

**Estimativa da Retenção de Água no Solo a partir do
Uso de Equipamentos Não Convencionais, Redes
Neurais Artificiais e Funções de Pedotransferência**

Antonio Angelotti Netto

**Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Ciências da
Engenharia Ambiental.**

Orientador: Prof. Dr. Silvio Crestana

**São Carlos
2007**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de
Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A584e Angelotti Netto, Antonio
Estimativa da retenção de água no solo a partir do uso de equipamentos não convencionais : redes neurais artificiais e funções de pedotransferência / Antonio Angelotti Netto ; orientador Silvio Crestana. -- São Carlos, 2007.

Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

1. Física do solo. 2. Retenção de água no solo.
3. Analisador granulométrico. 4. Penetrômetro.
5. Reflectometria no domínio do tempo.
6. Tomografia computadorizada. 7. Redes neurais artificiais. I. Título.

*Aos meus pais, Roberto e Lourdes,
Pela dedicação e apoio incondicionais,
E a minha irmã Andréa pelo constante incentivo...*

*... A minha esposa Daniela,
E as minhas filhas Maria Luiza e Maria Fernanda
Pela compreensão, carinho e incansável apoio
Com muito amor, admiração e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Silvio Crestana pela oportunidade, orientação, amizade, exemplo de pessoa e pesquisador, contribuindo muito para meu aprimoramento científico.

Ao Dr. João de Mendonça Naime, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelo apoio e ensinamentos na utilização do tomógrafo computadorizado e do analisador granulométrico, além da atenção e disponibilidade incondicionais.

Ao Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelas contribuições durante os trabalhos realizados com o penetrômetro associado à sonda de TDR e o analisador granulométrico.

Ao Dr. Odo Primavesi, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, pela solicitude e conhecimentos concedidos na fase de escolha das áreas de estudo.

Ao grande amigo Dr. Ricardo Tezini Minoti pelas discussões científicas, companheirismo externado durante todo o doutorado, auxílio na coleta de torrões de solo na Fazenda Canchim e conversas regadas a café nos momentos de descontração.

Ao MSc. Ednaldo Ferreira, funcionário da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelas valiosas contribuições com as redes neurais artificiais.

À MSc. Engenheira Agrônoma Juliana Maria Manieri, pelo auxílio e contribuição com as medidas de penetrometria e TDR.

Ao Valentim Monzane, funcionário da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelas contribuições na confecção de pôsteres e demais figuras.

Ao Emerson, secretário da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pela solicitude e pronto atendimento a meus e-mails e telefonemas, especialmente na fase final do doutorado.

Aos funcionários da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Renê de Oste, Godoy, Jorge Novi, Álvaro Rodrigues, Gilmar, Dionísio, Valéria e aos demais colaboradores da “família” Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelo apoio e amizade.

Aos colegas pós-graduandos, orientados pelo Dr. Silvio Crestana, Dr. Fernando Braga, Fernando Neves, Simone, Illona e Julieta.

A todos os professores do CRHEA e SHS que ministraram aulas nesse período, pelo conhecimento científico transmitido.

À Dr. Maria de Lourdes Mendonça Santos pesquisadora da Embrapa Solos, pela sugestão de utilização do programa Neuroman.

Ao professor Dr. Budiman Minasny, pesquisador da Universidade de Sydney, pela permissão do uso do programa Neuroman e Neuropath.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária, pela infra-estrutura disponibilizada, fundamental à realização do doutorado, especialmente ao Dr. Martin Ladislau Neto e ao Dr. Álvaro Macedo da Silva.

À Embrapa Pecuária Sudeste por disponibilizar a área experimental e aos seus funcionários que colaboraram na abertura das trincheiras e coleta de torrões de solo.

Ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) pela oportunidade de realização do doutorado, sobretudo, ao professor Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, e à secretária Claudete Aparecida Poianas da Silva, pela compreensão e auxílio em todos os momentos.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

RESUMO

Angelotti Netto, A. (2007). Estimativa da Retenção de Água no Solo a partir do Uso de Equipamentos Não Convencionais, Redes Neurais Artificiais e Funções de Pedotransferência. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Orientador – Prof. Dr. Silvio Crestana.

O desenvolvimento econômico e o aumento da produtividade agrícola intensificaram o uso de produtos químicos nas lavouras. Quando se pretende quantificar o impacto ambiental de tal uso é necessário empregar modelos que descrevam o fluxo de água e solutos na região não saturada do solo. Para esse fim, um dos parâmetros mais eficazes é conhecer a retenção de água no solo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver Funções de Pedotransferência (FPTs) que estimassem a partir de análise em Redes Neurais Artificiais (RNAs) a retenção de água nos solos da microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, município de São Carlos, SP. Os atributos físicos, textura (argila, silte e areia), densidade e resistência à penetração dos solos: LVAd, LVe, LVdf e NVef, manejados com e sem cobertura vegetal e sob mata foram determinados com equipamentos não convencionais na Embrapa Instrumentação Agropecuária em São Carlos, SP. Esses parâmetros foram utilizados como variáveis de entrada nas duas redes neurais artificiais. Foram obtidas, ainda, as curvas de retenção de água no solo por meio da câmara de pressão de Richards e da tomografia computadorizada, além da porosidade total e da condutividade hidráulica não saturada. O analisador granulométrico de solos e o penetrômetro associado a TDR possibilitaram a obtenção de um grande número de dados. Os atributos físicos dos solos apresentaram grande variabilidade em função da constituição granulométrica e manejos adotados. As RNAs foram eficientes no desenvolvimento de FPTs capazes de estimar a retenção de água com base em propriedades básicas de solo obtidas em grande número.

Palavras-chave: Retenção de Água no Solo, Analisador Granulométrico, Penetrômetro, Reflectometria no Domínio do Tempo, Tomografia Computadorizada, Redes Neurais Artificiais.

ABSTRACT

Angelotti Netto, A. (2007). Water Retention Soil Estimate Using Nonconventional Equipment, Artificial Neural Networks and Pedotransfer Functions. Doctoral Thesis – São Carlos School of Engineering, USP – University of São Paulo, São Carlos, SP, Brazil, 2007. Advisor: Prof. Dr. Silvio Crestana.

Economic development and increasing agricultural productivity have intensified the use of chemical products in farming. The quantification environmental impact of these products requires the use of models that describe the flow of water and solutes in the unsaturated region of the soil. For this purpose, one of the most effective parameters belong to the water retention curve of the soil. The purpose of this work was to develop Pedotransfer Functions (PTFs) to estimate the retention of water by soils of the hydrographic microbasin of the Canchim river, in the municipality of São Carlos, state of São Paulo, Brazil, based on Artificial Neural Networks (ANNs). The physical attributes, granulometry (clay, silt and sand), density and resistance to penetration of LVAd, LVe, LVdf and NVeF soils, managed with and without vegetal cover and under forest, were determined using nonconventional equipment at Embrapa Instrumentação Agropecuária in São Carlos, SP. These parameters were used as input variables for two artificial neural networks. The soils' water retention curves were also obtained using a Richards pressure chamber and computed tomography, as well as their total porosity and unsaturated hydraulic conductivity. A soil granulometric analyzer and a penetrometer allied to TDR provided a large number of data. The soils' physical attributes displayed a wide variability as a function of their granulometric constitution and adopted managements. The ANNs were effective in developing PTFs able to estimate the water retention based on the large number of basic soil properties.

Keywords: Soil Water Retention, Granulometry, Penetrometer, Time Domain Reflectometry (TDR), Computed Tomography, Artificial Neural Networks.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Breve histórico	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Os impactos Ambientais e a Retenção de Água	5
2.2. Métodos Não Convencionais de Medidas de Parâmetros Físicos de Solo	10
2.2.1. Análise Granulométrica Baseada na Atenuação de Raios Gama	11
2.2.2. Penetrômetro Combinado à Sonda de TDR	13
2.2.3. Tomografia Computadorizada	14
2.3. Funções de Pedotransferência	17
2.4. Redes Neurais Artificiais	21
3. OBJETIVOS	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. Localização e Caracterização da Área Experimental	25
4.2. Determinação de Parâmetros Físicos	27
4.2.1. Distribuição do Tamanho de Partículas	28
4.2.2. Avaliação da Densidade	32
4.2.3. Resistência do Solo à Penetração e Conteúdo de Água	33
4.2.4. Retenção de Água	36
4.2.4.1. Método Padrão	36
4.2.4.2. Tomografia Computadorizada	36
4.2.5. Condutividade Hidráulica	40
4.3. Desenvolvimento das Funções de Pedotransferência	41
4.3.1. Redes Neurais Artificiais	41
4.3.1.1. Desempenho das Redes Neurais Artificiais	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1. Determinações de Parâmetros Físicos de Solo	45
5.1.1. Distribuição do Tamanho de Partículas	45

5.1.2. Avaliação da Densidade	47
5.1.3. Resistência à Penetração e Conteúdo de Água	48
5.1.4. Curvas de Retenção de Água no Solo	50
5.1.5. Porosidade Total	62
5.1.6. Condutividade Hidráulica Não Saturada	64
5.2. Variáveis Estatísticas do Conjunto de Dados de Entrada	69
5.3. Desenvolvimento das Funções de Pedotransferência Usando RNAs	70
5.3.1. Desempenho das Redes Neurais Artificiais	74
6. CONCLUSÕES	77
7. SUGESTÕES	78
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE A.	90
APÊNDICE B.	95
APÊNDICE C.	98
APÊNDICE D.	100
APÊNDICE E.	109
ANEXO A	165

1. INTRODUÇÃO

1.1 Breve histórico

A experiência histórica demonstra que a expansão nas áreas de lavoura e pastagem representava a principal fonte de crescimento agrícola nos séculos XVII a XIX, e o maior exemplo dessa expansão, na história ocidental, foi à abertura de novos continentes – América do Norte e do Sul e Austrália – para a colonização europeia naquele período (Hayami e Ruttan, 1988).

Em razão do transporte barato durante a última metade do século XIX, os países dos novos continentes tornaram-se fontes cada vez mais importantes de alimentos e matérias-primas agrícolas para as metrópoles da Europa Ocidental (Hayami e Ruttan, 1988). No entanto, o que pouco se sabe é que naquela época o sistema de produção, baseado na exploração dos recursos naturais, já era objeto de críticas por parte de alguns pensadores, inclusive de alguns autores brasileiros (Pádua, 2002).

As conseqüências nefastas da exploração dos recursos naturais no Brasil, decorrentes da expansão desordenada das áreas de lavoura e pastagens, no final do século XVIII e durante o século XIX, com práticas tecnológicas e sociais rudimentares, calcadas no pensamento colonial predatório, foram relatadas em diversos textos históricos e sociológicos, o que provocou na atualidade uma rediscussão a respeito das origens e identidade da consciência ecológica no mundo moderno (Pádua, 2002).

O relato de José Vieira Couto, transcrito por Pádua (2002), traduz a preocupação intelectual com a degradação do meio ambiente no final do século XVIII:

“Já é tempo de se atentar nestas preciosas matas, amenas selvas que o cultivador do Brasil, com o machado em uma mão e o tição em outra, ameaça-a de total incêndio e desolação. Uma agricultura bárbara, ao mesmo tempo muito dispendiosa, tem sido a causa deste geral abrasamento. O agricultor olha ao redor de si para duas ou mais léguas de matas como para um nada, e ainda não as tem bem reduzido a cinzas já estende ao longe a vista para a destruição a outras partes. Não conserva apego nem amor ao território que cultiva, pois conhece mui bem que ele talvez não chegará a seus filhos”.

A degradação do ambiente causada pela monocultura de exportação, complemento lógico do trabalho escravo da época, nos séculos XVIII e XIX, que destruía a saúde da paisagem, foi relatada por diversos pensadores da época, e, em especial, por José Bonifácio de Andrada e Silva, citado por Pádua (2002):

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

