

# Documentos

ISSN 0104-6187

Novembro, 1998

Número, 59



## Avaliação de Diferentes Tubos de Acesso para Medição da Umidade do Solo Através do Uso de Sonda de Nêutrons



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Agrobiologia  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**República Federativa do Brasil**

**Presidente**  
*Fernando Henrique Cardoso*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**Ministro**  
*Francisco Turra*

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa*

**Diretor Presidente**  
*Alberto Duque Portugal*

**Diretores**  
*Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha  
Dante Daniel Giacomelli Scolari  
José Roberto Rodrigues Peres*

**Chefias da Agrobiologia**  
*Chefe Geral: Maria Cristina Prata Neves  
Chefe Adj. de Pesq. e Desenvolvimento: Sebastião Manhães Souto  
Chefe Adjunto Administrativo: Vanderlei Pinto*

**DOCUMENTO Nº 59**

**ISSN 0104-6187**

**Novembro 1998**

**Avaliação de Diferentes Tubos de Acesso para Medição da  
Umidade do Solo Através do Uso de Sonda de Nêutrons**

**Elvino Ferreira  
Alexander S. de Resende  
Fabiano Balieiro  
Lincoln Zotarelli  
Luiz Antonio da Silva  
Marcos Bacis  
Maria Antonieta Alfaro  
Bruno J. R. Alves  
Segundo Urquiaga**

*Seropédica - RJ  
1998*

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

**Embrapa Agrobiologia**  
Caixa Postal 74505  
23851-970 - Seropédica – RJ  
Telefone: (021) 682-1500  
Fax: (021) 682-1230  
E-mail: sac@cnpab.embrapa.br

**Expediente:**

Revisor e/ou ad hoc: *Marcelo Grandi Teixeira*  
Normalização Bibliográfica/Confecção/Padronização: *Dorimar dos Santos Felix*  
e/ou *Sérgio Alexandre Lima*

Comitê de Publicações: *Sebastião Manhães Souto(Presidente)*

*Johanna Döbereiner*  
*José Ivo Baldani*  
*Norma Gouvêa Rumjanek*  
*José Antonio Ramos Pereira*  
*Paulo Augusto da Eira*  
*Dorimar dos Santos Felix(Bibliotecária)*

FERREIRA, E.; RESENDE, A. S. de; BALIEIRO, F.; ZOTARELLI, L.; SILVA, L. A. da;  
BACIS, M.; ALFARO, M. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. **Avaliação de**  
**diferentes tubos de acesso para medição da umidade do solo através do uso de**  
**sonda de nêutrons.** Seropédica: *Embrapa Agrobiologia*, nov. 1998. 12p.  
(*Embrapa-CNPAB. Série Documentos*, 59).

ISSN 0104-6187

1. Solo. 2. Física do solo. 3. Nêutron. I. Resende, A. S. de, colab. II. Balieiro, F., colab. III. Zotarelli, L., colab. IV. Silva, L. A. da, colab. V. Bacis, M., colab. VI. Alfaro, M. A., colab. VII. Alves, B. J. R., colab. VIII. Urquiaga, S., colab. IX. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). X. Título. XI. Série.

CDD 631.4

# **S U M Á R I O**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>12</b>
<b>5. LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>12</b>

# Avaliação De Diferentes Tubos De Acesso Para Medição Da Umidade Do Solo Através Do Uso De Sonda De Nêutrons

Elvino Ferreira<sup>1</sup>  
 Alexander S. de Resende<sup>1</sup>  
 Fabiano Balieiro<sup>1</sup>  
 Lincoln Zotarelli<sup>1</sup>  
 Luiz Antonio da Silva<sup>1</sup>  
 Marcos Bacis<sup>1</sup>  
 Maria Antonieta Alfaro<sup>1</sup>  
 Bruno J. R. Alves<sup>2</sup>  
 Segundo Urquiaga<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação da umidade do solo é de grande importância no monitoramento hídrico de áreas agrícolas, bem como em estudos que enfoquem a relação solo-água-planta. Existem vários métodos diretos e indiretos para essa determinação, os quais apresentam diferentes vantagens e limitações. Dentre os métodos diretos pode-se ressaltar o método gravimétrico, por ser bastante usual e normalmente utilizado como padrão para calibrações de métodos indiretos na medição da umidade de um determinado solo. Entre os métodos indiretos, a utilização da sonda de nêutrons se destaca por permitir a aferição da umidade do solo com o mínimo de alteração no perfil, e a qualquer momento, de forma extremamente rápida e prática.

Uma das limitações da utilização do uso da sonda de nêutrons para estes fins diz respeito à exposição radioativa do operador, ao custo da aparelhagem e à necessidade de se obter curvas de calibração para cada tipo de solo dentro das profundidades desejadas.

Estas curvas de calibração relacionam a contagem relativa da sonda com a umidade volumétrica do solo, o que, por exemplo, permite ao usuário a determinação da necessidade ou não de irrigar uma determinada área de forma rápida e precisa. Na determinação dessas curvas o tipo de tubo de acesso usado para introdução da sonda é um dos fatores que podem alterar a qualidade dos

---

<sup>1</sup>Estudante de Pós-graduação. Depto. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

<sup>2</sup>Pesquisador da EMBRAPA Agrobiologia. CP 74.505. Seropédica, RJ. CEP 23.851-970.

resultados obtidos, pois o tipo de material constituinte do tubo pode influenciar a contagem de nêutrons da sonda, como é o caso de materiais com alto teor de hidrogênio (PVC). O material recomendado para a confecção dos tubos de acesso é o alumínio por ser totalmente “transparente” aos nêutrons, no entanto, tem sido relatado que este material sofre problemas de corrosão em solos ácidos, predominante em regiões tropicais. Além da dificuldade na aquisição de tubos de acesso em alumínio em áreas rurais, questões de ordem econômica podem inviabilizar o monitoramento de áreas muito amplas. Neste caso, propostas de emprego de outros materiais, mais comuns e baratos, para a confecção destes tubos são bem recebidas pelos proprietários destes equipamentos.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar curvas de calibração para três tipos de tubos de acesso: tubos de PVC de 2 e 6 mm de espessura da parede e tubos de alumínio de 2 mm de espessura, em uma área experimental da UFRRJ num solo Podzólico Vermelho Amarelo.

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

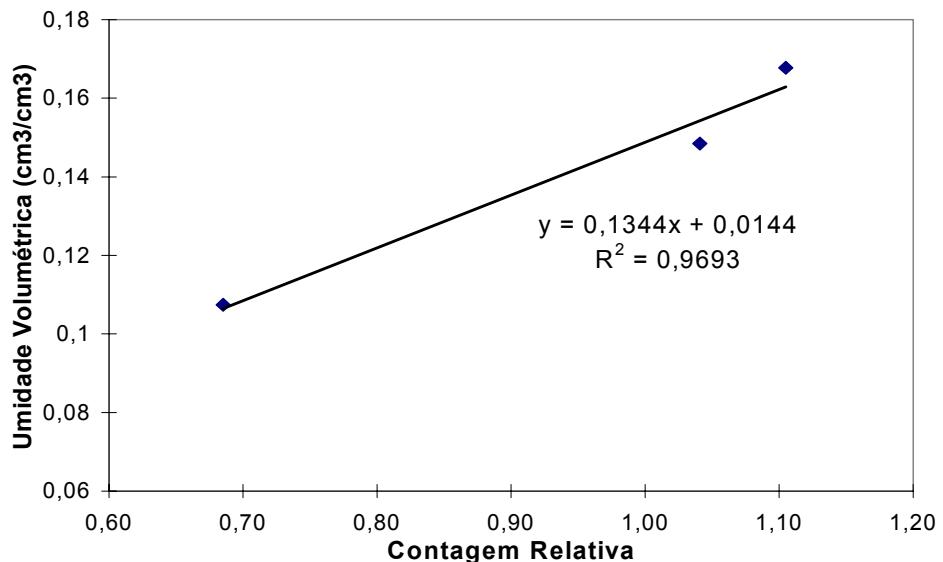
Em junho de 1998 instalou-se um experimento no “Campus” da UFRRJ para elaboração de uma curva de calibração para determinação e monitoramento da umidade de um solo Podzólico vermelho amarelo (PVA), através do uso da sonda de nêutrons. Foram selecionadas 4 parcelas, nas quais instalaram-se três tipos de tubos de acesso (alumínio, PVC 2 mm e PVC 6 mm de espessura da parede) com 4 níveis de umidade do solo. Os diferentes níveis de umidade do solo foram obtidos mediante a aplicação artificial de 0; 50; 100; e 200 litros de água.m<sup>-2</sup>, o que seria equivalente a 0, 50, 100 e 200 mm de água que foram depositados na superfície do solo onde foram instalados os tubos de acesso da sonda.

Após 3 dias de estabilização fizeram-se as seguintes determinações: umidade do solo (método gravimétrico) nas profundidades de 0 até 60 cm; densidade aparente do solo (Anel de Kopeck) nas profundidades de 0 até 60 cm e leitura da contagem relativa com uma sonda de nêutrons marca CPN modelo 503 em duas profundidades 20 e 40 cm.

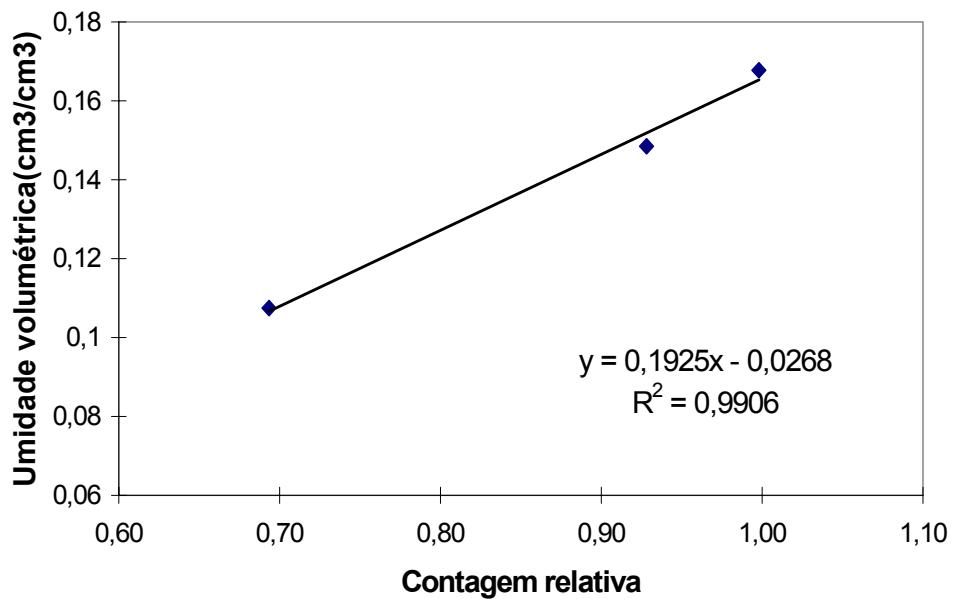
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da determinação da contagem relativa feita com auxílio da sonda de nêutrons e da determinação da umidade gravimétrica, observou-se que o tratamento onde adicionaram-se 200 mm de água não diferia do tratamento onde adicionaram-se somente 100 mm. Este fato ocorreu possivelmente por já ter-se atingido a capacidade de campo deste solo com a aplicação de 100 mm. Desta forma, para efeito de validade da calibração do método resolveu-se eliminar o tratamento de 200 mm.

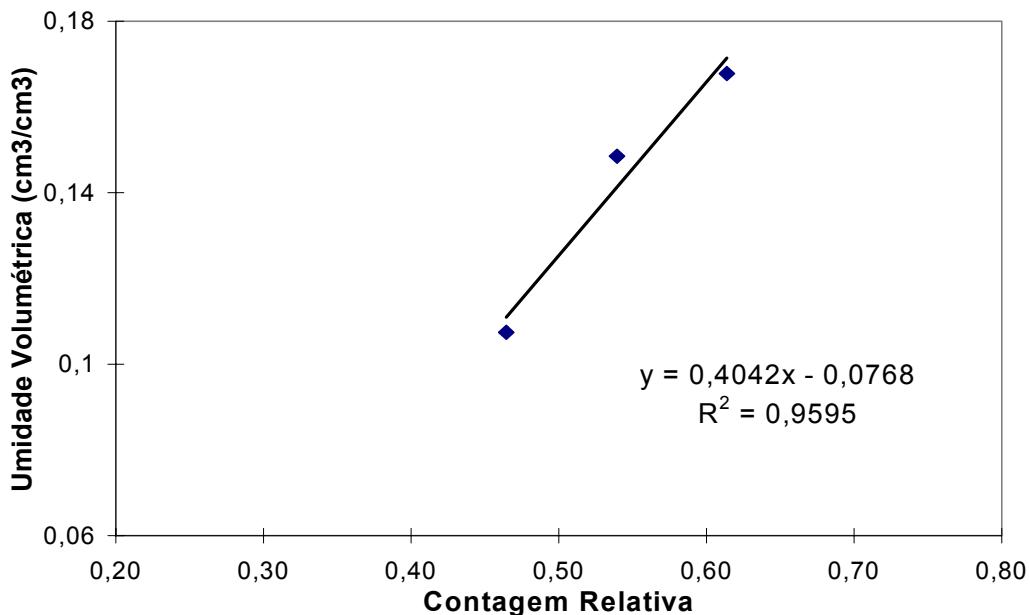
Para os diferentes tratamentos de umidade do solo: 0, 50 e 100 mm na primeira profundidade medida pela sonda (20cm) obteve-se 0,12; 0,15 e 0,17 cm<sup>3</sup> de água/cm<sup>3</sup> de solo, para umidade volumétrica, respectivamente. Em relação ao comportamento obtido pelo uso dos diferentes materiais que constituíam os tubos de acesso, pode-se observar que os tubos de alumínio e PVC 2mm tiveram comportamentos similares (Figuras 1 e 2), o que já não foi observado quando da utilização do tubo de PVC 6mm (Figura 3). Apesar do grau de correlação entre a contagem relativa e a umidade volumétrica ter sido altamente significativo pelo teste t ( $P < 0,01$ ) e os coeficientes de determinação das curvas ( $R^2$ ) obtidos com os diferentes tipos de tubos de acesso, terem sido bastante satisfatórios (Tabela 1), verificou-se um maior grau de inclinação da reta com o uso do PVC 6mm. Tal fato pode ser explicado pela espessura do tubo ter influenciado negativamente as contagens dos nêutrons. Como o PVC nada mais é do que um polímero de hidrocarboneto, sua maior espessura proporciona uma maior concentração de átomos de hidrogênio no caminho dos nêutrons emitidos pela fonte da sonda. O átomo de hidrogênio é o que mais interage com os nêutrons rápidos, causando um processo de desaceleração dos mesmos, ou seja, geração de nêutrons de baixa energia (moderação de nêutrons). Os nêutrons “moderados” são contados pela sonda. Este processo é o princípio básico para se utilizar a sonda para determinação da umidade do solo, pois o hidrogênio da molécula da água causa o mesmo efeito descrito acima. Quanto mais água no solo, maior o número de contagens da sonda. A espessura do tubo de PVC de 6 mm, faz com que pequenas variações nas contagens da sonda ocasionem grandes alterações nas



**Figura 1.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 20 cm, utilizando o tubo de acesso em alumínio.



**Figura 2.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 20 cm, utilizando o tubo de acesso em PVC 2 mm.



**Figura 3.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 20 cm, utilizando o tubo de acesso em PVC 6 mm.

**Tabela 1.** Curvas de regressão para 3 tipos de tubos de acesso no monitoramento da umidade do solo no primeiro ponto amostrado (20 cm) de um solo Podzólico Vermelho Amarelo.

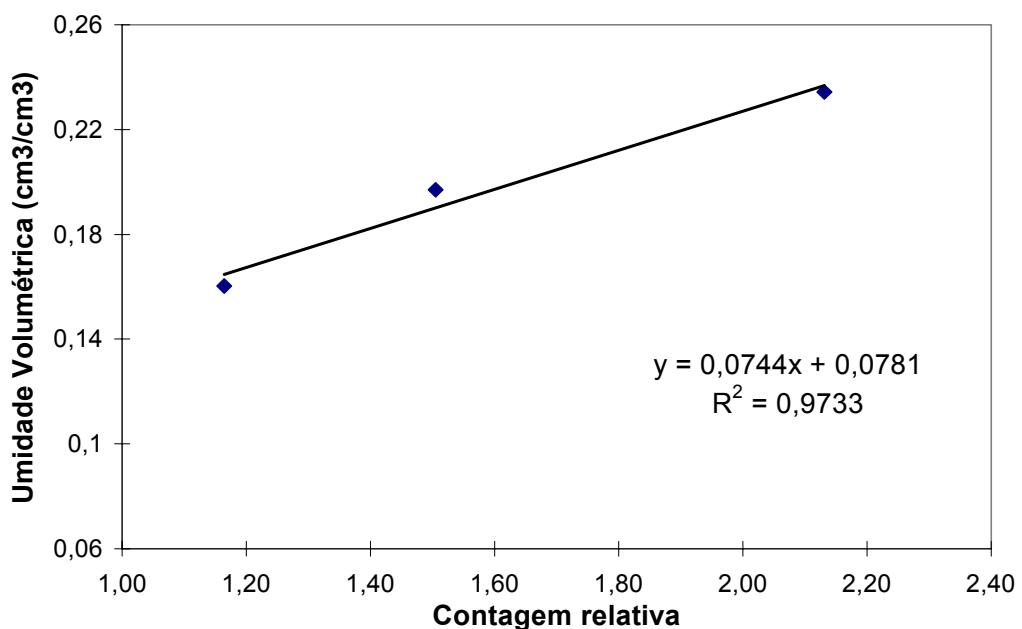
Tubos de Acesso	Equação	Coeficiente de determinação
Alumínio	$Y^1 = 0,0144 + 0,1344X^*$	0,9693
PVC (2mm)	$Y = -0,0168 + 0,1925X$	0,9906
PVC (6mm)	$Y = -0,0768 + 0,4042X$	0,9595

\* Representa a contagem relativa; <sup>1</sup> Representa a umidade volumétrica.

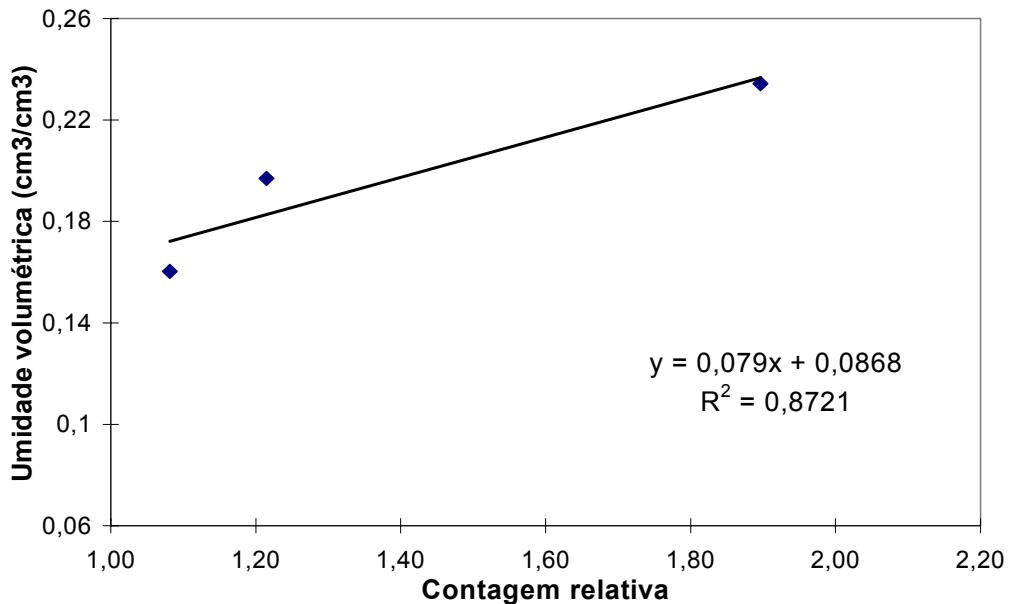
medidas dos níveis de umidade do solo. Na prática o fato do PVC 6mm apresentar maior coeficiente angular, pode gerar problemas, uma vez que estas pequenas variações podem ser traduzidas como uma perda de sensibilidade nas aferições de umidade do solo. Caso se deseje fazer o monitoramento de áreas com níveis de umidade do solo menores que as praticadas neste estudo este problema se torna ainda maior. Deve-se salientar que o uso deste tipo de tubo em camadas mais

superficiais do solo é ainda mais problemático, uma vez que a dinâmica da água nestas camadas é extremamente diferente das demais.

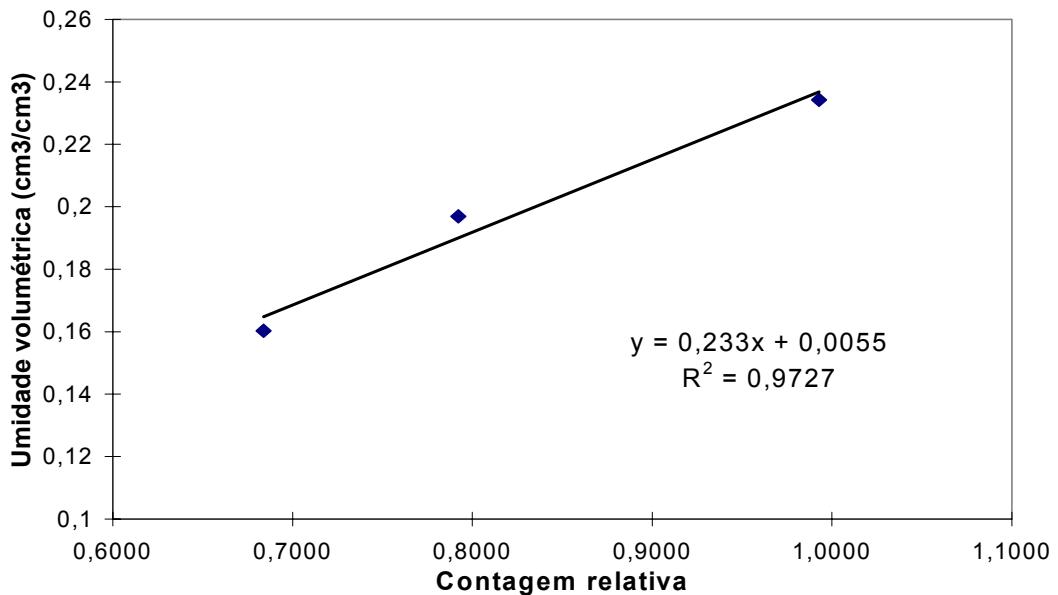
Para os dados obtidos no segundo ponto de amostragem da sonda (40 cm), pode-se observar comportamento semelhante ao descrito no primeiro ponto avaliado (Figuras 4, 5 e 6). Para os diferentes tratamentos de umidade do solo: 0, 50 e 100 mm nesta profundidade, obteve-se 0,16; 0,19 e 0,23 cm<sup>3</sup> de água/cm<sup>3</sup> de solo, para umidade volumétrica, respectivamente. Assim as curvas obtidas para os tubos de alumínio e de PVC 2mm possuem coeficiente angular bastante semelhante e menores que o encontrado pela curva onde utilizou-se tubo de acesso de PVC 6mm. Também para este caso, se obteve alta significância para a correlação, teste t ( $P < 0,01$ ), entre a contagem relativa e o conteúdo de umidade volumétrica do solo. Os coeficientes de determinação também podem ser considerados satisfatórios (Tabela 2).



**Figura 4.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 40 cm, utilizando o tubo de acesso em alumínio.



**Figura 5.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 40 cm, utilizando o tubo de acesso em PVC 2mm.



**Figura 6.** Curva de calibração entre a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), medida por gravimetria, e a contagem relativa da sonda de nêutrons realizada na profundidade do solo de 40 cm, utilizando o tubo de acesso em PVC 6mm.

**Tabela 2:** Curvas de regressão para 3 tipos de tubos de acesso no monitoramento da umidade do solo no segundo ponto amostrado (40 cm) de um solo Podzólico Vermelho Amarelo.

Tubos de Acesso	Equação	Coeficiente de determinação
Alumínio	$Y^1 = 0,0781 + 0,0744X^*$	0,9733
PVC (2mm)	$Y = 0,0868 + 0,079X$	0,8721
PVC (6mm)	$Y = 0,0055 + 0,233X$	0,9727

\* Representa a contagem relativa; <sup>1</sup> representa a umidade volumétrica.

Com base nos cálculos de densidade volumétrica obteve-se o estoque de água do solo nas diferentes camadas em função dos tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Armazenamento de água no solo ( $m^3$ ) em diferentes profundidades em função da aplicação de 0, 50 e 100 mm de água na superfície de um PVA.

Profundidade	Tratamentos ( $m^3$ )		
	0 mm	50 mm	100 mm
0-20 cm	261,8	348,3	417,5
20-40 cm	388,5	552,3	597,1
40-60 cm	667,6	753,1	958,8
Total	1327,9	1653,7	1973,4

Deve-se destacar que embora a leitura da contagem relativa da sonda seja pontual, esta, na verdade, representa um volume de solo, pois possui um raio de ação de cerca de 15 cm. Desta forma a leitura a 20 cm de profundidade na realidade representa a camada de 5 a 35 cm de profundidade do solo. Assim, são necessários cuidados nas considerações das amostragens para determinação da umidade gravimétrica e também da densidade aparente do solo, de forma a conseguirmos uma maior precisão do método.

#### **4. CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- Observou-se alta correlação entre a contagem relativa obtida pela sonda de nêutrons com a umidade volumétrica do solo, o que viabiliza o método;
- Os tubos de acesso de PVC (2 mm de espessura da parede) e de alumínio apresentaram comportamento similares em relação ao coeficiente angular da reta, fato este que indicaria a possibilidade de uso de ambos sem maiores problemas na precisão do método. Desta forma o fator econômico determinaria qual o tubo a ser utilizado;
- O tubo de PVC (6 mm de espessura da parede) apresentou coeficiente angular mais elevado que os demais. Desta forma, o uso deste tipo de tubo, deve ser melhor considerado, uma vez que pode ocasionar em uma diminuição na precisão das medidas de umidade através do uso de sonda de nêutrons.

#### **5. LITERATURA CONSULTADA**

BACCHI, O.O.S., REICHARDT, K. (1990) A sonda de nêutrons e seu uso na pesquisa agronômica. Piracicaba, USP-