24.3	2.400	5.9	0.922				
7	27.8	2.600	6.5	1.04	27.6	2.500	6.7	1.047	18.3	1.560	7.8	0.35
8	30.1	2.680	6.4	1.13	29.9	2.580	6.4	1.134				
9	31.3	2.700	6.6	1.17	31.7	2.620	6.6	1.202	19.8	2.030	7.4	0.38
10	33.9	2.700	6.6	1.27	33.3	2.630	6.7	1.263				
11	36.6	2.720	6.7	1.37	35.0	2.700	6.6	1.327	20.6	2.400	6.5	0.40
12	38.4	2.740	2.7	1.43	36.0	2.720	6.7	1.365	10.6	2.600	6.6	0.41
K_1 média				1.36					1.32			
K_r				129.52					138.95			
									85.11			

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25 °C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 7.7				Rep. 2 / Amost. 3.3				Rep. 3 / Amost. 5.10				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	27.4	0.380	7.7	1.02	48.9	0.350	7.5	1.85	37.8	0.325	7.7	1.42	
2	43.3	0.263	7.6	1.61	51.8	0.190	7.5	1.96	45.8	0.220	7.6	1.71	
3	45.9	0.142	7.4	1.71	49.1	0.098	7.4	1.86	45.7	0.120	7.5	1.71	
4	45.3	0.058	7.2	1.69	43.4	0.059	7.3	1.65	42.9		7.3	1.61	
5	46.3			1.72	41.4			1.56	42.7			1.60	
6	46.7			1.74	38.8			1.47	41.3			1.55	
7	47.2			1.76	37.7			1.43	40.8			1.53	
8	44.4			1.65	36.1			1.37	39.6			1.48	
9	42.6	0.022	7.1	1.55	34.8	0.030	7.2	1.32	39.2	0.066	7.4	1.47	
10	41.9	0.020	7.1	1.56	36.0	0.029	7.1	1.37	34.9	0.025	7.2	1.48	
11	39.9	0.020	7.0	1.48	34.4	0.026	7.2	1.30	38.2	0.022	7.1	1.43	
12	39.6	0.019	7.0	1.47	36.9	0.024	7.1	1.40	36.9	0.022	7.1	1.46	
Ko média				1.51					1.36				1.45

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 10 (T2), utilizando água com CE = 2,50dS/m a 25°C e RAS 8,5 (água 3) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 7.7				Rep. 2 / Amost. 3.3				Rep. 3 / Amost. 5.10				
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h													
2					29.4	1.360	9.6	0.56	15.7	1.440	9.3	0.29	
3	18.0	1.440	9.4	0.22	26.3	1.880	9.4	1.00	18.9	1.660	9.3	0.71	
4	13.1	1.640	9.3	0.49	28.2	2.240	8.9	1.07	21.6	2.000	9.0	0.81	
5	14.9	1.860	9.2	0.55	30.4	2.460	8.4	1.15	24.0	2.300	8.7	0.90	
6	15.7	2.140	9.0	0.58	33.1	2.580	8.2	1.26	27.3	2.500	8.4	1.02	
7	16.6	2.360	8.7	0.62	35.6	2.640	8.1	1.35	30.4	2.600	8.2	1.14	
8	16.6	2.500	8.6	0.62	38.2	2.660	8.0	1.45	35.8	2.640	8.1	1.34	
9	17.1	2.600	8.4	0.64	40.6	2.680	7.8	1.54	40.9	2.660	7.9	1.53	
10	17.2	2.660	8.3	0.64	43.1	2.680	7.7	1.63	46.6	2.680	7.8	1.74	
11	17.9	2.720	8.2	0.67	48.0	2.680	7.5	1.82	53.6	2.680	7.6	2.01	
12	18.3	2.740	8.1	0.68	52.4	2.700	7.5	1.99	58.4	2.680	7.5	2.19	
K1 média				0.66					1.81				1.98
Kr				43.71					133.09				136.55

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 Kr = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 2.5				Rep. 2 / Amost. 6.11				Rep. 3 / Amost. 9.3				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	24.1	0.390	7.7	0.91	42.2	0.330	7.5	1.56	47.1	0.251	7.4	1.83	
2	36.4	0.345	7.6	1.38	49.7	0.232	7.4	1.84	50.1	0.150	7.4	1.95	
3	39.2	0.196	7.4	1.49	50.6	0.108	7.4	1.87	50.6	0.090	7.5	1.97	
4	25.6	0.116	7.8	0.97	48.1	0.053	7.1	1.78	48.9	0.048	7.2	1.90	
5	49.6			1.88	50.4			1.86	47.4			1.85	
6	36.8			1.46	50.9			1.82	45.4			1.77	
7	48.7			1.85	52.0			1.92	43.9			1.71	
8	36.3			1.45	51.1			1.89	44.7			1.74	
9	47.6	0.022	7.2	1.81	51.1	0.018	7.1	1.89	44.1	0.023	7.4	1.72	
10	57.2	0.017	7.1	2.17	53.1	0.015	7.0	1.96	47.3	0.017	7.2	1.84	
11	56.6	0.015	7.1	2.15	52.1	0.014	7.0	1.93	47.6	0.016	7.0	1.85	
12	62.3	0.016	7.0	2.36	52.6	0.017	7.2	1.94	49.1	0.017	7.0	1.91	
Ko média				2.23					1.94				1.87

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 1.6				Rep. 2 / Amost. 4.3				Rep. 3 / Amost. 6.1				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	49.1	0.330	7.6	1.83	31.8	0.305	7.7	1.19	73.1	0.254	7.5	2.81	
2	51.4	0.166	7.4	1.91	46.1	0.170	7.4	1.73	76.6	0.112	7.5	3.02	
3	51.1	0.082	7.3	1.90	56.6	0.093	7.2	2.12	82.9	0.046	7.2	3.19	
4	48.6	0.045	7.2	1.81	57.6	0.057	7.2	2.16	85.1	0.028	7.1	3.27	
5	54.7			2.03	61.6			2.31	95.6			3.67	
6	62.5			2.32	64.3			2.41	107.1			4.12	
7	66.9			2.49	67.8			2.54	116.1			4.46	
8	78.5			2.92	67.8			2.54	113.2			4.35	
9	90.1	0.019	7.2	3.35	58.3	0.019	7.1	2.18	109.1	0.014	7.0	4.19	
10	97.4	0.012	7.0	3.62	69.0	0.016	7.1	2.58	107.6	0.013	6.9	4.14	
11	99.3	0.016	7.1	3.69	64.9	0.014	7.0	2.43	102.3	0.012	6.8	3.93	
12	101.8	0.011	6.9	3.79	63.1	0.017	7.1	2.36	102.1	0.010	6.8	3.92	
Ko média				3.70					2.46				4.00

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 2.8				Rep. 2 / Amost. 9.7				Rep. 3 / Amost. 3.4			
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko
1h	30.1	0.400	7.6	1.16					36.6	0.310	7.7	1.43
2	39.6	0.296	7.6	1.52	34.4	0.425	7.6	0.65	41.4	0.278	7.8	1.61
3	36.1	0.156	7.5	1.39	24.0	0.340	7.7	0.91	37.6	0.150	7.6	1.46
4	33.9	0.092	7.1	1.30	23.3	0.230	7.5	0.88	33.6	0.081	7.4	1.31
5	31.7			1.22	21.4	0.152	7.1	0.81	29.6			1.15
6	21.1			0.81	19.6			0.74	26.7			1.04
7	27.2			1.05	19.0			0.72	25.1			0.98
8	25.1			0.97	17.7			0.67	22.8			0.89
9	23.2	0.028	7.1	0.89	15.8	0.046	7.2	0.60	20.1	0.041	7.4	0.78
10	23.1	0.026	7.2	0.89	15.8	0.040	7.2	0.60	19.3	0.036	7.3	0.75
11	22.2	0.027	7.3	0.85	15.1	0.035	7.2	0.57	17.6	0.038	7.4	0.69
12	22.1	0.027	7.1	0.85	14.1	0.032	7.1	0.54	16.3	0.037	7.2	0.64
Ko média				0.86	0.57				0.69			

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 10.9				Rep. 2 / Amost. 4.7				Rep. 3 / Amost. 5.5			
	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0
1h												
2	18.8	0.315	8.0	0.36	18.1	0.305	7.6	0.35	17.4	0.350	7.7	0.34
3	17.7	0.375	8.1	0.67	14.1	0.360	7.7	0.54	14.1	0.400	7.8	0.55
4	17.1	0.335	7.8	0.65	13.7	0.310	7.4	0.53	14.6	0.330	7.6	0.58
5	15.6	0.270	7.8	0.59	13.4	0.248	7.5	0.52	13.5	0.276	7.6	0.53
6	15.1			0.57	12.5			0.48	13.2			0.51
7	14.6			0.55	12.2			0.47	12.8			0.50
8	13.2			0.50	11.2			0.43	11.9			0.46
9	12.3	0.100	7.4	0.47	10.3	0.079	7.1	0.40	10.3	0.124	7.4	0.40
10	11.9	0.081	7.4	0.45	10.4	0.065	7.2	0.40	10.1	0.102	7.3	0.39
11	11.2	0.065	7.4	0.43	10.1	0.055	7.2	0.39	9.6	0.036	7.2	0.37
12	10.5	0.056	7.3	0.40	9.6	0.051	7.2	0.37	8.6	0.024	7.3	0.34
K_0 média				0.43				0.39				0.37

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 10 (T2), utilizando água com CE = 2,30dS/m a 25 °C e RAS 14 (água 4) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 10.9				Rep. 2 / Amost. 4.7				Rep. 3 / Amost. 5.5			
	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1
1h												
2												
3					11.6	1.380	9.2	0.15				
4					10.3	1.420	9.0	0.40				
5					9.9	1.740	8.9	0.38	17.5	1.420	9.1	0.14
6	16.3	1.200	9.1	0.10	9.7	2.060	8.7	0.37				
7									14.1	1.840	8.9	0.28
8	13.1	1.640	9.0	0.25	20.3	2.420	8.5	0.39				
9									14.1	2.180	8.6	0.26
10	13.1	2.000	8.8	0.25	20.9	2.740	8.3	0.40				
11												
12	12.9	2.300	8.7	0.25	21.5	2.880	8.2	0.41	22.0	2.400	8.5	0.29
K_1 média				0.25				0.40				0.28
Kr				58.14				102.56				75.68

* K_0 e K_1 média = valor do respectivo K entre 10 e 12 horas; e

VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25 °C do percolado;

K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;

Kr = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 10.2				Rep. 2 / Amost. 2.2				Rep. 3 / Amost. 6.4				
Tempo	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	51.1	0.430	7.7	1.94	34.1	0.425	7.5	1.31	79.9	0.380	7.2	3.05	
2	63.6	0.345	7.6	2.41	55.1	0.330	7.6	2.12	52.5	0.174	7.3	2.00	
3	69.1	0.202	7.5	2.62	49.9	0.172	7.5	1.92	51.1	0.090	7.3	1.95	
4	74.6	0.102	7.3	2.83	53.2	0.090	7.2	2.04	56.1	0.055	7.3	2.14	
5	77.5			2.94	55.0			2.11	63.5			2.42	
6	79.6			3.02	56.1			2.16	64.3			2.46	
7	82.1			3.11	57.2			2.20	65.1			2.49	
8	80.0			3.03	55.5			2.13	63.1			2.41	
9	81.1	0.027	7.2	3.08	56.1	0.027	7.2	2.16	61.6	0.017	7.0	2.35	
10	80.1	0.023	7.1	3.04	55.4	0.025	7.2	2.13	59.6	0.016	7.1	2.26	
11	82.1	0.022	7.2	3.11	54.1	0.025	7.2	2.08	64.6	0.016	7.1	2.47	
12	82.3	0.024	7.1	3.12	56.5	0.022	7.2	2.17	63.4	0.016	7.0	2.42	
Ko média				3.09					2.13	2.39			

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 7.11				Rep. 2 / Amost. 7.6				Rep. 3 / Amost. 11.5				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	81.1	0.228	7.3	3.00	36.4	0.375	7.5	1.40	67.5	0.310	7.3	2.56	
2	82.1	0.100	7.4	3.03	56.1	0.236	7.5	2.16	91.2	0.120	7.5	3.46	
3	76.6	0.045	7.3	2.83	65.6	0.102	7.4	2.52	86.5	0.046	7.5	3.28	
4	77.6	0.024	7.1	2.87	63.1	0.048	7.2	2.43	82.3	0.026	7.4	3.12	
5	80.1			2.96	61.1			2.35	84.1			3.19	
6	85.1			3.14	70.3			2.70	94.1			3.57	
7	94.9			3.51	83.3			3.20	90.7			3.44	
8	92.1			3.63	87.3			3.36	91.1			3.46	
9	101.4	0.014	7.1	3.75	88.0	0.019	7.1	3.38	90.9	0.015	7.1	3.45	
10	115.3	0.012	7.0	4.26	96.2	0.070	6.9	3.70	99.9	0.016	7.1	3.79	
11	122.1	0.011	7.0	4.51	97.8	0.013	6.9	3.76	90.9	0.013	7.0	3.07	
12	126.1	0.011	7.0	4.73	98.6	0.014	6.9	3.79	103.8	0.013	7.1	3.94	
Ko média				4.50					3.75				

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 11.8				Rep. 2 / Amost. 8.8				Rep. 3 / Amost. 2.9			
	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0	Vol.	CE	pH	K_0
1h					19.5	0.335	7.3	0.73	15.6	0.206	7.3	0.59
2	31.4	0.270	7.3	0.59	28.4	0.353	7.5	1.06	24.9	0.300	7.3	0.94
3	20.9	0.315	7.5	0.78	27.0	0.280	7.2	1.01	23.8	0.310	7.2	0.90
4	22.1	0.264	7.5	0.83	22.6	0.180	7.2	0.85	22.6	0.224	7.2	0.86
5	22.1			0.83	24.1			0.90	21.7			0.82
6	23.1			0.87	22.8			0.85	22.3			0.85
7	21.4			0.80	21.5			0.81	20.5			0.78
8	22.7			0.85	20.9			0.76	19.8			0.75
9	22.6	0.055	7.1	0.85	20.4	0.030	7.0	0.76	19.1	0.039	6.9	0.72
10	22.5	0.045	6.9	0.84	19.4	0.028	6.9	0.73	18.1	0.034	6.7	0.69
11	23.1	0.042	6.9	0.87	19.5	0.024	6.8	0.73	17.6	0.029	6.9	0.67
12	22.7	0.033	6.8	0.85	18.1	0.024	6.8	0.68	16.1	0.028	6.8	0.61
K_0 média				0.85				0.71				0.66

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 1,6 (T1), utilizando água com $CE = 2,500\text{ dS/m}$ a 25°C e RAS 30 (água 5) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 11.8				Rep. 2 / Amost. 8.8				Rep. 3 / Amost. 2.9			
	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1	Vol.	CE	pH	K_1
1h	12.3	0.558	8.2	0.46	12.9	1.040	8.0	0.48				
2	18.8	0.900	7.9	0.70	17.9	1.500	7.7	0.67				
3	20.0	1.460	7.4	0.75	23.0	1.960	7.4	0.86	17.1	0.860	8.2	0.22
4	19.5	1.960	6.8	0.73	25.3	2.200	7.1	0.95				
5	21.5	2.400	6.5	0.81	28.6	2.600	6.9	1.07	16.4	1.340	8.0	0.31
6	20.6	2.600	6.5	0.77	31.5	2.800	6.8	1.18				
7	20.3	2.680	6.6	0.76	34.2	2.900	6.8	1.28	16.1	1.920	7.9	0.31
8	21.6	2.760	6.7	0.81	37.1	2.920	6.9	1.39				
9	22.1	2.840	7.1	0.83	38.1	2.940	6.9	1.43	17.9	2.300	7.8	0.34
10	22.0	2.940	6.6	0.82	38.1	3.000	6.9	1.43				
11	22.9	2.940	6.8	0.86	35.9	2.980	7.1	1.34	18.1	2.600	7.2	0.34
12	23.6	3.000	7.0	0.88	40.9	2.960	7.0	1.53	9.3	2.760	7.8	0.35
K_1 média				0.85				1.43				0.35
K_r				100.00				201.41				53.03

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 7.2				Rep. 2 / Amost. 4.10				Rep. 3 / Amost. 1.9			
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko
1h	41.6	0.350	6.8	1.56	49.9	0.410	7.3	1.87	37.5	0.335	7.1	1.44
2	52.3	0.234	7.0	1.96	58.6	0.244	7.7	2.19	46.2	0.250	7.2	1.78
3	51.7	0.106	7.0	1.94	55.1	0.092	7.3	2.06	45.4	0.126	7.0	1.75
4	50.6	0.052	7.0	1.89	52.1	0.051	7.2	1.95	50.1	0.073	7.0	1.93
5	53.1			1.99	52.1			1.95	46.6			1.79
6	60.3			2.26	52.1			1.95	45.1			1.73
7	62.3			2.33	53.6			2.01	43.4			1.67
8	68.0			2.55	57.4			2.15	41.7			1.60
9	75.5	0.014	6.9	2.83	60.6	0.021	7.0	2.27	40.8	0.024	7.0	1.57
10	79.8	0.013	6.7	2.99	63.3	0.019	6.8	2.37	40.1	0.043	6.9	1.54
11	90.2	0.012	6.7	3.38	66.0	0.018	6.9	2.47	39.0	0.019	6.8	1.50
12	100.0	0.011	6.9	3.74	65.6	0.017	6.8	2.46	36.9	0.019	6.9	1.42
Ko média				3.37	2.43				1.49			

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 10 (T2), utilizando água com CE = 2,50 dS/m a 25 °C e RAS 30 (água 5) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 7.2				Rep. 2 / Amost. 4.10				Rep. 3 / Amost. 1.9				
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h	36.6	1.720	9.3	1.37	14.8	1.700	9.2	0.55					
2	52.1	2.350	8.9	1.95	30.4	2.000	9.1	1.14	18.9	1.720	9.3	0.36	
3	66.6	2.740	8.5	2.49	34.3	2.400	8.8	1.28	16.6	1.940	9.1	0.64	
4	70.3	2.820	8.1	2.63	35.1	2.700	8.5	1.31	16.6	2.260	9.0	0.64	
5	76.6	2.860	7.9	2.87	38.6	2.820	8.2	1.45	17.1	2.460	8.8	0.66	
6	82.1	2.900	7.9	3.07	41.6	2.900	8.1	1.56	17.8	2.600	8.6	0.68	
7	84.6	2.900	4.8	3.17	45.1	2.940	8.0	1.69	18.6	2.700	8.5	0.72	
8	90.4	2.900	7.8	3.38	49.3	2.940	7.8	1.85	19.1	2.880	8.4	0.73	
9	91.5	2.960	7.9	3.43	50.8	2.940	7.8	1.90	19.1	2.920	8.8	0.73	
10	89.1	2.980	7.7	3.34	51.2	2.960	7.7	1.92	19.3	3.000	8.0	0.74	
11	91.4	2.940	7.6	3.42	51.9	3.000	7.6	1.94	19.1	3.000	7.8	0.73	
12	92.9	2.920	7.7	3.48	54.1	2.940	7.7	2.03	21.1	3.000	7.8	0.81	
K1 média				3.41					1.96				0.76
K-				101.19					80.65				51.01

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas, e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25 °C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/h calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 5 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 10.4				Rep. 2 / Amost. 1.5				Rep. 3 / Amost. 2.6				
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	
1h	36.7	0.435	7.2	1.37	85.1	0.246	7.1	3.17	72.6	0.330	7.2	2.79	
2	47.8	0.315	7.4	1.79	81.9	0.085	7.1	3.05	69.1	0.144	7.2	2.66	
3	49.7	0.118	7.1	1.86	81.6	0.033	7.0	3.04	64.5	0.052	7.2	2.48	
4	49.1	0.056	7.1	1.84	84.1	0.021	6.8	3.13	60.1	0.033	7.1	2.31	
5	56.3			2.11	91.1			3.39	62.0			2.38	
6	55.1			2.06	98.9			3.68	65.1			2.50	
7	64.7			2.42	110.8			4.12	70.7			2.72	
8	65.8			2.46	128.7			4.79	86.4			3.32	
9	72.5	0.018	6.9	2.71	158.4	0.018	6.9	5.89	104.7	0.014	6.9	4.02	
10	80.6	0.016	6.7	3.02	204.1	0.009	6.8	7.59	133.7	0.012	6.8	5.14	
11	103.9	0.014	6.7	3.89	225.1	0.010	6.7	8.37	157.1	0.011	6.8	6.04	
12	105.1	0.012	6.7	3.93	250.6	0.009	6.8	9.32	192.1	0.010	6.8	7.38	
Ko média				3.61					8.43				6.19

ETAPA 2: Determinação da condutividade hidráulica saturada (K_1) do solo ajustado a PST 16 (T3), utilizando água com CE = 2,50dS/m a 25°C e RAS 30 (água 5) como solução percolante*.

	Rep. 1 / Amost. 10.4				Rep. 2 / Amost. 1.5				Rep. 3 / Amost. 2.6				
Tempo	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	Vol.	CE	pH	K1	
1h	27.4	1.920	9.5	1.03	59.9	1.700	9.3	2.23	113.1	2.180	9.0	4.35	
2	40.1	2.240	9.3	1.50	65.5	2.500	8.7	2.44	120.1	2.820	8.6	4.62	
3	45.9	2.700	8.8	1.72	75.6	2.740	8.3	2.81	132.1	2.900	8.3	5.08	
4	46.1	2.840	8.5	1.73	76.1	2.920	8.1	2.83	130.8	2.920	8.2	5.03	
5	50.4	2.860	8.2	1.89	79.1	2.860	7.9	2.94	132.6	2.920	8.2	5.10	
6	55.6	2.900	8.0	2.08	81.7	2.900	7.8	3.04	133.6	2.920	8.2	5.13	
7	58.3	2.940	8.1	2.18	84.1	2.900	7.8	3.13	136.0	2.920	8.2	5.23	
8	64.9	2.940	8.0	2.43	88.9	2.900	7.7	3.31	139.6	2.920	8.3	5.36	
9	65.4	2.940	8.6	2.45	90.6	2.940	7.7	3.37	136.7	2.920	8.0	5.25	
10	67.7	3.000	7.9	2.53	87.1	2.930	7.5	3.24	133.1	3.000	7.8	5.12	
11	76.8	2.980	7.9	2.88	87.4	2.960	7.5	3.25	132.1	2.940	7.9	5.08	
12	77.5	2.940	7.9	2.90	88.1	2.960	7.6	3.28	131.6	2.940	8.0	5.06	
K1 média				2.77					3.26				5.08
Kr				76.73					38.67				82.07

* K_0 e K_1 média = valor médio do respectivo K entre 10 e 12 horas; e
 VOL. e CE = volume em ml e condutividade elétrica em dS/m a 25°C do percolado;
 K_0 e K_1 = condutividade hidráulica saturada em cm/s calculado usando equação 8;
 K_r = condutividade hidráulica relativa em % ($K_1/K_0 \times 100$).

APENDICE 3 Continuação

ETAPA 1: Determinação da condutividade hidráulica saturada de referência (K_0) do solo com PST 1,6 (solo testemunha), utilizando água destilada (água 1) como solução percolante*.

Tempo	Rep. 1 / Amost. 10.7				Rep. 2 / Amost. 1.10				Rep. 3 / Amost. 1.3			
	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko	Vol.	CE	pH	Ko
1h	123.9	0.224	7.2	4.76	89.3	0.300	7.1	3.34	89.5	0.200	7.1	3.39
2	171.5	0.056	7.2	6.59	86.6	0.100	7.2	3.24	91.1	0.080	7.2	3.46
3	245.1	0.028	7.0	9.42	84.4	0.041	7.1	3.16	97.8	0.030	7.1	3.71
4	289.5	0.016	6.9	11.13	83.7	0.024	7.0	3.13	103.7	0.018	6.8	3.93
5	331.9			12.75	99.6			3.73	122.6			4.65
6	385.6			14.82	140.6			5.26	157.6			5.98
7	441.6			19.97	190.5			7.13	193.3			7.33
8	489.9			18.83	220.9			8.27	224.5			8.51
9	512.4	0.010	7.0	19.69	239.6	0.010	6.9	8.97	247.7	0.010	6.7	9.39
10	505.1	0.010	6.9	19.41	243.1	0.010	6.7	9.10	251.5	0.009	6.7	9.54
11	505.1	0.009	6.7	19.41	244.5	0.009	6.7	9.15	256.1	0.009	6.7	9.71
12	467.1	0.009	6.9	17.95	255.1	0.009	6.7	9.55	290.1	0.009	6.7	11.00
Ko média				18.92	9.27				10.00			