

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE AMOSTRAGEM DE SOLO: DESENVOLVIMENTO E PROCEDIMENTO EM CAMPO (A)

**JONATHAS BATISTA GONÇALVES SILVA¹; PAULO AFONSO FERREIRA²;
ANTONIO TEIXEIRA DE MATOS² E PAULO ROBERTO CECON²**

1 DESA/UFJF. Rua José Lourenço Kelmer, Campus Universitário - São Pedro, Juiz de Fora - MG, 36037-000. Fone: (32) 2102 3419. Email: jonathasbsilva@gmail.com

2 DEA/UFV. Av. P H Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-000. Fone: (31) 3899-2200. Email (s): pafonso@ufv.br; atmatos@ufv.br; cecon@ufv.br

1 RESUMO

Objetivou-se com este trabalho desenvolver um método prático de amostragem de solo capaz de manter a estrutura natural da amostra inalterada. O amostrador desenvolvido constituiu-se de partes fixa e móvel. Foram realizados testes em campo a fim de avaliar a capacidade de o amostrador desenvolvido retirar amostras de solo com a estrutura natural inalterada. Realizou-se, também, a determinação da condutividade hidráulica do solo em meio saturado a partir de amostras coletadas com diferentes métodos. Observou-se que amostras com estrutura indeformada retiradas utilizando-se o método de amostragem desenvolvido apresentaram valores superiores de condutividade hidráulica em relação aos valores obtidos em amostras destorroadas e amostras retiradas com o amostrador de Uhland. Desse modo, a amostra de solo com a sua estrutura natural inalterada é mais adequada pelo fato de representar mais fielmente as condições de campo.

Palavras-chave: amostrador de solo, amostras com estrutura.

**SILVA, J. B. G.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.
TECHNOLOGICAL INNOVATION IN SOIL SAMPLING: DEVELOPMENT
AND FIELD PROCEDURE (A)**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to develop a practical method of soil sampling able to maintain the natural structure of the sample unaltered. The sampling device developed in the study consisted of fixed and movable parts. Field tests were performed to evaluate the ability of the developed sampling device to take soil samples with their structure unaltered. Also, soil hydraulic conductivity in saturated media was determined from samples collected using different methods. Samples which were taken using the method developed in this study, i.e. with their structure unaltered, had higher values of hydraulic conductivity than sieved and repacked samples or than those taken using the Uhland sampler. Thus, the soil sample with its natural structure unaltered is more appropriate as it represents more accurately the field conditions.

Keywords: soil sampler, structured samples.

3 INTRODUÇÃO

Ao caracterizar um solo é, frequentemente, imprescindível a retirada de amostras. Essas amostras devem representar com a melhor acurácia possível o material original do solo em estudo. Dependendo do objeto, as amostras podem ser obtidas por diferentes métodos de amostragem. Na determinação de características químicas e de algumas propriedades físicas do solo, como o teor de água, a granulometria, a massa específica de partículas, entre outras, é possível utilizar amostras deformadas. Todavia, quando o interesse são as propriedades cujo valor é altamente influenciado pela estrutura do solo, como a condutividade hidráulica, os parâmetros de transporte de solutos, a porosidade total, a micro e a macro porosidade, é recomendável manter as condições do solo “in situ” inalteradas, principalmente a sua estrutura.

No que se refere às amostras com estrutura, os métodos mais utilizados na amostragem são os amostradores e a caixa metálica, também conhecida como o método do bloco parafinado (Teixeira, 1998). De acordo com La Rochelle et al. (1981), no uso de amostradores tubulares de paredes finas, as causas mais comuns de perturbação das amostras são: alteração no solo a ser amostrado antes do início da amostragem, por problemas de má preparação da área; distorção mecânica das amostras durante a cravação do amostrador, principalmente a compactação; distorção mecânica, combinados com efeitos de sucção durante a retirada do amostrador; e eliminação do estado de tensão em que as amostras se encontravam no solo.

Alternativas vêm sendo desenvolvidas na tentativa de contornar os problemas na amostragem. A avaliação de vários procedimentos de amostragem de solo, como a casualização dos pontos a serem amostrados, o número de amostras, o transporte e o armazenamento delas, bem como o desempenho de certos amostradores, tem sido motivo de preocupação de diversos pesquisadores (de Zorzi et al., 2008a; de Zorzi et al., 2008b; van der Perk et al., 2008).

Oliveira et al. (2000) desenvolveram um método alternativo para retirar amostras de solo com a estrutura inalterada. Os autores observaram menores incidências de erros experimentais na determinação da condutividade hidráulica e dos parâmetros da equação do transporte de solutos no solo, como o fator de retardamento e o coeficiente dispersivo-difusivo, em razão da baixa variabilidade dos dados. Teixeira (1998) desenvolveu um veículo amostrador de solo (VAS) com o qual se retiraram amostras com estrutura inalterada, com diâmetro de 75 mm e comprimento de 0,60 m. O equipamento desenvolvido mostrou-se eficaz para o fim que foi projetado. No entanto, existem limitações no emprego do VAS, principalmente por ser um equipamento oneroso e pela dificuldade de utilização em terrenos de difícil acesso.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho desenvolver um método de amostragem de solo de fácil manuseio, portátil e capaz de preservar a estrutura natural das amostras.

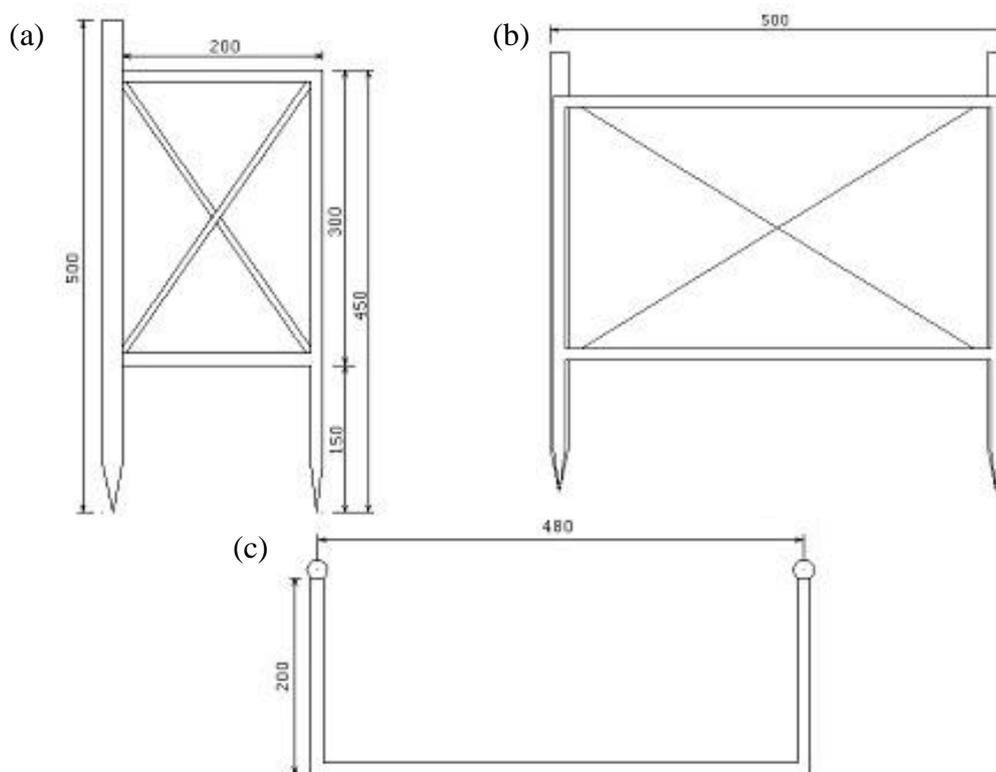
4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho realizado foi desenvolvido em duas etapas. A primeira consistiu em desenvolver um amostrador capaz de retirar amostras de solo com a estrutura natural inalterada. A segunda fase consistiu na realização de testes de campo, para a avaliação do amostrador confeccionado na retirada de amostras.

O amostrador desenvolvido é constituído de componentes fixo e móvel. O componente fixo é composto por um suporte de fixação no solo e uma braçadeira de sustentação. O componente móvel constitui-se de um conjunto de segmentos de tubo de aço inox, tendo uma de suas extremidades providas de alavancas de acionamento e a outra denteada em forma de serrote.

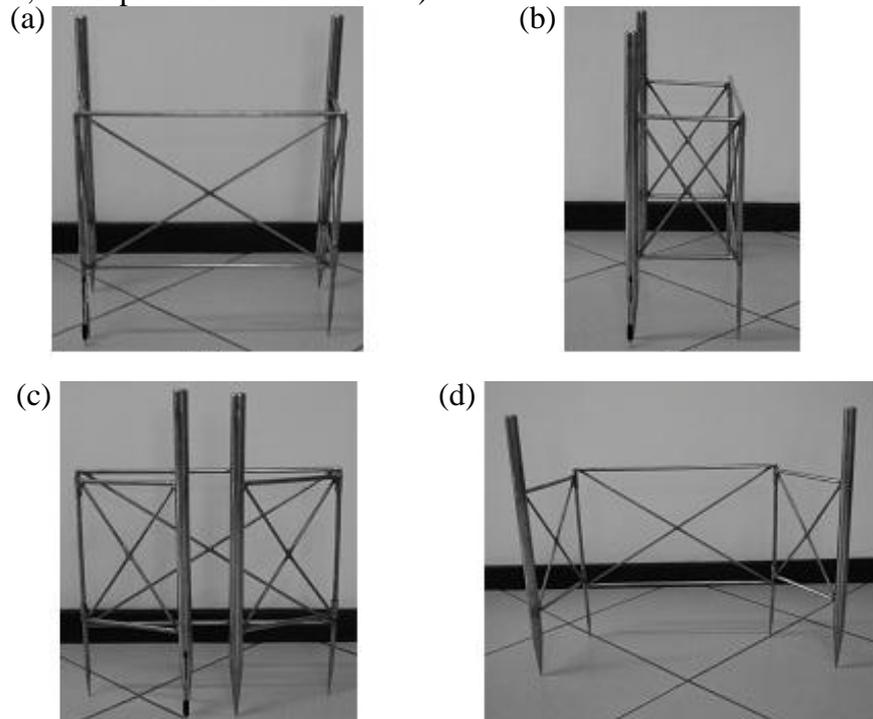
O suporte de fixação é constituído de tubos de aço inox e tem como finalidade sustentar a braçadeira de sustentação. O suporte de fixação é articulado, o que facilita a sua instalação no campo e a acomodação na caixa de transporte. Na Figura 1 estão apresentadas as dimensões do suporte de fixação no solo.

Figura 1. Suporte de fixação no solo (a- vista lateral; b- vista frontal; c – vista superior) – medidas em milímetros.



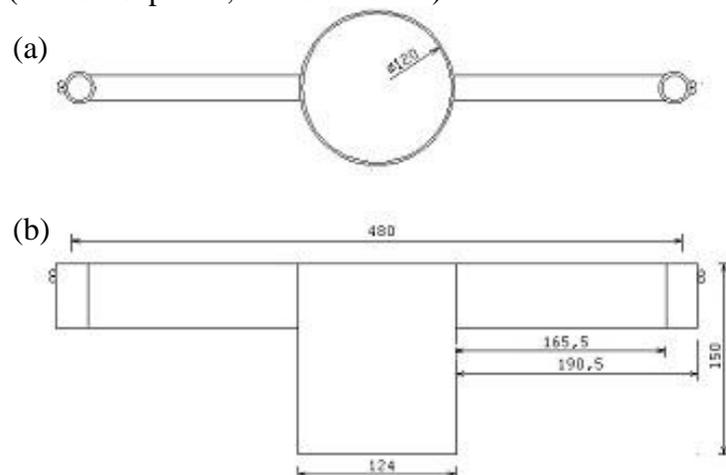
Na Figura 2 apresenta-se o suporte confeccionado.

Figura 2. Suporte de fixação no solo (a- vista frontal; b- vista lateral; c – suporte totalmente fechado; d – suporte totalmente aberto).



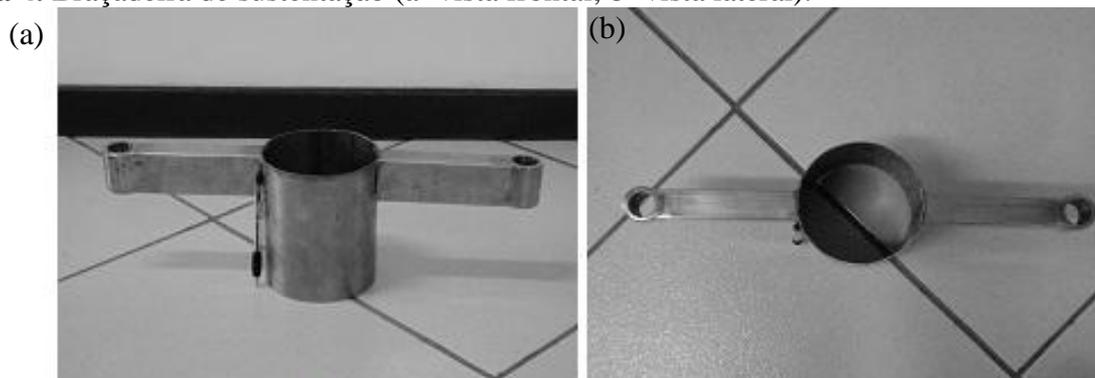
A braçadeira constitui-se de um segmento de tubo de aço inox de 120 mm de diâmetro e 0,15 m de comprimento. No tubo de aço inox foram soldadas duas barras de aço inox de seção retangular, objetivando a fixação da braçadeira no suporte de fixação. A braçadeira de sustentação possui a finalidade de evitar que o elemento cortante do amostrador (componente móvel) vibre ou desalinhe no momento em que a amostra de solo estiver sendo retirada, evitando assim sua possível ruptura. Na Figura 3 estão apresentadas as dimensões da braçadeira.

Figura 3. Braçadeira (a- vista superior; b- vista frontal) – medidas em milímetros.



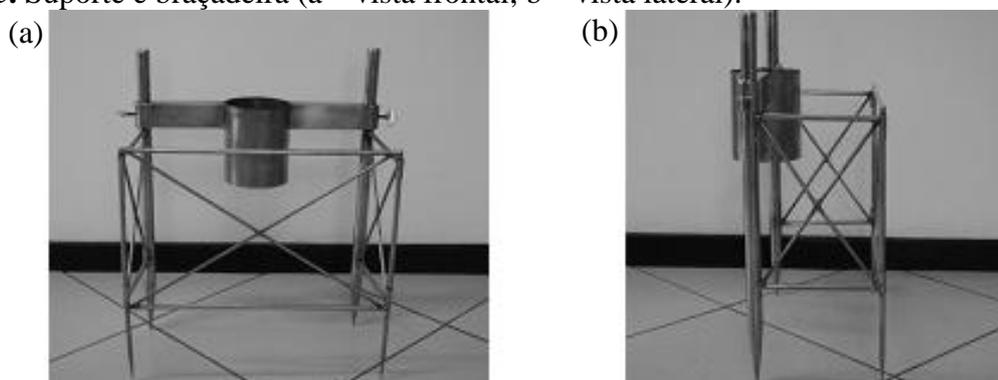
Na Figura 4 está apresentada a braçadeira.

Figura 4. Braçadeira de sustentação (a- vista frontal; b- vista lateral).



Na Figura 5 está apresentado o componente fixo do amostrador desenvolvido.

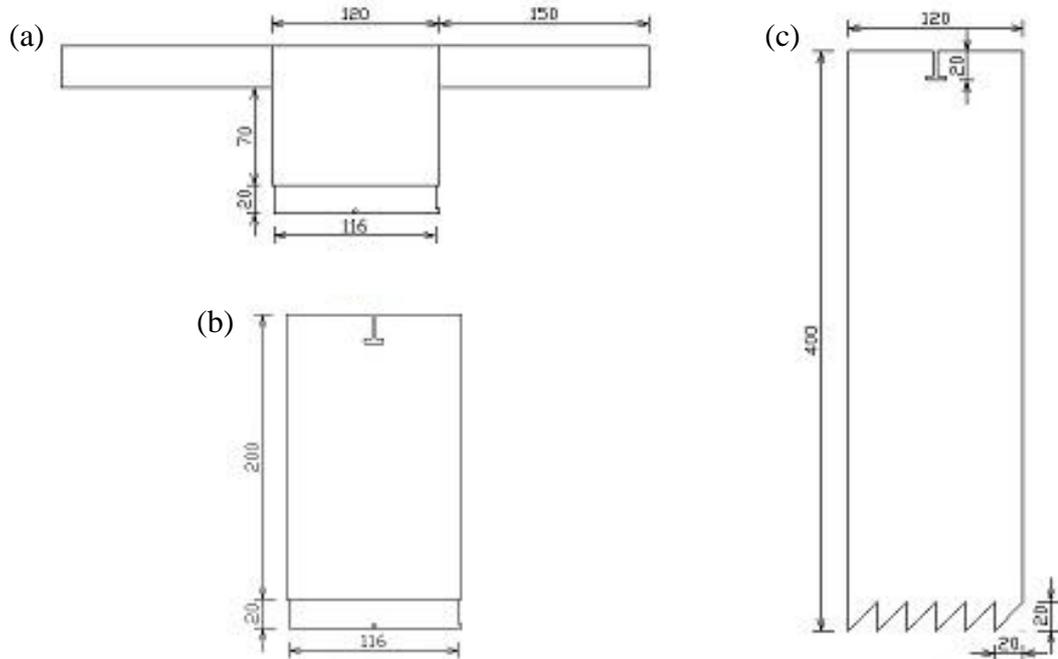
Figura 5. Suporte e braçadeira (a – vista frontal; b – vista lateral).



O componente móvel do amostrador é o responsável pelo cisalhamento da amostra de solo quando em movimento rotacional. Esse componente constitui-se de um segmento de tubo de aço inox tendo uma de suas extremidades denteada em forma de serrote, um tubo alongador e um tubo provido de braços de acionamento do elemento cortante.

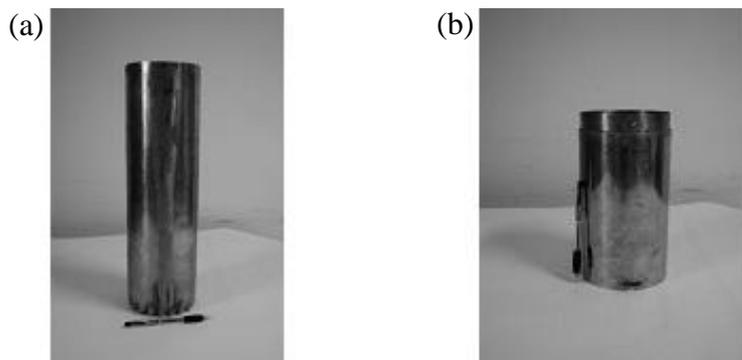
Na Figura 6 apresentam-se as dimensões do componente móvel do amostrador.

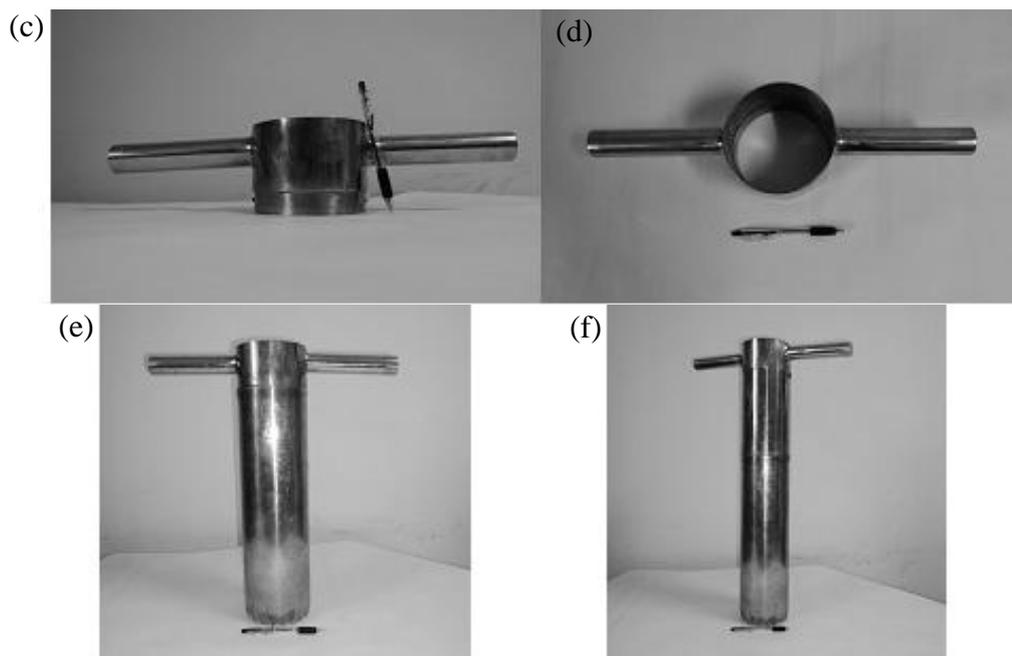
Figura 6. Componente móvel do amostrador (a - parte responsável pelo acionamento do componente móvel do amostrador; b – tubo de aço inox alongador; c - segmento de tubo de aço inox com uma de suas extremidades denteada, responsável pelo cisalhamento da amostra de solo) – medidas em milímetros.



Na Figura 7 apresenta-se o componente móvel do amostrador.

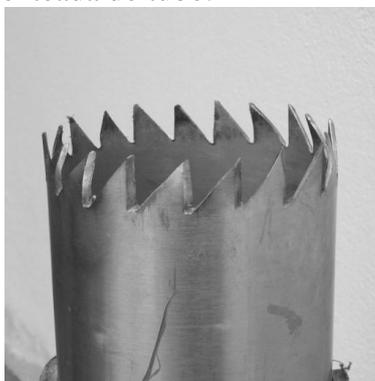
Figura 7. Componente móvel do amostrador (a- segmento de tubo de aço inox com uma de suas extremidades denteada; b- tubo de aço inox alongador; c – vista frontal do componente responsável pelo acionamento do amostrador; d – vista superior do componente responsável pelo acionamento do amostrador; e – componente móvel do amostrador sem o tubo alongador; f - componente móvel do amostrador com o tubo alongador).





Na Figura 8 apresenta-se, em detalhe, a extremidade denteada e com trava semelhante ao serrote. O objetivo da realização da trava nos dentes é permitir que à medida que a amostra de solo for sendo cortada fique uma folga entre a amostra e a parede interna do tubo evitando, assim, o atrito entre a coluna de solo e a parede interna do tubo.

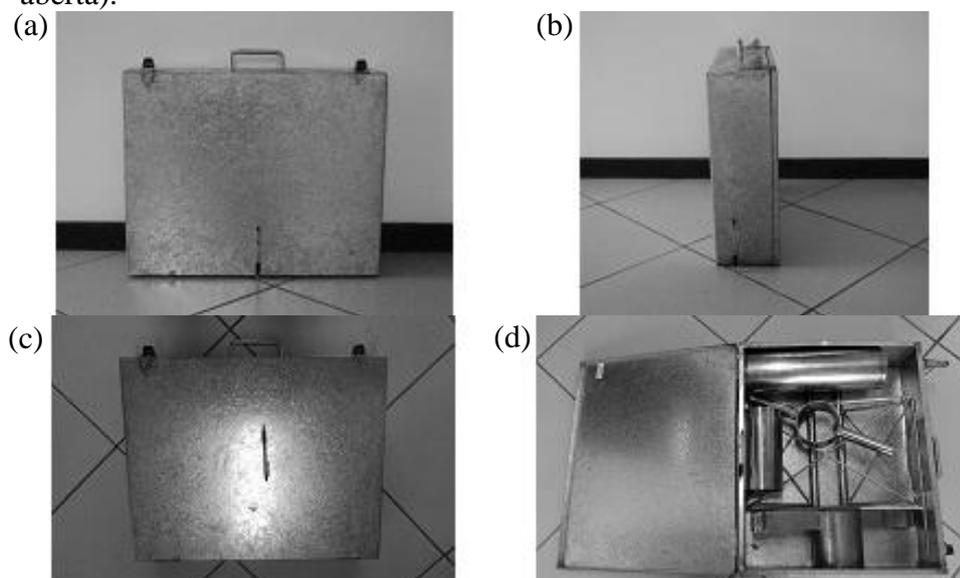
Figura 8. Detalhe da extremidade denteada do tubo.



O engate entre os segmentos de tubos do componente móvel do amostrador se dá a partir da existência de pinos soldados nos mesmos, como apresentado na Figura 9.

Figura 9. Detalhes dos engates do componente móvel do amostrador

A fim de facilitar o transporte do equipamento desenvolvido e na sua acomodação, foi confeccionada uma caixa metálica, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10. Caixa metálica (a- vista frontal; b- vista lateral; c – vista superior; d – caixa aberta).

Na segunda etapa do trabalho foram realizados testes em campo em um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico caulínítico fase terraço, no município de Viçosa – MG, a fim de avaliar a capacidade do amostrador desenvolvido em retirar amostras de solo com a estrutura natural inalterada. Foi realizada, também, a determinação da condutividade hidráulica do solo em meio saturado a partir de amostras coletadas com diferentes métodos. Foram retiradas amostras de solo com estrutura inalterada na camada de 0,20 a 0,60 m, utilizando o amostrador desenvolvido e amostrador de Uhland. As amostras retiradas com o amostrador de Uhland foram contidas em anéis com diâmetro de 47 mm e altura de 30 mm,

junto ao local da escavação realizada para a retirada das colunas de solo amostradas com o método desenvolvido. Foram coletadas também amostras destorroadas.

Na confecção dos permeâmetros com colunas de solo montadas partir de amostras com estrutura inalterada, foram utilizados segmentos de tubo de PVC de 0,28 m de comprimento e 150 mm de diâmetro interno; as colunas de solo com amostras destorroadas foram montadas com de tubos de PVC de 0,20 m de comprimento e 48 mm de diâmetro.

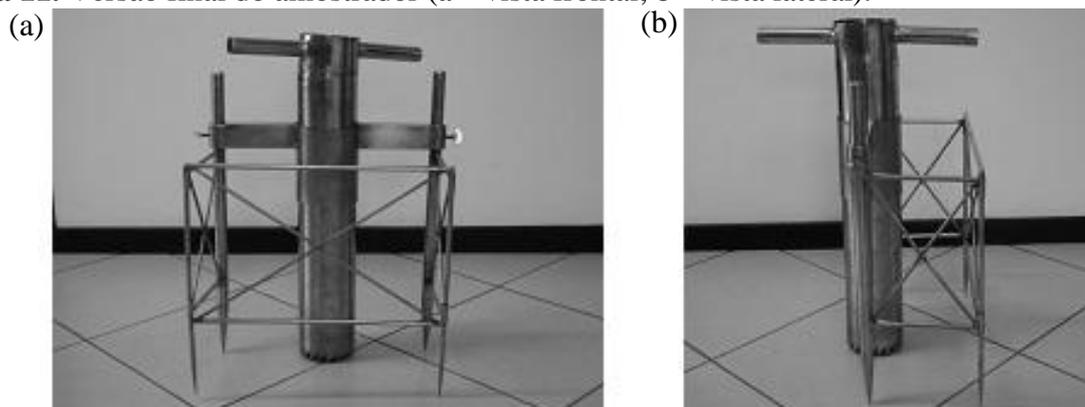
Os ensaios de condutividade hidráulica foram realizados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV) e adotou-se o método descrito por Embrapa (1997).

Os dados obtidos nos ensaios de condutividade hidráulica foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o Teste de Tukey a 5 % de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional SISVAR (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 11 apresenta-se a versão final do amostrador em plano frontal e de perfil.

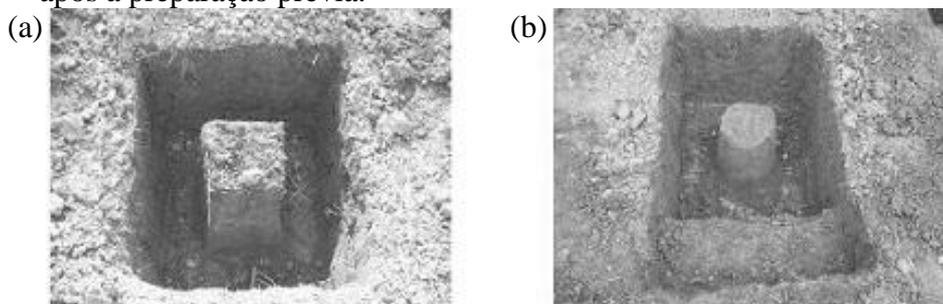
Figura 11. Versão final do amostrador (a – vista frontal; b – vista lateral).



O procedimento para a retirada de amostras com estrutura, utilizando-se o método desenvolvido, constitui-se das seguintes etapas:

- no local onde será retirada a amostra deve ser feita uma escavação de profundidade ligeiramente superior à altura da coluna de solo a ser amostrada, deixando-se um monólito ao centro da perfuração (Figura 12a). Atingida a profundidade desejada, deve ser realizada uma preparação prévia da coluna de solo, com diâmetro de aproximadamente 0,16 m (Figura 12b);

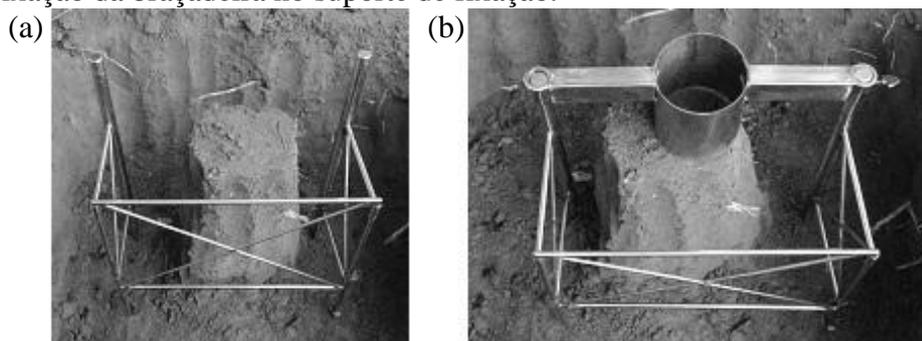
Figura 12. a) Escavação deixando o monólito de um Latossolo ao centro; e b) coluna de solo após a preparação prévia.



- instalação do amostrador:
 - a) cravar o suporte de fixação, e;
 - b) afixar a braçadeira no suporte de fixação.

Na Figura 13 ilustra-se a seqüência de operações durante a instalação dos elementos fixos do amostrador.

Figura 13. Instalação do amostrador em campo: a) cravamento do suporte de fixação; b) fixação da braçadeira no suporte de fixação.



- em seguida, o componente móvel do amostrador é encaixado na braçadeira e inicia-se a retirada da amostra (Figura 14). O componente móvel do amostrador deve ser rotacionado no sentido horário. Os dentes providos de travação deixam, internamente, a coluna de solo com um diâmetro próximo a 0,11 m evitando, assim, o atrito entre a coluna de solo e a parede interna do tubo (Figura 15). A cada 5 cm de corte deve ser retirado o excesso de solo externo ao elemento cisalhante.

Figura 14. Parte móvel encaixada no tubo guia do amostrador em operação durante a retirada da amostra.

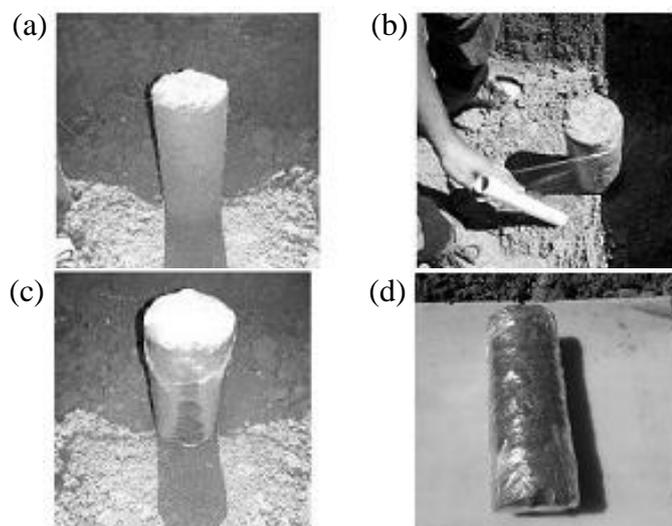


Figura 15. Ilustração do espaço deixado entre a amostra e parede interna do tubo de inox.



- atingida a profundidade desejada, o componente móvel do amostrador é retirado, permanecendo, assim, ao centro da escavação a amostra de solo (Figura 16a). A amostra é, então, envolta em filme de PVC (Figura 16b,c) e, a seguir, seccionada na base e devidamente embalada para o transporte até o laboratório (Figura 16d).

Figura 16. Preparação da amostra para o transporte ao laboratório: a) amostra ao centro da escavação após a retirada da parte móvel do amostrador; b, c, d) amostra sendo envolta em filme de plástico, seccionada na base e acondicionada para ser levada ao laboratório.



O método de amostragem desenvolvido apresentou resultados convincentes, pois verificou-se que é possível retirar amostras de solo com um mínimo de perturbação da estrutura do solo, quando comparado ao amostrador de Uhland, no qual os anéis amostradores possuem altura igual a 30 mm.

Na Tabela 1 apresentam-se os valores médios de condutividade hidráulica em meio saturado obtidos a partir de amostras retiradas utilizando o método desenvolvido (M1), amostras destorroadas (M2) e amostras coletadas com o amostrador de Uhland (M3) de um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico.

Tabela 1. Valores de condutividade hidráulica em meio saturado obtidos a partir de amostras retiradas utilizando o método desenvolvido (M1), amostras destorroadas (M2) e amostras coletadas com o amostrador de Uhland (M3) de um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico.

Método	K_0 (cm ³ cm ⁻² h ⁻¹)		
	M1	M2	M3
Média	24,26 ^a	3,78 ^b	0,16 ^b

*As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observou-se que amostras com estrutura indeformada retiradas utilizando-se o método de amostragem desenvolvido apresentaram valores superiores de condutividade hidráulica em relação aos valores obtidos em amostras destorroadas e amostras retiradas com o amostrador de Uhland. Estes resultados comprovam que a condutividade hidráulica do solo saturado não depende apenas da porosidade total, mas também, do tamanho dos poros e da continuidade deles. De acordo com Hillel (1980), a porosidade total, a distribuição dos tamanhos dos poros e a tortuosidade do meio poroso são as características do solo que mais afetam a condutividade hidráulica. As amostras destorroadas não preservam a estrutura do solo, elimina os canais preferenciais ao escoamento de água, altera a geometria dos poros, o que por sua vez altera o formato natural de escoamento da água e solutos no solo.

As amostras coletadas utilizando-se o amostrador de Uhland foram as que apresentaram menores valores de condutividade hidráulica. Na retirada de amostras, empregando-se métodos de cravação do cilindro de amostragem, tal como o do amostrador de Uhland, pode haver quebra e deformação da estrutura original do solo. A compactação das amostras em virtude do atrito com as paredes dos anéis é a principal causa de insucesso no uso desses métodos (La Rochelle et al., 1981).

Rossi et al. (2007) verificaram redução expressiva da condutividade hidráulica entre amostras de solo com estrutura inalterada e destorroadas. Os autores observaram valores de condutividade de 49,2 e 5,4 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{h}^{-1}$, respectivamente, para amostras com estruturas e amostras destorroadas. Desse modo, a amostra indeformada é mais adequada pelo fato de representar mais fielmente as condições naturais.

Os resultados obtidos para a condutividade hidráulica em meio saturado comprovaram que na determinação deste parâmetro é necessário manter inalterada a estrutura do solo quando se deseja fazer inferências dos dados às condições em campo. Também não deixam dúvidas de que, ao alterar a estrutura natural do solo, tanto o padrão de escoamento da solução quanto dos íons nela contidos ficam alterados, produzindo, assim, resultados que não devem ser utilizados em programas computacionais para simular condições de campo.

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pôde-se concluir que o amostrador confeccionado se mostrou eficaz na retirada de amostras de solo com estrutura natural inalterada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Londres: Academic Press, 1980. 413 p.

LA ROCHELLE, P.; SARRAILH, J.; TAVENAS, F.; ROY, M.; LEROUEIL, S. Causes of disturbance and design of a new sampler for sensitive soils. **Canadian Geotechnical Journal**, Ottawa, v. 1, n. 18, p. 52-66, 1981.

OLIVEIRA, L. F. C.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; RUIZ, H. A.; MATOS, A. T. Metodologia de amostragem de solo para a obtenção da condutividade hidráulica e da curva de eluição de solutos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 112-121, 2000.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 675-682, 2007.

TEIXEIRA, M. A. **Desenvolvimento de equipamento para extração de amostras indeformadas de solo**. 1998. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PERK, M. van der; de ZORZI, P.; BARBIZZI, S.; BELLI, M.; FAJGELJ, A.; SANSONE, U.; JERAN, Z.; JACIMOVIC, R. The effect of short-range spatial variability on soil sampling uncertainty. **Applied Radiation and Isotopes**, Oxford, v. 66, p. 1582-1587, 2008.

ZORZI, P. de; BARBIZZI, S.; BELLI, M.; FAJGELJ, A.; JACIMOVIC, R.; JERAN, Z.; SANSONE, U.; van der PERK, M. A soil sampling reference site: the challenge in defining reference material for sampling. **Applied Radiation and Isotopes**, Oxford, v. 66, p. 1588-1591, 2008a.

ZORZI, P. de; BARBIZZI, S.; BELLI, M.; MUFATO, R.; SARTORI, G.; STOCCHERO, G. Soil sampling strategies: Evaluation of different approaches. **Applied Radiation and Isotopes**, Oxford, v. 66, p. 1691-1694, 2008b.