

**APERFEIÇOAMENTO E CALIBRAÇÃO
DE APARELHOS COLETORES DE ENXURRADA
PARA A MEDIÇÃO DE PERDAS DE SOLO,
ÁGUA E NUTRIENTES EM ESTUDOS
COM SIMULADOR DE CHUVA**

Dimas V. S. Resck



**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
VINCULADA AO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – CPAC
Planaltina, DF.**

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao:

CPAC

BR 020 – km 18

Rodovia Brasília-Fortaleza

Caixa Postal, 70-0023

73.300 – Planaltina - DF.

Editor: Comitê de Publicações

Edson Lobato – Presidente

Sérgio Penna – Secretário-Executivo

Carlos Alberto dos Santos

Euclides Kornelius

José Roberto R. Peres

Coordenação editorial: Antônio de Pádua Carneiro

Normalização bibliográfica: Maria Ferreira de Melo

Datilografia: Maria da Conceição Tavares da Silva e

Adonias Pereira de Oliveira

Desenho: Nilda Maria C. Sette

Distribuição: Evando Fonseca Silva

Ficha catalográfica

(Preparada pelo Setor de Informação e Documentação do CPAC)

Resck, Dimas V. S.

Aperfeiçoamento e calibração de aparelhos coletores de enxurrada para a medição de perdas de solo, água e nutrientes em estudos com simulador de chuva. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1983.

24p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 19).

1. Solos—Manejo. Solos—Conservação. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. II. Título. III. Série.

CDD. 631.45

SUMÁRIO

	Pág.
Resumo	5
Abstract	5
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	19
Conclusões	23
Agradecimento	23
Referências bibliográficas	24

APERFEIÇOAMENTO E CALIBRAÇÃO DE APARELHOS COLETORES DE ENXURRADA PARA A MEDIÇÃO DE PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES EM ESTUDOS COM SIMULADOR DE CHUVA¹

Dimas V. S. Resck²

RESUMO

Foram construídos e calibrados aparelhos coletores de enxurrada tipo "flume", dotados de um sistema de gráfico (limnógrafo), que permite avaliar continuamente a vazão total da enxurrada em trabalhos com o simulador de chuva. Acolados a estes aparelhos, foram colocados amostradores rotativos, cuja função é a de coletar, periodicamente, as alíquotas do total da enxurrada. Os gráficos dos coletores são analisados posteriormente, fazendo-se leituras com intervalos de um minuto para que se possa ter o maior detalhamento possível da evolução da enxurrada durante a aplicação da chuva. As amostras de enxurrada são levadas para o laboratório, onde se procedem as análises físicas e químicas do solo e da solução amostrada.

Os resultados são relacionados com a vazão total e as perdas de solo e nutrientes, corrigidas para toneladas por hectare.

CALIBRATION AND IMPROVEMENT OF RUNOFF COLLECTOR FOR MEASURING SOIL, WATER AND NUTRIENTS LOSSES IN STUDIES WITH RAINFALL SIMULATOR

ABSTRACT

Runoff collector (Flume type) with a graphic system was made and calibrated and used to evaluate a continuous flow rate for using with a rainfall simulator. A rotary sampler was connected to the runoff collector in order to take runoff samples. The graphics from the collector are analysed periodically by taking readings with one minute intervals, in order to get as much detail as possible of the runoff evolution during the time of rain application. The samples are taken to the laboratory for chemical and physical analysis of the soil and solution. The analysis results are related with total flow rate and the soil and nutrient losses are corrected to ton per hectare.

¹ Trabalho apresentado no III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, em Recife-PE, realizado em 28.07 a 01.08 de 1980.

² Pesquisador em manejo e conservação do solo do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) da EMBRAPA. Brasília-DF.

A pesquisa sobre manejo e conservação do solo tem procurado uma maneira de quantificar as perdas de solo e de água, em parcelas sob chuvas naturais ou simuladas. Nos experimentos sob chuva natural, já com uma metodologia praticamente definida e em que as pesquisas datam de muitos anos, pouco se tem a acrescentar no método em si, exceto no que diz respeito ao aperfeiçoamento de aparelhos.

No IITA (Lal, 1976), os pesquisadores em conservação do solo desenvolveram um sistema de coleta de água e solo, que consiste de um flume em V 90° com registrador de nível de água, tanque de sedimentação e armazenamento com duas peneiras e um sistema multidivisor no último compartimento. O aparelho coletor de enxurrada consiste de 25 tubos de 2,5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento, instalados a 40 cm acima da base do 3º compartimento do tanque de sedimentação. A enxurrada transbordada do tubo central é coletada dentro de um tanque.

Este sistema é referido por Bertoni (1949), como sendo o de coleta de uma fração-alíquota de enxurrada. O mesmo autor cita outros sistemas com registro total da enxurrada, passando por um vertedouro equipado com limnógrafo, permitindo o registro, ao mesmo tempo, do volume e de intensidade. Para a avaliação das perdas de solo, este vertedouro é equipado com um tanque de decantação e com uma pequena calha para coleta de uma amostra da enxurrada escoada.

Há também outro sistema de coleta total da enxurrada, em que toda a enxurrada que escorre do talhão é orientada por um condutor até a um tanque de armazenamento, onde é determinado o volume da enxurrada. Uma pequena amostra da mesma é levada para uma estufa a fim de se determinar a quantidade de solo nela contido.

A pesquisa em erosão com simulador de chuva é muito recente no Brasil, tendo apenas cerca de 10 anos. A metodologia a ser seguida neste tipo de pesquisa não foi suficientemente padronizada e carece de muitos estudos, principalmente quanto à questão da amostragem e da medição contínua da vazão total da enxurrada. À amostragem faltam informações quanto à sua periodicidade, quantidade de amostra a ser obtida e modo de coleta (se mecânico ou não).

Olson et al. (1962) mediram continuamente a intensidade da enxurrada com um flume calibrado e um registrador de nível d'água do tipo FW-1. As amostras da enxurrada, representadas por alíquotas, foram tomadas durante a chuva e a quantidade de solo na enxurrada foi determinada. As perdas de solo para o tempo de amostragem foram tomadas como sendo o produto do percentual de solo na amostra e o total de enxurrada para o período de amostragem.

Hermsmeier et al. (1963) construíram um equipamento de medição de água

e amostrador de enxurrada movido à bateria. Uma quase contínua amostra de enxurrada com lama foi obtida com o amostrador, sucessivamente, a cada 6 minutos de intervalo, durante o período de enxurrada resultante de cada chuva. Um registrador de nível d'água (limnígrafo), montado sobre HS Flume, provia hidrográficos da enxurrada de cada parcela.

Com Barnett & Rogers (1966), a vazão e a quantidade da enxurrada foram determinadas com um H-Flume e um limnígrafo. As perdas de solo foram determinadas, com uma amostragem de alíquotas correspondendo a 1% do total, por meio de uma abertura rotativa localizada abaixo do fluxo que sai do H-Flume.

Resck (1977) construiu aparelhos coletores tipo flume e amostradores rotativos de alíquotas de enxurrada, para atender à necessidade de amostragens periódicas da enxurrada, relacionadas numa proporção definida com a vazão total da enxurrada, registrada pelo coletor tipo flume. O coletor foi previamente calibrado de modo que permitisse saber, através de uma simples leitura na régua (substituindo o limnígrafo), a intensidade e a quantidade de enxurrada naquele momento. A enxurrada total caía em um amostrador rotativo antes de passar pelo flume, cuja quantidade amostrada saía lateralmente por um condutor plástico, sendo recolhida e analisada.

Wünsche (1978) fazia suas leituras da altura de enxurrada de minuto em minuto, em um vertedor tipo HS-Flume, até que cessasse todo o escoamento. As amostragens para a determinação de solo na enxurrada eram feitas de 6 em 6 minutos, constando da coleta de aproximadamente 4 litros da mesma.

Biscaia (1978), para a medição mais precisa da vazão total da enxurrada, construiu calhas medidoras, calibrando as mesmas com limnígrafos acoplados.

O objetivo deste trabalho foi o de construir um aparelho que desse continuamente a intensidade e a quantidade da enxurrada através de um sistema de gráficos e, concomitantemente, uma alíquota periódica do total da enxurrada para as determinações de perdas de solo, água e nutrientes.

Foram construídos e aperfeiçoados dois coletores de enxurrada tipo flume, de modo que a leitura da vazão total da enxurrada fosse feita continuamente, sem a presença de um observador de campo, como ocorria com o aparelho disponível (Resck et al. 1978), para a leitura das réguas previamente calibradas.

Dois amostradores rotativos, ambos com rotação de 35 rpm, foram acoplados aos seus respectivos coletores de enxurrada, para coletar uma alíquota do total de enxurrada que passava pelo flume, destinada às análises físicas e químicas necessá-

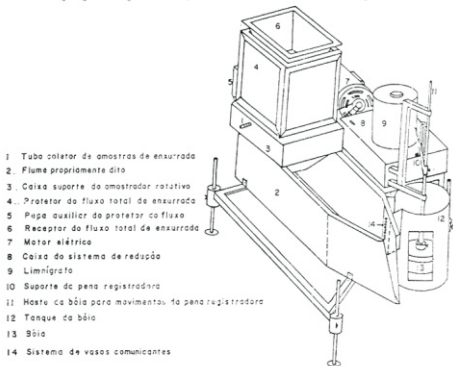


FIG. 1. Amostrador rotativo acoplado a um aparelho coletor de enxurrada tipo flume. Vista frontal.

rias, bem como às determinações de perdas de solo e água (Figuras 1 e 2). As características desses aparelhos são as mesmas apresentadas por Resck et al. (1978), apenas com a diferença de que os flumes dispõem de um sistema registrador do nível d'água (limnógrafo), ao invés da regra registradora. O gráfico do limnógrafo é fixado em um tambor rotativo de 20 cm de diâmetro por 20 cm de altura que dá a volta completa em uma hora. Ele é subdividido em 60 intervalos de 1 minuto (Figura 3).

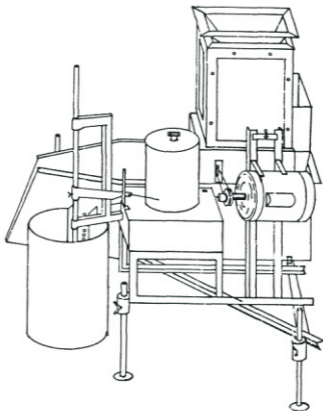


FIG. 2 Amostrador rotativo acoplado a um aparelho coletor de enxurrada tipo flume. Vista lateral.

O sistema regulador da rotação do tambor consiste de um motor elétrico de 1.760 rpm e de um sistema de redução com dupla função: fornecer 35 rpm ao amostrador rotativo acoplado ao flume (Figuras 4 e 5) e dar uma rotação a cada 60 minutos ao tambor com o gráfico.

Esses aparelhos foram calibrados no Laboratório de Mecânica de Fluidos da Universidade de Brasília, DF, com um aparelho que proporcionava controle efetivo da quantidade e uniformidade do fluxo d'água desejado.

A calibração foi feita da seguinte maneira: após nivelar o coletor de flume e acoplar o amostrador rotativo na parte anterior do aparelho, também nivelado, e feita a conexão com o aparelho da Universidade, deu-se uma pequena vazão com

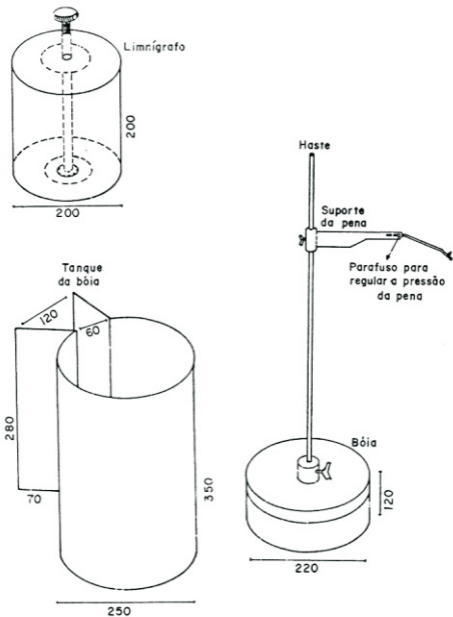


FIG. 3. Detalhes do sistema de registro do aparelho coletor tipo flume, medidos em milímetros (mm).

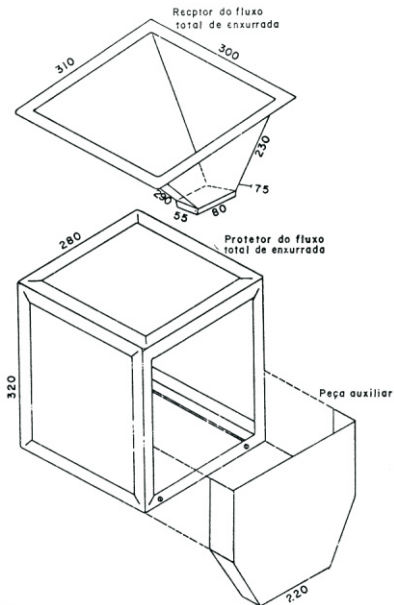


FIG. 4. Detalhes do aparelho coletor tipo flume, medidos em milímetros flume, medidos em milímetros (mm).

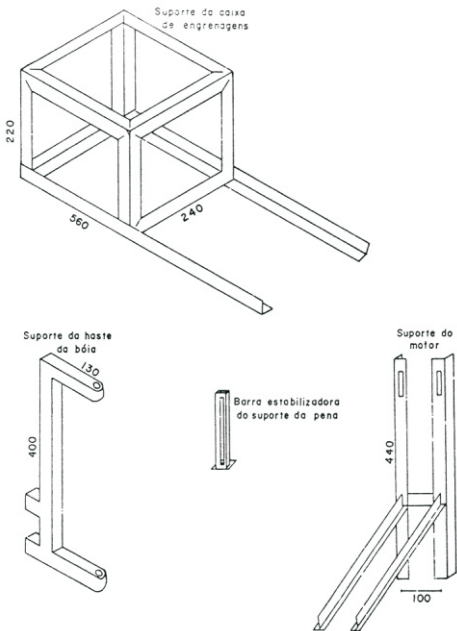


FIG. 5. Detalhes dos suportes do aparelho coletor tipo flume, medidos em milímetros (mm).

FIG. 06

Diâmetro das engrenagens (mm)

A - 71

B - 23

C - 32

D - 42

E - 47

F - 39

G - 32

H - 21

I - 16

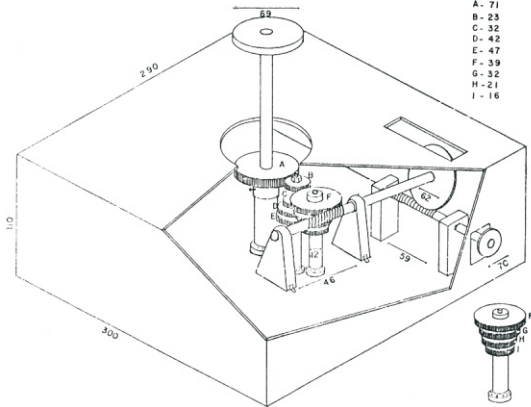


FIG.6. Detalhes do sistema de redução do aparelho coletor tipo flume e do amostrador rotativo.

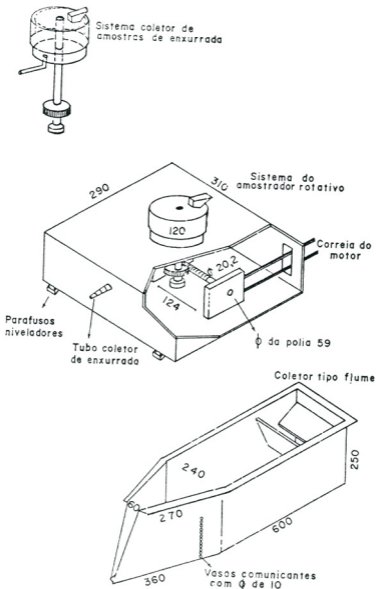


FIG. 7. Detalhes do sistema de coleta do amostrador rotativo e do coletor tipo flume propriamente dito, medidos em milímetros (mm).

uma lâmina d'água passando pelo flume de forma constante e sem turbulência. Por meio de um sistema de vasos comunicantes (Figura 1), a bóia se elevava e marcava, através de uma pena registradora, uma determinada altura no gráfico. Atingido este ponto, media-se a vazão do fluxo de água pelo método direto, ou seja, através de um balde de cinco litros previamente calibrado e um cronômetro, fazendo-se cinco repetições para cada altura no gráfico. Aproveitando a mesma altura da lâmina d'água, fazia-se a calibração do amostrador rotativo, também através da medição direta da vazão, com um becker de um litro e um cronômetro. Assim foram feitos vários pontos desde pequenas até altas vazões (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Dados de calibração dos aparelhos coletores de enxurrada tipo "flume" I e II.

Aparelho I		Aparelho II	
Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)	Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)
0,10	1,43	0,20	3,06
0,45	7,87	0,40	7,79
0,60	10,66	1,80	16,48
1,70	19,05	2,20	19,35
5,10	66,66	4,30	41,67
6,60	85,71	5,40	57,69
7,00	100,00	6,70	71,43
7,80	120,00	7,80	98,36
8,20	142,86	8,30	134,83

TABELA 2. Dados de calibração dos aparelhos amostradores rotativos de enxurrada I e II. Ano 1979.

Aparelho I		Aparelho II	
Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)	Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)
0,60	0,17	0,20	0,12
1,70	0,25	1,80	0,17
5,10	0,31	4,30	0,30
6,60	0,57	4,80	0,35
7,00	0,77	5,40	0,40
7,80	1,55	6,70	0,53
8,20	2,77	7,40	0,64

Devido ao fato de que as amostras colhidas pelos amostradores rotativos em trabalhos posteriores não deram quantidades de solo suficientes para as análises químicas e físicas, teve-se que aumentar e novamente calibrar o sistema coletor dos amostradores. Os dados são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Dados de calibração dos aparelhos amostradores rotativos de enxurrada I e II. Ano 1980.

Aparelho I		Aparelho II	
Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)	Leitura do limnígrafo (cm)	Vazão (ℓ/min)
0,60	0,42	0,20	0,30
1,70	0,62	1,80	0,43
5,10	0,78	4,30	0,75
6,60	1,43	4,80	0,88
7,00	1,93	5,40	1,00
7,80	3,88	6,70	1,33
8,20	6,93	7,40	1,60

Posteriormente, os dados foram ajustados à uma equação de regressão, que permite a determinação indireta, tanto da vazão total, quanto da vazão de alíquotas da enxurrada, dispondo-se unicamente das leituras da lâmina da enxurrada feitas no gráfico. Para efeito de controle, a vazão das alíquotas de enxurrada é medida no laboratório, quando se pretende determinar as perdas de solo e água.

As equações de calibração conseguidas foram:

FLUME 1

$$Y = .115334 + 13.4852x \quad R^2 = .991404$$

onde:

Y = vazão em l/min

x = leitura da lâmina d'água no limnógrafo em cm.

FLUME 2

$$Y = - 5.63286 + 12.0292x \quad R^2 = .969855$$

Amostrador Rotativo I – 1979

$$Y = .154307 e .199578x \quad R^2 = .88855$$

Amostrador Rotativo I – 1980

$$Y = .381257 e .201933x \quad R^2 = .892962$$

Amostrador Rotativo II – 1979

$$Y = .11224 e .233922x \quad R^2 = .999122$$

Amostrador Rotativo II – 1980

$$Y = .284382 e .232018x \quad R^2 = .998957$$

Os dados de calibração (Tabelas 1, 2 e 3) mostram que existem algumas diferenças entre os coletores I e II e entre os amostradores I e II. Os aparelhos sob a denominação de I apresentaram vazões um pouco superiores às dos aparelhos II. Porém, observando suas curvas de calibração (Figuras 8, 9 e 10), nota-se uma certa similaridade nas curvas, indicando que a vazão total da enxurrada ou a vazão amostrada dos aparelhos responde similarmente às diferenças nas alturas das lâminas da enxurrada. Isso, evidentemente, é devido às características de cada aparelho, adquiridas na construção e impossíveis de serem controladas. No entanto, essas diferenças desaparecem nos estudos de campo, uma vez que cada aparelho mede a vazão de enxurrada similarmente, de acordo com suas próprias características.

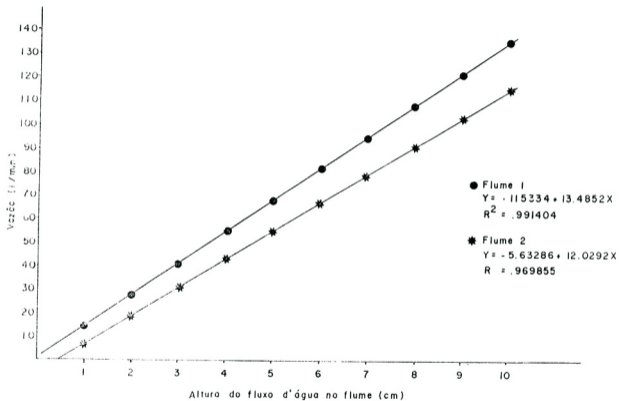


FIG. 8. Curvas de calibração dos coletores tipo flume I e II.

FIG. 09

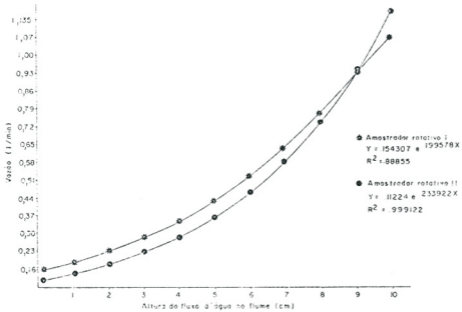


FIG. 9. Curvas de calibração dos amostradores rotativos I e II 1979.

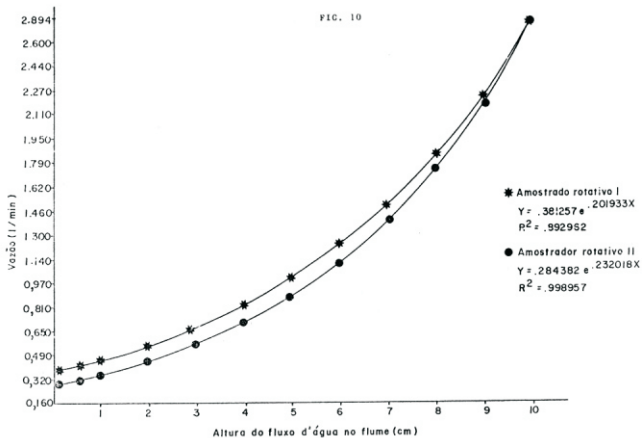


FIG. 10. Curvas de calibração dos amostradores rotativos I e II – 1980

Pelo exposto pode-se concluir que:

1. Os aparelhos coletores de enxurrada tipo flume com gráfico registrador prestam-se bem para medição contínua da vazão total da enxurrada, substituindo o trabalho de pelo menos dois observadores de campo e proporcionando maior precisão.
2. Os aparelhos amostradores rotativos revelaram-se práticos para coleta mecânica contínua das alíquotas de enxurrada, correlacionando-se mais estreitamente com a vazão total da enxurrada registrada pelo coletor tipo flume.
3. As diferenças encontradas na calibração dos aparelhos, que refletiram em equações de calibração diferentes, são devidas às suas características adquiridas na construção.
4. Os aparelhos coletores de enxurrada tipo flume e os aparelhos amostradores rotativos registram e amostram vazões similares de enxurrada, apesar de suas diferentes equações de calibração.

AGRADECIMENTO

O autor deseja expressar o seu agradecimento ao Técnico Agrícola Antero Marques Ferreira pela sua colaboração nos trabalhos de calibração dos aparelhos coletores de enxurrada e amostradores rotativos e pelos desenhos industriais do projeto.

- BARNETT, A. P. & ROGERS, J. S. Soil physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall. *Trans. ASAE*, 9(1):123-8, 1966.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para determinações de perdas por erosão. *Bragantia*, 9(1-4):147-55, 1949.
- BISCAIA, R. C. M. Metodologia para medição de enxurrada em experimentos com simulador de chuvas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, RS, 1978. *Anais...* Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 61-5.
- HERMSMEIER, C. F.; MEIER, L. D.; BARNETT, A. P. & YOUNG, R. A. *Construction and operation of a 16-unit rainulador*. Washington, DC, USDA/ARS, 1963. p. 41-62.
- LAL, R. Soil erosion problems on an alfisol in Western Nigeria and their control. Ibadan, Nigeria, IITA, 1976. 153p. (IITA. Monograph, 1).
- OLSON, T. C.; MANNERING, J. V. & JOHNSON, C. B. The erodibility of some Indiana soils. *Proceedings of Indiana Academy of Science for 1962*. 72:319-24, 1962.
- RESCK, D. V. S. Determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico fase Terraço, localizado na zona da mata (MG), utilizando o simulador de chuva. Viçosa, UFV., 1977. 88p. Tese Mestrado.
- RESCK, D. V. S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M. & SILVA, T. C. A. Aparelhos utilizados na determinação das perdas de solo, água e nutrientes de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Fase Terraço. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, RS, 1978. *Anais...* Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 21-8.
- WÜNSCHE, W. A. Equipamentos e métodos em utilização para pesquisa em conservação do solo no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, RS, 1978. *Anais...* Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 51-9.