

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Aluna: **Maria Clarete Nunes Costa**

Matrícula nº: **8711150-X**

Orientador: **Prof. VAJAPEYAM S. SRINIVASAN**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**Junho de 1990**

### AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a licença de estar aqui para a elaboração e conclusão deste.

A meus pais, pelo apoio e compreensão que tive ram durante o decorrer destes anos.

Ao Engenheiro Carlos de Oliveira Galvão, pela co laboração, destacando a eficiência na revisão deste traba lho.



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

## Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO.....	02
2. OBJETIVO DO ESTÁGIO.....	04
3. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O ESTÁGIO SUPERVI SIONADO.....	06
4. BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ - PARAÍBA.....	08
5. DISPOSITIVOS EXPERIMENTAIS DAS MICRO-BACIAS E PARCELAS.....	11
6. DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS.....	19
7. VISITA A BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ.....	23
8. TRATAMENTO DOS DADOS.....	25
9. MINHA PARTICIPAÇÃO NO TRATAMENTO DOS DADOS.....	26
1. Pluviometria e Pluviografia.....	26
2. Linigrafia e Lâmina Escoadada.....	32
3. Análise Sedimentométrica em Laboratório.....	36
10. CONCLUSÃO.....	45
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
12. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos desenvolvidos em bacias experimentais se propõem a quantificar o impacto das diversas modificações do meio ambiente sobre os recursos do solo e água. Para tanto, foi instalada na região semi-árida do Nordeste, em Sumé-PB, quatro microbacias em áreas em torno de 1 ha e 9 parcelas de 100 m<sup>2</sup>.

Esse projeto iniciou-se em 1982 executado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Missão Hidrológica Francesa (ORSTOM). Em 1984 a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) incorporou-se ao Projeto para que os trabalhos tivessem continuidade, visto que a partir de então a SUDENE passou a ser órgão consultor.

Foi escolhida uma zona de características físico-climáticas semelhantes a uma parte importante do sertão nordestino, com solo e sub-solo de baixa permeabilidade, onde o armazenamento de água da superfície, por açudagem, deveria ser a solução básica para regularizar os recursos hídricos.

Os equipamentos instalados em cada micro-bacia e parcelas permite coletar e medir o escoamento e a erosão provocadas por cada chuva, atingindo, desta forma, o primeiro objetivo da pesquisa.

A pesquisa visa também avaliar as consequências do desmatamento da caatinga nativa e outras modificações no manejo do solo e cobertura vegetal, cujos resultados de verão ser utilizados para o dimensionamento e a operação de pequenos perímetros irrigados.

A equipe da pesquisa é formada por um professor e pesquisador da UFPB (Coordenador do Projeto), um Hidrólogo da SUDENE/ORSTOM, um engenheiro da UFPB, um técnico de campo, um laboratorista e estagiários (alunos de Engenharia Civil e Engenharia Agrícola) da UFPB.

## 2. OBJETIVO DO ESTÁGIO

Com o objetivo de cursar a disciplina Estágio Supervisionado, do Curso de Engenharia Civil, foi realizado no período de 30 de outubro de 1989 à 22 de março de 1990, somando um total de 333 horas, na Área de Recursos Hídricos no Departamento de Engenharia Civil da UFPB, estágio no Projeto de Pesquisa "Modelo de Aproveitamento Hidroagrícola em Bacias Experimentais na Região de Sumé - PB".

O meu papel na pesquisa, como estagiária, foi basicamente de apoio ao engenheiro no tratamento dos dados necessários à execução da pesquisa, e, mais tarde, fazer também os trabalhos de laboratório, tendo em vista o afastamento do laboratorista.

Para atingir os objetivos citados no item anterior, estavam previstas durante o estágio supervisionado as seguintes atividades:

1. Estudo dos objetivos e metodologia do Projeto e dos resultados já obtidos;
2. Conhecimento da Bacia Experimental de Sumé e

seus dispositivos experimentais;

3. Tratamento dos dados coletados na Bacia Experimental:

3.1 - Pluviometria;

3.2 - Índice de precipitação antecedente;

3.3 - Linigrafia e lâmina escoada;

3.4 - Intensidade e erosividade de chuva;

3.5 - Análise sedimentométrica em laboratório;

3.6 - Taxa de erosão.

4. Modelagem do Escoamento Superficial (Modelo Modibi).



### 3. ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O ESTÁGIO SUPERVISIONADO

O programa de estágio citado no item anterior não foi visto integralmente por motivos de mudanças ocorridas durante o período do estágio. Como se trata de uma pesquisa, era necessário que se fizesse um estudo mais imediato e profundo, de certos fatores que se faziam necessários para um bom rendimento da mesma.

Foram realizadas as seguintes atividades durante o estágio supervisionado:

1. Estudo dos Objetivos e Metodologia do Projeto e dos Resultados já obtidos;
2. Conhecimento da Bacia Experimental de Sumé e seus Dispositivos Experimentais;
3. Tratamento dos Dados Coletados na Bacia Experimental:
  - 3.1 - Pluviometria;
  - 3.2 - Intensidade de Chuva;
  - 3.3 - Linigrafia e Lâmina Escoda;
  - 3.4 - Análise Sedimentométrica em Laboratório;

### 3.5 - Taxa de Erosão.

O estágio foi de grande proveito e contribuiu significativamente para uma maior formação na Área de Engenharia de Recursos Hídricos.

#### 4. BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ - PARAÍBA

Descrição segundo Cadier et al (1983) e Gomes et al (1987).

##### LOCALIZAÇÃO

A Bacia Experimental de Sumé faz parte de uma bacia representativa do mesmo nome, escolhida numa zona com características físico-climáticas semelhantes a uma parte importante do sertão nordestino. Apresenta-se com solos rasos, sub-solo derivado do embasamento cristalino, carente em lençóis freáticos importantes, vegetação de caatinga, clima seco semi-árido, relêvo pouco ondulado a ondulado, declividades variando de 4 a 9%. A bacia situa-se na parte superior da Bacia do Rio Paraíba (7°40'S, 37°00'WGr) a cerca de 15 km de Sumé na BR 412. (Figura 1).

##### CLIMA

O clima é do tipo subdesértido quente de tendência tropical com inverno concentrado em apenas três meses

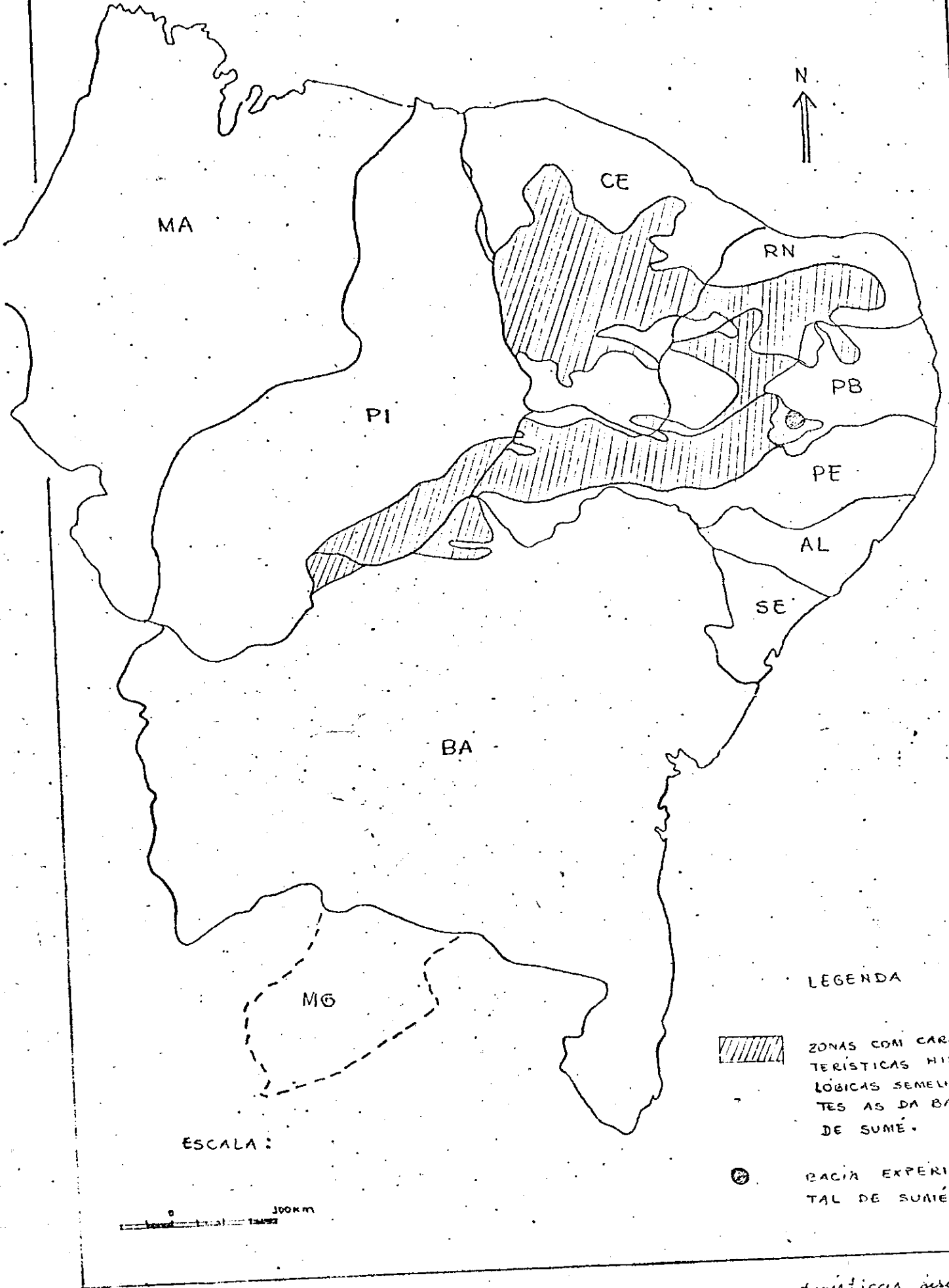


Figura 3 - Limitação das zonas hidrologicas com características hidroclimáticas semelhantes as da Bacia experimental de Sumé - PB (Cadiet et al. 1983).

no ano com precipitação anual média de 590 mm e desvio pluviométrico anual médio em relação ao normal de 50%. A temperatura média anual é de 24°C, a insolação anual média de 2800 hs e a evaporação anual média no tanque classe A de 2900 mm.

#### SOLO

Predominância do solo bruno não cálcico vértico, representativo da zona semi-árida, com permeabilidade lenta de 26 mm/h.

#### VEGETAÇÃO

A bacia apresenta dois tipos de recobrimento vegetal:

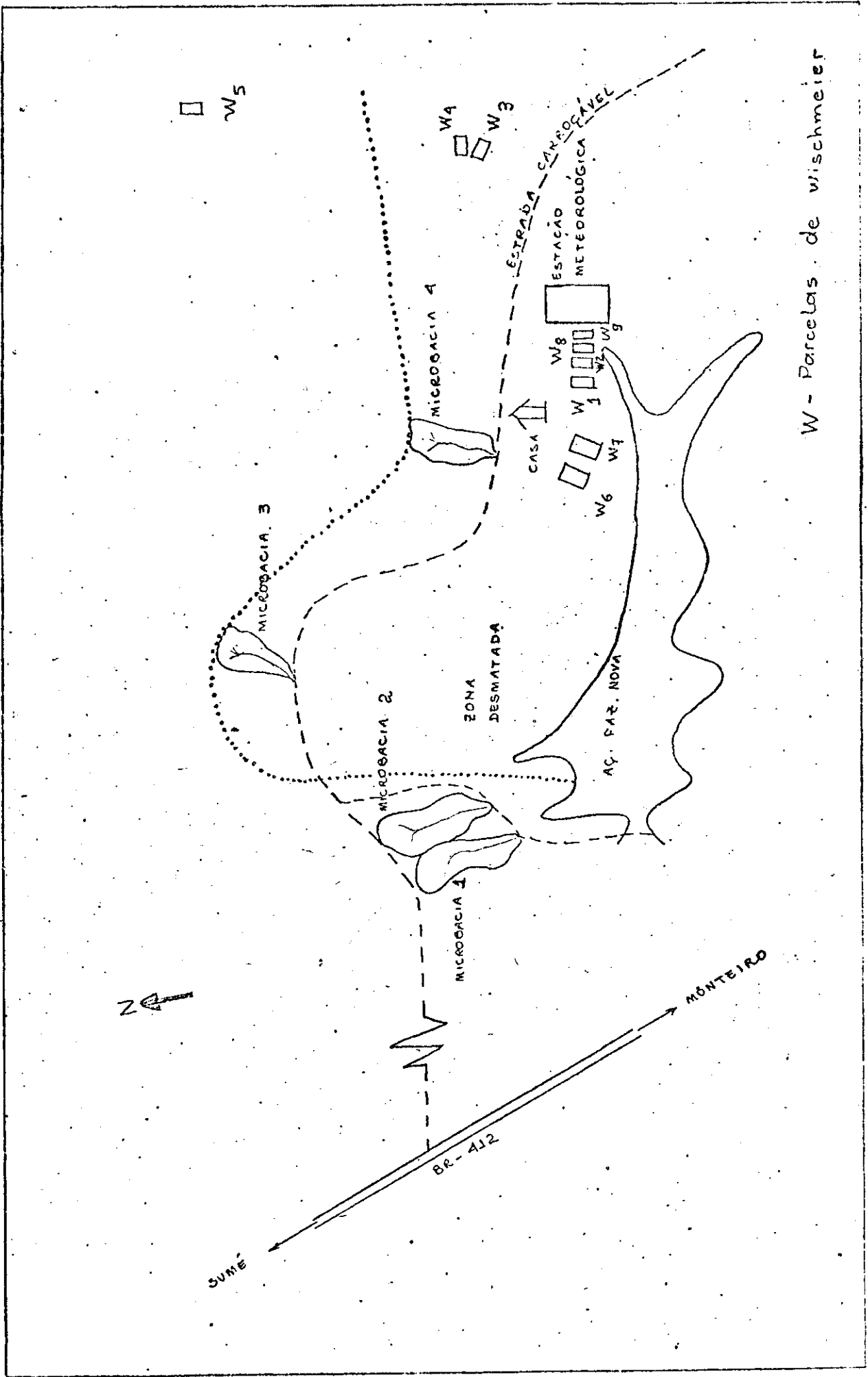
- . A caatinga nativa densa hiperxerófila arbustiva e arbórea;
- . Um pousio de oito anos onde a caatinga germinou novamente.

## 5. DISPOSITIVOS EXPERIMENTAIS DAS MICRO-BACIAS E PARCELAS

Na Bacia Experimental de Sumé, foram instalados os seguintes dispositivos com o intuito de medir o escoamento e quantificar a erosão (ver croquis de localização das instalações, Figura 2).

. Quatro microbacias, sendo duas delas instaladas na caatinga, com superfície de 0,62 a 1,07 ha e declividade média de 7 e 6,1% enquanto que as restantes são desmatadas com um pouso de dois anos num antigo cultivo de tomate com sulcos de contorno, com superfície de 0,48 e 0,52 ha, apresentando declividade em torno de 7,1 e 6,8%.

. 9 parcelas de WISCHMEIER de  $100 \text{ m}^2$  com 22,1 m de comprimento e 4,5 m de largura. Contendo cada uma, dois tanques de 1000 l de capacidade, incluindo um partidor das descargas, em que oito partes em nove transbordam.



W - Parcelas de Wischmeier

Figura 2 - Bacia Experimental de Sumé  
Lugari de localizacão das instalações (adaptado de Cadús et al. 1983).

- . Uma estação meteorológica, pluviômetros e pluviógrafos instalados em vários pontos para permitir um melhor acompanhamento das variações temporais e espaciais da precipitação.

#### DISPOSITIVOS DAS MICROBACIAS

- . Tanques coletores das águas e dos sedimentos escoados correspondentes a cada chuva. O tanque possui forma retangular com inclinação no fundo, com capacidade de 2300 litros, e um vertedor triangular de 90° de soleira delgada. (Figura 3).
- . Um ou dois linígrafos para medir a variação da cota da água no tanque. Os linígrafos têm escalas diferentes.

Com relação às microbacias 3 e 4, é importante ressaltar que a vegetação deverá ser retirada quando a mesma atingir, em média, 5 cm de altura, de modo a mantê-las no seu estado padrão, já que as mesmas são consideradas desmatadas.

#### DISPOSITIVOS DAS PARCELAS

- . Tanques coletores, sendo que cada parcela pos



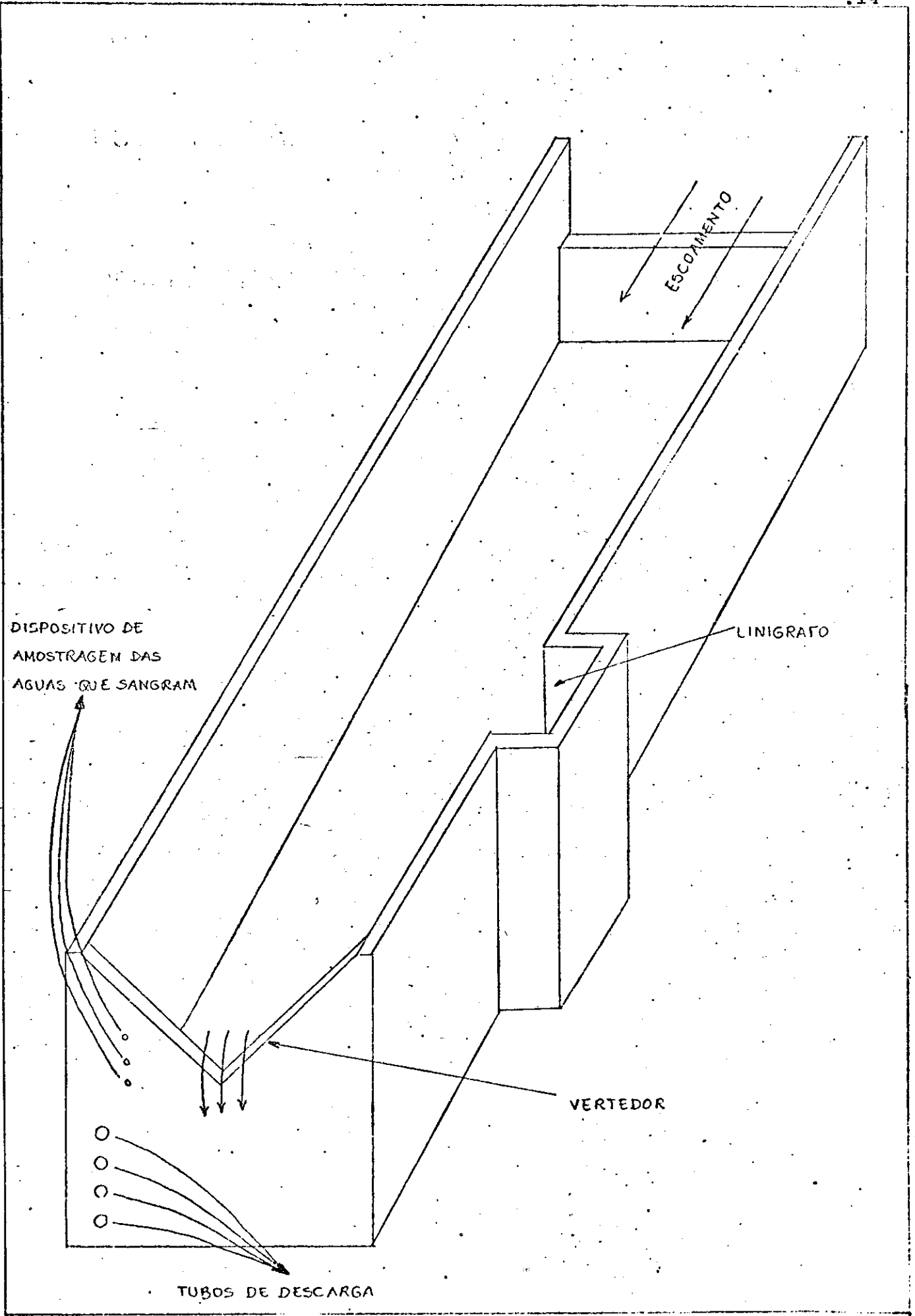


Figura 3 - Perspectiva da fossa de sedimentação da Bacia experimental de Sumé - PB (Cadier et al. 1983).

sui dois tanques com capacidade de 1000 li  
tros.

- . Partidor de descarga localizado no primeiro tanque; nele, oito partes entre nove trans bordam. Desta forma, 11,1% do volume que trans borda do primeiro tanque é colhido no segun do. (Figura 4).

A calibragem do partidor deve ser realizada cui dadosamente, devendo se verificar frequentemente os tubos de descarga para que os mesmos permaneçam desobstruídos e nivelados.

A vegetação das parcelas 1 e 4 deve ser retirada sempre que atingir 5 cm de altura, pela mesma razão das mi crobacias 3 e 4.

As parcelas 2 e 3 devem ser roçadas quando a ve getação atingir de 20 a 25 cm de altura, enquanto que a parcela 8 deve ser mantida constantemente limpa, com solo revolvido sempre que começar a se compactar, segundo as normas de WISCHMEIER e SMITH (1960).

Os quadros 1 e 2 mostram as características físi cas das microbacias e parcelas.

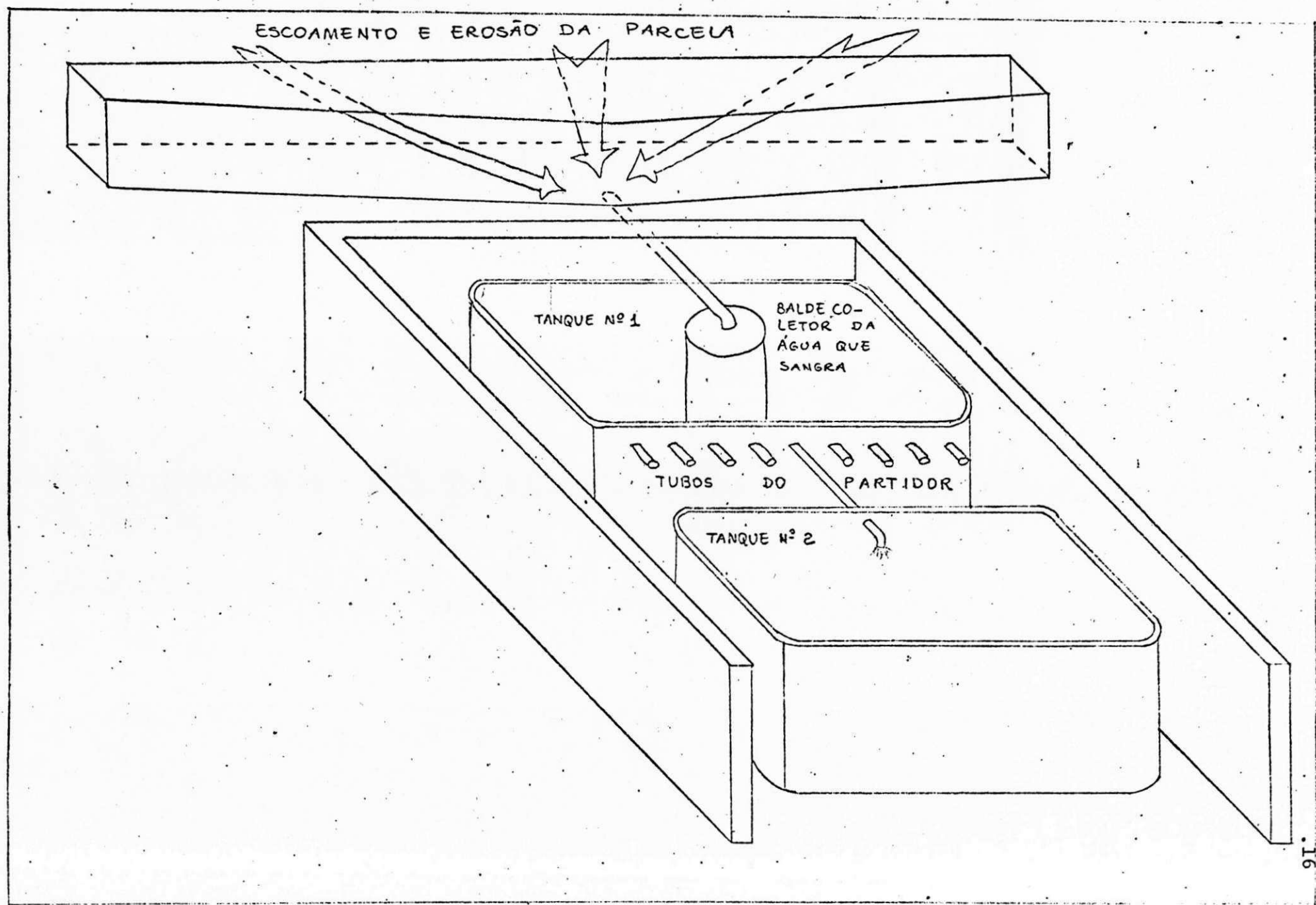


Figura 4 - Perspectiva dos tanques coletores das Parcelas de Wischmeier (Cadien et al. 1983).

Quadro 1 - Características Físicas das Microbacias. (Gomes et al. 1987).

Microbacia	Área (ha)	Declividade Média (%)	Cobertura Vegetal e Estado da Superfície
1	0,62	7,0	Caatinga Nativa
2	1,07	6,1	Caatinga Nativa
3	0,52	7,1	Desmatada
4	0,48	6,8	Desmatada

Quadro 2 - Características Físicas das Parcelas. (Gomes et al. 1987).

Parcelas	Declividade (%)	Cobertura Vegetal e Estado da Superfície
1	3,8	Desmatada
2	3,9	Cobertura Morta
3	7,2	Cobertura Morta
4	7,0	Desmatada
5	9,5	Caatinga Nativa
6	4,0	Palma Forrageira Pl <u>an</u> tada Morro Abaixo.
7	4,0	Palma Forrageira Pl <u>an</u> tada Morro Abaixo.
8	4,0	Desmatada e Manejada de Acordo com WISCH <u>MEIER</u>
9	4,0	Caatinga Renascida

## 6. DESCRIÇÃO DA COLETA DOS DADOS

### 1. MICROBACIAS

O volume de água escoado é calculado somando-se o volume colhido no tanque (fossa de sedimento, Figura 3) com o eventual volume sangrado pelo vertedor. O linigrama fornece a cota de água da fossa e a que sangra no decorrer do tempo. Os linigramas (cota e tempo) correspondentes a cada cheia são retirados dos linígrafos e levados para o escritório para serem traçados os hidrogramas correspondentes (vazão x tempo). Estes, por sua vez, servem para calcular o volume total escoado. Esse volume total é transformado em lâmina escoada, quando o dividimos pela área total da microbacia correspondente.

As amostras são coletadas em volume de cinco litros e de 1 litro, em número que depende do volume da cheia. Para ser feita a coleta da amostra, o técnico de campo deve mexer bem a água da fossa para que os sedimentos não fiquem retidos no fundo da mesma, tornando desta forma, o cálculo da erosão mais preciso.

As amostras colhidas podem ser até 7, para cada evento ocorrido. Após a coleta, as mesmas são anotadas numa ficha para posteriormente ser calculado a erosão correspondente à cheia e à lâmina escoada. A Figura 5 apresenta o formulário usado na coleta dos dados, bem como os cálculos correspondentes para a erosão e a lâmina escoada.

## 2. PARCELAS

O volume d'água escoado na parcela é calculado somando-se o conteúdo do primeiro tanque com nove vezes o conteúdo do segundo, pois entre nove tubos, só um escoava para o segundo. O restante do processo é o mesmo descrito para as microbacias. A Figura 6 apresenta o formulário, bem como o cálculo usado para as amostras das parcelas.

FORMULÁRIO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA, CHEIA Nº 80

MICRO-BACIA Nº 004

Coleta de Amostra: Hora 11:20 Dia 27 Mês 03 Ano 1985

Chuva: 461,8 mm Hora \_\_\_\_\_ Dia 26 Mês 03 Ano 1985

Cota inicial: 1202 mm

$V_1$  2223,0 l

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ l}$$

Sifonagem pelos tubos

Amostra nº \_\_\_\_\_ 5 litros

Cota depois da sifonagem \_\_\_\_\_ mm

Fundo da fossa

1a. Amostra nº 2085 1000 cc

2a. Amostra nº 2086 1000 cc

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \\ C_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ l} \\ P_1 = C_1 \times \Delta V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_2 = \underline{1361,0} \text{ g} \\ C_2 = \underline{1361,0} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$C_{23} = \frac{C_2 + C_3}{2} = \underline{1362,0} \text{ g/l}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_3 = \underline{1363,0} \text{ g} \\ C_3 = \underline{1363,0} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ l} \\ P_2 = C_{23} \times V_2 = \underline{202772,0} \text{ g} \end{array} \right.$$

$$P_3 = P_1 + P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$

Amostrador Automático

Depósito nº 1

Volume 15 litros

Amostra nº 2087

Depósito nº 2

Volume 0,8 litros

Amostra nº 2088

$C_{67}$  - 2089 5 litros

$P = 59,0 \text{ g}$

$C_{67} = 11,5 \text{ g/l}$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_4 = \underline{5,65} \text{ g} \\ C_4 = \underline{3,77} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_5 = \underline{1,82} \text{ g} \\ C_5 = \underline{2,275} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$C_{4.5.6} = 5,95 \text{ g/l}$

$$P_{\text{sangr.}} = \frac{C_4 + C_5}{2} \times V_{\text{sangr.}} = \underline{285637,2} \text{ g}$$

$$P_{\text{total}} = P_3 + P_{\text{sangr.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$

Volume sangrado = 480388 l Volume total = 482633 l

Erosão = 12250,792 kg/ha e lâmina = 100,544 mm

Figura 5 - Formulário para coleta de amostra de água (Carter et. al, 1983)



BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ

9.23 - FORMULÁRIO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA. CHEIA Nº 50 | .22

PARCELA DE WISCHMEIER Nº 01

Coleta de Amostra: Hora \_\_\_\_\_ Dia 27 Mês 03 Ano 1985

Chuva: 61,2 mm Hora \_\_\_\_\_ Dia 26 Mês 03 Ano 1985

**BALDE**

**CÁLCULOS DE ESCRITÓRIO**

Volume V = 3 l

Amostra nº 2123 800 cc

Amostra nº 2124 800 cc

$$\left\{ \begin{array}{l} g_1 = \underline{3.26} \text{ g} \\ C_1 = \underline{4.075} \text{ g/l} \\ g_2 = \underline{3.46} \text{ g} \\ C_2 = \underline{4.325} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$P_1 = V \times \frac{C_1 + C_2}{2} = \underline{42.6} \text{ g}$$

**TANQUE Nº 1**

Cota inicial: 582 mm

Sifonagem do tanque: Amostra nº 2125 5 litros

Cota depois da sifonagem: 107 mm

Fundo do tanque { 1a. Amostra nº 2126 800cc

{ 2a. Amostra nº 2127 800cc

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = \underline{815.1} \text{ l} \\ \Delta V = V_1 - V_2 = \underline{672.9} \text{ l} \\ g_3 = \underline{0.14} \text{ g} \\ C_3 = \underline{0.028} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$P_2 = \Delta V \times C_3 = \underline{18.8412} \text{ g}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_2 = \underline{142.2} \text{ l} \\ g_4 = \underline{0.43} \text{ g} \\ C_4 = \underline{0.538} \text{ g/l} \\ C_{45} = \frac{C_4 + C_5}{2} = \underline{\quad} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g_5 = \underline{\quad} \text{ g} \\ C_5 = \underline{\quad} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

$$P_3 = V_2 \times C_{45} = \underline{28.4325} \text{ g}$$

$$P_4 = P_2 + P_3 = \underline{47.2737} \text{ g}$$

**TANQUE Nº 2**

Cota: 572 mm  
1a. Amostra nº 2128 800cc

2a. Amostra nº 2129 800cc  
Volume = 8026.2 l  
Lâmina = 80.262 mm

$$\left\{ \begin{array}{l} V_3 = \underline{800.9} \text{ l} \\ g_6 = \underline{0.10} \text{ g} \\ C_6 = \underline{0.125} \text{ g/l} \\ C_{67} = \frac{C_6 + C_7}{2} = \underline{0.1} \text{ g/l} \\ g_7 = \underline{0.06} \text{ g} \\ C_7 = \underline{0.075} \text{ g/l} \end{array} \right.$$

Erosão = 82,807 Kg/ha

$$P_5 = 9 \times C_{67} \times V = \underline{720.1125} \text{ g}$$

$$P_T = P_1 + P_4 + P_5 = \underline{822.1137} \text{ g}$$

Figura 6 - Formulário para coleta de amostra de água (Cedris et al., 1983)

## 7. VISITA À BACIA EXPERIMENTAL DE SUMÉ

Através da visita feita à Bacia Experimental de Sumé, tive a oportunidade de conhecer todos os dispositivos experimentais utilizados para a medição do escoamento superficial e da erosão.

Não foi possível observar os fenômenos hidrológicos e o funcionamento dos dispositivos experimentais, já que naquele dia não houve precipitação.

Fui levada a todas as microbacias e parcelas e orientada quanto ao funcionamento de todos os dispositivos. Neste mesmo dia estava sendo feito o corte das palmas forrageiras plantadas nas parcelas 6 e 7, onde foram feitos vários estudos a respeito do desenvolvimento das mesmas; foram medidas as alturas das maiores e das menores plantas de cada parcela, bem como a altura média verificada.

A visita se estendeu também até a estação meteorológica, onde tive também a oportunidade de conhecer vários equipamentos bem como sua utilidade e funcionamento.

Foi muito produtiva a visita a Sumé, através de la foi-me possível entender o que se fazia no laboratório, a partir dos dados levados dali. Faltou apenas a oportunidade de voltar lá novamente, em época chuvosa, para observar o funcionamento completo de todos os dispositivos ali existentes.

## 8. TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados colhidos em campo são levados para o Laboratório de Hidráulica, para serem submetidos aos tratamentos adequados e necessários para o que se deseja. Os mesmos são analisados e, se considerado duvidoso, será corrigida a falta e verificada a consistência e os possíveis erros de cálculo ou erro grosseiro no momento de serem anotados os pesos correspondentes a cada amostra colhida.

A partir daí serão processados os dados referentes a pluviometria, pluviografia, linigrafia, lâmina escoada, intensidade de precipitação, vegetação, análise sedimentométrica em laboratório e taxa de erosão.

A verificação da consistência e os possíveis erros de cálculo dos dados de 1982 a 1985 foi feita em virtude de de dúvidas surgidas durante o processo das análises preliminares em 1987, tendo em vista que esses cálculos foram feitos manualmente pela equipe da SUDENE. Hoje há programas elaborados para processamento dos dados de modo que dispensaram o cálculo manual, que além de levar muito tempo, ainda havia a possibilidade de se incorrer em grandes erros.

## 9. MINHA PARTICIPAÇÃO NO TRATAMENTO DOS DADOS

A seguir, serão apresentadas detalhadamente as atividades que participei efetivamente como estagiária da pesquisa.

### 1. PLUVIOMETRIA E PLUVIOGRAFIA

Na Bacia Experimental de Sumé, foram instalados cinco pluviômetros, onde são medidos e coletados todas as precipitações ocorridas.

Inicialmente faz-se a verificação das medidas da precipitação em cada posto e compara-se o valor entre eles. Esses valores deverão ser aproximadamente iguais, já que todos os pluviômetros são instalados dentro da Bacia, a uma distância relativamente pequena. Caso exista algum valor muito disforme em relação aos outros, deve ser verificado cuidadosamente, podendo até ser descartado, dependendo da análise feita a respeito do mesmo.

Após a verificação das medidas, faz-se a compa

ração dos dados de pluviometria e pluviografia com os boletins e diagramas correspondentes. A partir de então os dados serão considerados consistentes e são levados para serem arquivados em computador, para o posterior cálculo da precipitação média diária dos dados de pluviometria (método da média aritmética) e o cálculo da intensidade média de chuva.

O Quadro 3 apresenta os dados de intensidade obtidos através da pluviografia, para a cheia nº 59. A seguir é mostrado a obtenção dos valores ali existentes.

Na Coluna 1 mostra-se os momentos que delimitam trechos da mesma intensidade. Como sabemos, a chuva tem uma certa intensidade durante um certo período de tempo, que depois é alterada, chegando as vezes a parar para iniciar novamente.

Quadro 3 - Intensidade de Chuva para Cada Intervalo de Chuva, Cada Corpo de Chuva e Intensidade Média para a Cheia nº 59. Em 05.02.85.

Ponto	Coluna (1) Hora	Coluna (2) Chuva (mm)	Coluna (3) Intensidade de Precipitação para Cada Tempo Anotado (mm/h)	Coluna (4) Intensidade de Precipitação para cada Corpo (mm/h)	
1	18:43	0.0	0.0	18.83	
2	18:56	5.9	24.23		
3	19:12	3.2	12.00		
4	19:36	0.0	0.0		
5	19:52	0.6	2.25		
6	20:15	1.0	2.61		
7	20:35	0.4	1.20		
8	22:17	0.2	0.12		6.99
9	22:31	4.7	20.14		
10	22:47	10.0	37.50		
11	23:02	8.1	32.40		
12	23:20	1.1	3.67		
	$\Sigma \Delta t = 4:13$ hs	$\Sigma P = 35,20$ mm	$I_m = 13.91$ mm/h		

As vezes a chuva não pára totalmente, mas a in tensidade é tão baixa por um período muito grande de tem po, de modo que devemos desprezar esta parcela para não se incorrer em um grande erro no cálculo da intensidade média de chuva.

Na coluna (2) estão mostradas as alturas das pre cipitações medidas em milímetros, através do pluviograma.

Nas colunas 3 e 4 são mostradas respectivamente a intensidade da precipitação correspondente a cada inter valo de tempo e a intensidade média para cada trecho ou corpo de chuva identificado. O cálculo é feito através da seguinte fórmula:

$$I = \frac{P}{\Delta t}$$

Onde:

I = Intensidade da precipitação em (mm/h);

P = Precipitação em (mm);

$\Delta t$  = Intervalo de tempo da precipitação em (h).

A seguir, será dado o exemplo, tomando-se os da dos do Quadro 3, para o cálculo da intensidade de pre cipi tação, para o intervalo de tempo decorrido entre os pontos 1 e 3, que é exatamente o tempo transcorrido para o primei ro corpo de precipitação.



A precipitação (P) será:

$$P = 3,2 + 5,9 \text{ mm} = 9,1 \text{ mm}$$

O intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) será:

$$\Delta t = 29 \text{ min} = 0.483 \text{ hs.}$$

A intensidade de chuva será:

$$I = \frac{P}{\Delta t} = \frac{9.1}{0.483} = 18,83 \text{ mm/h.}$$

$$I = 18,83 \text{ mm/h}$$

Para se obter a intensidade para cada tempo ob  
servado, o procedimento é o mesmo.

No exemplo dado, pegamos um intervalo de tempo, porque vimos que para esse evento houveram dois corpos de chuva, entre os pontos 1 e 3 e 4 e 12 respectivamente.

Suponhamos que se queira determinar agora a in  
tensidade média de precipitação para toda a cheia nº 59. Nesse caso, o intervalo de tempo será o tempo total do in  
cio ao final da precipitação. Como foi dito anteriormen  
te, podemos considerar, a coluna 2, correspondente ao pon  
to oito como sendo zero, visto que só caiu 0,2 mm de chuva em uma hora e 42 minutos, ou seja, a precipitação foi míni

ma em relação ao tempo gasto para a mesma.

O cálculo da intensidade média é feito através da seguinte fórmula:

$$I_m = \frac{\Sigma P}{\Sigma \Delta t}$$

Onde:

$I_m$  = Intensidade Média em (mm/h);

$P$  = Precipitação;

$\Delta t$  = Intervalo de Tempo.

A seguir, será dado o exemplo, tomando-se os dados do Quadro 3, para o cálculo da intensidade média de precipitação, para o intervalo de tempo em que houve precipitação.

O somatório da precipitação ( $\Sigma P$ ) será; de acordo com o Quadro 3.

$$\Sigma P = 35,20 \text{ mm.}$$

O somatório do tempo ( $\Delta t$ ) será; de acordo com o Quadro 3.

$$\Delta t = 4:13 = 4,217 \text{ hs.}$$

A intensidade média de precipitação ( $I_m$ ) será:

$$I_m = \frac{35,20}{4,217} = 8.35 \text{ mm/h}$$

$$I_m = 8,35 \text{ mm/h.}$$

## 2. LINIGRAFIA E LÂMINA ESCOADA

Foi feita uma revisão geral dos linigramas e hidrogramas das microbacias, visando checar os dados já existentes para ser verificada a consistência dos mesmos. O estudo consistia basicamente em verificar se os dados utilizados para a construção dos hidrogramas correspondiam aos dados contidos nos linigramas, bem como a verificação das áreas dos hidrogramas.

O linígrafo fornece a cota d'água com o decorrer do tempo, através de uma pena que se desloca no papel. Através deste, pode-se observar todas as etapas, desde o momento em que se iniciou o escoamento até o final, sendo fornecidas as cotas de água que transborda pelo vertedor a cada instante. De posse destas, podemos transformar a lâmina d'água que escoava pelo vertedor, em vazão, através da equação para vertedores triangulares.

Foi utilizado um vertedor triangular de  $90^\circ$ , porque o mesmo possibilita maior precisão na medida de cargas correspondentes a vazão reduzida. (Ver Figura 3).

A equação do vertedor é:

$$Q = 1,4 H^{5/2}$$

Onde:  $Q$  = Vazão em  $m^3/s$ ;

$H$  = Carga em m.

De posse das vazões calculadas através da equação do vertedor, é constituído o hidrograma da cheia, que é uma representação cronológica da descarga da microbacia e permite uma visualização do comportamento da cheia.

Para melhor entendimento, mostraremos, na Figura 7, o hidrograma e o hietograma correspondente a cheia nº 59, microbacia 003.

O trecho AB representa o braço ascendente, cuja forma só depende da intensidade da chuva. Se a chuva for torrencial, esta curva se elevará mais rapidamente de modo a se verificar uma curva de grande elevação quase que vertical devido o tempo ter sido pequeno, enquanto que se a chuva for moderada esta curva se elevará gradualmente com o tempo, de modo a se observar uma curva com inclinação mais suave.

No ponto B encontramos o coroamento; é nele em que ocorre a vazão máxima ou de pico.

O trecho BC representa o braço descendente do hidrograma. Esta curva recebe o nome de curva de descarga ou depleção e é caracterizada por um decréscimo no valor da

vazão, até parar totalmente o escoamento.

O trecho DE e EF são semelhantes aos trechos AB e BC, respectivamente. A partir do ponto F se verifica no vo aumento no escoamento superficial, provocado por um au mento da intensidade de precipitação.

Como se pode observar através do hidrograma, a cheia nº 59 tem dois corpos de chuva contribuindo para o escoamento superficial; assim se confirma a análise feita na coluna 4 do Quadro 3.

Em se tratando do hietograma, o ponto A' repre senta o início da precipitação. O tempo que levou desde o início da precipitação até o início do escoamento superfi cial, corresponde ao tempo em que as camadas superiores do solo levam para absorverem água até que haja saturação. Após a saturação do solo, a precipitação começa a contri buir para o escoamento superficial.

Entre os pontos C' e D', verifica-se uma diminui ção da intensidade de precipitação por um pequeno interva lo de tempo e, a partir daí, ausência de precipitação.

Houve uma interrupção do hietograma, entre os pontos C' e D', mas a precipitação observada neste interva lo foi de pouca intensidade e pouco contribuiu para o es coamento superficial. Ver Coluna 3 do Quadro 3.

O passo seguinte no estudo da linigrafia e lâmi

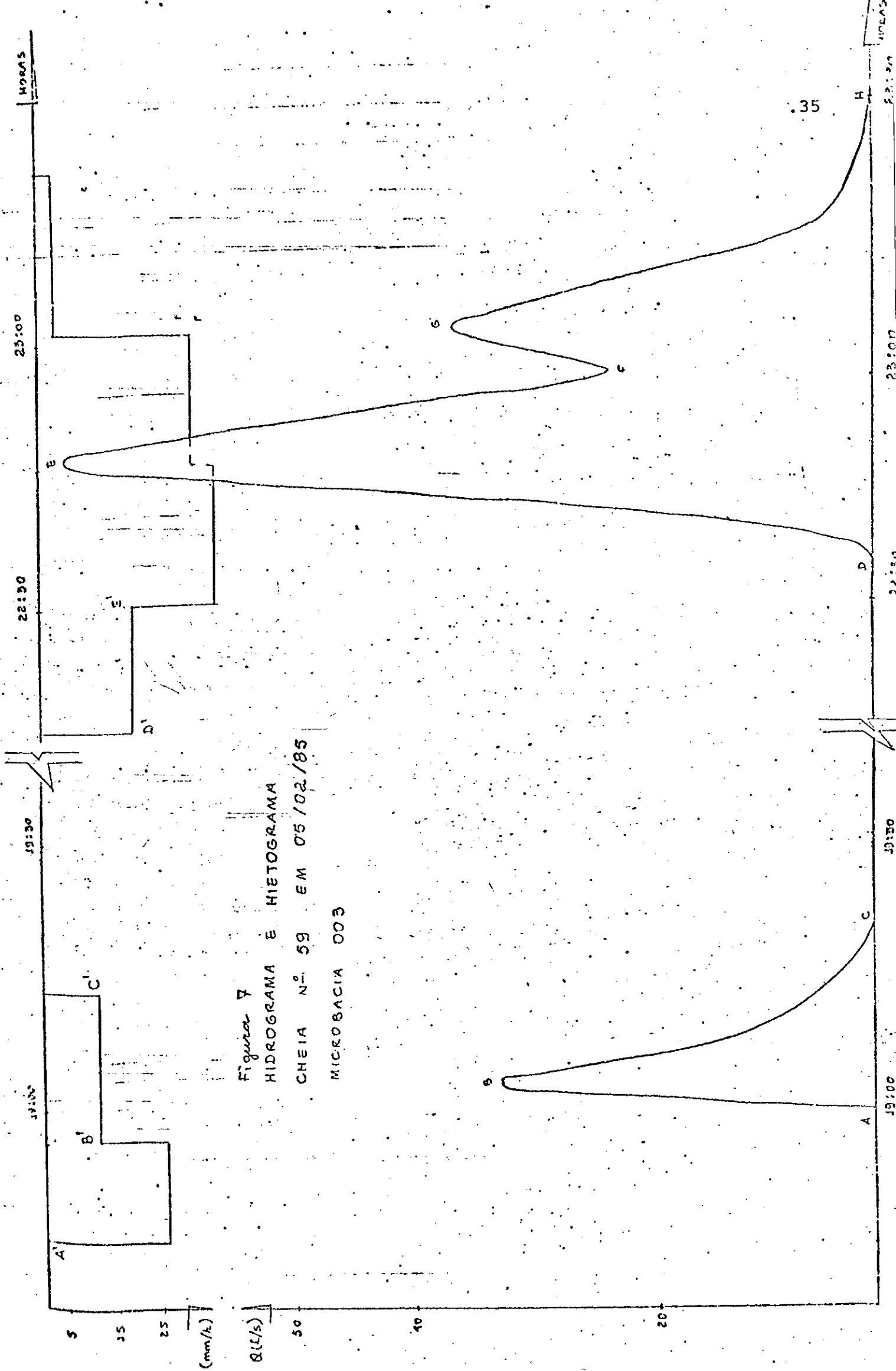


Figura 7  
 HIDROGRAMA E HIETOGAMA  
 CATCH. Nº 59 EM 05/02/85  
 MICROBACIA 003

na escoada é o cálculo dos volumes e das lâminas. O cálculo do volume total do escoamento superficial será dado pelo volume de água da fossa adicionado à integração gráfica do hidrograma (obtida por planímetro).

Portanto, o volume total do escoamento ( $V_t$ ), será:

$$V_t = V_f + V_c$$

Onde:

$V_f$  = volume de água contido na fossa;

$V_c$  = volume de água escoado da fossa pelo vertedor.

E a lâmina escoada ( $l$ ) será:

$$l = \frac{V_t}{S}$$

Onde:

$S$  = área da microbacia.

### 3. ANÁLISE SEDIMENTOMÉTRICA EM LABORATÓRIO

Com o objetivo de quantificar a erosão nas microbacias e parcelas, em função do escoamento superficial pro

vocado pela precipitação, são coletadas as amostras já mencionadas anteriormente e levadas para o laboratório para passarem por vários processos e dessa forma ser possível alcançar o objetivo desejado.

Após a coleta da amostra, ela é submetida a um processo de reconcentração, que tem por objetivo, diminuir o peso e o tamanho das amostras, visto que as mesmas devem ser transportadas do campo para o Laboratório. O processo permite a redução do volume das amostras de 5 e 1 litros a 200 ml.

Com o objetivo de verificar a influência da reconcentração na sedimentometria, coletou-se entre as cheias 140 a 161, para cada amostra normal, uma amostra adicional, que seria também submetida a análise sem submissão ao processo de reconcentração. Ambas as amostras foram analisadas em laboratório pelo mesmo processo e ficou evidenciado que não existia nenhuma tendência clara relativa aos dois tipos de amostras. O erro verificado pelo processo de reconcentração era imperceptível frente ao erro inerente ao próprio processo de amostragem, verificado pelas diferenças entre as amostras reconcentradas e não reconcentradas. Ver Quadro Nº 4.

Estes resultados foram submetidos ao VII Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, realizado em São Carlos - SP, em dezembro de 1989, através de um resumo (em anexo), aceito para apresentação, Costa



et al (1989). Infelizmente não houve condições para cus  
teio desta viagem.

Para uma melhor verificação da possível varia  
ção na amostragem, foi adotado um procedimento para o ano  
de 1988, que permite avaliar o erro de amostragem através  
de amostras múltiplas. Além das amostras normais, foram  
coletadas para a parcela 01 e microbacia 004, até cinco  
amostras para cada normal coletada, de acordo com a quantii  
dade de material disponível. O processo de coleta para es  
sas amostras é o mesmo adotado para as amostras normais.

Quadro 4 - Processo de Reconcentração - Análise Comparativa.

T i p o	Nº de Amostras	Valor Médio do Pêso do Sedi- mento (g)	Erro Padrão	Valor Mínimo (g)	Valor Máximo (g)	Valor Total (g)
Com Reconcentração	543	170,2	16,1	0,2	1565,9	92424,0
Sem Reconcentração	543	167,7	15,8	0,4	1517,5	91037,5

De posse das amostras, no laboratório, segue-se os seguintes passos para o cálculo da erosão:

4.1 - Secagem da amostra para a obtenção do seu peso seco;

4.2 - Cálculo da concentração de cada amostra;

4.3 - Cálculo do peso total de sedimentos transportados;

4.4 - Cálculo da taxa de erosão.

### 3.1 - Peso Seco das Amostras

Esse peso será obtido, submetendo-se a amostra aos seguintes processos:

3.1.1 - Filtragem e/ou secagem da água em banho-maria para eliminar o excesso de água -. A amostra é retirada do frasco e posta em cápsulas enumeradas e de pesos conhecidos; depois leva-se ao banho-maria ou para ser filtrada. Quando as amostras são filtradas, leva-se para a estufa também o filtro e posteriormente faz-se a dedução dos pesos deste e da cápsula do peso da amostra. O processo de secagem por banho-maria acredita-se ser mais preciso que a filtragem, visto que a amostra não precisa ser transportada da cápsula antes da pesagem, correndo

menos riscos de perda de material, mas o processo é lento porque o laboratório só dispõe de um aparelho com capacidade para seis cápsulas, além de possuir uma resistência queimada das duas existentes, o que torna o trabalho mais lento.

3.1.2 - Secagem em estufa - Após a amostra ser submetida ao processo anterior, a mesma deverá ser levada à estufa e ficar ali por um período de 24 horas, com a estufa devidamente graduada a uma temperatura em torno de  $110^{\circ}\text{C}$ . Nesta etapa da análise, não havia problemas, já que o laboratório contava com duas estufas grandes, suficientes para as secagens das amostras.

3.1.3 - Pesagem do resíduo seco - De posse da amostra devidamente seca em estufa, a mesma é pesada em balança digital de precisão e anotados seus pesos em fichas adequadas. O peso inicial obtido é o peso do sedimento mais o peso da cápsula e do filtro, se houver este último, ou seja, o peso bruto da amostra. O peso líquido será obtido deduzindo-se o peso da cápsula, e quando houver, do filtro. A Figura 8 mostra a ficha usada para as anotações dos pesos secos dos sedimentos, bem como os valores obtidos para algumas amostras da cheia 185.

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA - CAMPUS II. - UFPb  
RESULTADO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO DAS AMOSTRAS

CHEIA Nº 185	DATA DE ENTRADA 23/ 11 / 88			NOME DO POSTO: BACIA EXP. DE SUMÉ		ANÁLISE Nº 024 / 88	
DATA DA CHEIA 23/ 04 / 88	cáp- 043	cáp- 046	cáp- 16	cáp- 05	cáp- 090	cáp- 066	cáp- 005
NÚMERO DA AMOSTRA	5958	5959	5960	5961	5962	5963	5964
NÚMERO DA PARCELA	08	08	06	06	06	06	06
NÚMERO DA MICROBACIA							
PESO DO SEDIMENTO BRUTO(g)	72.8	93.9	695.8	662.7	70.9	75.8	97.6
TARA	70.0	91.8	254.4	233.4	69.3	69.1	90.4
PESO DO SEDIMENTO LÍQUIDO(g)							
CHEIA Nº 185	DATA DE ENTRADA 23/ 11 / 88			NOME DO POSTO: BACIA EXP. DE SUMÉ		ANÁLISE Nº 024 / 88	
DATA DA CHEIA 23/ 04 / 88	cáp- 024	cáp- 025	cáp- 070	cáp- 077	cáp- 088	cáp- 027	cáp- 010
NÚMERO DA AMOSTRA	5965	5966	5967	5968	5969	5970	5971
NÚMERO DA PARCELA	06	06	07	07	07	07	07
NÚMERO DA MICROBACIA							
PESO DO SEDIMENTO BRUTO(g)	90.8	94.2	184.2	333.9	76.1	92.7	90.7
TARA	89.5	92.8	81.0	71.7	74.2	90.6	88.5
PESO DO SEDIMENTO LÍQUIDO(g)							

VISTO: \_\_\_\_\_

CAMPINA GRANDE, / /

VISTO: \_\_\_\_\_

Figura 8 - Ficha para resultado da concentração de sedimento das amostras  
Cópia do original.

### 3.2 - Cálculo da Concentração de Cada Amostra

Após o cálculo do peso líquido da amostra seca, este é dividido pelo volume total da amostra obtendo-se assim a concentração em gramas por litro. O volume total é o volume inicial da amostra, antes de passar pelo processo de reconcentração, pois esse processo visa apenas reduzir o volume de água sem alterar o peso do rendimento existente na amostra. Inicialmente esse cálculo era feito manualmente e anotado nas fichas que corresponde às Figuras 5 e 6. Atualmente leva-se somente o peso bruto da amostra para o computador, para serem feitos os demais cálculos.

### 3.3 - Cálculo do Peso Total de Sedimentos Transportados

É obtido calculando-se o somatório dos produtos das concentrações, pelos respectivos volumes escoados. Esse peso é dado em gramas, e atualmente é processado em computador.

### 3.4 - Cálculo da Taxa de Erosão

A taxa de erosão, ou seja, a quantidade de solo transportado numa área determinada, é dada em quilogramas

por hectares e obtido dividindo-se o peso total de sedimento transportado pela área da parcela ou microbacia correspondente.

## 10. CONCLUSÃO

A pesquisa em andamento tem caráter bastante significativo na Área de Engenharia de Recursos Hídricos, pois através dela pretende-se chegar a parâmetros que devem ser aplicados não só na área em estudo, mas também em todas as regiões com características físico-climáticas semelhantes às da Bacia Experimental de Sumé.

A erosão é um problema preocupante, que deve ser tratado minuciosamente para se chegar a uma forma de minimizá-la, para que não acuse tantos danos ao solo. Sabemos também que há uma necessidade crescente de se armazenar água e aumentar o escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas e, para tanto, torna-se indispensável o estudo prévio da região, o conhecimento das características físicas da bacia e, o mais importante, a análise feita após o término de uma precipitação no local.

De 1982 até hoje, foram observados vários eventos. Embora a maior parte deles foram de chuvas que geraram escoamentos, as relações obtidas entre as variáveis es



tudadas nos processos de escoamento e erosão asseguram uma tendência lógica para diferentes condições físicas das parcelas e microbacias.

Com relação aos trabalhos de campo, deve ser re conhecido que o processo de amostragem manual é muito im preciso, o que pode contribuir para uma maior dispersão dos dados da erosão.

No escritório, para que os resultados sejam mais precisos, é necessário um estudo profundo com interpretação devida e síntese dos resultados. Para atingir este objetivo, faz-se necessário:

- . Que todos os dispositivos experimentais sejam mantidos funcionando de acordo com as exigências;
- . Que a coleta dos dados seja realizada corretamente, para que o processo de amostragem possa representar o real comportamento da Bacia;
- . Que os dados sejam tratados e analisados rigorosamente, para que a representação dos resultados seja mais significativa.

Apesar de não se atingir todos os objetivos planejados para o estágio, o mesmo foi de grande importância, contribuindo significativamente para um maior conhecimento na Área de Recursos Hídricos, bem como uma complementação dos conhecimentos da disciplina Hidrologia Aplicada, desta Área.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CADIER, E.; FREITAS, B. J. de & LEPRUN, J. C. Bacia experimental de Sumê; instalações e primeiros resultados. Recife, SUDENE, 1983.

COSTA, M.C.N.; OLIVEIRA, C.S.S.; SRINIVASAN, V. S. & GALVÃO, C. de O. Avaliação do erro de amostragem nos estudos de erosão em parcelas. São Carlos, 1989. Resumo aceito para apresentação no VII Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, realizado em São Carlos - SP em dezembro de 1989.

GOMES, H.P.; SRINIVASAN, V.S.; CADIER, E. & GALVÃO, C. de O. Um estudo experimental do escoamento superficial e erosão na região semi-árida paraibana. In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Salvador, 1987.

## 12. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GALVÃO, C. de O. Modelagem do escoamento superficial e da erosão do solo em microbacias experimentais. Campina Grande, UFPB, 1989. (Plano de Dissertação de Mestrado).

UFPB. Modelo de aproveitamento hidro-agrícola em bacias experimentais na região de Sumé - PB, relatório de atividades 1986. Campina Grande, UFPB/PDCT/NE, 1987.

UFPB. Modelo de aproveitamento hidro-agrícola em bacias experimentais na região de Sumé - PB, relatório de atividades 1987. Campina Grande, UFPB/PDCT/NE, 1988.

/jbs.

A N E X O

AVALIAÇÃO DO ERRO DE AMOSTRAGEM  
NOS ESTUDOS DE EROSAO EM PARCELAS

COSTA, M.C.N. - Aluna de Eng. Civil, UFPB, C. Grande-PB  
OLIVEIRA, C.S.S. - Aluno de Eng. Agrícola, UFPB, C. Grande-PB  
SRINIVASAN, V.S. - Prof. UFPB, Dep. Eng. Civil, C. Grande-PB  
GALVAO, C.O. - Eng. Civil UFPB, Dep. Eng. Civil, C. Grande-PB

A quantificação da erosão na Bacia Experimental de Sumé-PB é um dos objetivos da pesquisa executada pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Missão Hidrológica Francesa (ORSTOM), dentro do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste (PDCT/NE).

O dispositivo experimental é composto por parcelas experimentais com área variando de 100 m<sup>2</sup> a cerca de 1 ha, com diferentes declividades e coberturas vegetais. A perda de solo é medida através de amostragem em tanques coletores na saída das parcelas. As amostras são coletadas manualmente, em diversos estágios. Para verificar a variação possível na amostragem e estimar o erro provável do processo de medição, a partir de 1988, foram realizadas em duas das parcelas até 6 repetições de cada amostragem, em 24 eventos, num total de 1224 amostras analisadas.

Os resultados mostraram que há uma variação aleatória em que nem a percentagem do erro (expresso pelo coeficiente de variação), nem o valor absoluto do erro (expresso pela média do valor absoluto da diferença entre a média e valores individuais) evidenciam qualquer tendência nítida. O valor médio do coeficiente de variação foi de 8,66%, e a variação entre o maior e o menor em relação a média foi de 66,80%.

Em conclusão, deve ser reconhecido que em certos casos na medição o erro da amostragem pode ser significativo e deve ser avaliado para que os resultados não levem a conclusões indevidas.