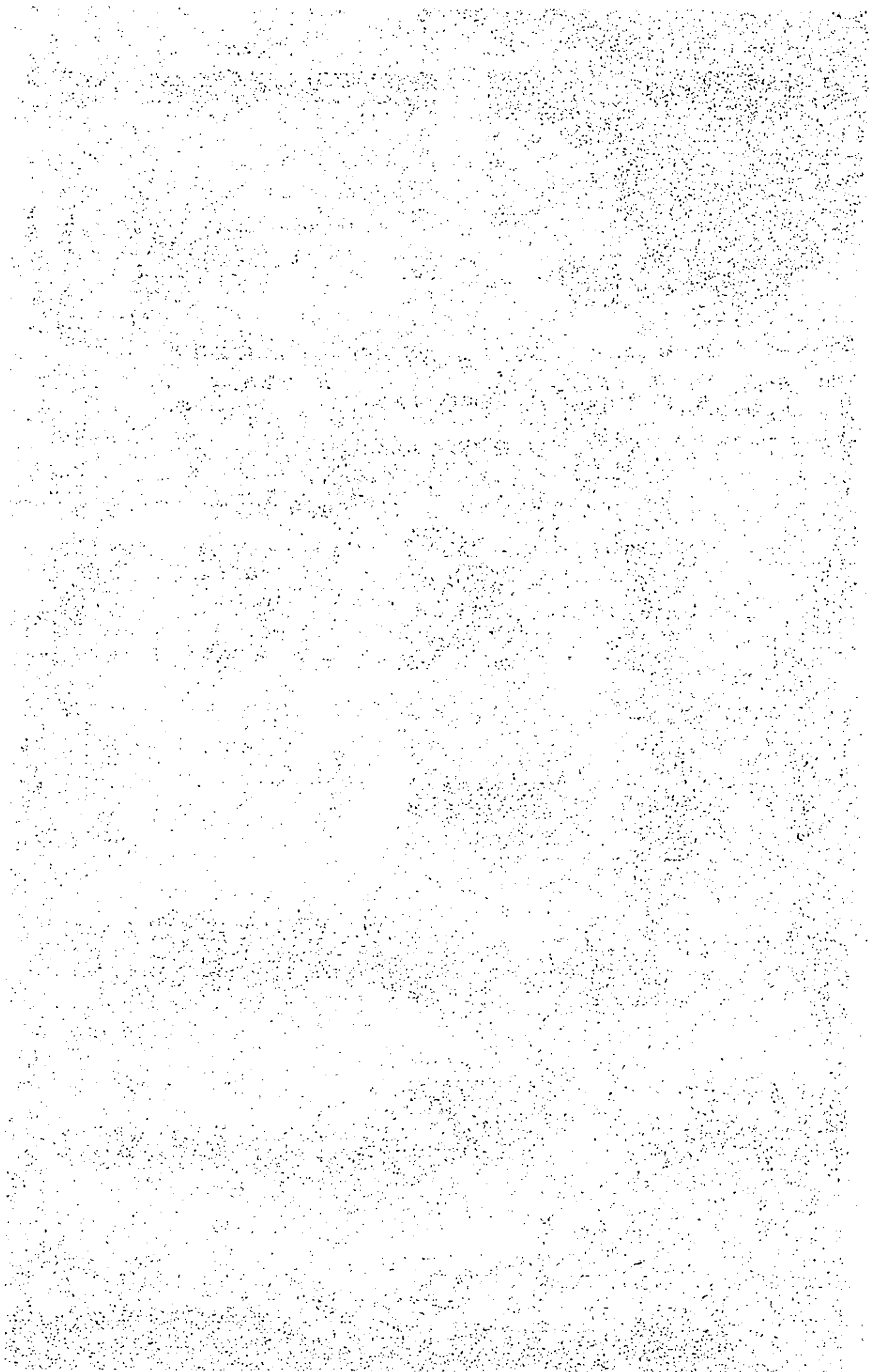
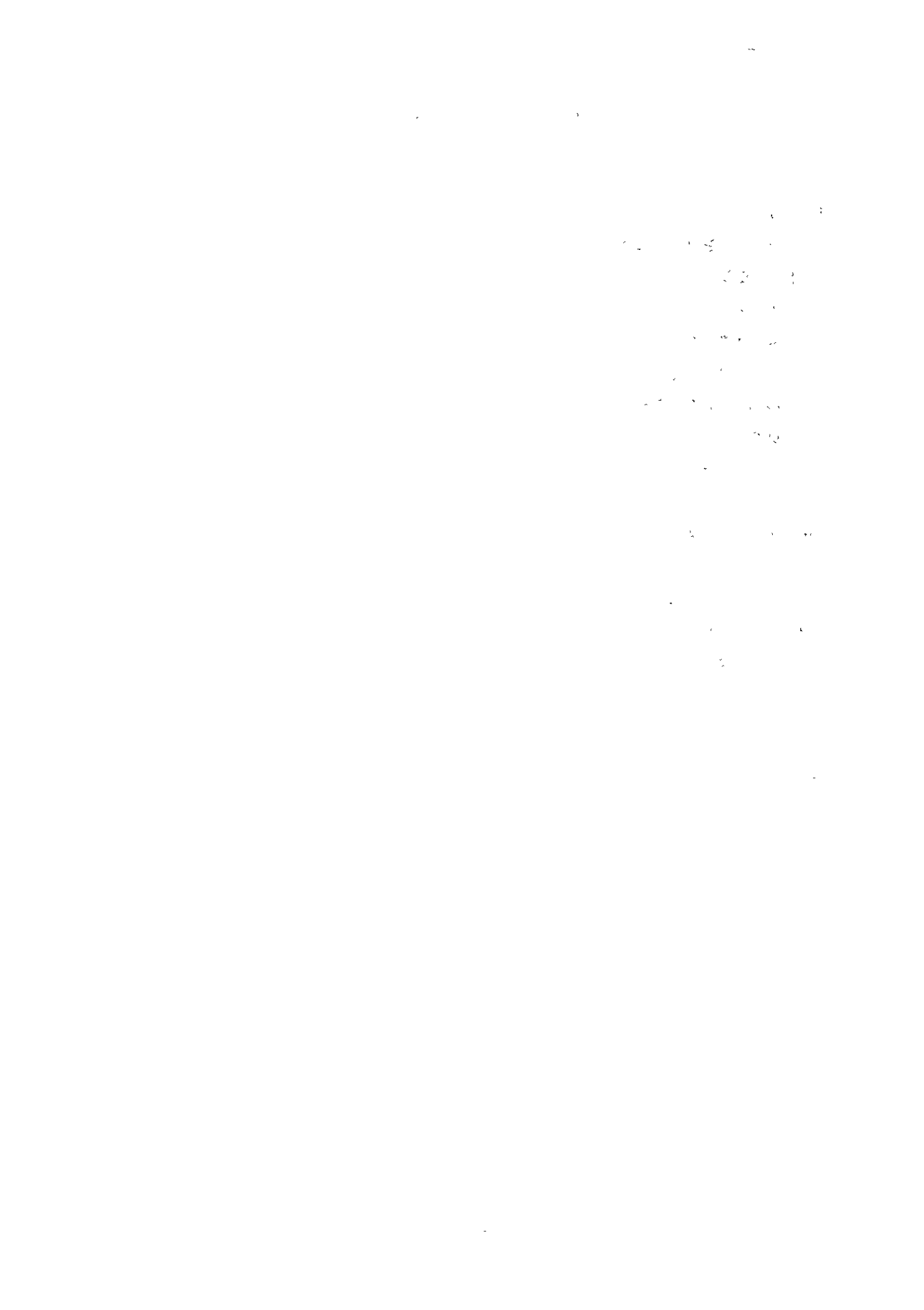


流域管理 藤枝基久(農林水産省林業試験場防災部)
派遣期間 自 昭和57年3月8日
至 昭和59年3月7日



目 次

はじめに	57
I 試験地の概要	57
II 森林水文試験施設の意義	57
III 協力業務	61
(1) カウンターパート	61
(2) 森林水文試験施設の整備	63
(3) 基礎知識の伝達とその問題点	63
(4) 観測方法と資料整理	65
(5) 観測測器と観測体制	66
(6) 流域試験	73
(7) ラインメーター	76
(8) 地表流下試験区	78
(9) 研究発表	79
(10) A・B流域の設計変更	81
(11) その他	82
IV おわりに	83
引用文献	84



はじめに

私は、昭和57年3月8日から昭和59年3月7日までの2ヶ月間、「サンパウロ林業研究プロジェクト」流域管理部門担当派遣専門家としてサンパウロ州農務局森林院に勤務した。

本部門は、森林水文試験、荒廃地・洪水危険地区判定調査、簡易治山工法の3課題より成り立っているが、主としてクーニャ州立保護区内に建設中である森林水文試験施設の建設整備と水文観測に必要な基礎知識及び技術の移転を行なった。

業務内容の概要と本部門における諸問題を指摘して帰国報告書とする。

I 試験地の概要

本試験地は、海岸に平行して東北東から西南西に走る海岸脈(SERRA DO MAR)内にある、クーニャ州立保護区(RESERVA ESTADO DE CUNHA)に位置し、サンパウロ市から約260kmの距離にある。(図1)

本地域を貫流するパライブナ川(RIO PARAIBUNA)は、パライバ川(RIO PARAIBA)の源流であり、パライバ溪谷(VALE DO PARAIBA)の水源地帯として重要な役割をはたしている。

水文試験施設は、研究室兼宿泊所、量水観測所1基、ライシメーター3基、地表流下試験区3基、気象観測露場から成っている。特にD流域(56.04ha)は、日本国モデルインフラ事業により完成し、約2ヶ年の経過を見るが、順調に水位観測が継続されている。またA流域(37.50ha)、B流域(36.68ha)については、森林院が連邦政府からの融資によって独自に建設する事になっており、プロジェクト延長期間内の完成をめざし、一部工事が行なわれている。これらの完成によりクーニャ森林水文試験施設の建設整備は終了する。

なお気象観測露場の設置場所は、南緯23度13分、西経45度01分であり、海拔高1,075mである。

II 森林水文試験施設の意義

本論に入る前に本試験施設の持つ社会的意義と自然的意義について若干考察してみたい。

事前調査報告書によれば、サンパウロ森林院が希望するプロジェクト開始の背景は次のようである。流域管理の中心舞台となるパライバ川流域は、ブラジル国の二大経済都市、サンパウロ市とりオ・デ・ジャネイロ市の間に位置し、工業、社会開発の中心となっている。そのため古くからの農業開発(コーヒー園、放牧経営)とあいまって森林の伐採が進み本流域における洪水害の増加と河川水の常時汚濁または上水、工業用水需要量の増加にともなう水資源確保が近年、問題化して来た。これに対して州政府は多数のダム建設によって洪水量の軽減と用水量の確保をはかりつつあるが、その一方でダム湖の土砂による埋没防止と河川

図一 1 ターニャ森林水文試験地位位置図

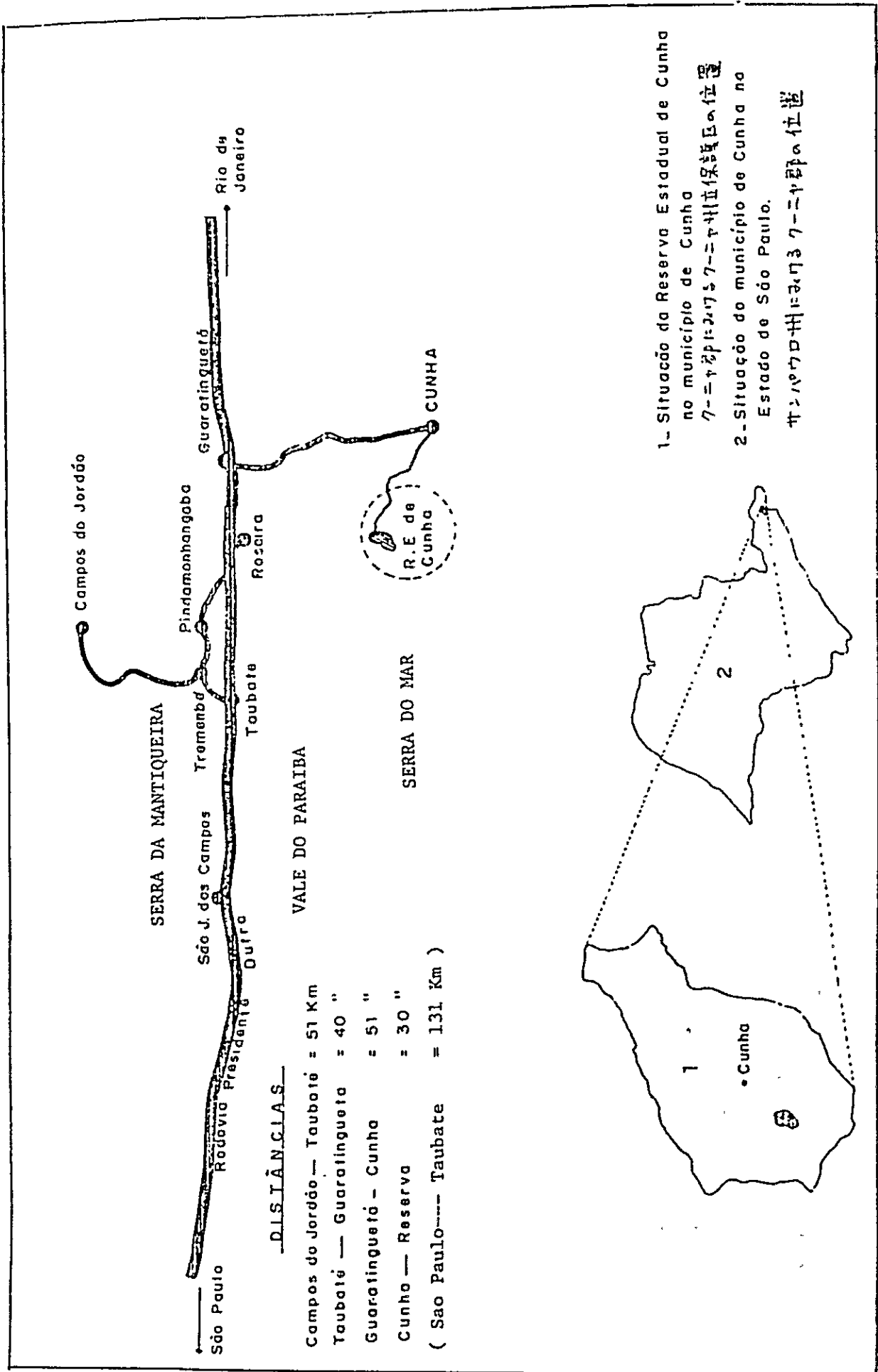
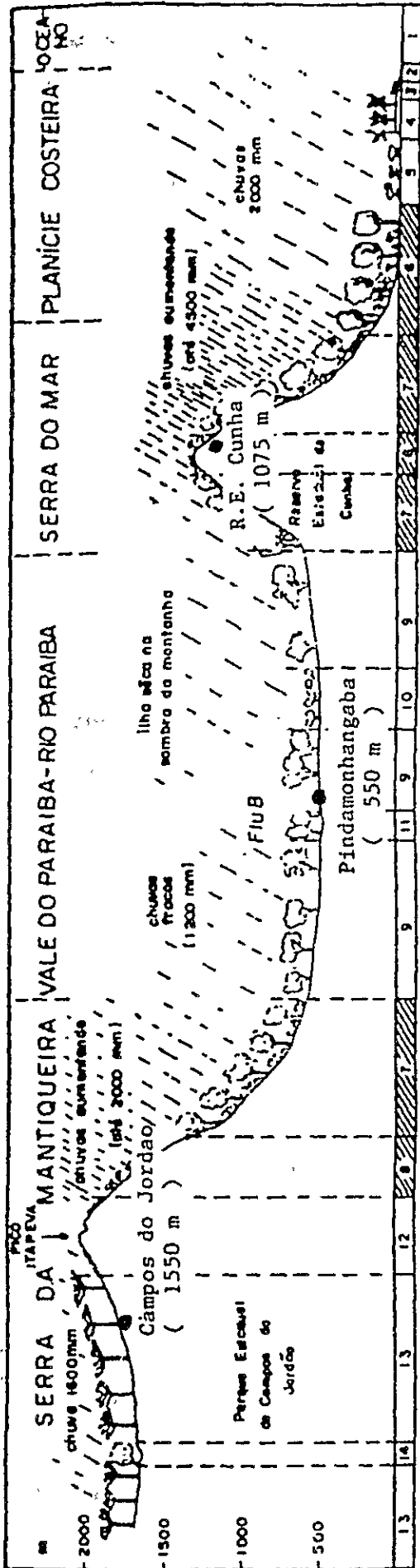


図-2 バライバ溪谷の横断面図



PERFIL DA VEGETAÇÃO NO LESTE DE SÃO PAULO: planície costeira, Serra do Mar, Vale do Paraiíba, Serra da Mantiqueira. 1, mar; 2, praia; 3, dunas com arbustos; 4, mata de restinga com *Aracatum ramosissimum*; 5, manguezal em bacia paradas; 6, mata pluvial na planície costeira; 7, mata pluvial na Serra do Mar a 1.200m, na Serra da Mantiqueira 1.300-1.400m; 8, mata de nabina (mata pluvial superior), limite inferior na Serra do Mar a 1.200m; 9, mata semi-seca do Vale do Paraiíba, atualmente destruída; 10, cerrado; 11, mata de inundação do Paraiíba; 12, Campos de altitude; 13, mata de Araucario no sombra pluvial de Mantiqueira; 14, mata de Podocarpus ao longo dos rios.

(K. NÜECK)

赤濁の防除が重大な問題となっており、土地利用の見直し、特に荒廃地への森林の復活が緊急事と考えられるようになった。そこで、森林の取扱いも含む総合的な流域管理方法を確立してパライバ川流域の水土保持をはかろうと言うものであった。(1)

しかしながら、ブラジルの大学教育の現状と、公的試験研究機関（ここでは森林院）の研究体制及び研究水準から判断して、これらの事業を速急に行なう事はきわめて困難と言わざるをえない。本プロジェクトは、パライバ溪谷の水土保持に必要な試験施設の整備と技術移転を行ない、まさに森林院を試験研究の出発点に立たせたと言ってよい。したがって直ちに流域管理技術が確立され、保全事業が行なわれる性格のものではない。そこで森林院の試験研究と併せて、他の研究機関との共同研究等による本試験施設の有効利用を通して、研究者技術者の育成と流域管理思想の普及をはかる事に大きな社会的意義がある。

次に本試験流域の持つ自然的（立地的）意義を水文学の側面から考えてみたい。

地形的に見て本溪谷は、海岸に平行に走る海岸山脈とマンティケイラ山脈（SERRA TO MANTIQUEIRA）にはさまれた低地帯となっている。（図-2）

DAEE（Departamento de Aguas e Energia Eletica）及びクーニャ試験地での観測結果に基づいて計算された、本地域の水収支の概要を述べることにする。

カンボス・ド・ジョルダン（Campos do Jordao）、ピンダモニャガバ（Pindamonhangaba）、クーニャ（R.E.Cunha）は、それぞれマンティケイラ山脈、パライバ溪谷、海岸山脈を代表する地点で、前2者には第1級気象観測露場がある。（表-1）

The out line of water balance on the PARAIBA valley

Name	Rainfall	Evapotranspiration	Runoff
Campos do Jordao	1850	700	1150
Pindamonhangaba	1350	950	400
R. E. Cunha	2350	800	1550

Annual rainfall is calculated from The BOLETIM HIDROMETEOROLOGICO No 8 -Noll. Annual evapotranspiration is estimated from Hamon's formula. (mm)

表1より次のような事が言えそうである。パライバ溪谷は、年降雨量が、1350mmと少ないのに、年蒸発散量は950mmと多く、多量の水を必要とする地域であるにもかかわらず、年流出量400mm程度しか期待できない。

マンティケイラ山脈は、年降雨量1850mm、年蒸発散量700mm、年流出量1150mmと水資

源的には比較的良好な条件下にあるが、本地域でパラIBA流域に含まれる河川は、ほとんど小河川であり、多くはパラナ川流域に含まれる。

したがって、パラIBA溪谷の水源地帯としてはあまり期待できない条件下にある。

海岸山脈は、年降雨量 2,350 mm, 年蒸発散量 800 mm, 年流出量 1,560 mm と推算される。詳細は後述するが、D流域での精密な流量、雨量観測結果でも本計算結果が裏付けられており、しかも基底流量が多く流量がきわめて安定していることは、水資源上好ましい流域と言える。前述のごとく、パラIBA川の源流部を形成しているパラIBナ川は、パラIBA溪谷の水源地帯として重要な役割をはたしている。

したがって、水源地帯の森林流域における水収支、流出機構を解明することは、パラIBA流域における流域管理技術を確立するための基礎資料を得る目的から言ってもきわめて重要なことと考えられる。更にライシメーター、地表流下試験区から得られた資料は、水源地帯造成時の樹種選定、土地利用区分の決定時に有効な検討材料となりうると確信される。

Ⅲ 協 力 業 務

(1) カウンターパート

流域管理部門には4名のカウンターパートがあり、氏名は次の通りである。

グァウテル (Walter Emmerich)

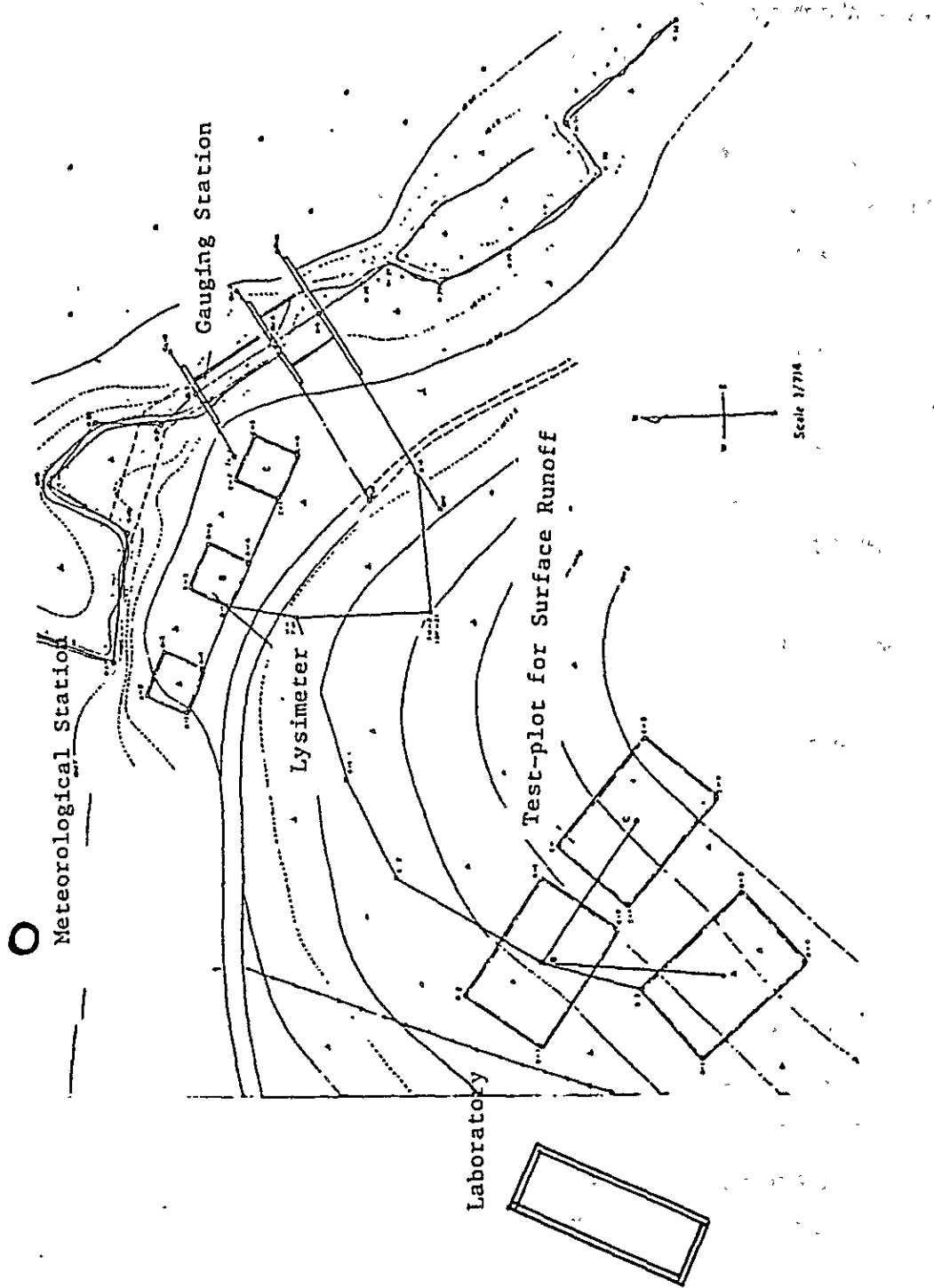
アウセウ (Alceu Jonas Faria)

セバスティオン (Sebastian Cesar Fonseca)

グァウジール (Valdir de Cicco)

グァウテルは流域管理部門の責任者であり、聖州プロジェクト委員のため、主として全体的な連絡調整を担当した。アウセウは森林気象を担当し、前任者工藤哲也氏の指導で各地に気象観測露場を設置し、記録紙の整理を行なっている。また服部重昭(林業試験場防災部理水第二研究室)短期専門家のカウンターパートとして蒸発散観測施設の建設を行ない観測業務を継続している。グァウジールは著者の専任カウンターパートとしてクーニャ試験地の整備と水文観測業務を担当した。セバスティオンは、プロジェクト初期に活躍したが日本国での研修後は、大学院修士課程の問題もあり、まったくプロジェクトに参加していない。以上4名のカウンターパートが登録されているが、専門家とともにクーニャ試験地の建設整備と観測業務にたずさわったのは1名である。また各カウンターパートは、プロジェクトのカウンターパートとして以外に森林院での主業務があり、プロジェクト遂行上問題点となっている。すなわち、グァウテル(カンボス・ド・ジョルダン州立公園主任)、アウセウ(州都公園主任)、セバスティオン(カンタレイナ州立公園主任)、グァウジール(クーニャ州立保護区主任)である。

図-3 クーニヤ森林水文試験地 (D-地区)
CUNHA Experimental Watershed. (D-area)



観測業務の開始により、カウンターパートと専門家が分担して自記紙の整理を行なっているが、ブラジル国の技師階級は自記紙読み取り、観測測器の保守管理と言ったルーチンワークを行わないのが一般的な傾向である。ルーチンワークを担当する技能員を養成し、円滑な観測業務を行なう必要性がある。

(2) 森林水文試験施設の整備

著者が着任する1982年3月までに、日本国モデルインフラ事業によってD流域の量水観測施設、ライシメーター1基、地表流下試験区1基及び気象観測露場が完成していた。

82年3月15日に、州農務局長官、在サンパウロ総領事出席のもとにモデルインフラ工事竣工式が行なわれたが、その後の工事進行状態が思わしくなかった。この原因として、いくつかの理由が上げられるが、工事の推進形態が日本国モデルインフラ事業からローカルコストによる森林院直営工事になったためである。森林水文担当のカウンターパートが、現地作業員を指揮し、専門家は助言を求められた時のみ対応して森林院の自主努力にゆだねた。しかしながら、物品要求書を提出してから、資材到着まで6ヶ月もの日数を要すること、資材運搬の自動車が古くてしばしば故障すること、タウバテより派遣される労務者が5名程度に減少したことなどが重さなり大幅な遅れが予想された。中野チームリーダーと協議した結果、ローカルコスト支援を行なう事とし、必要な都度リーダー、専門家、カウンターパートで会合を持つ事とした。

82年10月までに、新しくライシメーター1基(B区)が完成し、モデルインフラ事業の残務整理も終了した。更に83年3月に地表流下試験区(B区)が完成し、83年8月までに残りのライシメーター、地表流下試験区(C区)が完成して、D地区における施設建設整備事業が終了した。図3は、施設配置図である。

A・B流域の量水観測所は、森林院が連邦政府より融資を受けて独自に建設する事になっている。融資額は2000万クロゼーロス(84年3月現在、 $\yen 100 = \text{Cr}\$ 5.22$)で、融資期間は83~84年の2ヶ年間である。83年10月より床掘り、砂利運搬等が行なわれており本プロジェクトの延長期間内完成を目標に工事が進められている。なお工事責任者は、DAEEタウバテ事務所の土木技師である。

(3) 基礎知識の伝達とその問題点

大学における林学教育の歴史は新しく、まだ20数年の経過を見るだけであり、その施設教授陣等についてはなお今後の充実にまつところが大きい、(1)とされている。

日本の砂防工学に相当する流域管理学は、サンパウロ州立大学林学部(USP, Piracicaba)、国立ヴィンザーザ大学林学部(UF do Vicosa)で講義と共に、独自の試験研究が行なわれているが、まだ外国での研究例の紹介の域を出てないようである。ブラジルでの指導的役割をはたしている、USP Piracicabaの研究課題は、「森林流域における養分の

循環」であり、Prof. Dr Walter Lima の指導下で精力的に行なわれていた。彼は、コロ
ンボ計画で来日し林試で治山・治水の研修を受けており、本プロジェクトに対してきわめ
て協力的であった。研究内容は、森林流域と放牧地流域から流出水を採取し、その物理的
特性（水温、pH、電導度、濁度）と化学分析（NP、Kなど）により森林流域の特性を把
握しようという試みであった。そのため、樹冠通過雨量、樹幹流下量の測定を行なう林内
雨量試験地や流出水を測定する簡易な量水施設があった。これは、指導教官の専門分野も
さることながら、試験施設に多額の費用を必要とする、流域試験（Water resources,
Water yeild）より水質試験（Water quality）の方が容易であるという理由にもよるよ
うである。

クローニャ試験地を訪問する多くの研究者、大学生は教科書的知識は持っているが、実際
に試験施設を見るのは、はじめてであるという状態であった。したがって本試験地は、流
域管理試験研究の場ばかりではなく、教育実習の場としても重要なものと考えられる。

大学における教育・研究体制がこのような状態であるためカウンターパートの森林水文
学に対する基礎知識は貧弱であり、専門家の説明を十分に理解できるような状態ではな
かった。またブラジルでは水文学に関する用語事典、特に英葡、葡英用語集がないために外
国論文を読む際の障害となっている。そこでプロジェクトで計画されている試験を行なう
のに必要な最低限の技術用語の解説を3ヶ月程度行った。用語の統一性をきすために、
Handbook of applied hydrology（Chow .V.T）を利用した。（資料1）

次に基礎知識の教授中に感じた事について二三述べてみたい。

これは多くの専門家によって指摘される所であるが、カウンターパートが「知っている」
と答える事は、「どこかで聞いた事がある。」とか「文献で見た事がある。」という事で必ず
しも理解していると言うことではない。また、彼らがよく用いる返事として“Mais ou
Menos”（多少は、の意）というのがあったが、この場合はほぼ理解してないものと取っ
て良かった。本当に彼らが理解しているかどうかを確認なしで前に行くと思わぬ結果に出
会い事があった。

基礎知識の教授にあたって問題となるのは語学力である。観測測器の操作、管理等の技
術移転では、実技を伴うため理解しやすいが、用語解説においては図解の手助けはあつて
もやはり語学力に負う所が大である。

JICAでは、できるだけ現地語で対応すべく、ポルトガル語講座を開設し便宜をはか
ってくれたが、研究プロジェクトでは不都合な面があるように思われた。即ち、1ヶ月程
度の講座では、せいぜい作業現場の人夫に対して指示するのが精一杯であり、とても試験
研究の討論などおこなえる状態ではない。前述のごとく、試験研究に際しては、専門家と
カウンターパートの共通言語である技術用語を定義しておく必要があり、その時にお互い

の第3国語で話し合った方が便利な事が多い。そのような場合、著者は英語だけを用いたが、時間がかかっても英語でつめた方が、効果的でかつ誤解が少ないように思われた。

そこで、JICAの研修生受け入れ要項に研修を受けようとするカウンターパートは、英語又は日本語を理解できる者とあるから、研究プロジェクトにおいては、専門家の語学研修に現地語の他に英語講座も加え、英語力の補強をはかることがきわめて重要と思われた。

前述のごとく大学教育の日が浅いため、全対的水準は低いが、カウンターパートの個人的興味や指導教官の専門分野から、部分的にある水準に達している分野もある。しかしながら、彼らの持っている知識が、本プロジェクトの試験研究において、どのような意味合いを有し、どの部分の知識であるのかの位置づけが明確でないためにかえって進歩を阻害している場合が多かった。また自分自身の知識の絶対量不足は別として、教授した知識を無批判に吸収するのではなく、専門家への良い意味での批判力が旺盛であった。特に彼らが大学で得た知識を絶対的に考える傾向にあり、著者が教授しようとする考え方が異なる場合の説明には多少工夫がいった。そのような時は、説明しようとする内容が記載されている教科書や論文を示し、ある種の権威づけを行なった。なお、欧米の論文に対しては比較的無批判に受け入れるようである。

そこで、著者はどちらの説明を採用しても大差のない場合は、カウンターパートの考え方を採用し、試験設計にあたっては彼らが興味を持っている分野を全体計画の中に組み入れるように努めた。

わずか3ヶ月程度ではあったが、彼らの知識・研究水準を把握し、必要最低限度の知識伝達を行なった事は、後の技術移転や試験研究の遂行上有効であったと評価している。また、著者の不明な点については、出身研究室や、林試図書室が対応してくれた。研究プロジェクトに関しては、出身母体の支援、特に文献、資料提供を中心とした情報協力に負う所が大である。

(4) 観測方法と資料整理

基礎知識の伝達と平行して、気象水文観測方法と資料整理について指導した。

気象観測法については、既に前任者により行なわれており、著者は使用測器の特徴について資料を作成し配布した。(資料2)

水文現象の把握は、降雨量と流出量の測定にあると言って過言でない。降雨量と流出量観測はすでに気象観測の項目で取り上げられており、良く理解されていたが、ブラジルの雨量計はサイホン式であるためテイピング=バケツ式について若干の説明を要した。

水位計は、はじめて見るようであったが、原理が簡単であるためすぐ操作に慣れた。水位流量式決定のためプロベラ式流速計による流速測定を行ったが、流速-水位-流量と言

う一連のプロセスを理解するのに時間を要した。ライシメーター、地表流下試験区のバケット式流量計と記録計については、雨量計と同じ原理であるため理解が容易であった。今後、水位計、バケット式流量計による流出量観測は、カウンターパートのみで十分に対応しうると思われる。

自記紙の読み取り整理のため、降雨量、地表流下試験区・ライシメーターの流出量、流域試験の水位読み取り、日降雨量と流出量の4種類の整理表を作製し、カウンターパートに整理方法を指導した。(資料3)

水位計、雨量計、ライシメーター、地表流下試験区のバケット式流量計自記紙は、カウンターパートと専門家によって読み取り整理が行なわれ、クーニャ試験地に保管されている。

森林水文、蒸発散担当の両カウンターパートとも、専門家の指導で観測測器の操作は容易であったが、英文の取り扱い説明書だけで操作する事は不可能であった。したがって新機種の観測測器供与にあたってはなんらかの指導が必要と考えられる。またカウンターパートの日本受入れ研修においては、主要な観測測器の製造会社の工場見学や実習を研修スケジュールに取り入れれば、帰国後の測器管理に有効であろう。

(5) 観測測器と観測体制

クーニャ水文試験地と気象観測露場に設置されている観測測器の作動状態と自記紙の読み取り、測器管理といったルーチンワークについて述べる。

(1) クーニャ水文試験地 (Cunha)

<量水観測所>

- 1) 水研型長期自記水位計 (WR-11-00-60) 順調
- 2) 長期自記隔測雨量計 (B-311) 順調、水位計に同時記録で使用中的である。
- 3) 自記地中温度計 (E-161-22) 2本のブルドン管センサーのうち1本は調整不良のため、1本のみを水温測定に使用中。

<ライシメーター>

- 4) バケット式量水計 (J-271-02) トラブルが多発して、欠測の原因となっている。トラブル発生源は、リードスイッチの破損、バランス部分のとめねじのゆるみ、バランスのおもりの破損によるものである。これは、ライシメーターからの流量が連続的であり、しかも当初予想より多量であった事に起因しているようである。製造元の中設測器に照会したところ本器は1日の可動時間を2~3時間として断続的な流出量に対して設計したものであり、連続作動するものに対しては適さないとの回答であった。現在、容量2,000 ccのものを要求中であるが、バケット式以外のか適切な量水計に変換する事がのぞましい。

- 5) 6点式自記電接計 (B-361-06) 紙送りがうまくゆかず、特に自記紙の後半で起り欠測の原因となっている。バケツ式量水計の容量が1,000 ccと小さいため、パルスカウンター用のバッテリーの消耗が著しく、特に流出量の多い雨期には注意が必要である。

また、連続排水を行なうため、量水計の電接部分がショートを起し、パルスを送らない事がしばしばあった。

- 6) 大型自記蒸発計 (D-211)
7) 電子式自動平衡記録計 (M-186)

受感部は順調に作動しているが、変換モジュール部分が落雷によって破損し、現在修理中である。水位変化を電気抵抗に変換するのではなく、直接自記紙に物理量の変イを描く方式がのぞましい。

〈地表流下試験区〉

- 8) バケツ式量水計 (J-271-02)
9) 6点式自記電接計 (B-361-06)

ライシメーター設置と同型であり、順調に作動している。量水計の容量が1回転1,000 ccであるため、時間雨量40~50 mmを記録する雨期には自記紙読み取り不能となる場合がある。B区の斜面整地を行なった所、多量の土壌流亡(主として粒子の細かい粘土質、シルト質のもの)があまりうまく作動しない事があった。したがって地表流下試験区の地表処理には十分な検討が必要である。なおライシメーター同様に2,000 ccのテピングバケツを要求中である。

〈気象観測露場〉

- 10) 長期自記隔測雨量計及び記録計 (B-311, B-011)

水晶時計が落雷で2回破損、記録計の雨量パルスを電流変換する回路が落雷で破損し修理中である。

- 11) 長期自記温湿度計 (E-151-00) 水晶時計が落雷で2回破損、温度計の毛髪が落雷で焼失したが、一時帰国後毛髪を交換し、アースマン乾湿度計で調整して使用している。

- 12) 直結式自記風向風速計 (AS-11) 水晶時計が落雷で1回破損。記録は順調に行なわれているが、アナログ記録の瞬間値であるため、自記紙の整理が非常に煩雑である。ある任意の時間の積算値又は平均値のでのる測器がのぞましい。

- 13) 示差放射計 (H-221)

日射計 (H-201)

電子式自動平衡記録計 (M-186)

日射計，示差放射計の受感部にはトラブルがないが，変換モジュール，記録計にはトラブルが多かった。また交流電源がきわめて不安定であるためヒューズ破損による欠測が多発した。試験地は115 V，60 Hz だが変動が大きい。

〈流域内雨量の観測〉

- 14) 長期自記雨量計 (B-431-21-60) 順調に作動しているが，アリガ雨量計内部に巣を作り紙送りがうまく作動しなく欠測する事があった。なお，現地購入の単1電池でも3ヶ月間の水晶時計作動が可能であった。同型を4基使用。

カウンターパートが電源を交流から直流に変換する整流器を設置してから，水晶時計を中心とする測器のトラブルが多発した。中浅測器の話では，簡易な回路の整流器では精密なICを使用した測器には対応しえなく，落雷の多発する地域での交流電源の使用は中止すべきであるとの事であった。

容易に技術者の支援が得られない外国では派遣専門家でも対応しうる原理の単純な測器がのぞまれる。たとえば，自記水位計，長期自記雨量計にトラブルが少ないのは，物理量の変化をそのまま記録紙に描くためである。ところが自記蒸発計のように水位変化を電気抵抗に変換して記録するものは，変換モジュールになんらかのトラブルが発生している。したがって今後の機種選択に際しては十分に検討を要する所である。

(四) モジグアス蒸発散観測試験地 (Mogi-guacu) ※

長期自記熱流計 (CN-9L)	3 基
通風乾湿球温度計 ()	2 基
日射計及反射計 (H-201)	2 基
示差放射計 (H-221)	1 基
微風向風速計 (AL-52)	3 基
電子式自動平衡記録計 (M-186)	6 基

各測器は，トラブルもなく順調に作動しているようだが，自記熱流計が異常値を打点するようである。蒸発散の計算には使用されていないが，微風向風速計は瞬間値のアナログ記録であるため資料整理が煩雑である。カウンターパートにより自記紙の読み取り整理が行なわれているが，多くの手数を要するため必ずしも順調には行なわれていない。そこで58年共供与機材にデータ処理装置(メインコントローラとプリンターから成る)を加えて59年度より完全自動化をする事になっている。なお，データ処理装置は，伯国横河電気※によって取り付け工事が可能と思われる。

(イ) その他の気象観測露場

気象観測露場は既設のクーニャ，タウバテ以外にカルロス・ボテリオとアシスに新設し4露場となった。58年度供与機材の到着をまつてセッチパーハスに設置し，当初計

面であった州内5ヶ所の露場設置計画は終了する。使用測器は各地とも共通で次の物である。

長期自記雨計及記録計 (B-311, B-011)

長期自記温湿度計 (E-151-00)

直結式自記風向風速計 (AS-11)

その他に供与機材として長期自記気圧計、示差放射計、日射計及電子式自動平衡記録計があるが、種々の理由で設置されてない。クーニャ同様、タウバテ、カルロスボテリオにおいても落雷のため水晶時計を破損している。

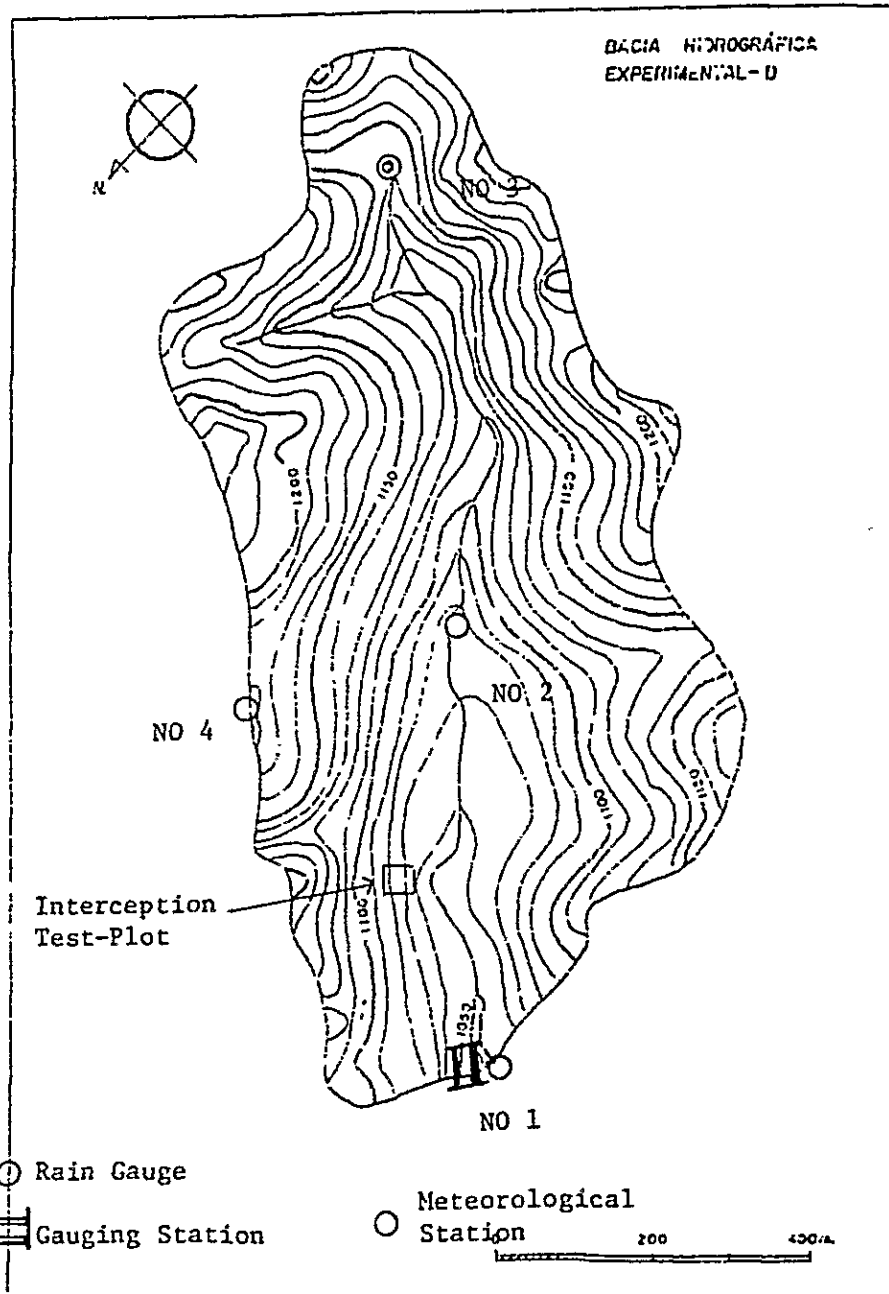
州内各地の気象観測露場における自記紙は降雨量をのぞき、すべてサンパウロに集められ計算機室のデジタイザーによって読み取り整理が行なわれている。今後の観測・資料整理体制について著者の考えを若干述べたい。

サンパウロ州における気象水文観測はDAEEによって行なわれており、17ヶ所の1級気象観測露場が主として主要河川沿に配置されている(図-4)。これらのうち、森林院はカンボス・ド・ジョルダン、モジグアス等の4ヶ所を担当し、観測要綱にもとづき森林院職員により行なわれている(表-2)。観測業務に従事しているのは、技能員や単純労働者という下級職員層であるが欠測もなく順調に行なわれている。そこで、著者は自記紙の整理等のルーチンワークは各露場所在地の事務員によって行うよう助言をしたが、現在に至っても実施されていない。本例からも分るように、日本人専門家の技術指導もさることながら森林院内部の業務調整、工夫によって改善される要素があるように推察される。

5ヶ所の気象観測露場設置で計画終了となっているが、森林院は更に数ヶ所の設置を希望している。サンパウロ州は2,482 km²もの広大な面積があり、各地に分場が配置されている。設置目的を、単に分場があるから設置すると言うのではなく、明確な試験研究目的のもとに行なうべきである。DAEEの他に各地の農試分場でも気象観測が行なわれており、それらの資料の有効利用をはかる事も、研究遂行上重要であると助言した。例えば、DAEE管理下のカンボス・ド・ジョルダン、ピンダモニャガバの資料にクーニャ試験地の資料を加えてパライバ溪谷の気象水文学的検討を行なう。と言うような利用法を検討する必要がある。

著者の見解は、これ以上の新設の必要性は少なく、むしろ既設露場の観測目的の意味づけと補強を第1次的に考えるべきである。したがって予備の測器と部品の供与で十分である。いずれにしても、現地事務員によるルーチンワークの確立が最も重要な所である。

なお既設露場の観測目的を上げれば、次のようになろう。



Topographic map of D-experimental watershed

クーニャ試験地 (Cunha)

森林水文試験地における気象観測資料の集積, 海岸山脈の気象特性の把握。

タウバテ露場 (Taubate)

簡易治山工事現場の気象調査, ウナ川流域の気象特性の把握。

カルロス・ボテリオ露場 (Carlos Botelha)

セッチ・バーハス露場 (Sete Barras)

パラナピアカーバ山脈 (Serra do PARANAPIACABA)

の上頂部と山麓部における気象特性の把握。

アシス露場 (Asis)

※ YOKOGAWA ELETRICA DO BRASIL (伯国横河電気)

Rua Rui Barbosa 70 Sao Paulo Brasil, Phone 251-2622

※ DAEEの気象観測露場CAMPININHAとプロジェクトの蒸発散観測試験地Mogi-gucuとは同一地点であり, DAEEの気象データが有効に利用できる。

(6) 流域試験

下記項目についてD流域の流域試験を行なった。得られた資料については検討中であり
子細はプロジェクト終了後の総合報告書にゆだねるとし, ここでは試験の概要を述べる。

(1) 流域雨量の推定

(a) 遮断雨量の推定

(b) 水位流量曲線の作成

(c) 流出量の算出

(d) 流域特性の解析 (主に地形解析)

(1) 流域雨量の推定

試験流域は, 海岸線近くの山脈にあるため (大西洋まで直線距離で 20 kmほど) 海風の影響による降雨量の局所的な差異が予想されていた。(2)そこで図5のごとく, 流域内の上流, 中流, 下流 (ほぼ 550 m 間隔) と分水界の峰に長期自記雨量計を設置して観測中である。No. 1, No. 2 は 82 年 4 月, No. 3 は 5 月, No. 4 は 11 月にそれぞれ設置した。

現在までの観測結果では, 気象観測露場の雨量計と No. 1, No. 4 がほぼ同じ値を示し, No. 2, No. 3 の順に多くなつようである。また No. 1, No. 2, No. 3 の算術平均を求めると, No. 2 とほぼ同じ値を示すようである。

試験流域の水収支や流出解析を行なうにあたっては, 気象観測露場の雨量ではなく, 流域内の雨量を使用した方がよい。

(a) 遮断雨量の推定

流域の遮断雨量を推定するため試験流域内に試験区を設定して, 樹冠通過雨量と樹幹

表3 平均流速の測定結果

Velocity measurement on the channel

Stage (cm)	Mean velocity (cm/sec)	Discharge (liters/sec)
2.7	65.9	16.49
2.7	61.8	15.47
3.0	65.5	18.27
3.0	64.4	17.97
3.0	65.2	18.19
3.1	66.5	19.19
3.3	64.4	19.83
3.7	76.7	26.69
3.8	71.1	25.34
3.9	77.1	28.23
4.0	76.1	28.61
4.0	81.4	30.60
4.3	94.2	38.20
4.4	92.2	38.30
4.5	94.5	40.19
4.5	87.7	37.29
4.7	96.9	43.13
4.8	101.7	46.28
5.0	98.4	46.74
5.3	101.7	51.37
5.5	100.7	52.89
5.5	105.2	55.26
5.7	109.5	59.73
6.3	116.3	70.56
7.0	126.4	85.83
7.5	119.4	87.31
7.5	126.4	92.43
7.6	116.3	86.27
8.0	129.4	101.45
8.0	120.3	94.32
8.3	124.3	101.42
8.5	132.5	110.94
9.0	132.3	117.88
9.8	140.3	137.22
11.0	150.3	166.98
12.5	168.3	215.63
14.0	169.7	247.08
15.0	182.9	288.07
16.0	183.9	311.89
17.0	198.3	360.71

流下雨量を測定している。

試験区は 20×20 m でその中に貯留型雨量計 16 個を 5 m 間隔に設置して、樹冠通過雨量を測定し、樹幹流下雨量は試験区内の 9 本の樹木について測定した。林外雨量は、試験区に近接する平坦地に貯留型雨量計を設置し、樹冠通過雨量観測時に測定した。本流域は、伐採後 50~60 年経過した二次林であり、試験区内には 72 本の落葉・常緑広葉樹があり、毎木調査の結果、平均胸高直径 11.8 cm であった。

試験は 82 年 5 月に始めたが、当初貯留型雨量計を土壌中に埋めこんで地上部 25 cm として測定した所、林内雨量が林外雨量より多く観測される場合があった。これは、試験地設定場所が山腹斜面であったため、雨滴がはねかえって雨量計に入ったため、これ以降は木の台を作りその上に雨量計を設置し、受水部を地上 80 cm としてはねかえりを防いだ。

そのため実際にデータが得られたのは 82 年 12 月からである。

82 年 12 月 14 日から 84 年 1 月 11 日までの測定結果では、樹冠通過雨量 80.3 %、樹幹流下雨量 1.1 % であり樹冠遮断量は 18.6 % と推定された。これらの数値は、比較的條件の類似する森林 (MATA) で試験した Paulo Sant Anna (3)、Ricardo Vacarcel (4) の測定結果から判断してもほぼ妥当なものと推定される。

なお本項目は、当初計画されてなかったがカウンターパートが興味を持っていたため付け加えたものである。

付 水位流量曲線

量水観測所で観測中の水位から流量を求めるため水位流量曲線を作成した。

本流域の観測施設は、水路式であるため、プロベラ式流速計 (低水位用に) とヒロイ式流速計 (中水位以上に) を用いて水路下端部の導水管付近で流速測定を行ない、流速と水路の横断面積の積から流量 (liters / Sec) を求めた。測定結果は、表 3 のようである。

測定方法と結果及びその検討は、下記表題にて著者がマニアル的に取りまとめを行な

CHNHA Hydrology Research Project (1)

On the gauging station and the discharge rating curve

い流域管理部門主任ヴァウテルに提出した。さらにヴァウテルは、森林院研究報告に投稿するため、ポルトガル語訳し一部加筆して論文形式に改めた (資料 4)。詳細については資料を参照していただくとして、流速測定中に感じた事からを若干述べてみたい。

実施設計調査報告書(2)によれば、水路はモルタル仕上げで、マンシングの粗度係数を $n = 0.015$ として計算してあったが、著者らの流速測定結果では、粗度係数が $n = 0.012 \sim 0.015$ 内に分布しており、当初計画より滑らかな仕上がりである事が分った。しかしなが

らモルタル仕上げのためか、計画表では下巾 1.0 m である所が仕上がりは 0.9 m であった。横断面積の計算は、 $\tan^{-1}(\frac{2.0}{2.0})$ と $\tan^{-1}(\frac{2.0}{2.05})$ で、その差は微小であるため計画表通り、側法 45 度とした。

水路の断面積が流域面積に対して過大であったため、水位変化が得られにくく水位流量曲線の作成に多くの時間を要した。

建設中の A・B 流域には、三角堰を設置する計画である。三角堰に対しては多くの実験式が提案されており、堰公式の利用可能範囲であるかどうかを検討する必要がある。

㊦ 流出量の算出

流出量の算出は、次のような手順によって行なわれている。

カウンターパートが、自記紙の交換をし、クーニャ試験地の研究室で水位読み取りとデーター表の作成（資料 3 参照）を行なう。完成したデーター表を、森林院のコンピュータ室（Maria Angelica Zanoarin が主任）に持ってゆき流出量の算出と同時に、コンピュータ室のテープにデーターファイルされる。なお自記紙と計算シートは、試験地に保管されている。

使用プログラムは、林業試験場防災部理水第一研究室で使用中のものを、鈴木皓史機械化伐出部門派遣専門家が、ファコム 230-28 型用に変えたものである。今後計画されている A、B 流域についても使用可能であるが、その際には、新たに水位流量曲線の係数を書きこむ必要がある。これらの作業は、コンピュータ室の技師によって可能である。

(i)、(j)、(k)は、流域試験に必要最低限の項目であるが、前任者工藤哲也氏が担当された試験施設の建設工事（ここでは D 流域の量水施設）から、水位流量曲線が完成し流出量が算出されるまでに、約 26 ヶ月を要している。したがってこの種の試験研究は、事前の施設整備に大きく左右されると言えそうである。

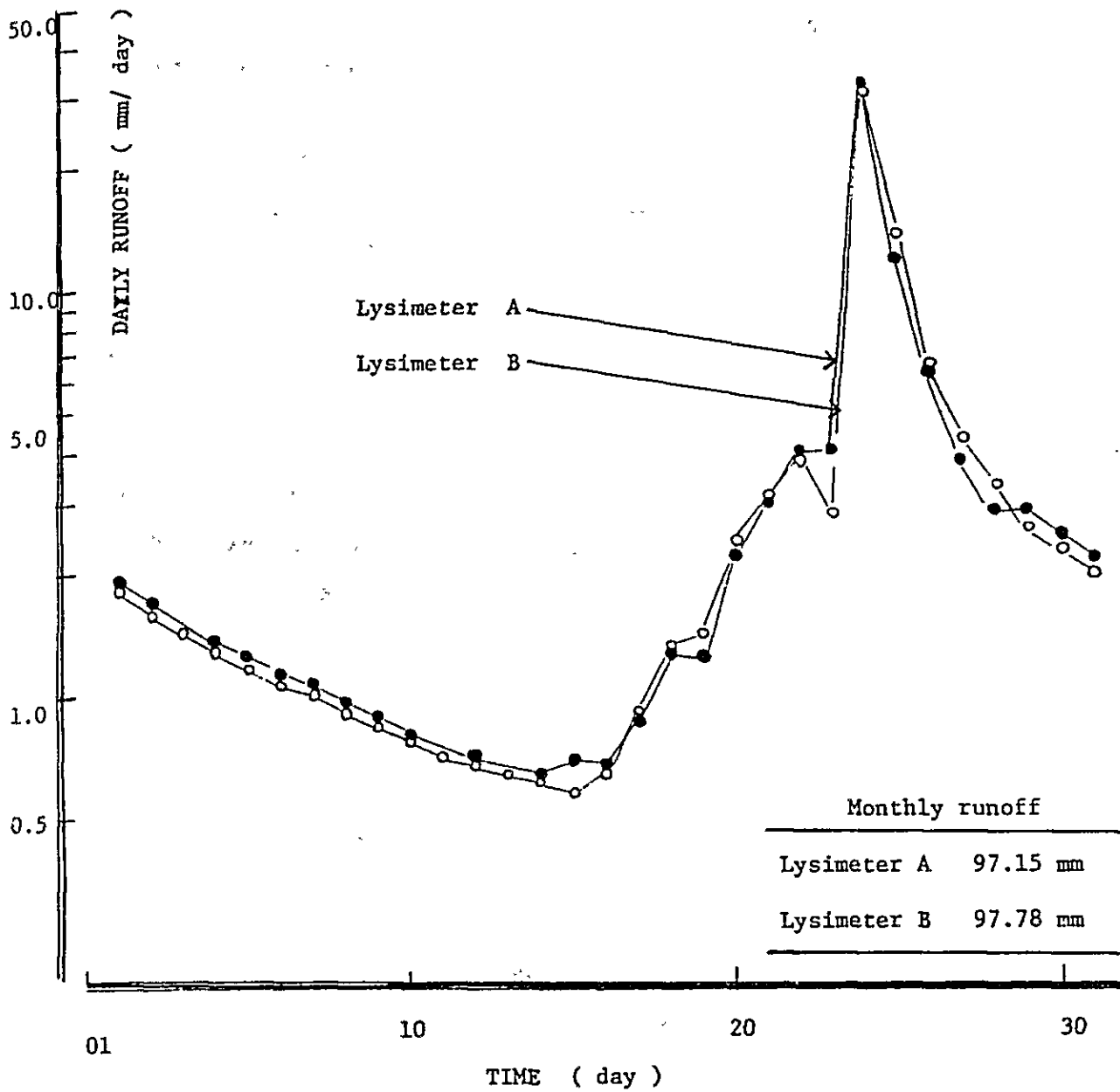
㊦ 流域特性の解析

林業コンサルタントが作成した地形図（ $1/2000$ ）を用いて地形解析を行なった。解析結果については、資料 4 を参照されたい。地形解析は、今後広域水文調査を行なう際に流速計による流量測定とを組み合わせる利用することにより、地形と流量の関係、土地利用と流量の関係等が大まかに把握されよう。

その他に、流域の地質調査、土壌調査、植生調査等の基礎調査が必要であるが、いまだなされていない。そのため森林院は、他研究機関と連絡を取り、これらの調査を早急に行なう必要がある事を進言した。

(7) ライシメーター

ライシメーターは、A、B、C の 3 基よりなり植生の相違が水収支（主として水分消失）



Daily Runoff from Lysimeter A and B(October)

におよぼす影響を試験するものである。

ライシメーター完成後、次の手順で埋土作業をした。試験地付近より採取した岩石をハンマーで割って直径10~20 cmの礫として、それを底張りの上に20 cm程度敷きつめ、敷礫とした。敷礫の上に砂を一様に10 cm敷きつめて土壌流亡を防ぐように努めた。埋土は、ライシメーターに近接する山腹斜面から採取し、一様な埋土が行なわれるようつきためをしながら行なった。なお表層10 cmの部分は、後の苗木植栽を考慮に入れて、腐植質を含む黒褐色の森林土壌にした。埋土後に生ずる、土壌の自然圧密による沈降は、そのつど土壌補充を行なって対処した。一般にライシメーターは、埋土後6ヶ月から12ヶ月程度自然放置後に試験に着手するのが通例であり、84年1月に苗木の植栽を計画していたが、カウンターパートの都合でいまだなされていない。

現在、キャリブレーションを兼ねて裸地よりの流出量を観測中である。図6は、83年10月のライシメーターAとBから日流出量を示したものである。この時点で、埋土後Aは11ヶ月、Bは6ヶ月それぞれ経過している。ライシメーターA・Bは、きわめて類似した日流出量の変化を示し、月流出量もAは97.15 mm、Bは97.78 mmとほぼ同じ値を示した。ライシメーターCについては、埋土後2ヶ月程度と日が浅かったため、この時は量水計を設置してなかった。しかしながら、著者の帰国直前である、84年2月中旬には、A、B、C区ともほぼ同じ日流出量が見られた。したがって、ライシメーター3基に関するキャリブレーション期間は、ほぼ終了したものと判断される。なおライシメーターの土壌水分測定のためテンションメーター（測定深度10, 20, 30 cm）がそれぞれ3基用意されている。使用方法については、既に説明済みであるが、新たな設定、PF特性曲線の作成は指導する必要があると思われる。また、84年度供与機材リストに、自動記録式テンションメーター（6点式 DIK-V-6型）4組が上げられているが、維持管理の点を考えると、きわめて困難であろう。

(8) 地表流下試験区

地表流下試験区は、A、B、Cの3基から成り、地表植生の相違が地表流下量におよぼす影響を試験する施設である。本施設は、研究室兼宿泊所裏の山腹平衡斜面を利用して作られたものであり、平均斜面傾斜角は、A=18.1度、B=17.4度、C=14.5度と多少異なる。特にB区については、右斜面上部と左斜面上部の間に約2.5 mの落差があり、盛り土によって斜面の整地がなされた。

施工過程において、一部トラクターによる自然斜面の破壊や、盛り土による整地が行なわれたため、同一降雨による地表流下量にかなりの差異が認められた。そのため、各区とも草地の状態で地表流下量を測定中であり、今雨季間は、キャリブレーションを兼ねて無処理のまま観測が継続される事がのぞましい。

B区の斜面整地中に、シルト質または粘土質からなる細粒子の土壌流出に見まわれ、量水計が作動不能となった場合があった。もし地表流下試験区の苗木植栽前に山腹斜面の耕作を行なうとしたら、さらに多量の土壌流出に見まわれるものと推定される。そのような場合は一降雨後、毎回流出土砂の排土を行なう必要があり、現在の観測体制では不可能に近い状態である。したがって地表流下試験区の地表処理にあたっては十分に検討する必要がある。

なおA区（まったく人手が加えられてない自然状態の草地）における観測結果では、年間地表流下率0.7%程度、一降雨量に対する最大地表流下率は、3%程度であった。

(9) 研究発表

派遣期間中に下記学会、シンポジウムが開催され、プロジェクト関係の研究発表をカウンターパートと共同で行なった。

1 ; 第4回ブラジル林学会 ミナスジェライス州ベオリゾンテ市 1982年5月

発表課題 Manejo de bacias hidrograficas

2 ; ブラジル在来樹種の総合的問題に関する学会 サンパウロ州カンボス・ド・ジョルダン市 1982年9月

発表課題 Projecto de pesquisa hidrologica

3 ; 第11回森林の現在と将来見通しに関するセミナー

一流域管理に対する森林の影響一

パラナ州クリチーバ市 1984年2月

発表課題 Projecto de pesquisas hidrologicas em floresta natural na reserva de Cunha

- Determinacao do balauco hidrico.

第4回ブラジル林学会では、本プロジェクトの目的と建設中のクレーニャ森林水文試験施設の紹介がなされた。論文作成は、前任者工藤哲也氏の指導の下に行なわれたが、専門家の学会出席はなかった。（資料5）

ブラジル在来樹種の総合的問題に関する学会は、サンパウロ州カンボス・ド・ジョルダン市で開催され、著者も出席する機会を得た。流域管理関係の発表は、本プロジェクトを含めて3課題と少なかったが、プロジェクト開始から82年8月までに判明した事項について発表した。なお森林水文担当カウンターパートは大学卒業3年目で取りまとめを行なう能力が十分でないため、著者が英文原稿を作成しグァウテルがポルトガル語訳し大会論文形式に改め提出した。（資料6）

これまでに判明した事は、1) DAEEの等雨量線図では年降雨量1,400~1,500 mm 地域とされているものが、2,000~2,500 mmの年降雨地帯である事がわかった。2) 低水時の最少流

量が、15 liters/sec 以上あり日流出量に換算して 2.3 mm/day となり、海岸山脈地帯はパラíba 溪谷の重要な水源帯である事などである。

本学会には、日本より中野秀章信州大学教授（前林業試験場防災部長）が出席され、Manejo de basias hidrograficas na floresta de producao de agua no Japon e problematica da bacia hidrografica do Rio Paraiba と題して講演した。講演後、クーニャ試験地をおとずれ今後の試験研究について指導された。また中野教授とともに本学会に招待された西ドイツの Prof. Dr Hans Lampiecht、コスタリカの Prof. Dr Gerardo Budorski やブラジル各地の大学教授がクーニャ試験地を見学し、本プロジェクトに対する関心を示した。

第 11 回森林の現在と将来見通しに関するセミナーが 84 年 2 月にパラナ州クリチバ市で行なわれた。今回のテーマは「流域管理に対する森林の影響」であり、本プロジェクト 4 年間の総括の意味も含めて、3 名のカウンターパートとともに参加した。

このセミナーは、ブラジル農畜産研究公社（Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA）[※] 主催によるもので、農林業研究者ばかりではなく、気象学者、土木工学者及び技術者をも含む広範囲なものであり、ブラジルにおける森林水文学の現状を把握するには良い機会であった。

ブラジル全土より集まった大学教授、研究者により 15 編の研究発表及び講演があり、本プロジェクトも 4 年間の総括の意味も含めてクーニャ試験地における水収支について発表した（資料 7）。提出論文は、結果及討論を著者が担当し、他の部分については水文担当カウンターパートが執筆した。本セミナーまでに得られた試験結果は次のごとくである。

1) 流域雨量は海風の影響で変動が大きい。2) 年間樹冠遮断量は 18 % 程度である。3) 1 水年は暦年ではなく 10 月から 9 月が適切であること。3) 年間流出率が 70 % 程度であり、そのうち基底流量の占める割合が大きいこと。がわかりこれらの観測結果にもとづいて、D 流域における水収支表が提案された。なお、カウンターパートの発表は、本プロジェクトの目的や今後の展開といった項目が強調され、観測結果から得られた数値の持つ意味というものについてはあまり言及されなかった。したがって、観測方法やデータ整理方法といった主に技術的な点は別として、結果の取りまとめ、論文作成という研究業務的な点については今後とも指導が必要と感じられた。

個人的には、本セミナー参加により、ブラジルの流域管理試験研究の現状を知り得た事で十分に意義あるものであった。

発表論文 15 編中、林学関係は 4 編で後述の荒廃地造林以外は、森林流域における水収支についてであった。

USP Piracicaba Prof. Dr Walter Lima は、オーストラリアにおける森林水文試

験の研究例の紹介，UF Rio de Janeiro Prof. Ricardo Valcarcelは，ベネズエラにおける研究の紹介と言うものであった。したがって，本プロジェクトにより実際に観測された資料にもとづいて討論された事は，ブラジルの森林水文学において重要な意味を持つ。なお両氏とも本プロジェクトへの参加を希望しており，クーニャ試験地を数度訪問している。

発表論文の多くは，流域管理計画，土地利用区分と言った大面積を対象としたものであったが，2 - 3の注目すべき研究発表があった。

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPEの気象学部門がアマゾン流域マナウスで行なった蒸発散観測について " Influencia das florestas no ciclo hidrológico " と " Estudo da Interacao Floresta AMAZONICA - Atmosfera " と題して2編発表した。観測方法は，本プロジェクトと同様に熱収支法によるものであった。スライド説明によれば，観測装置は本プロジェクトより大がかりであり，しかも遮断雨量の観測，PF測定装置による土壌水分の測定も同時に行なわれていた。研究担当者は，微気象研究者で，プロジェクトの蒸発散担当カウンターパートよりはるかに高い研究水準を有していた。この発表で，著者の興味をひいたものは，水収支法と熱収支法で計算されたアマゾン流域の年間蒸発散量がともに50%程度の数値を示していたと言う事である。

他の1題は，パラナ州電力会社による，" Atuacao do Departamento de Ecologia da COPEL em prol do Manejo de Bacias Hidrograficas " と題する。荒廃地造林の発表であり，第17回ユフロ世界大会でも発表したとの事である。内容は，水力発電用貯水池を流出土砂から守るため貯水池周辺の荒廃地に対して造林を行なうと同時に，どの樹種が造林木として適切かを決定するため現地適応試験を行ないその結果について発表したものであった。本発表は，バライバ溪谷の流域管理技術確立にあたって参考になるものと思われた。

※ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria は，農林水産省関係の試験研究機関を経営管理する農務省の特殊法人で，セミナー等の情報活動も行なっている。

10 A・S流域の設計変更

水位観測は82年3月より行なわれていたが水位変化が小さいため，前任者の指示により水位計ブーリーの直径を $\frac{1}{2}$ にして，精度を2倍にする事にした。これにより自記紙の分解能が1cmから5mmとなった(82年8月)。なお精密水位計(W-351)は分解能1mmであるがスチール製の実験水路用であり，コンクリート仕上げの野外水路では風の影響もあり5mm程度が限界と推察される。

交換後も，低水位の測水精度が必ずしも良くなかったため，これから建設されるA・B流域の観測施設の設計変更を57年度巡回指導団に対して要求した(10月)。著者が設計変更を要求した根拠は次の理由による。

実施設計調査報告書(2)によれば、D流域の流量は乾期で $0.5\sim 10\text{m}^3/\text{sec}$ 、雨期は $1.0\sim 6.0\text{m}^3/\text{sec}$ でありピーク流量を $19\text{m}^3/\text{sec}$ と見積っている。この数値は実測値によるものかどうかは不明であるが、仮りに最も少なく見積って $0.5\text{m}^3/\text{sec}$ とすると、流域面積 $5,604\text{ha}$ のD流域における日流出量(mm/day)は、

$$\frac{0.5 \times 60 \times 60 \times 24}{0.5604 \times 1000000} = \frac{43200 (\text{m}^3/\text{day})}{560400 (\text{m}^2)} = 77.088 (\text{mm}/\text{day})$$

$77.01\text{mm}/\text{day}$ となり、降雨による直接流出がなくても年間流出量は $28,141.5\text{mm}$ と計算され、年降雨量 $2,000\text{mm}$ 程度の地域では水収支上考えられない数値となる。A・B流域についてもほぼ同様な計算が成り立つようである。中野によれば、堰測法は経験的には $20\sim 30\text{ha}$ 程度とされているが(5)、アメリカでは $50\sim 100\text{ha}$ でも 120 度Vノッチで測水されているようである。

年流出量におよぼす森林の影響は、一般に $100\text{mm}\sim 200\text{mm}$ 程度の場合が多く、森林水文試験の見地からは、洪水流出によるピーク流量ばかりではなく、洪水期の低水流量も高精度で測定する必要がある。

57年度短期派遣専門家中止等の諸々の問題が発生したが、JICAの配慮により林業土木コンサルタント館沼慧氏が、エバレーションチームに同行し、プロジェクトサイトの意見を参考にし、量水施設の設計を行なった。83年11月に中野リーダーより森林院総裁に対して新設計書が手渡されたことこの問題は終了した。

ブラジルのカウンターパートや大学教官が量水観測施設に対して持つイメージは沈砂池や静水池を持つVノッチ式の堰と言うきわめて基本的なものであった。実際の計画設計においては、設置場所の地形的制限等の諸々の問題があるが、発展途上国の研究協力では、できるだけ一般的かつ教科書的な施設建設の方がのぞましいと思われた。

III その他

主要なフィールドは、クーニャ森林水文試験地であったが、次のような業務も行なった。

81年度に熱収支法による蒸発散量の観測が計画されており、短期派遣専門家の到着前に観測用鉄塔の建設、交流電源の確保、観測測器小屋の手配等の準備作業を行なった。また観測測器の取り付け作業と故障測器の修理を行なり技師派遣を求めて、中野チームリーダーと共にブラジル横河電気と接触を持った。

短期派遣専門家の帰国後も観測業務が継続されており、結果の一部については、蒸発散担当のカウンターパート、アウセウにより、「Balanco de Energia em Floresta Artificial (Pinus elliottii)」と題して第3回ブラジル農業気象学会で発表された。

「簡易治山工作物の適用法」に関する試験を行なりフィールドを求めてタウバテ地区のウナ川流域を調査し、情報収集を行なった。また、83年9月にエバレーションチームの

一員として訪伯中の秋谷孝一氏（林業試験場防災部治山第一研究室長）に同行して、もし日本国のモデルインフラ事業によって簡易治山工法の現地適応試験を行なうとしたらどのような場所が適切であるかを、2-3の候補地にしぼって調査検討を行なった。

広域水文調査法（この課題は、荒廃・洪水流出危険地判定調査法のうち多数流域法による水文調査法の伝達の項目に入る）の一環として、河川流量の測定と濁度測定を行なった。濁度計による濁度測定は、河川水の常時赤濁に悩むブラジルにとっては、森林流域、放牧地流域、畑作地流域等の土地利用区分の相違による赤濁程度の把握にはきわめて有効な手段であると考えられる。また流速計による流速定と河川横断測量を組み合わせた流量測定法は、大まかではあるが流域の低水量把握が可能であり、多数の流域に対し適用する事により水資源調査法として有効である。

したがって、地形図上での地形解析と、流量測定、濁度測定とを組み合わせる事によって、大まかではあるが、地形・土地利用の相違が流量、土壌流亡におよぼす影響の実態調査が可能であると考え、ウナ川（Rio Una）[※]流域で実施する事を提案し一部行なったが、カウンターパートの都合により中断している。

土砂生産の形態が、日本と異なり、畑作地の土壌流亡や河岸侵食が、河川の赤濁と言う形態で現われるブラジルでは、流量と濁度測定より流域の流出土壌量を推定する試みがなされている。(6)

クーニャ試験地における試験研究は、基礎的なものであるため短期間にある程度の成果を出す事が不可能である。したがってプロジェクト期間中にある程度の結果が得られる実態調査的なものも平行して実施し、森林減少に伴う国土荒廃の全体像をごく大まかに把握しておく必要性を強く感じた。

[※]ウナ川はパラIBA川の支流で、タウバテ市の東方でパラIBA川の右岸地区に合流する水系で、同市の上水道用水として利用されている。河川の赤濁がはげしく、平常時における濁度が450~500PPMにも達し、流域管理上重要な問題となっている。

IV おわりに

流域管理部門は、森林水文試験法、荒廃・洪水危険地判定調査法、簡易治山工法の3課題よりなるが、私の在任中になしえたのはクーニャ森林水文試験施設整備を中心とする森林水文試験法についてのみであった。

流域管理は、広範囲な学問分野より構成される総合的技術体系であるため、短期間にすべての計画項目を実施する事は種々の条件からきわめて困難な状態にあると思われた。そこで、最も基礎的な項目である森林水文試験法にテーマを絞って、技術移転と研究指導を行ない、なんとか森林流域における水収支表の作成までこげつけた。

この成果は、本プロジェクト期間中の長期短期両専門家の努力によるものばかりではなく、それ以前から続けられて来た先輩諸氏の努力に負う所が大きいと考えられる。すなわち、1971年にゲンジ、ヤマゾエ氏の日本に対する研究協力の要請に初まり、72年度コロンボ計画で来日した、ヴァウテル・エミリッヒ氏の林業試験場防災部における流域管理の研修をへて、76年中野秀章氏、77年遠藤泰造氏の個別派遣が行なわれた。そして両氏により流域管理思想の普及とウナ川流域を中心とする流域調査が行なわれ、本プロジェクトの精神的な基盤が形成された。さらにその後、多くの人々により日伯間の交流が持たれ、本プロジェクトに引き継がれている。

組織体制が十分な機能をはたしてない発展途上国においては、人的なつながり（AMIGO！友達の意）が、きわめて重要な役割をはたしており、本プロジェクトもその基盤の上に成立していると言っても過言でない。

サンパウロ州における流域管理技術の確立には、まだまだ長い道程をへなくてはならないが、ブラジル国の大学教育の現状と研究水準から判断すると、今後ともなんらかの形で研究協力を継続する必要性を感じる。プロジェクト形式による協力と言う太いパイプが切れても、これまでに相互理解によって培われた人的パイプを通じて、たとえば国際協力事業団ベースの個別派遣による研究協力又は共同研究を継続することは、国際親善のみならず、広く森林水文学の発展にもきわめて有効な手段であると考えられる。

最後に、本プロジェクトを終始、御支援、御指導された国際協力事業団林業開発課に対して謝意を表します。

引用文献

1. ブラジル・サンパウロ林業研究協力事業事前・実施調査報告書 1973年3月
国際協力事業団
2. サンパウロ林業研究協力計画実施設計調査報告書 1980年10月 国際協力事業団
3. Paulo Sant'anna e Castro
Interceptacao da Chuva Mata Natural Secundaria na Regiao de VICOSA MG.
Revista Arvore Volume 7 (1) 1983
4. Picarda VALCAVCEL
Balanco Hidrico no Ecosystema Florestal e Sua Importancia Conservacionista
na Regiao Ocidental das Andes Venezuelanos XI Seminario Sobres Atualidades
e Perspectivas Florestais 1984
5. 中野秀章 森林水文学

6. SEDIMENTOMETRIA DO ALTO TIETE

Relatorio Parcial No 3 Julho de 1981

Convenio Departamento de Aguas e Energia Eletrica e Escola Politecnica da
Universidade de Sao Paulo

The Terminology of Forest Hydrology (runoff)

Generally, a graph showing stage, discharge, velocity of water flow with respect to time is a hydrograph. The stage is plotted against time, the graph is a stage-hydrograph, which is on the recorder chart from a gauging station. The hydrograph (commonly called simply a hydrograph) represents the distribution of total runoff in a stream at the given gauging station.

The hydrograph can be regarded as integral expression of the physiographic and climatic characteristics that govern the relations between rainfall and runoff of a particular drainage basin.

The terms "drainage basin (or basin) and "watershed" are synonymously in this paper. But strictly speaking, a watershed is the divide separating one drainage basin from another. In British paper, the drainage basin is called "the catchment".

According to the source from which the flow is derived runoff may consist of surface runoff, subsurface runoff and groundwater runoff. The surface runoff is that part of the runoff which travels over the ground surface and through channels to reach the basin outlet. The subsurface runoff is the runoff due to that part of the precipitation which infiltrates the surface soil and moves laterally through the upper soil horizons toward the streams as ephemeral, shallow, perched groundwater above the main groundwater-level. A part of the subsurface runoff may enter the stream promptly (Prompt subsurface runoff), while the remaining part may take a long time before joining the streamflow (Delayed subsurface runoff). The groundwater runoff is that part of the runoff due to deep percolation of the infiltrated water which has passed into the ground, has become groundwater, and has been discharged into the stream.

For the practical purpose of runoff analysis, total runoff runoff in stream channels is generally classified as direct runoff and base runoff. The direct runoff is that part of runoff which enters the stream promptly after the rainfall. It is equal to the sum of the surface runoff and the prompt surface runoff and channel precipitation. The base runoff is defined as the sustained or fair-weather runoff. It is composed of groundwater runoff and delayed subsurface runoff.

The total precipitation may be considered to consist of precipitation excess and abstractions. The precipitation excess is that part of the total precipitation that contributes directly to the surface runoff. The abstractions are the remaining parts which do not become surface runoff such as interception evaporation, transpiration, depression storage, and infiltration. They are also called losses. The part of precipitation that contributes to direct runoff may be called the effective precipitation. The effective precipitation consists of the precipitation excess and that part of the precipitation which become prompt surface runoff. The difference between the total precipitation and the effective precipitation may be called the effective abstraction.

The above are some important terms of FOREST HYDROLOGY.

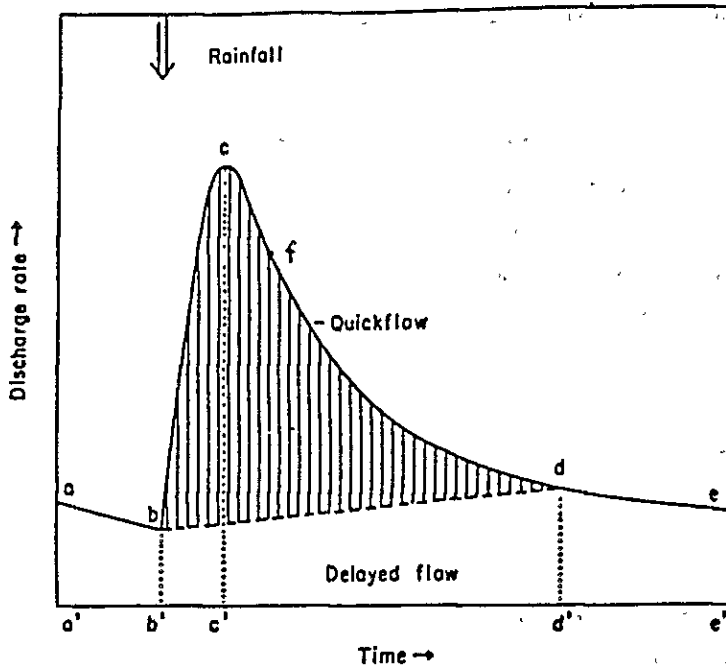


Figure 7.1. The streamflow hydrograph as influenced by a period of short intense rainfall.

This figure shows the typical single-peaked simple hydrograph which was occurred by a short intense rainfall.

It consists of three parts; that are, the approach segment (segment means limb or curve) ab , the rising (or concentration) segment bc , and the recession segment ce .

On these segments are shown the point of rise (b), the peak point (c), and two other characteristic points (f, d).

The time at point b is the time of rise, at c is the time of peak flow, and from center of mass (or beginning) of rainfall to center of mass (or peak) of runoff is defined as the lag-time.

The lower portion of the recession segment is a groundwater recession curve (or depletion curve) which shows the decreasing rate of groundwater inflow.

The flow components may be separated by plotting a hydrograph on semilogarithmic papers. That is, an exponential law of flow is disclosed by plotting on semilogarithmic paper the discharge against time with the former on logarithmic scale. In this plotting, these components can be approximated by a straight line.

$$Q_t = Q_0 \exp(-kt)$$

where Q_t is the flow at any time T after Q_0 , and K is a recession constant which is less than unity.

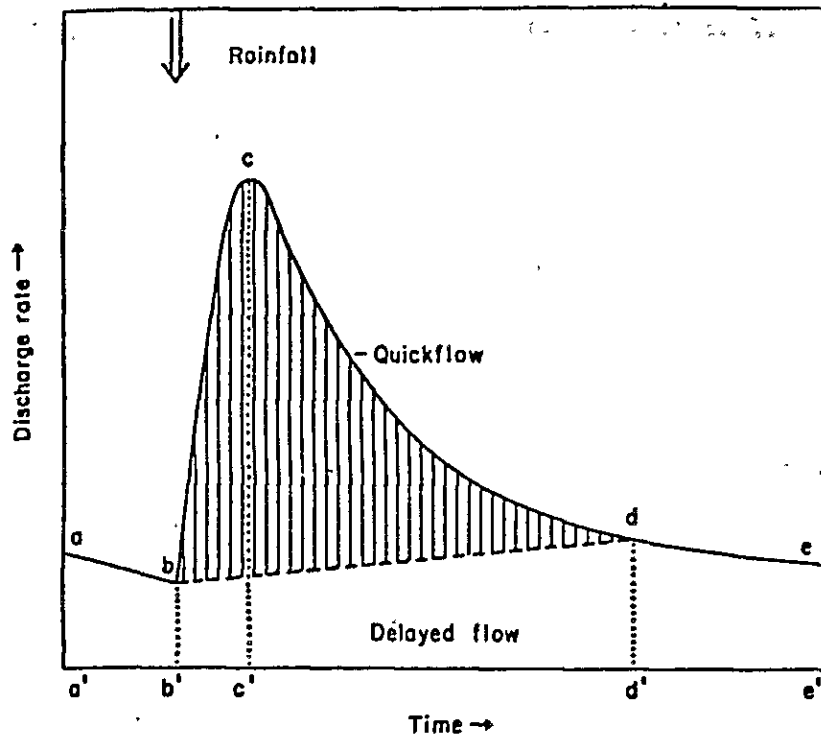


Figure 7.1. The streamflow hydrograph as influenced by a period of short intense rainfall.

In this figure, Quickflow is direct runoff, and Delayed flow is base runoff. These terms are mainly used by the forest hydrologist of United Nations.

the total runoff = the direct runoff + the base runoff..

the direct runoff = the prompt subsurface runoff + the surface runoff

the base runoff = the delayed subsurface runoff + the groundwater runoff

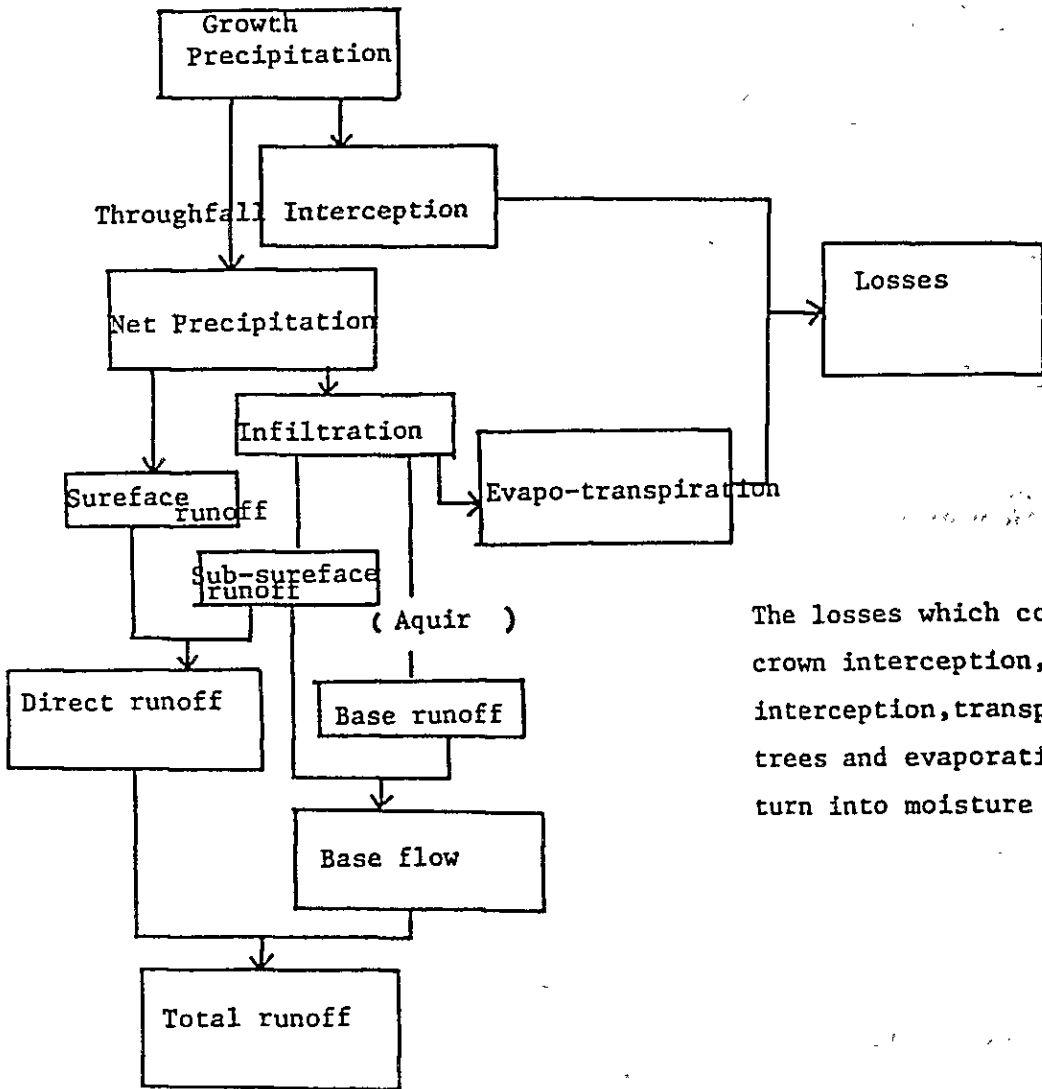
the total rainfall = the rainfall excess + the abstractions

the effective rainfall = the rainfall excess + the prompt subsurface runoff

the effective abstraction = the total rainfall - the effective rainfall

The abstractions (losses) consist of interception losses (crown interception, litter interception), evaporation, transpiration (evapotranspiration or total evaporation) depression storage, and infiltration.

The process of runoff in forest land.



The losses which consist of crown interception, litter interception, transpiration from trees and evaporation from soil turn into moisture in atmosphere

The total runoff from mountainous watershed travels to a big river, and then enters sea.

Physical characteristics for experimental watershed

(1) Watershed area or Drainage area (ha) - A

(2) Altitude or Elevation range (m)

(3) Mean slope of watershed ()

(4) Length of main stream (m) L

(5) Relative height (m) H

(6) Gradient of main stream (Relief ratio) S

$$S = H / L$$

(7) Main basin width (m) B

$$B = A / L$$

(8) Form factor F

$$F = B / L = A / L^2$$

(9) Form ratio Form ratio is a reciprocal of form factor.

(10) Elongation ratio

$$\frac{\text{diameter of a circle of the same area}}{\text{the maximum basin length}}$$

(11) Basin perimeter

(12) total length of main and branch streams

(13) River density

$$\frac{\text{Total length of main and branch streams}}{\text{Watershed area}}$$

Water balance equation

$$P = RO + L + \Delta S$$

P, precipitation (mm)

RO, runoff (mm)

L, losses (mm)

ΔS , the change in surface and subsurface storage during the period.

The method of decision of water-stage discharge curve

- 1) measurement of water-stage and discharge using current meter and cross section.
- 2) plotting on log-paper.
- 3) calculation of water-stage discharge curve using the method of least square.
- 4) calculation of discharge from formula.

14.9 LOG
 1.17318626841
 7.4 LOG
 0.869231719731

 DATA NO. 2
 10.9 LOG
 1.03742649794
 3.48 LOG
 0.541579243347

 DATA NO. 3
 26 LOG
 1.41497334797
 28.42 LOG
 1.45362407359

 DATA NO. 4
 17 LOG
 1.23044892138
 10.19 LOG
 1.00817418401

 DATA NO. 5
 8.9 LOG
 0.949390006645
 1.90 LOG
 0.278753600953

 DATA NO. 6
 7.3 LOG
 0.86332286012
 1.31 LOG
 0.117271295656

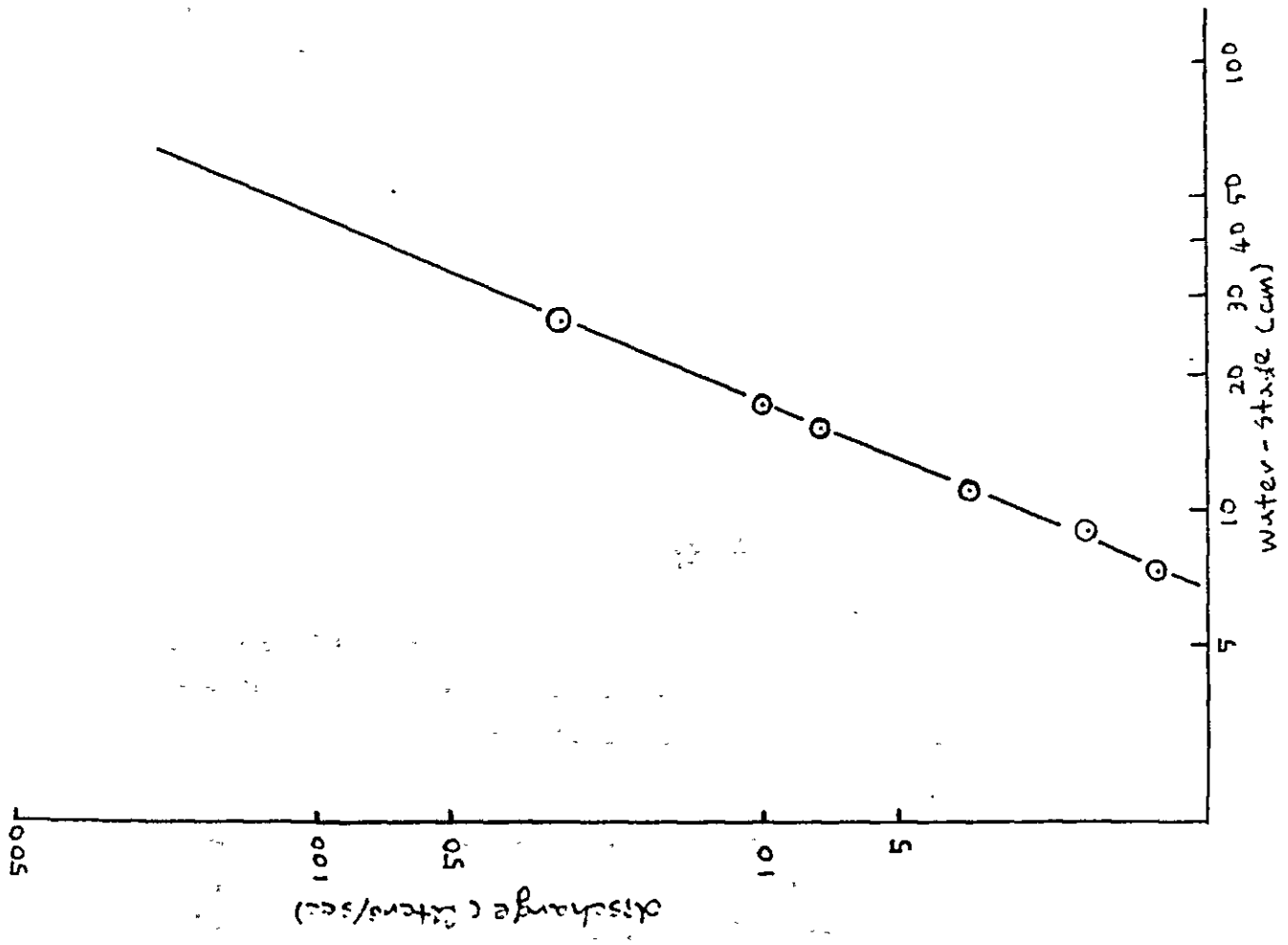
 DATA NO. 7
 7.2 LOG
 0.857332496431
 1.31 LOG
 0.117271295656

water-stage 水 1立 (cm)	time 日 時 分 (sec)	discharge. 流量 (l/sec)
14.9	7.4, 7.2, 7.4, 7.3 <u>ave 7.3</u>	7.4
10.9	15.4, 15.6, 15.5 15.2, 15.6 <u>ave 15.5</u>	3.48
26.0	1.8, 2.0, 1.9, 1.8 <u>ave 1.9</u>	28.42
17.0	<u>ave 5.3</u>	10.19
8.9	<u>ave 28.4</u>	1.90
7.3	41.0, 40.8, 41.6 <u>ave 41.1</u>	1.31
7.2	41.2, 41.2, 41.6 <u>ave 41.3</u>	1.31

ata from experimental watershed

We measure the water stage by scale and time to full a 54-liter measure.

Calculation of water-stage discharge curve
(discharge rating curve) using the method
of least square.





Unit discharge or specific discharge

The unit discharge is represented as the discharge rate at the unit watershed area, ha or Km².

It is convenient to compare with the other watershed.

In many case, the unit of specific discharge is m³/sec / Km² or liters / sec / ha.

There are a some kinds of presentation, we show a few in this paper. In D watershed, the watershed area is 56.04 ha and if there are 10 Liters/sec discharge, we would get the followi result.

1; mm/day daily runoff

2 ; Liters/sec/ha..... This is good for little watershed

3; m³/ sec / Km²..... This is good for large watershed

(Calculation)

area

$$56.04 \text{ ha} \quad 2) \quad \frac{10 \text{ liters/sec.}}{56.04 \text{ ha}} = 0.1784 \text{ liters/sec./ha}$$

discharge

$$10 \text{ liters/sec.} \quad 3) \quad 1 \text{ liter} = 0.001 \text{ m}^3$$

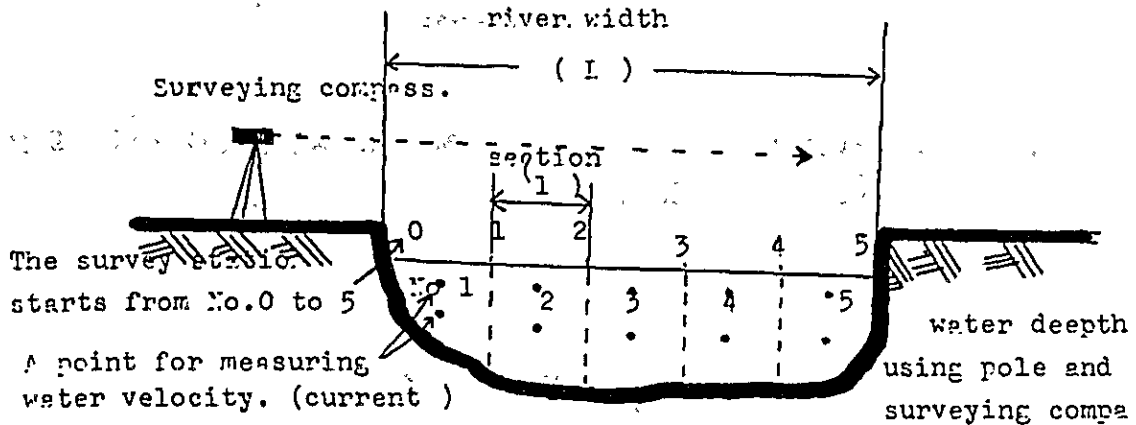
$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$$

$$\frac{10 \text{ liters} \times 0.001 \text{ m}^3}{56.04 \div 100} = \frac{0.01}{0.5604} = 0.0178 \text{ m}^3/\text{sec./}$$

* It is convenient to use them as the coefficient at each watershed. they are calculated the specific discharge of 1 liter/sec discharge from the watershed.

A watershed	0.00267 m ³ /sec/Km ²
B watershed	0.00273 m ³ /sec/Km ²
D watershed	0.00178 m ³ /sec/Km ²

HOW TO MEASURE THE DISCHARGE OF THE BIG RIVER-



2 points method.

$$V = \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.8})$$

or 1 point method

$$V = 0.6 V_{0.6}$$

1; Cross section.

The river width is divided into 5 to 10 section. And the water depth is measured on each point, in this figure No 0,1,2,3,4,5. After the cross section is calculated as a approximately rectangular, triangular or trapezoidal.

2; Current meter.

Current meter for big river.

Direct-reading current meter:

T type..... Price-type

Measuring range..0.1 to 2.0 m/sec

HIPOI-type current meter

Type..... Propeller-type

Measuring range....0.1 to 2.0 m/sec

3; Calculation.

In this figure, a cross section and a mean water velocity are represented as follow;

	Cross section (m)	Mean water velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
No1.	A1	V1	D1
No2.	A2	V2	D2
No3.	A3	V3	D3
No4.	A4	V4	D4

$$D(\Sigma D_i)$$



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
 COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
 INSTITUTO FLORESTAL

C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P - Brasil - Fone: 203 0122 (011) 228775AGR BR

TELEX

How to get the watershed area and some characteristic runoff at a certain place on the map.

1; Decide the watershed division on a map
 Refer to example.

2; Decide the watershed area using planimeter

C-bac I Ushikata 002 type (Slide scale compound)

For example, On Rio Pequeno river, the reduced scale is 1/ 50000 and measurement are tried three times. In the case of the tracing area position 3,

measured value; 249, 245, 249 mean= 247.7
 Unit area; 50000 (From table)
 Watershed area; 247.7 * 50000 = 1238.5 ha.

3; Measurement some physical characteristics using curvimeter.

On the reduced scale map (1/50000)

Length of main stream.... 15 cm15*50000= 7500 m
 Basin perimeter.....35 cm 35*50000=17500 m
 etc.after we can get some physical characteristics.

4; Measurement the discharge at any place using current meter. *

In the big river..... NAKASEA direct-reading water current meter, KIFCI type current meter.

In the little river... Compact-type electric water current meter, KIFCI propeller-type current meter.

Decide the some characteristic runoff

$$\text{RUNOFF} = \frac{\text{Discharge (liters/sec)} * 60 * 60 * 24}{\text{Watershed area}}$$

* Reffer to How to measurthe discharge on the big liver.

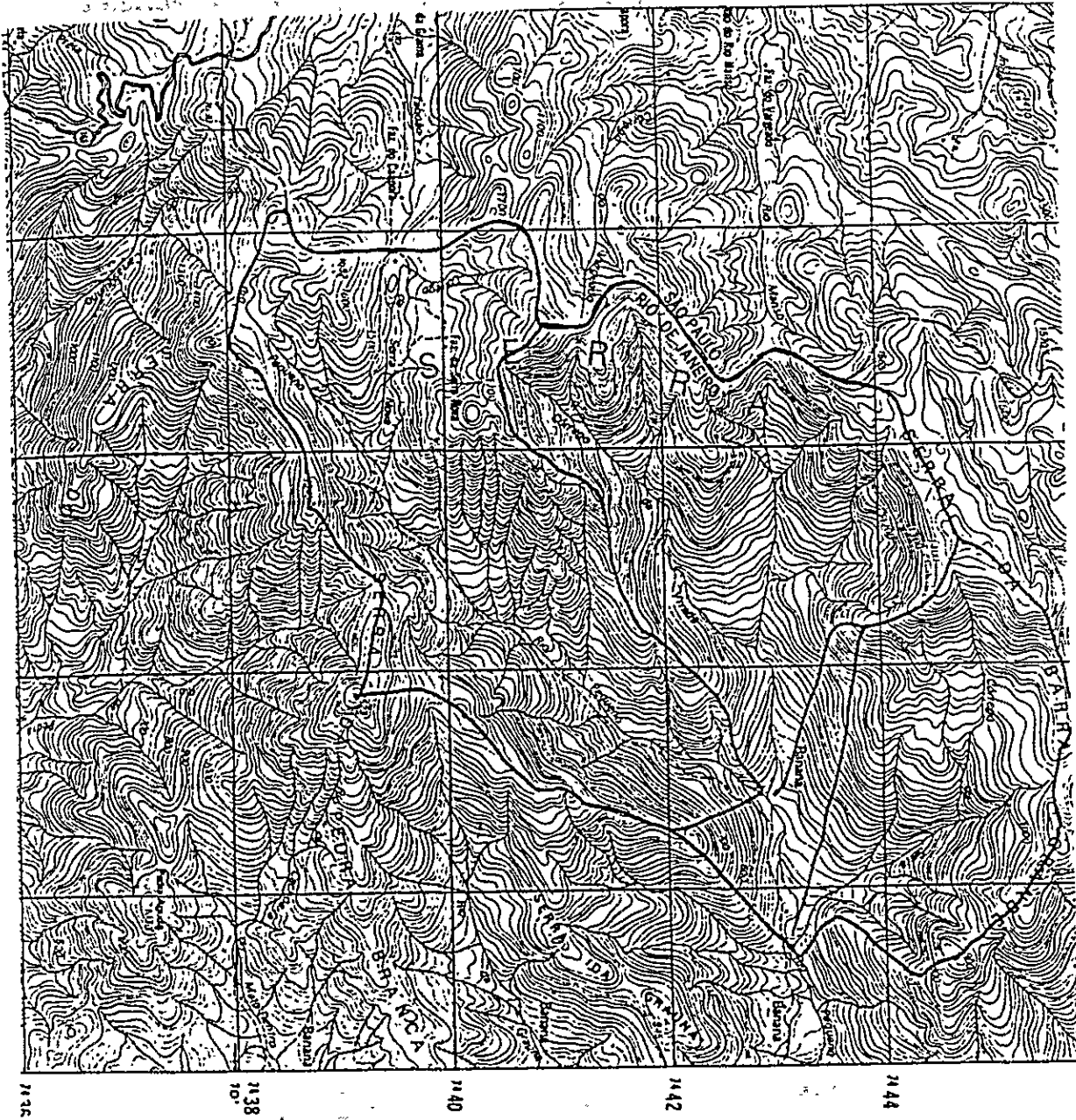


SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL

Cp. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P. - Brasil - Fone: 203 0122 (011) 226773AGR BR

TELEX

(011) 226773AGR BR



CUNHA folha sf-23-2-c-1-1

1:50,000



NOVEMBER 16, 1982.

There is a very little laminar flow in the open channel, and the flow of open channel is turbulent flow. In this paper, we deal with the mean water velocity formula in the open channel.

There are many formula, for example, Chezy's formula, Bazin's, Ganguillet-Kutter's, and Manning's. The Manning's formula is the most famous formula and is used for some planning of civil engineering structure.

Manning's formula.

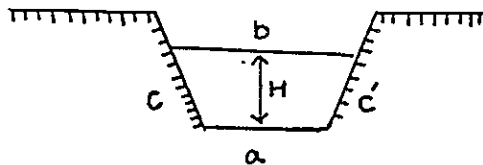
$$V = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

where,

- V; mean velocity. (m/sec) or (cm/sec)
- n; Coefficient of roughness see a table*
- I; Channel grade
- R; Hydraulic radius

(Hydraulic radius represents the following equation $R = \text{Wetting area} / \text{Wetted perimeter}$)

Trapezoidal weir
in CUNHA



$$\text{Wetted area} = \frac{(a+b) \cdot H}{2}$$

(Cross section)

$$\text{Wetted perimeter} = a + c + c'$$

Practice ;

Compare with the observed velocity at each water stage.

- 1; Relations between water stage and mean velocity.
- 2; cross section and mean velocity.
- 3; observed and calculation velocity.

Table

* Kutter's and Manning's coefficient of roughness
concrete

smooth	—————	n= 0.0011	~~~~~	0.014
rough	—————	n= 0.012	~~~~~	0.018
wood	—————	n= 0.010	~~~~~	0.018
steel (iron)				
new	—————	n=0.012	~~~~~	0.014
old	—————	n=0.014	~~~~~	0.018
{ vinyl pipe	—————	n=0.009	~~~~~	0.012
{ glass tube				
{ tintube				



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL - PROJETO JICA
C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P - Brasil - Fone: 203 0122

The relationship between stage and discharge

Stage (cm)	Discharge (Liters/sec)	
4.0	28.61	29.23.
3.9	28.22	28.00
3.8	25.34	26.73.
3.6	21.54	24.27
3.3	19.83	20.78
3.0	18.27	17.53
3.0	17.97	17.53
3.0	18.19	17.53
2.7	15.48	14.52
6.3	70.55	65.92

calculated by formula

Generally, the relationship between stage and discharge is represented the folling formula.

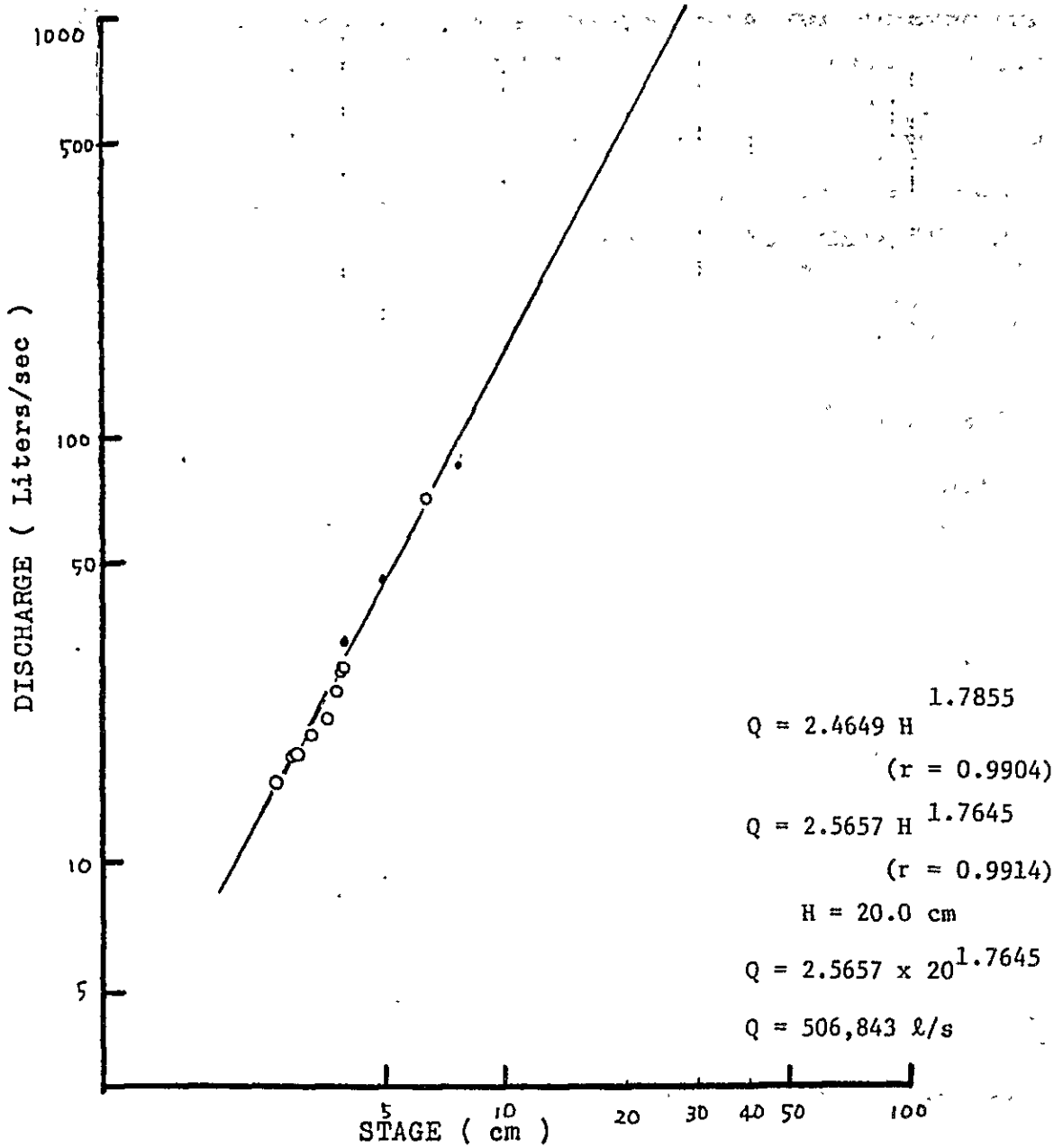
$$Q = a H^b$$

where, Q; discharge (Liters/sec)

H; stage (cm)

a and b ; constante.

In this case, the constant a and b are 2.4649, 1.7855 respectl; calcurated by the method of least square.



STAGE-DISCHARGE CURVE AT D WATERSHED-



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL - PROJETO JICA
C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P - Brasil - Fone: 203 0122.

Dec. 02 1982

Table for unit hydrograph

tem (1) ; stage ; Read the stage from a chart.

(2) ; discharge; Convert from a stage hydrograph to an observed hydrograph using a stage-discharge curve.

$$Q = 2.5657 H^{1.7645}$$

(3) ; base flow;

1; base flow separation.

We plot on semilogarithmic paper the discharge of observed hydrograph against with time. (See paper)
The end of direct runoff is the start point of ground water recession curve which can be approximated by a straight line, and where changes the slope of recession segment. And draws a straight line between A and D .

2; base flow;

Read the base flow from section or semilogarithmic paper at t each time.

(4) ; direct runoff;

The direct runoff discharge is equal to the observed hydrographs minus base flow.

(5) ; calculation of direct runoff (mm)

1; Mean direct runoff

$$Q_{di} = \left(\frac{Q_{d1} + Q_{d2}}{2} \right) = \left(\frac{0.00 + 5.40}{2} \right) = 2.70$$

(6) 2; Direct runoff at interval time. (In this case 20 min.

$$\frac{Q_{di} \times 60 \times 20 \times 0.001}{560400} \times 1000 = Q_{di} \times 0.00214$$

(7) Total effective rainfall;

(8) ; unit-graph.;

The unit-hydrograph can be obtained by dividing the ordinates the direct runoff by the total effective runoff.

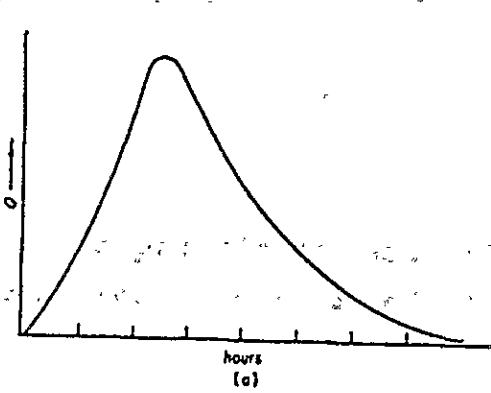


Some characteristics of derived Unit-hydrograph

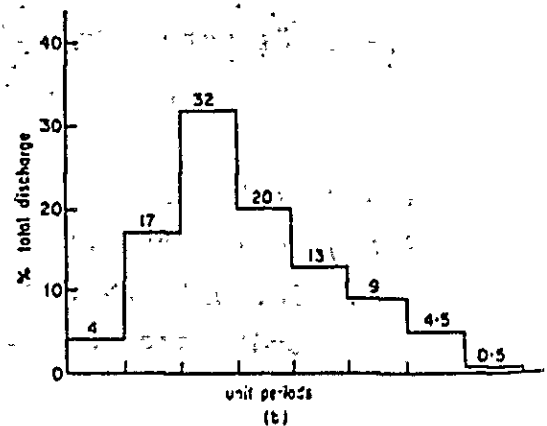
- 1; Rising period 100 min.
- 2; Recession period..... 440 min.
- 3; Peak discharge 812.77 liters/sec.
- 4; Distribution graph *
 (unit periods = 60 min.)

time (hr)	percentage of total runoff (%)
0 to 1	0.63
1 2	30.5
2 3	45.1
3 4	12.8
4 5	5.4
5 6	2.8
6 7	1.6
7 8	0.83
8 9	0.39

The distribution graph represents the unitgraph in the form of percenta of total flow occurring in particular unit periods. Since the discharge represented by a unitgraph is directly proportional to net rain, the percentage in unit times will remain constant whatever the net rain



Unit-graphs

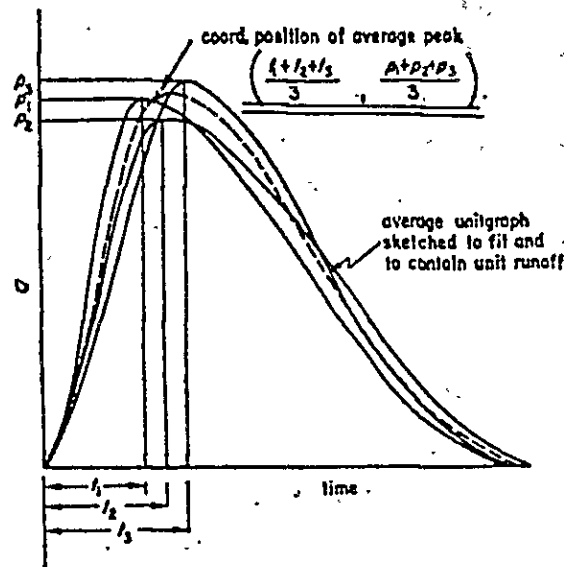


Distribution graphs.



The Unit-hydrograph for a particular watershed may be derived from the natural hydrograph resulting from any storm which is uniform intensity.

It is necessary to determine several unit graph, using separate and distinct isolated uniform intensity storms, if available. Natural events like rainfall and runoff, are affected by a multiplicity of factors and no two are precisely the same. Frequently the best natural data will be for different rain duration and the resulting unit graphs will require to be altered the same duration. Once a number of such hydrographs has been obtained for the same duration, an "averaged", or typical unitgraph may be determined.



These values are assigned to the average unitgraph which is then sketched in to a median from on both rising and falling limbs, so that the total area under the curve is equal to 1 mm or 1 cm runoff.



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL

C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P. - Brasil - Fone: 203 0122

TELEX
(011) 22877SAGR BR

The specification of some meteorological and hydrological instrument.

1; Gauging station

Long-term recording rain and water level gauge
Thermograph for water
Current meter

2; Meteorological station

rain gauge
Temperature and Humidity
Wind speed and direction
Solar radiation
Net radiation



Gauging station and test-plot for surface runoff

1; Gauging station.

a) Long-term recording rain and water level gauge.

This automatic recorder can record the rainfall and water level on the same chart.

The water level is float-type, the rain gauge tipping bucket type. Measuring range is 0 to 10 m, Chart speed 18 mm/hr, Recording period one month.

* The accuracy of instrument which is being used now is within 1 cm, By changing pulley wheel and float, we have a plan to improve it within 5 mm.

b) Thermograph for water

This instrument is used to measure water temperature accurately; Mercury in the sensor probes expands or contracts with changes in water temperature (Mercury to Bourdon tube-type) Measuring range -15 to 50°C, Chart speed is 8 mm/day, Recording period 42 days.

c) Some current meter.

1; Direct-reading water current meter,

It utilizes a Fricke-type detector unit coupled to a display unit by a 2-conductor cable. (Fricke-type) Measuring range 0.1 to 2.0 or 4.0 m/sec (selector switch).

2; Hir@i-type water current meter

The meter features a built-in propeller which rotates as a result of the current in the body of water being measured. (Propeller-type). Current speed is determined by counting the number of signals emitted by the receiver over a given period and calculating the flow speed using a conversion formula. Measuring range is 0.2 to 2.0 m/sec. The signal is sent 1 time per 10 propeller revolutions.

These instruments are used for faster water velocity and high water stage. Especially, for big river.

3; Contact-type Electric water current meter

This is a contact Fricke-type meter, which is suitable for measuring extremely slow water current. Optional depth installation is possible with a minimum of 7 cm water stage measuring range 0.07 to 1 m/sec.

4;



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL - PROJETO JICA
C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P - Brasil - Fone: 203 0122

Meteorological data

Nov. 23, 1982

1; rainfall data

Read hourly rainfall, daily rainfall and maximum 1-hour rainfall
One palus is 0.5 mm.

2; temperature

Read temperature chart 06 hours interval, that is,
06 H, 12h, 18h and 24h . After reading , calculates the mean
temperature. Maximum or minimum value is a maximum or minimum
instantaneous for each terms.

3; Related humidity

Read related humidity chart 06 hours interval, that is,
06h, 12h, 18h and 24 h. after reading , calculates the mean
humidity. Maximum or minimum value is a maximum or minimum
instantaneous for each terms.

4; Wind velocity and direction

Read the maximum wind velocity in a day from chart, and
write it . The wind direction is the dominant wind direction
in a day. It is represented as 8 directions, N, NE, E, ES, S
SW, W, WN,

* represents missing observation.



Meteorological station at CUMHA experimental station

1; Rain gauge

Long-term remote recording rain gauge.

Tipping bucket type, one pulse is 0.5 mm. Chart speed is 10mm/hr, Recording period one month.

2; Temperature and Humidity

Long-term Thermo-Hygrometer.

A bi-metallic strip mechanism and hairstand system determine the temperature and humidity, respectively.

So, it is necessary to check the registered values using * Assman's Psychrometers. Chart speed is 10 mm/hr, Recording period one month.

3; Wind speed and direction

Power-needless-type recording wind speed and direction meter.

Measuring range of direction is 16 cardinal points, that of speed 2 to 60m/s. Chart speed is 10mm/hr, Recording period one month.

Above instruments run with crystal clock.

4; Solar radiation

Thermopile pyrometer.

Measuring range is 0.0 to 2.0 cal/cm²/min. Chart speed is 15 mm/hr, Recording period one month.

5; Net radiation

Net pyrrometer.

Measuring range is -0.4 to 1.6 cal/cm²/min. Chart speed is 15 mm/hr, Recording period one month.

The five meteorological elements commenced in October 1980, (rainfall, humidity, temperature, wind speed and direction) the two elements (solar radiation and net radiation) commenced in September 1982.

* Assman's Psychrometer. This instrument is installed as electrically powered windmill. Humidity is determined on the humidity table by the difference in temperature between the wet and dry thermometers. (From the psychrometric table)

Maximum-minimum thermometers

Maximum-minimum thermometers

Maximum-minimum thermometers

附表3 相对湿度表
Psychrometric table.

the difference between the wet and dry thermometer.

Dry thermometer	乾球と湿球の温度差																																						乾球温度
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40						
2	92	83	75	67	59	52	43	36	27	20																											2		
4	93	85	77	70	63	56	48	41	34	28	15																										4		
6	94	87	80	73	66	60	54	47	41	35	23	11																									6		
8	94	87	81	74	68	62	56	50	45	39	28	17																									8		
10	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	34	23	14																								10		
12	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	38	30	21	12	4																						12		
14	95	90	84	79	74	69	65	60	55	51	41	33	24	16	10																						14		
16	95	90	85	81	76	71	67	62	58	54	45	37	29	21	14	7																					16		
18	95	90	86	82	78	73	69	65	61	57	49	42	35	27	20	13	6																				18		
20	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	51	44	36	30	23	17	11																				20		
22	96	92	87	83	79	75	72	68	64	60	53	46	40	34	27	21	16	11																			22		
24	96	92	88	85	81	77	74	70	66	63	56	49	43	37	31	26	21	14	10																		24		
26	96	92	89	85	81	77	74	71	67	64	57	51	45	39	34	28	23	18	13																		26		
28	96	92	89	85	82	78	75	72	68	65	59	53	47	42	37	31	26	21	17	13																	28		
30	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	61	55	50	44	39	35	30	24	20	16	12																30		
32	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	62	56	51	46	41	36	32	27	23	19	15																32		
34	97	93	90	87	84	81	77	74	71	69	63	58	53	48	43	38	34	30	26	22	18	10															34		
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	64	59	54	50	45	41	36	32	28	24	21	13															36		
38	97	94	90	87	84	81	79	76	73	70	65	60	56	51	46	42	38	34	30	26	23	16	10														38		
40	97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	66	61	57	52	48	44	40	36	32	29	25	19	13														40		
42	97	94	91	88	85	82	80	77	74	72	67	62	58	53	49	45	41	38	34	31	27	21	15														42		
44	97	94	91	88	86	83	80	77	75	73	68	63	59	54	50	47	43	39	36	32	29	23	17	12													44		
46	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	68	64	60	55	52	48	44	41	37	34	31	25	19	14													46		
48	97	94	92	89	86	84	81	78	76	74	69	65	61	56	53	49	45	42	39	35	33	27	21	16	12												48		
50	97	94	92	89	87	84	82	79	77	75	70	65	62	57	54	50	47	43	40	37	34	28	23	18	14												50		
52	97	94	92	89	87	84	82	79	77	75	70	66	62	58	55	51	48	44	41	38	35	30	25	20	16	11											52		
54	97	95	92	90	87	85	82	80	78	76	71	67	63	59	56	52	49	45	42	39	36	31	26	21	17	13											54		
56	97	95	92	90	87	85	83	80	78	76	72	68	64	60	57	53	50	46	43	40	38	32	27	23	19	15	11										56		
58	97	95	93	90	88	85	83	80	79	77	72	68	64	61	57	54	51	47	44	42	39	33	29	24	20	16	12										58		
60	98	95	93	90	88	86	83	81	79	77	73	69	65	62	58	55	52	48	45	43	40	35	30	26	21	18	14	11									60		
62	98	95	93	91	88	86	84	81	79	78	73	69	66	62	59	56	53	49	46	43	41	36	31	27	23	19	15	12									62		
64	98	95	93	91	88	86	84	82	80	78	74	70	66	63	59	56	53	50	47	44	42	37	32	28	24	20	17	13									64		
66	98	95	93	91	89	86	84	82	80	78	74	70	67	64	60	57	54	51	48	45	43	38	33	29	25	21	18	15	12									66	
68	98	95	93	91	89	87	85	82	81	79	75	71	67	64	61	58	55	52	49	46	44	39	34	30	26	22	19	16	13									68	
70	98	96	93	91	89	87	85	83	81	79	75	71	68	65	61	58	55	52	50	47	44	40	35	31	27	23	20	17	14	11								70	
72	98	96	94	92	89	87	85	83	81	80	76	72	69	65	62	59	56	53	50	48	45	40	36	32	28	24	21	18	15	12								72	
74	98	96	94	92	90	87	85	83	82	80	76	72	69	66	63	60	57	54	51	48	46	41	37	33	29	25	22	19	16	13	11							74	
76	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	76	73	70	66	63	60	57	54	52	49	47	42	38	34	30	26	23	20	17	14	12							76	
78	98	96	94	92	90	88	86	84	82	81	77	73	70	67	64	61	58	55	52	50	47	43	38	34	30	27	24	21	18	15	13	10						78	
80	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	77	74	71	67	64	61	58	56	53	50	48	43	39	35	31	28	24	22	19	16	14	11						80	
82	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	49	44	40	36	32	29	25	22	20	17	15	12	10					82	
84	98	96	94	92	90	88	86	85	83	81	78	74	71	68	65	62	59	57	54	52	49	45	40	37	33	29	26	23	20	18	16	13	11					84	
86	98	96	94	92	91	89	87	85	83	82	78	75	72	69	66	63	60	57	55	52	50	45	41	37	34	30	27	24	21	19	16	14	12					86	
88	98	96	95	93	91	89	87	85	83	82	78	75	72	69	66	63	60	58	55	53	51	46	42	38	34	31	28	25	22	19	17	15	13					88	
90	98	97	95	93	91	89	87	85	84	82	79	76	73	69	67	64	61	58	56	53	51	47	42	39	35	32	28	26	23	20	18	16	14					90	
92	98	97	95	93	91	89	87	86	84	82	79	76	73	70	67	64	61	59	56	54	52	47	43	39	36	32	29	26	24	21	19	16	14					92	
94	99	97	95	93	91	89	88	86	84	83	79	76	73	70	67	65	62	59	57	54	52	48	44	40	36	33	30	27	24	22	19	17	15					94	
96	99	97	95	93	91	90	88	86	84	83	80	76	74	70	68	65	62	60	57	55	53	48	44	41	37	34	31	28	25	22	20	18	16					96	
98	99	97	95	93	92	90	88	86	85	83	80	77	74	71	68	65	63	60	58	55	53	49	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19	16					98	
100	99	97	95	93	92	90	88	86	85	83	80	77	74	71	68	66	63	60	58	56	54	49	45	42	38	35	32	29	26	24	22	1							



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL - PROJETO JICA
C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P. - Brasil - Fone: 203 0122

The water temperature on the forest watershed

Object of research

The object of the study is to provide quantitative information on the effects of forest management on water temperature. At first, the seasonal change of water temperature and relations between air temperature and water temperature are examined.

Instrument

E- 201 Thermograph for water

Mercury in the sensor probes expands or contracts with changes in temperature. The changes result in angular rotation of Bourdon tubes at the terminal ends of the probes. The Bourdon tubes are connected to the pen arm linkage.

Type..... Mercury to Bourdon tube

Measuring range.. -15 to +50°C

Minimum scale.... 1 C

Recording period.. 42 days

Chart speed..... 8 mm per a day

Data

Maximum and minimum value are read from chart, and average and range are calculated for every day.

Maximum is defined as a maximum instantaneous for each terms

Minimum is defined as a minimum instantaneous for each terms.

And average and range are calculated as follow;

$$\text{Average} = (\text{maximum} + \text{minimum}) / 2$$

$$\text{Range} = \text{maximum} - \text{minimum}.$$

How to read chart of thermopile pyronometer and net pyrradiometer

1; Instrument

Thermopile pyronometer measures global solar radiation (short wave radiation). A measuring range is 0.0 to 2.0 cal/cm²/min. Solar radiation is 0.0 cal/cm²/min from sunset to sunrise.

Net pyrradiometer (Net radiometer) measures net flux of down and up ward total radiation which are composed of solar, terrestrial surface and atmospheric radiation. (short and long wave radiation)

Net radiation is positive in the daytime and negative in the night and then is expressed in cal/cm²/min or ly/min.

A measuring range is 0.3 to more than 30 μ m.

2; Chart

Solar radiation

Instantaneous value A measuring range is 0.0 to 2.0 cal/cm²/min, one graduration is read as 0.02 cal/cm²/min.

Integrated value..... A measuring range is 0.0 to 100 cal/cm², one graduration is 1 cal/cm²

Net radiation

Instantaneous value..... A measuring range is -0.4 to 1.6 cal/cm²/min, and the 20-th graduration from zero position is set to 0 cal/cm²/min with higher graduration for positive range and lower graduration for negative range. One graduration is read as 0.02 cal/cm²/min.

Integrated value..... For convenience of integration, the range of measured values from -0.4 to 1.6 cal/cm²/min is shown as the range 0 to 2.0 cal/cm²/min shifted. Therefore, the actual values are obtained by adjustment according to the integral hours. For example, one hour interval, the actual one is that deductes 0.4*60=24.0 cal/cm² from the registered value of chart. One graduration is read as 1 cal/cm².

* The integrated value of each instrument , when the scale is full 100 cal/cm², the carriage is returned to zero position.



How to read chart of thermopile pyronometer and net pyrradiometer.

1; Instrument

○ Thermopile pyronometer measures global solar radiation (short wave radiation). A measuring range is 0.0 to 2.0 cal/cm²/min. Solar radiation is 0 cal/cm²/min from sunset to sunrise.

○ Net pyrradiometer (net radiometer) measures net flux of down and up ward total radiation which are composed of solar, terrestrial surface and atmospheric radiation (short wave radiation and long wave radiation).

Net radiation is positive in the daytime and negative in the nighttime and then is expressed in cal/cm²/min or ly./in.

2; Chart;

a) Solar radiation

Instantaneous value.....A measuring range is 0.0 to 2.0 cal/cm²/min, one graduation is read as 0.02 cal/cm²/min.

Integrated value.....A measuring range is 0.0 to 100 cal/cm². one graduation is 1 cal/cm²

b) Net radiation

Instantaneous value.....A measuring range is 0.4 to 1.6 cal/cm²/min and 20th graduation from 0 position is set to 0 cal/cm²/min with higher graduation for positive range and lower graduation for negative range. One graduation read as 0.02 cal/cm²/min. (a)

Integrated value.....For convenience of integration, the range of measured values from -0.4 to 1.6 cal/cm²/min is shown as the range 0 to 2.0 cal/cm²/min shifted. So the actual integrated radiation is obtained by adjustment according to the integral hours. In the case of one hour interval, the actual value is that deducts 0.4*60=24.0 cal/cm² from the registered value of chart.

One graduation is read as 1 cal/cm², and when the scale is full (100 cal/cm²), the carriage is returned to 0 position.



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL

C.p. 1322 - 01000 - São Paulo, S.P. - Brasil - Fone: 203 0122 - (011) 228775AGR BR

TELEX

For example, in this chart

time (o'clock)	solar radiation (cal/cm ² /min)	net radiation (cal/cm ² /min)	
10	0.70	0.50	
11	1.03	0.78	
12	1.12	0.83	Maximum radiation.
13	0.82	0.66	
14	0.96	0.70	
15	0.74	0.52	
16	0.18	0.04	
17	0.13	-0.01	
18	0.00	-0.11	Sunset.
19	0.00	-0.10	
20	0.00	-0.07	

Integrated value of solar radiation from 12 o'clock to 13 o'clock is 74 cal/cm²(ly) , and Integrated value of net radiation in same interval is 46.0 cal/cm² . Because the actual values are defined as the value which deductes 0.4*60=24.0 cal/cm² from the registered value of chart.

INSTITUTO FLORESTAL

RAINFALL DATA

CUNHA EXPERIMENTAL WATERSHED

LOCATION meteorological station DATE / 19

TIME DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	DAILY RAINFALL	MAXIMUM 1-HOUR mm	OCCURRENCES		
	1																												
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
31																													
TOTAL																													
CLASSES OF RAINFALL	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
REMARKS																													
UNIT	mm																												

X marks represents a missing observation, --marks represents no rainfall

INSTITUTO FLORESTAL

RUNOFF DATA

CUNHA EXPERIMENTAL WATERSHED

LOCATION Test-plot

DATE / 19

TIME DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	DAILY RUNOFF	MAXIMUM 1-HOUR mm	OCCURRENCES	
	1																											
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												
26																												
27																												
28																												
29																												
30																												
31																												
TOTAL																												

REMARKS

X marks represents a missing observation, - marks represents no surface runoff.

UNIT: mm

INSTITUTO FLORESTAL

CUNHA EXPERIMENTAL WATERSHED

Location Test-plot for surface

Year, 19

MONTH	RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		RAINFALL (mm)		RUNOFF (mm)		
	ITEM	DATE	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	RAINFALL (mm)	RUNOFF (mm)	
		1																							
		2																							
		3																							
		4																							
		5																							
		6																							
		7																							
		8																							
		9																							
		10																							
		11																							
		12																							
		13																							
		14																							
		15																							
		16																							
		17																							
		18																							
		19																							
		20																							
		21																							
		22																							
		23																							
		24																							
		25																							
		26																							
		27																							
		28																							
		29																							
		30																							
		31																							
		TOTAL																							
		MAXIMUM																							
		MINIMUM																							

DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DO VERTEDOURO DA BACIA HIDROGRÁFICA
EXPERIMENTAL "D" NA RESERVA ESTADUAL DE CUNHA.

Walter EMMERICH.....(1)

Valdir de CICC.....(2)

Motohisa FUJIEDA.....(3)

- (1) Pesquisador Científico - INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO-SP.
- (2) Engenheiro Florestal - FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.
- (3) Pesquisador Científico - INSTITUTO DE PESQUISAS DE FLORESTAS E PRODUTOS FLORESTAIS DO JAPÃO.

RESUMO:

O Instituto Florestal de São Paulo vem desenvolvendo estudos em hidrologia florestal em colaboração com o governo japonês, através da J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency). Esses estudos estão sendo realizados na Reserva Estadual de Cunha.

As observações realizadas na Bacia Hidrográfica Experimental "D", tiveram início em Fevereiro de 1982 e permitiram a determinação da Curva de Correlação Altura-Vazão, denominada Curva-Chave.

Trata-se de um relatório de progresso que faz algumas discussões dos dados já obtidos no campo de hidrologia florestal.

As análises estatísticas foram feitas no C.P.D.

(Centro de Processamento de Dados do Instituto Florestal).

DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DO VERTEDOURO DA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL "D" NA RESERVA ESTADUAL DE CUNHA.

INTRODUÇÃO.

O Instituto Florestal de São Paulo, órgão da Coordenação da Pesquisa de Recursos Naturais, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, estabeleceu com o governo do Japão, através da J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency), um projeto de pesquisa em Hidrologia Florestal.

O principal objetivo deste projeto é o de fornecer informações quantitativas e qualitativas, sobre a influência dos diferentes manejos florestais na produção de água nas cabeceiras do Rio Paraíba, um dos tributários do Rio Paraíba.

Os dados obtidos servirão para o estabelecimento de uma política florestal por parte do Instituto Florestal, visando a proteção das bacias hidrográficas e o uso múltiplo das florestas nas mesmas.

O projeto em pauta teve início no mês de 1979 e já se acham em funcionamento na Reserva Estadual de Cunha, dependência subordinada à Divisão de Reservas e Parques Estaduais do Instituto Florestal (Fig. 1), um vertedouro, três lisímetros e três áreas para a avaliação do escoamento e erosão superficial. Estes equipamentos se destinam ao estudo da influência da floresta na conservação da água e do solo. As observações no vertedouro da bacia "D" tiveram início em fevereiro de 1982. Nesta Bacia hidrográfica experimental, dados úteis já estão sendo obtidos, contudo o período de calibração deverá se estender por mais alguns anos.

Os objetivos do projeto, além como alguns dados já foram comunicados em Congresso. (1), (2).

Neste trabalho pretende-se discorrer sobre os procedimentos na determinação da curva-chave de vazão e dos cálculos do volume de escoamento na bacia hidrográfica "D". Apesar de se tratar / de procedimentos básicos, existem poucas informações bibliográficas / com referência ao manejo da floresta em pequenas bacias hidrográficas em nosso país.

Este trabalho procura dar uma pequena contribuição / para os procedimentos que devem ser observados em pequenos rios, e também a relação existente entre a precipitação pluviométrica e a vazão em pequenas bacias hidrográficas experimentais com cobertura florestal natural.

As características físicas da Bacia Hidrográfica Experimental "D", são apresentadas na Tabela 4.

II. MATERIAL E MÉTODO.

O Vertedouro.

Para a obtenção de dados precisos da vazão de um rio, para determinados trabalhos em hidrologia florestal, como por exemplo, na determinação do balanço hídrico em bacias hidrográficas com cobertura florestal, torna-se necessária a construção de alguns equipamentos hidrológicos, tais como um vertedouro, constando de um canal com determinada seção transversal e comprimento.

O vertedouro é um dispositivo que se destina a controlar o fluxo da água com a finalidade de se medir a sua vazão. Estes podem ser de forma retangular, trapezoidal e triangular. O canal tem por finalidade transportar o fluxo da água através de uma seção transversal em determinada distância, para que a altura da lâmina de água se estabilize. Geralmente este tipo de vertedouro é empregado em bacias hidrográficas com mais de 100 ha. Na bacia hidrográfica "D" (Fig.2) no entanto, se optou pelo emprego do canal aberto, já que as condições do solo não ofereciam estabilidade suficiente para a construção de um vertedouro triangular.

Uma vista geral do vertedouro da bacia hidrográfica experimental "D" é dada na Fig.3.

O vertedouro consiste de uma bacia de sedimentação, uma bacia estabilizadora, um canal aberto e um abrigo para o lisímetro. A bacia de estabilização tem 10 x 10 m, com 1 m de profundidade e tem por finalidade manter o fluxo da água constante no canal. O fundo do canal é lido a um ponto onde um lisímetro registra a altura da lâmina d'água.

A Tabela 2, mostra algumas características do canal aberto.

...do tipo flutuador, de marca SUIKEN-62 de fabricação japonesa. O linígrafo registra a altura da lâmina d'água e a precipitação pluviométrica simultaneamente, sendo possível avaliar as alterações na lâmina d'água, a cada 20 minutos.

A Tabela 3 mostra algumas especificações do linígrafo.

III. TERMINOLOGIA E PRINCÍPIOS.

Para uma medição contínua da vazão com uso do linígrafo, requer-se uma curva-chave da mesma. Apesar da existência de equações teóricas que permitem a determinação desta curva-chave, a equação experimental derivada das medições da vazão é o método mais preciso.

Existem dois métodos para se determinar a curva-chave de um vertedouro.

O primeiro método consiste em se medir o volume de água escoada através de uma determinada seção de um vertedouro em determinado tempo, por meio de um recipiente aferido. O segundo consiste em se determinar o volume da água escoada, como sendo o produto da área ocupada pela lâmina d'água pela sua velocidade média. As medições da descarga são feitas para as diferentes alturas da lâmina d'água e as relações entre altura e vazão, fornecem a curva-chave para a avaliação da mesma.

Como não foi construído um tanque para a determinação do volume da água no vertedouro da bacia hidrográfica "D", o segundo método foi adotado na determinação do volume da vazão.

Algumas explicações fundamentais tornam-se necessárias para uma melhor compreensão da determinação da curva-chave.

III.1 - O ESCORRIMENTO DA ÁGUA NO CANAL ABERTO.

Como já foi dito, o canal aberto é classificado segundo a sua seção em canal retangular, triangular, trapezoidal e em forma de arco.

Neste trabalho é descrito o canal trapezoidal existente no vertedouro da bacia hidrográfica "D" e a estrutura típica de um canal trapezoidal aberto, é apresentada na Fig. 4.

Na seção perpendicular ao fluxo da água, a área correspondente à lâmina d'água é denominada (A) o comprimento da seção transversal do canal em contato com a água é o perímetro molhado (B). Dividindo-se a seção da lâmina d'água (A) pelo comprimento da mesma, obtém-se o raio hidráulico (R). A área do fluxo d'água é expressa em unidade de m² ou cm² e a seção transversal e o raio hidráulico são expressos em unidades de m ou cm.

A equação a seguir, expressa o que foi dito acima:

$$R = A/P \dots \dots \dots (1)$$

$$A = h \cdot (b + n \cdot h) \dots \dots \dots (2)$$

$$P = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + n^2} \dots \dots \dots (3)$$

Na bacia hidrográfica "D" a inclinação das paredes laterais é de 1:1 (Tang 45°) assim a equação (2) e (3) se apresentam / da seguinte forma:

$$A = h(b + h) \dots \dots \dots (2')$$

$$P = b + 2 \cdot h \sqrt{2} \dots \dots \dots (3')$$

Estes fatores são usados para o cálculo da velocidade média da lâmina d'água, utilizando-se a fórmula para a determinação / da velocidade média.

A água num canal aberto flui de uma posição mais elevada para uma posição inferior. A velocidade da lâmina d'água é denominada de velocidade de fluxo (V) numa determinada distância (L) em um determinado intervalo de tempo (T), onde pode-se derivar a seguinte equação:

$$V = L/T \dots \dots \dots (4)$$

As medidas são, m/s e cm/s

Em geral a velocidade do fluxo d'água é diferente em cada ponto da lâmina d'água, portanto considera-se a velocidade média. Para tanto são coletado dados em vários pontos do vertedouro. Conforme a altura da lâmina d'água, a mesma sofre grandes variações tornando-se necessária a determinação da velocidade em diferentes / profundidades.

Desde que a velocidade da lâmina d'água nos diferentes pontos da seção transversal não é constante, torna-se necessária uma breve explicação sobre a distribuição da velocidade da lâmina d'água em canal aberto. Este fenômeno é devido ao efeito da resistência provocada pela rugosidade das paredes laterais do canal, / do grau da declividade da seção transversal e da sinuosidade da mesma, bem como da profundidade da lâmina d'água. A velocidade da água se torna maior quanto mais afastada das paredes laterais e do fundo do canal dada a diminuição do atrito. A velocidade máxima ocorre / pouco abaixo da superfície do centro do canal. A velocidade na superfície é tanto menor quanto mais próxima das paredes laterais e aumenta na medida que se distancia das mesmas, chegando ao seu máximo na maior profundidade do canal.

A velocidade máxima se encontra de 0.1 a 0.4 e a velocidade média de 0.5 a 0.65, a partir da superfície.

A Fig.5, mostra a distribuição vertical conceitual da velocidade da água.

O volume de água que escoa através do vertedouro em determinado tempo é denominada de VAZÃO e o volume da mesma é ...

...obtida, multiplicando-se a área da lâmina d'água (A), pela velocidade da mesma (V).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (5)$$

As unidades da descarga são expressas em m³/s e litro /s.

III.2. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE E DA FÓRMULA DA VELOCIDADE MÉDIA.

A velocidade do fluxo da água foi determinado através de um medidor de corrente modelo KENEK do tipo "PRICE". Este aparelho possui uma pequena haste, contendo em sua extremidade uma pequena hélice que gira em contato com a água e a velocidade é registrada em um digital. A velocidade é determinada através da equação que expressa a relação entre o número de rotações e a velocidade do fluxo da água.

$$V = a.N + b \dots\dots\dots (6)$$

Onde V expressa a velocidade do fluxo da água em cm/s. N corresponde ao número de rotações da hélice por segundo e "a" e "b", são constantes.

Em rios maiores os canais transversais são separados por meio de linhas perpendiculares a fim de se determinar a velocidade do fluxo da água.

As medições da velocidade são tomadas em diferentes pontos, na linha perpendicular que corre através do centro de cada seção.

$$V = V \times 0,6 \dots\dots\dots (7)$$

$$V = 1/2 (V \times 0,2 + V \times 0,8) \dots\dots\dots (8)$$

$$V = 1/4 (V \times 0,2 + 2 \times V \times 0,6 + V \times 0,8) \dots\dots\dots (9)$$

Onde; V x 0,2, V x 0,6 e V x 0,8 correspondem às velocidades a 0,2 h, 0,6 h e 0,8 h abaixo da superfície da lâmina d'água, respectivamente.

O método que emprega a medição em dois pontos, equação (8) é muitas vezes utilizado na determinação da velocidade do fluxo da água e, dado a sua simplicidade, com uma alta precisão.

Pode-se determinar a velocidade média empregando-se a fórmula da velocidade média.

Comparando-se uma velocidade observada com uma velocidade calculada é possível determinar-se a velocidade média obtida por uma medição.

Apesar da existência de várias fórmulas para a determinação da velocidade média do fluxo da água, empregando-se a fórmula do MANNING, que é a seguinte:

$$V = 1/n \times R^{1/2} \times R^{2/3} \dots\dots\dots (10)$$

onde: V= velocidade média (m/s)

$1/n$ = coeficiente de atrito segundo MANNING

V = gráu de velocidade

R = raio hidráulico

O coeficiente de atrito da fórmula de MANNING é clasificado de acôrdo com o material empregado na construção do canal.

Para o concreto sem acabamento o mesmo varia de $n = 0,012$ a $n = 0,013$, e para o concreto com acabamento, o mesmo varia de $n = 0,011$ a $n = 0,014$.

Detalhes são omitidos neste trabalho.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

As medições obtidas são apresentadas na Fig. 6. Afim de comparar os valores experimentais com os valores calculados, a velocidade média calculada mediante o emprêgo da fórmula de MANNING aparece com uma linha reta na mesma figura.

Aposar de que áreas da lâmina d'água estão dispersas elas mantém uma relação proporcional simples quando apresentadas em papêl logarítmico.

Esta relação é demonstrada através de uma equação / empírica: $V = 34,2607 H^{0,6260}$ (11)

onde:

V = velocidade do fluxo da água (cm/s)

H = altura da lâmina da água (cm)

Coefficiente de correlação (r) = 0,9858

A dispersão dos dados é devida ao erro de observação, já que a obtenção dos mesmos depende até certo ponto, da habilidade do observador e das condições reinantes.

Desde que neste trabalho as medições foram feitas a uma profundidade certa, computou-se os dados correspondentes às mesmas a partir da distribuição vertical da velocidade (Tabela 4).

No caso da lâmina d'água de 3,7 cm, a profundidade da medição de 1,5 cm e 2,3 cm, são iguais a 0,3 e 0,6 h a partir da superfície, respectivamente. Julgando a partir da distribuição vertical, a velocidade média foi obtirada em 76,7 cm/s. Se adotarmos 81,5 cm/s como velocidade média, nós sobrestimamos em 6%.

Na camada de 5,5 cm aplicando-se o método dos dois pontos na estimativa da velocidade média. As profundidades da medição de 1,1 cm e 4,0 cm correspondem a 0,2 h e 0,73 h, respectivamente, e a velocidade média é calculada pela equação (8).

Se usassemos 108,3 cm/s em vez do 109,5 cm/s, a velocidade média seria de 104,0 cm/s.

Aposar de que o método do dois pontos fornece uma / aproximação precisa, o método que emprega um ponto somente pode conter mais êrros de observação do que o método dos dois pontos. Más esta margem de êrro é praticamente permissível.

De acôrdo com o "Relatório de Implantação do Projeto" (3) o coeficiente de atrito para o canal aberto é de $n = 0,015$.

Deduz-se da Fig. 6 que nas camadas inferiores (camadas com menos de 5 cm) a velocidade média medida se distribui em tôrno de $n = 0,015$. W nas camadas com mais de 5,0 cm a velocidade média se distribui entre $n = 0,015$ e $n = 0,018$. Isto significa que a velocidade média das camadas superiores é maior do que a das camadas inferiores. Este resultado é devido a resistênciã oferecida pelas paredes e pelo fundo do canal e também devido ao êrro de observação acima mencionado.

A velocidade da vazão não foi medida em camadas superiores a 20 cm, na determinação da curva-chave. Mãs existe uma relação significativa linear entre altura e velocidade (o coeficiente de correlação é igual a 0,9858) e a velocidade média se distribui entre $n = 0,015$ e $n = 0,018$ nos limites desta determinação da curva-chave.

A julgar destes resultados, assume-se que os dados obtidos a partir de uma lâmina d'água com 20 cm ou mais, seguiriam a mesma regressão obtida a partir da equação (11).

Assim decidiu-se que os resultados obtidos são suficientes/ para a determinação da curva-chave.

IV.1- A CURVA CHAVE.

Como já foi dito acima o volume da vazão de um rio se obtém multiplicando-se a área ocupada pela lâmina d'água e pela velocidade/ média do fluxo da mesma. A área ocupada pela lâmina é calculada pela equação (2') para cada camada. Para o cálculo da velocidade média empregou-se os valores da velocidade, obtidos nas medições.

A Fig. 7 mostra nas relações entre lâmina d'água e a vazão. Existe uma relação linear logarítmica, e a regressão se apresenta da seguinte forma:

$$Q = 2,9148 H^{1,6983} \dots\dots\dots (12)$$

onde Q = vazão (litro/s)

H = altura da lâmina d'água (cm)

Coefficiente de correlação (r) = 0,9983

Desta equação (curva-chave), a vazão pode ser apresentada/ como a função da lâmina d'água. Assim pode-se avaliar a vazão através da medição contínua da altura da lâmina d'água.

IV.2- APLICAÇÃO DA CURVA-CHAVE.

A descarga não aumenta sempre de forma constante com a espessura da lâmina d'água, e a curva da descarga sofre uma mudança em determinado ponto. Nestos casos calcula-se a regressão para cada segmento. Na bacia hidrográfica "D" este ponto deve ser equivalente a 4 ou 5 cm da lâmina d'água.

Assim calculamos a regressão para uma espessura da lâmina/

...

...d'água com menos de 5 cm e em seguida uma acima de 5 cm; e depois estimamos a descarga pelas regressões e a equação (12).

Após a investigação a média do erro relativo correspondente à lâmina d'água com uma espessura de menos de 5 cm foi de 4,5% e para uma espessura maior de 5 cm foi de 1,9%.

Trata-se de erros desprezíveis, tomando-se em conta as medições de precipitação pluviométricas e as medições da velocidade/fluxo d'água.

Decidiu-se que seria satisfatória a utilização da equação para determinação da curva-chave da bacia hidrográfica "D".

IV.3- CÁLCULO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.

Primeiramente é dada uma explicação sucinta dos termos empregados. Um gráfico que apresenta a variação da vazão em relação ao tempo, é denominado Hidrograma ou Hidrógrafa.

O Hidrograma pode ser considerado como sendo a expressão integral das características fisiográficas e climáticas que determinam as relações entre precipitação e o escoamento superficial / de determinada bacia hidrográfica.

Não somente a vazão mas também o escoamento são termos técnicos importantes a serem discutidos na determinação da vazão em um vertedouro. Assim a vazão é um valor instantâneo, o escoamento é o volume da vazão que é obtido em uma bacia hidrográfica em determinado período, como por exemplo; por hora, dia, mês, ano, etc. A altura do escoamento é obtida dividindo-se o mesmo pela área da bacia hidrográfica. A unidade é em milímetro, para que possa ser comparada com a precipitação pluviométrica. A unidade da vazão específica é definida como sendo o valor da vazão na unidade da área da bacia hidrográfica, ha ou km², e é expressa em unidade de litros/s/ha ou m³/s/km². Este indicador é utilizado na comparação das vazões entre diferentes bacias hidrográficas.

Em seguida descreve-se os procedimentos seguidos na determinação do escoamento superficial.

O papel gráfico do Linógrafo foi trocado mensalmente, e em seguida os dados registrados foram tabulados. Em condições normais a tabulação dos dados se faz seis vezes por dia (às 4:00, 8:00, 12:00, 16:00, 20:00 e 24:00 horas).

Quando a altura da lâmina d'água aumenta em consequência de uma chuva pesada, os segmentos correspondentes a intervalos de 20 ou 60 minutos são tabulados. Os dados tabulados são computados pelo C.P.D. (Centro de Processamento de Dados) do Instituto ...

...Florestal através de um computador do tipo FACOM 230-28.

Já que não é possível expressar um hidrograma de chuva através de uma equação, é possível calcular exatamente o volume da mesma, mas uma boa aproximação se obtém através do método geométrico.

Adotou-se a fórmula de SIMPSON para a determinação da vazão.

Num sentido mais restrito, já que uma determinada altura da lâmina d'água não corresponde a um determinado intervalo, não seria viável o emprego da fórmula de SIMPSON. Mas a altura da lâmina d'água é registrada num intervalo de 20 ou 60 minutos, assim as alterações em duas diferentes alturas da lâmina d'água correspondem no gráfico a uma linha reta. Assim a altura da lâmina d'água correspondente a um determinado intervalo pode ser automaticamente determinada pelo computador. Um intervalo é igual a 10 minutos.

A fórmula de SIMPSON é expressa da seguinte forma:

$$\int_a^b F(x) dx \approx 1/T h/3 \{y_0 + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2m-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2m-2}) + y_{2m}\} \cdot 0,3$$

h_1 corresponde a um intervalo entre o tempo (t_1) e (t_{i+1})

(y_1) corresponde a vazão no tempo (t_1)

Para aumentar a exatidão do cálculo, o intervalo do gráfico do Lisímetro deve ser o menor possível. Mas a velocidade do gráfico é de 18 mm por hora, e o gráfico é graduado em intervalos de 20 minutos, assim a leitura do gráfico não deve exceder a um intervalo de 10 minutos.

A fim de elucidar a descrição acima, um exemplo de cálculo é dado na Fig.8. Trata-se da leitura correspondente no mês de Novembro de 1.982. A data, tempo e altura da lâmina d'água, deduz-se do gráfico do Lisímetro.

Por exemplo, às 04:00 horas do dia 02 de Novembro a altura da lâmina d'água correspondeu a 3,0 cm, a vazão foi calculada empregando-se a equação (12) como sendo de 18,832 litro/s.

A vazão específica é calculada da seguinte maneira:

$0,018832 \text{ m}^3/\text{s}/0,5604 \text{ km}^2 = 0,03352 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, já que a área da bacia hidrográfica "B" é de 56,04 ha.

O símbolo Q (MM) representa uma vazão acumulada, assim a vazão correspondente no intervalo de tempo de 00 horas à 04:00 horas do dia 02, é obtido subtraindo-se 4,586 de 5,069. O processo do cálculo se baseia na equação (13).

O escoamento diário é o volume da vazão de um vertedouro entre 00 horas e 24:00 horas. O escoamento diário deste ...

do água. A vazão mensal de Novembro de 1.982 é igual a 111,326mm.

Os procedimentos acima são os mais básicos para a determinação do escoamento de um rio.

Através deste resultado é possível avaliar a relação entre o escoamento e a precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica "D" Fig.9.

V. CONCLUSÃO.

Alguns resultados obtidos no vertedouro da bacia "D" são apresentados, mesmo estando a mesma ainda em período de calibração.

A Tabela nº.5 mostra a precipitação pluviométrica mensal, e as máximas e mínimas registradas na bacia hidrográfica "D". A precipitação pluviométrica mensal não é de toda área, mas de um único ponto conservado no vertedouro, isto porque está sendo investigada a precipitação pluviométrica que ocorre no interior da bacia hidrográfica através de 04 pluviômetros instalados na mesma.

Os dados pluviométricos registrados levam a seguinte conclusão:

As vazões mínimas mensais podem ser classificadas em dois grupos. O primeiro grupo corresponde a uma vazão de 10,0 a 15,0 litros/s que corresponde a um escoamento diário de 1,54 a 2,31 mm. O segundo corresponde a uma vazão de 20,0 a 30,0 litros/s que é igual a um escoamento diário de 3,08 a 4,63 mm. O primeiro grupo corresponde a época de seca, enquanto que o segundo corresponde a época da chuva. A vazão mínima (oufluxo mínimo) muitas vezes é usada como indicador do escoamento básico, assim eles são considerados os básicos para cada período do ano. Estimou-se o escoamento básico anual em mais de 900mm e o mesmo é responsável em grande parte devido a precipitação de mais de 2.000 mm que ocorre na região.

A vazão máxima ocorreu no dia 05 de Março de 1.983 e foi de 1.467,96 litros/s devido a um temporal (a precipitação pluviométrica no dia, foi de 54,0 mm, e a precipitação máxima por hora é de 40,5 mm).

Este temporal foi um dos que ocorreram entre os dias 04 a 07 de Março de 1.983. No segundo temporal que ocorreu em 23 de Março de 1.983, a vazão correspondente foi de 966,93 litros/s. A vazão máxima foi estimada em aproximadamente 1.500 a 2.000 litros/s baseando-se nas observações pluviométricas a partir de Agosto de 1.980. A precipitação total ocorrida neste período foi de 99,0 mm.

Apesar da existência de chuvas com mais de 50 mm diário, as vazões máximas nunca foram provocadas pelos temporais.

De acordo com o Projeto (3) a vazão máxima, baseando

... 39 ...

...na probabilidade centenária da precipitação pluviométrica na região, foi calculada em 19,0 m³/s. A seção do canal foi projetada para este valor, no entanto neste período de observação a vazão máxima determinada foi de treze vezes menor do que aquela calculada para a construção do vertedouro.

Para que se possa avaliar com precisão os efeitos da cobertura florestal na produção da água, é necessário que se faça / uma avaliação, não só da vazão, mas também do escoamento básico com bastante precisão. O escoamento básico é frequentemente influenciado pela cobertura florestal e a evapotranspiração, especialmente as flutuações diárias na vazão na época de seca, o que são devidas a / evapotranspiração diária que ocorre na mata ciliar (4). O escoamento básico é em grande parte responsável pela vazão anual na bacia / hidrográfica "D".

A nosso ver a seção transversal do canal aberto foi superdimensionada para as determinações das vazões mínimas, mas este fato não parece influir na determinação do balanço hídrico anual.

VI. AGRADECIMENTOS.

Os autores gostariam de expressar os seus agradecimentos ao Instituto Florestal de São Paulo e a J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency), pela cooperação prestada na elaboração do presente trabalho.

Também gostariam de agradecer os contínuos incentivos que recebem dos Senhores Prof. Dr. Hidonori Nakano e Dr. Taizo Endo, Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Florestais do Japão.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Tabela 1 - Características físicas da bacia hidrográfica "D".

- 1 - Área = 56,04 ha
- 2 - Elevação máxima e mínima = 1222,0 m e 1048,0 m
- 3 - Altitude média = 1125,10 m
- 4 - Declividade média = 25°10'
- 5 - Comprimento do rio principal = 1250,0 m
- 6 - Altura relativa = 174,0 m
- 7 - Razão da declividade = 0,138 = 7°52'
- 8 - Largura média da bacia = 444,76 m
- 9 - Fator de forma = 0,353
- 10 - Razão de forma = 2,83
- 11 - Razão de alongamento = 0,67
- 12 - Perímetro da bacia = 3340,0 m
- 13 - Comprimento total dos rios na bacia = 1550,0 m
- 14 - Densidade de drenagem = 2,77 km/km²
- 15 - Ordem da Bacia = 2ª ordem, segundo STRAHLER.

Tabela 2 - Algumas características do canal aberto

1 - COMPRIMENTO	20,0 m
2 - DECLIVIDADE	1 ‰
3 - LARGURA INFERIOR	0,9 m
4 - LARGURA SUPERIOR	5,0 m
5 - ALTURA	2,0 m
6 - DECLIVIDADE DOS LADOS	45 ‰

Tabela 3 - Algumas especificações do medidor de nível d'água SUIKEN 62

1 - Diâmetro da bóia	500 mm
2 - Escala de medição	0 a 5 m
3 - Sensibilidade	dentre ± 5 mm
4 - Velocidade do gráfico	relógio quartzo
5 - Período de registro	um mês
6 - Velocidade do gráfico	10 mm por hora

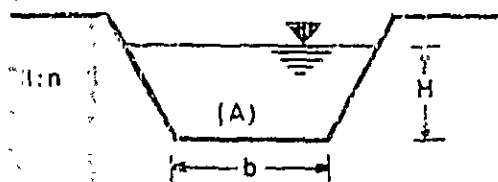
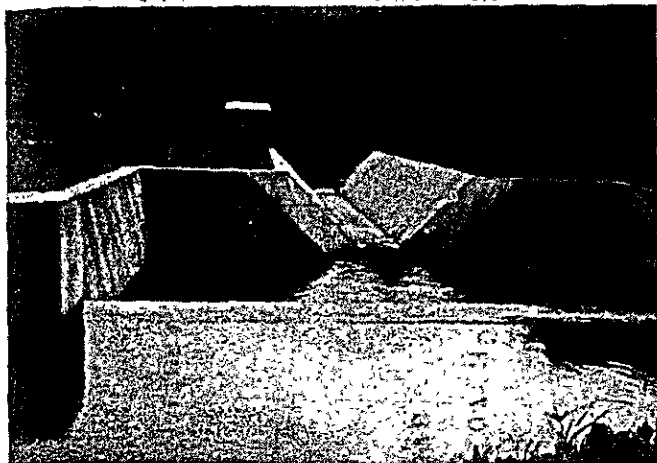
Tabela 4 - Exemplo da velocidade do fluxo

Altura da lâmina d'água (cm)	Profundidade de medição (cm)	Velocidade média (cm/seg.)
3,7	1,5	81,5
	2,3	76,9
5,5	1,1	109,5
	3,0	103,3
	4,0	99,7

Tabela 5 - Vazão mensal máxima e mínima da bacia hidrográfica "D"

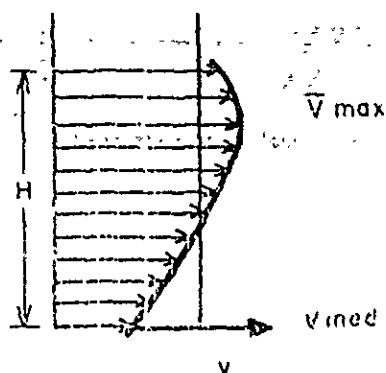
Mês	Precipitação (mm)	Mínima*		Máxima	
		altura da lâmina d'água (cm)	Vazão lit/seg.	Altura da lâmina (cm)	Vazão (litro/seg.)
Mai. 1982	33,5	3,5	24,47	5,0	44,84
Jun.	123,5	3,0	18,83	11,5	184,50
Jul.	65,0	2,5	13,82	6,0	61,11
Ago.	122,5	2,0	9,46	12,5	212,56
Set.	128,0	2,0	9,46	13,0	227,21
Out.	228,5	2,0	9,46	13,4	239,21
Nov.	209,5	2,7	13,75	26,5	761,57
Dez.	350,5	3,7	26,89	25,0	689,81
Jan. 1983	194,5	4,0	30,70	8,5	110,42
Fev.	167,5	3,7	26,89	14,2	263,96
Mar.	331,0	3,6	25,67	39,0	1467,96
Abr.	212,5	4,1	32,01	24,5	666,55
Máxima	350,5	4,1	32,01	39,0	1467,96
Mínima	33,5	2,0	9,46	6,0	61,11

* a vazão mínima é definida como a mínima instantânea para cada registro e não como vazão mínima diária.



H: ALTURA DA LAMINA D'AGUA
 b: LARGURA DA BASE
 A: PERÍMETRO ÚNIDO DA SEÇÃO TRANSVERSAL
 1/n: DECLIVIDADE DAS PAREDES LATERAIS

FIG. 4: CANAL ABERTO TRAPEZOIDAL



v: VELOCIDADE DO FLUXO
 H: ALTURA DA LAMINA D'AGUA
 \bar{v}_{max} : VOLUME MÁXIMO DA ÁGUA
 \bar{v}_{med} : VELOCIDADE MÉDIA DA ÁGUA

FIG. 5: CURVA DA VELOCIDADE VERTICAL

VELOCIDADE (Cm/s)

1.000

500

100

50

10

$\eta = 0,012$
 $\eta = 0,015$
 $\eta = 0,018$

$V = 34,2607$ $H = 0,6260$

$r = 0,98578$

ALTURA DA LAMINA D'AGUA

100

50

10

5

ALTURA DA LAMINA D'AGUA

FIG. 6 RELAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE E A ALTURA DA LAMINA D'AGUA

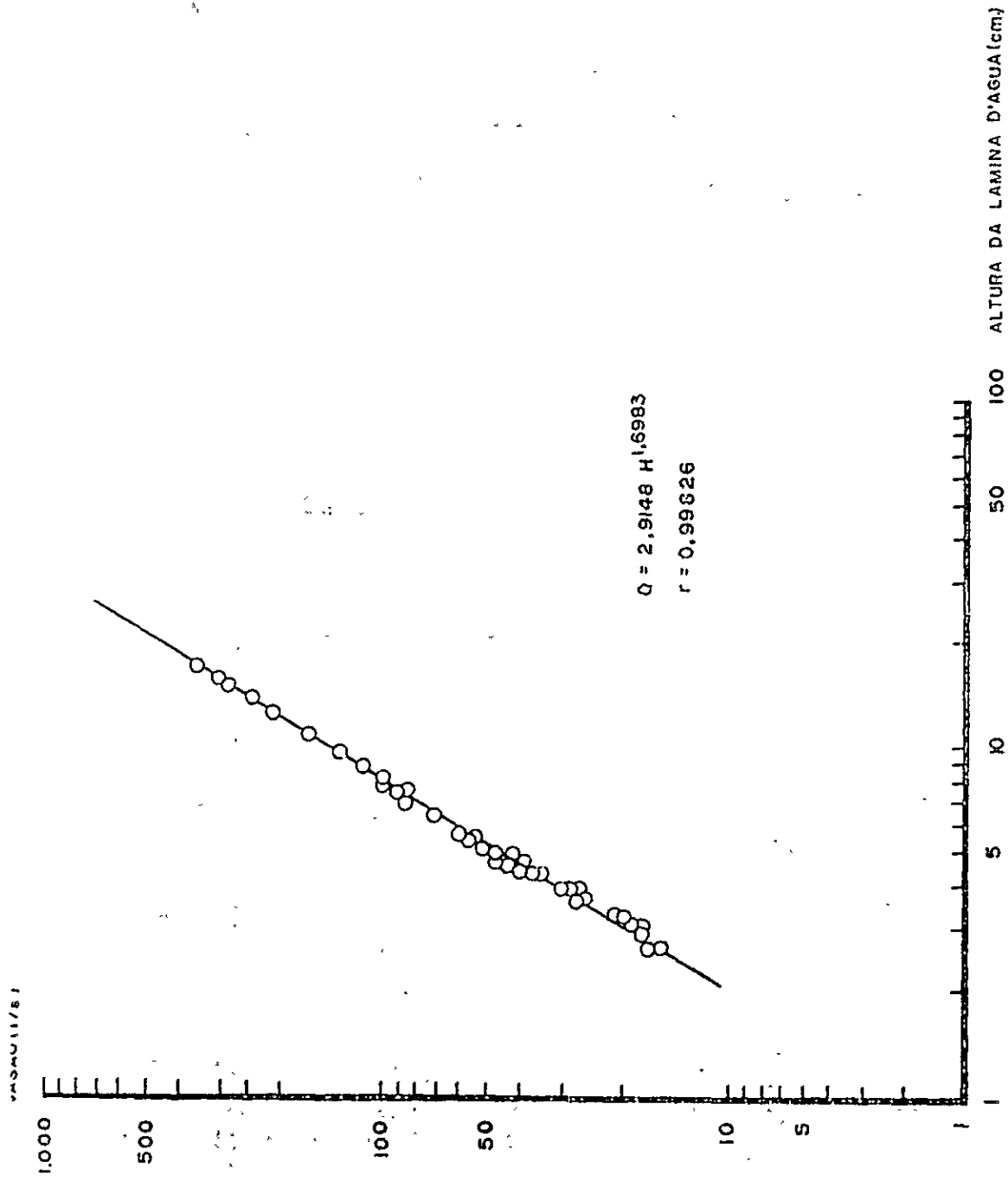
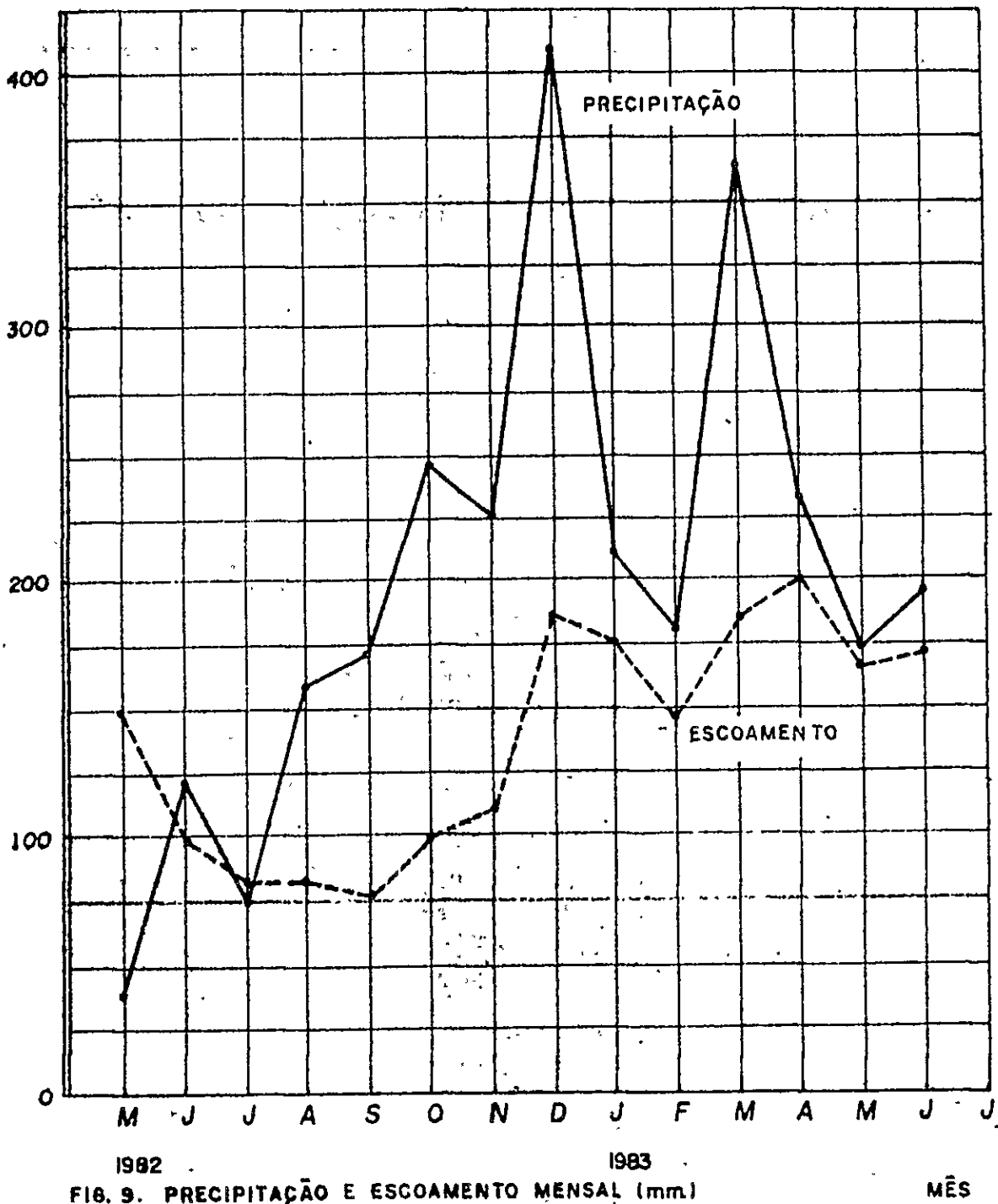


FIG. 7: RELAÇÃO ENTRE A VASÃO E A ALTURA DA LAMINA D'AGUA

CUNHA BARRAGEM 1							
01/11/82 - 30/11/82							
DATA	TEMPO	ALTURA	Q(LIT/S)	ESPEC.	Q(MM)	VAZAO/D.	VAZAO
11182	0 0	3.00	13.332	0.03352			
0	4 0	3.00	18.832	0.03352	0.483		1*
0	8 0	3.00	18.832	0.03352	0.965		1*
0	12 0	3.00	18.832	0.03352	1.207		1*
0	16 0	2.80	16.750	0.02982	1.321		1*
0	20 0	2.80	16.750	0.02982	1.428		1*
0	24 0	2.80	16.750	0.02982	1.853		1*
0	28 0	2.90	17.779	0.03165	2.300		1*
0	32 0	3.00	18.832	0.03352	2.769	2.769	1*
21182	4 0	3.00	18.832	0.03352	3.252		1*
0	8 0	3.00	18.832	0.03352	3.735		1*
0	12 0	2.90	17.779	0.03165	3.852		1*
0	16 0	2.30	16.750	0.02982	3.963		1*
0	20 0	2.80	16.750	0.02982	4.070		1*
0	24 0	2.30	16.750	0.02982	4.392		1*
0	28 0	2.80	16.750	0.02982	4.821		1*
0	32 0	3.00	18.832	0.03352	4.859		1*
0	4 0	3.00	18.832	0.03352	5.060		1*
0	8 0	3.00	18.832	0.03352	5.543	2.774	1*
31182	4 0	3.00	18.832	0.03352	6.026		1*
0	8 0	3.00	18.832	0.03352	6.309		1*
0	12 0	2.90	17.779	0.03165	6.743		1*
0	16 0	2.90	17.779	0.03165	6.971		1*
0	20 0	2.90	17.779	0.03165	7.427		1*
0	24 0	2.90	17.779	0.03165	7.883		1*
0	28 0	2.90	17.779	0.03165	8.338	2.795	1*
41182	4 0	2.90	17.779	0.03165	8.794		1*
0	8 0	2.90	17.779	0.03165	9.250		1*
0	12 0	2.30	16.750	0.02982	9.342		1*
0	16 0	2.80	16.750	0.02982	9.689		1*
0	20 0	2.80	16.750	0.02982	10.118		1*
0	24 0	2.80	16.750	0.02982	10.548		1*
0	28 0	2.80	16.750	0.02982	10.977	2.639	1*
51182	4 0	2.80	16.750	0.02982	11.406		1*
0	8 0	2.90	17.779	0.03165	11.849		1*
0	12 0	2.90	17.779	0.03165	12.305		1*
0	16 0	2.90	17.779	0.03165	12.760		1*
0	20 0	2.90	17.779	0.03165	12.874		1*
0	24 0	2.90	17.779	0.03165	12.950		1*
0	28 0	3.00	18.832	0.03352	12.990		1*
0	32 0	3.00	18.832	0.03352	13.239		1*
0	4 0	3.00	18.832	0.03352	13.721	2.744	1*
271182	4 0	3.20	21.014	0.03740	96.288		1*
0	8 0	3.20	21.014	0.03740	96.827		1*
0	12 0	3.00	18.832	0.03352	97.337		1*
0	16 0	3.30	22.141	0.03941	97.662		1*
0	20 0	3.30	22.141	0.03941	98.429		1*
0	24 0	3.30	22.141	0.03941	99.997	3.262	1*
281182	4 0	3.20	21.014	0.03740	99.350		1*
0	8 0	3.20	21.014	0.03740	100.339		1*
0	12 0	3.10	19.911	0.03544	100.513		1*
0	16 0	3.00	18.832	0.03352	101.110		1*
0	20 0	3.00	18.832	0.03352	101.592		1*
0	24 0	3.10	19.911	0.03544	102.085	3.092	1*
291182	4 0	3.10	19.911	0.03544	102.599		1*
0	8 0	3.20	21.014	0.03740	103.124		1*
0	12 0	3.20	21.014	0.03740	103.662		1*
0	16 0	3.20	21.014	0.03740	104.201		1*
0	20 0	3.10	19.911	0.03544	104.332		1*
0	24 0	3.70	26.890	0.04786	104.382		1**
0	28 0	3.70	26.890	0.04786	104.439		1**
0	32 0	3.80	28.133	0.05008	104.498		1**
0	4 0	3.80	28.133	0.05008	104.578		1**
0	8 0	3.70	26.890	0.04786	104.655		1**
0	12 0	3.50	24.468	0.04355	105.019		1*
0	16 0	3.50	24.468	0.04355	105.176		1*
0	20 0	3.40	23.293	0.04140	105.482	3.393	1*
301182	4 0	3.30	22.141	0.03941	106.064		1*
0	8 0	3.30	22.141	0.03941	106.032		1*
0	12 0	3.20	21.014	0.03740	107.185		1*
0	16 0	3.20	21.014	0.03740	107.724		1*
0	20 0	3.20	21.014	0.03740	108.262		1*
0	24 0	3.20	21.014	0.03740	108.801	3.310	1*

EXECUTADO PELO C...

Fig. 8: Cálculo do escoamento superficial



1982 1983
FIG. 9. PRECIPITAÇÃO E ESCOAMENTO MENSAL (mm) MÊS

Manejo de Bacias Hidrográficas

WALTER EMMERICH
ALCEU JONAS FARIA
Instituto Florestal do Estado de São Paulo
WALDIR DE CICCIO
FBCN
TETSUYA KUDOH
JICA - Japão

Summary

The "Instituto Florestal" of São Paulo state and the "Instituto de Pesquisa Florestal e Produtos Florestais" of Japan are carrying out a project for the study of forest hydrology. It consists of discharge from forest watershed, rainfall interception, surface runoff from hillside and energy balance in the three types of stands: softwood, hardwood and gramineous plant.

The project establishes gauging station, plane lysimeter, test-plots for surface runoff and meteorological station at the three experimental watershed in the branch of Paraíba river, which is located at the "Reserva Estadual" of Cunha.

Some technique of cutting should be developed in order to evaluate the change of surface runoff from the experimental watershed. The results obtained will be useful for soil and water conservation in a forest and a pasture land.

The hydrological and micro-meteorological data will be collected for about five years, which is known to the calibration periods. And "Centro de Processamento de Dados" of the Institute will supply the statistic analysis data and computer program library for the person who is interesting in this Project.

Resumo

Os Institutos, Florestal de São Paulo e o de Pesquisa Florestal e Produtos Florestais do Japão, desenvolvem um programa para o estudo da interceptação da chuva, escoamento superficial, balanço de energia em três tipos de cobertura vegetal: coníferas, folhosas e gramíneas.

O programa prevê, construções de barragens de concreto, de lisímetros, de plots-testes e instalações de postos meteorológicos em três bacias hidrográficas experimentais nos afluentes do Rio Paraíba, localizados na Reserva Estadual de Cunha.

Os resultados obtidos, servirão para tomadas de decisões quanto à espécie florestal mais indicada para a proteção dos mananciais d'água e preservação do solo. Técnicas de cortes deverão ser desenvolvidas para minimizar o escoamento superficial, das águas das bacias hidrográficas experimentais.

Os dados serão coletados através de instrumentais meteorológicos, distribuídos nos vertedouros e encostas das bacias hidrográficas, por um período aproximado de cinco anos, conhecido por período de observação e calibrações.

O Centro de Processamento de Dados do Instituto Florestal, fornecerá toda programação referente a formulações e análises estatísticas.

1. INTRODUÇÃO

Este Projeto é parte integrante de cooperação técnica para o desenvolvimento da pesquisa florestal no Estado de São Paulo, firmado em 04/17/78 entre o Instituto florestal de São Paulo e o Instituto de Pesquisa Florestal e Produtos Florestais do Japão, através da JICA (Japan International Cooperation Agency).

No projeto de Manejo de Bacias Hidrográficas, o governo japonês fornecerá cooperação técnico-científica, treinamento de técnicos e todos os equipamentos meteorológicos, hidrológicos necessários ao desenvolvimento do mesmo.

Caberá ao Instituto Florestal de São Paulo a construção das barragens e outras obras de engenharia, necessárias para a instalação dos equipamentos já fornecidos.

O projeto Manejo de Bacias Hidrográficas se divide em:

1) programa para estudo da interceptação da chuva, volume de escoamento superficial e erosão do solo em pequenas áreas de ensaio com três tipos de cobertura vegetal (coníferas, folhosas e gramíneas).

1.1) finalidade: estudar a diferença na interceptação da chuva pelos respectivos tipos de vegetações, volume de escoamento superficial e erosão do solo.

1.2) área de ensaio

Para este estudo deverão ser construídas três áreas de ensaio "Plots", cada uma com 20 m de largura, 30 m de comprimento e 1,2 m de profundidade, distribuídas numa das encostas. Cabe assinalar aqui, que uma das áreas de ensaio já foi construída pela JICA a título de demonstração com mão de obra do Instituto Florestal de São Paulo, supervisão técnica de um engenheiro civil japonês e responsabilidade técnica do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica).

2) Programa para estudo da evapotranspiração

Através desse programa pretende-se estudar a evapotranspiração potencial dos diferentes tipos de coberturas florestais, utilizando-se para tanto, de uma torre metálica de 75 metros de altura, com elevador interno, na qual será instalado equipamentos em diferentes andares altitudinais, três lisímetros e outros instrumentais meteorológicos, já recebidos para a Reserva Estadual de Cunha.

2.1) Lisímetro: Trata-se de uma caixa de concreto com 10 X 10 m e 2 m de profundidade, perfeitamente vedada e nos quais toda água ali captada será contabilizada por equipamentos automáticos que permitem avaliar o volume de água escoada e de terminado tempo, retido pelo solo e transpirado pela vegetação.

Cada lisímetro receberá uma cobertura vegetal correspondente a cobertura vegetal de uma determinada bacia hidrográfica ou seja, conífera, folhosa e gramínea.

Dos três lisímetros programados, um já foi construído com auxílio de recursos da JICA.

3) programa do estudo de hidrologia florestal através de Bacias Hidrográficas Experimentais.

3.1) finalidade: controle de escoamento superficial, controle do regime hídrico, nos três tipos de coberturas vegetais ou seja coníferas, folhosas e gramíneas.

3.2) localização: as três Bacias Hidrográficas Experimentais (A, B e D) foram escolhidas em afluentes do Rio Paraíba, um dos afluentes do Rio Paraíba na Reserva Estadual de Cunha.

Através da construção das barragens de concreto nas três Bacias Hidrográficas, pretende-se avaliar todo o escoamento hídrico em intervalos de tempo determinado, de acordo com a precipitação pluviométrica com auxílio de equipamentos adequados instalados nos vertedouros.

O programa de pesquisa em Bacias Hidrográficas prevê inicialmente a construção de três barragens de concreto, sendo que cada uma foi projetada pelos técnicos japoneses, de acordo com as características físicas das bacias hidrográficas.

Foram projetadas três bacias hidrográficas denominadas A, B e D respectivamente com 39,5 ha; 36,7 ha e 55,0 ha.

A barragem da Bacia Hidrográfica D, a mais complexa, já foi construída com auxílio de recursos do governo japonês e do Instituto Florestal de São Paulo.

A construção de um laboratório de campo com amplas acomodações para o desenvolvimento das pesquisas nas áreas de recursos naturais, construído com recursos do Programa Macroplano da Secretaria do Planejamento da Presidência da República, já possibilita a estada e o desenvolvimento de suas pesquisas aos técnicos da Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e outras instituições.

7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos fatores mais importantes nos estudos das Bacias Hidrográficas é a obtenção de dados reais e verdadeiros. Um outro não menos importante mas necessário, é o que se refere a quantidade de dados. Para que essa pesquisa não seja anti-econômica, é importante dispor de dados suficientes a fim de que se possa estabelecer uma relação viável entre as variáveis para determinar com segurança a margem de erros nas relações entre estas variáveis (5).

A Bacia Hidrográfica é um ecossistema aberto onde as águas e nutrientes continuamente fluem através de seus limites circulando internamente entre os vários componentes do ecossistema. Estudos de Manejo de Bacias Hidrográficas nos Estados Unidos, demonstraram a importância dos fatores abióticos e o balanço quantitativo da biomassa para a compreensão da estrutura e função do ecossistema (3).

Numa floresta a maior parte das águas que caem sobre a terra em forma de chuva, é em primeiro lugar interceptada pelas folhas, galhos, camada herbácea e finalmente pela matéria orgânica depositada no solo. A energia cinética e a composição química da água é alterada antes que ela entre em contacto com o solo mineral, além de minimizar a erosão e regular o fluxo de nutrientes. Há necessidade porém, de que a Bacia Hidrográfica seja uniforme no que se refere as camadas inferiores do subsolo como também seu meio biogeoquímico (1).

As expectativas em torno das diversas funções da floresta vem aumentando cada vez mais, tornando-se imperativo o seu aproveitamento para finalidades múltiplas. Entre estas funções, esperaríamos de diminuir as enchentes, assegurar o suprimento hídrico, impedir a erosão do solo de terrenos montanhosos e diminuir a queda de barreiras.

A floresta tem a capacidade de alimentar o volume de vazão mínima em bacias de grande porte, de regiões de chuvas abundantes. No entanto, mesmo com chuvas abundantes, o volume de vazão mínima não é diminuído no caso de bacias extremamente pequenas (4).

A estabilidade de uma Bacia Hidrográfica pode sofrer além das alterações decorrentes de fatores naturais, como clima, solo, vegetação, etc.; alterações decorrentes da ação direta do homem. Os principais fatores capazes de provocar alterações são: pastoreio, queimadas, derrubadas, construção de estradas e cultivos predatórios (7).

3. MATERIAL E MÉTODO

Durante cinco anos, denominado período de calibragem das três bacias hidrográficas, serão coletados dados hidrológicos e meteorológicos das mesmas. Esses dados serão utilizados para confecção de uma curva de regressão das características de uma bacia hidrográfica com relação as outras bacias experimentais. Seguindo a esse período de calibragem, cada bacia receberá o tratamento de acordo com as especificações previstas no projeto de pesquisa, ou seja, a retirada gradativa da cobertura vegetal natural e sua substituição por folhosas e coníferas mais adaptáveis a região.

Quanto a escolha das bacias hidrográficas experimentais procurou-se localizá-las em áreas de matas degradadas anteriormente ao estabelecimento da Reserva Estadual de Cunha.

Dentro de cada bacia serão instalados diversos pluviômetros para avaliar a quantidade de chuvas por ela interceptada.

A vazão e velocidade d'água de cada bacia será determinada por meio de medidores de nível d'água, instalados nos vertedouros triangulares de cada barragem (fotos 1 e 2).

O escoamento superficial em cada tipo de vegetação será determinado em pequenas áreas de ensaio de 600 m² através de medidores automáticos de volume d'água (foto 3 e 4).

A evapotranspiração potencial de cada bacia hidrográfica experimental será avaliada por meio de lisímetros com uma área de 100 m², e seu volume de água percolada, determinado por linígrafo (foto 5).

Os dados meteorológicos da área do projeto, a partir de 1979 já estão sendo contabilizados e analisados através do Centro de Processamento de Dados do Instituto Florestal (foto 6).

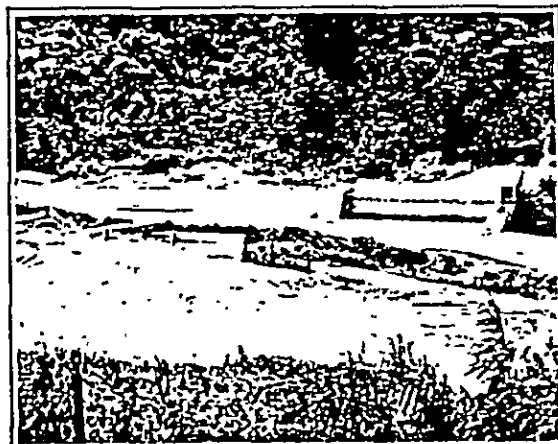


Foto 1 - Vista da barragem da Bacia Hidrográfica denominada D

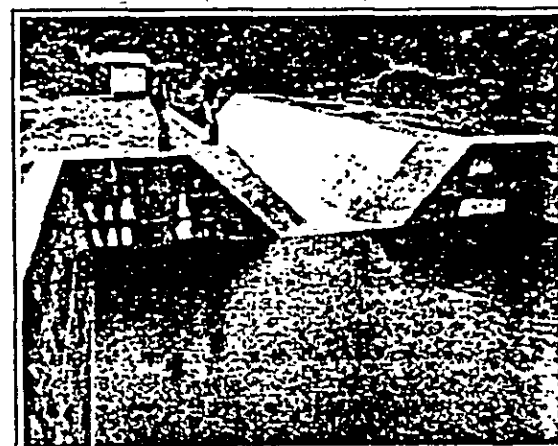


Foto 2 - Vista da barragem mostrando bacia de sedimentação, canal e abrigo para instrumentação hidrológica.

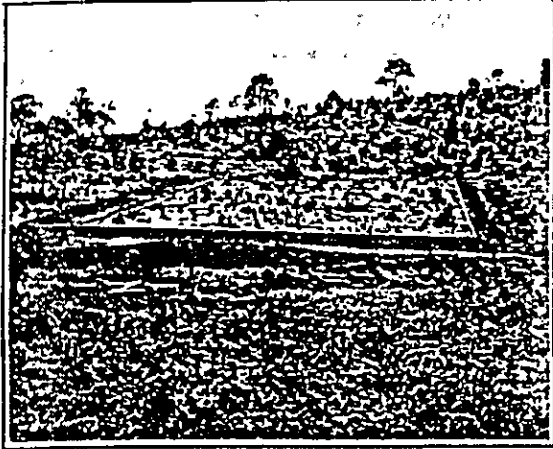


Foto 3 - Vista geral do Plot-test.

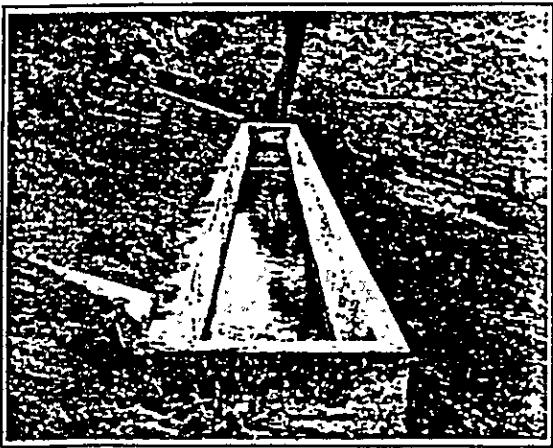


Foto 4 - Vista do tanque de captação de água e sedimentos - Plot-test

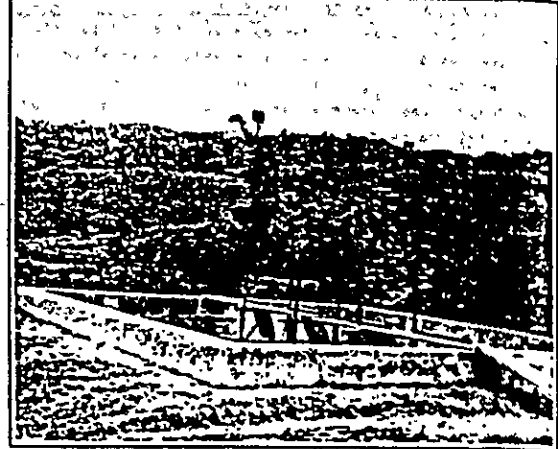


Foto 5 - Vista do Ilúmetro em construção.

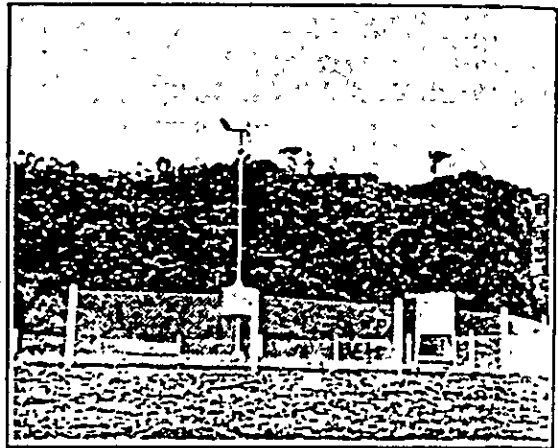


Foto 6 - Vista da Estação Meteorológica da Reserva Estadual de Cunha

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no projeto de bacias hidrográficas, servirão para tomada de decisões quanto a espécie florestal mais indicada para a proteção dos mananciais d'água e preservação do solo. Técnicas de cortes deverão ser desenvolvidas para minimizar o escoamento superficial das águas dentro das bacias hidrográficas experimentais, já que os reflorestamentos das áreas indicadas para esse fim serão formadas com essências florestais de valor econômico.

As espécies florestais folhosas e coníferas, que deverão ser utilizadas na recomposição da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Vale do Paraíba, terão o seu potencial de proteção dos recursos hídricos avaliados nas bacias hidrográficas experimentais.

Paralelamente aos estudos hidrológicos propriamente ditos, testes de avaliação com defensivos e fertilizantes químicos se não realizados, já que cada bacia constitui-se num ecossistema fechado, através de coletas periódicas de amostras de água nos vertedouros. As análises periódicas das amostras d'água, possibilitará avaliar o tempo de retenção desses fertilizantes no ecossistema.

O estudo do manejo de bacias hidrográficas tem longa tradição em países como Suíça, Alemanha, Estados Unidos, Japão e Rússia, os quais apresentam uma vasta literatura com referência a estas pesquisas, em pequenas áreas de estudos. No Brasil, esses estudos estão sendo executados através de formulações matemáticas no Estado do Rio Grande do Sul em grandes bacias.

No Japão desde 1911 se realizam estudos em manejo de bacias hidrográficas distribuídas em todo país.

As técnicas de cortes em florestas plantadas, foram estabelecidas a partir de pesquisas realizadas nessas bacias hidrográficas experimentais, visando sempre a proteção do solo e controle d'água.

O manejo de bacias hidrográficas na Reserva Estadual de Cunha deverá oferecer valiosos subsídios para a recuperação da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, bem como outros de similar condição.

5. LITERATURA CITADA

- (1) BORMANN, F.H. and LIKENS. Nutrient Culling. Science, 155:424-429. New York (1967)
- (2) EMERICH, W. e MARCONDES, H.A.P. Algumas características do Manejo de Bacias Hidrográficas. Bol. Téc. I.F. São Paulo 18:1-74, outubro 1975
- (3) LIKENS et alii - Bio Geochemistry of a Forested Ecosystem. New York Heidelberg Berlin (1977)
- (4) HAKANO, H. Watershed Management. Forest Experiment Station Tokyo, Japan (1959)
- (5) UNESCO - Representative and Experimental Basins. An international guide for Research and Practice. Edited by C., Torbes and V. Duryvaev (1962)

PROJETO DE PESQUISA HIDROLÓGICAS EM
FLORESTA NATURAL NA RESERVA ESTADUAL DE CUNHA

Walter Emmerich¹
Valdir de CICCO²
Alceu Janas FARIÁ¹
Motohisa FUJIEDA³

RESUMO

O Instituto Florestal de São Paulo vem se dedicando aos estudos do Manejo de Bacias Hidrográficas; para tanto, elaborou-se um projeto com o propósito de estudar a conservação do solo e da água em diferentes coberturas vegetais na Reserva Estadual de Cunha. Das instalações previstas, já se concluiu uma barragem de concreto numa das bacias hidrográficas situada em um dos pequenos tributários do rio Paraíba. Dois lisímetros e duas áreas para estudos do balanço de água também já foram concluídos. Trata-se de um relatório de progresso, que faz algumas discussões sobre os dados já obtidos e futuras pesquisas no campo da hidrologia florestal.

ABSTRACT

The Instituto Florestal of São Paulo is carrying out a study on watershed management, with purpose to studying soil and water conservation under different vegetation cover in the Reserva Estadual of Cunha. From the facilities foreseen a concrete dam on a small tributary of the Paraíba river is all ready concluded. Two lysimeters and two plot-tests for studying watershed balance are now being completed. This is a progress report that describes some discussion about obtained data and the further research design in the field of forest hydrology.

INTRODUÇÃO

Recentemente a demanda de água para usos industriais e para o abastecimento dos centros urbanos está se tornando um problema importante.

O Instituto Florestal de São Paulo está desenvolvendo um projeto de pesquisas em Manejo de Bacias Hidrográficas com os propósitos de estudar a conservação da água e do solo na floresta natural da Reserva Estadual de Cunha.

A Bacia Hidrográfica experimental foi estabelecida em um

1. Pesquisador Científico - Instituto Florestal de São Paulo - SP.
2. Engenheiro Florestal - Fundação Brasileira para Conservação da Natureza
3. Engenheiro Florestal - Japan International Cooperation Agency

cuo afluente do rio Paraíba, um dos tributários do rio Paraíba, sendo este de grande importância no fornecimento de água ao eixo São Paulo - Rio de Janeiro.

Este projeto teve início em 1979, e o seu perfil foi comunicado no IV Congresso Florestal Brasileiro (1). Algumas instalações para pesquisas em hidrologia florestal já foram construídas e as observações estão sendo realizadas (FIGURA 1). Alguns dados úteis já estão sendo coletados, contudo será necessário continuar com a calibragem durante alguns anos.

O perfil da vegetação, solo, geologia, etc., da Bacia Hidrográfica experimental é dado no levantamento para elaboração do projeto (2), porém uma pesquisa detalhada esta sendo realizada pelos técnicos do Instituto Florestal.

Este é um relatório de progresso onde são feitas discussões sobre dados obtidos e propósitos sobre futuras pesquisas.

MATERIAL E MÉTODOS

Bacia Hidrográfica Experimental

A finalidade da pesquisa em Bacias Hidrográficas Experimentais é a de se estudar a diferença no balanço de água e das características do escoamento superficial nos diferentes tipos de cobertura florestal. No projeto está prevista a construção de vertedouros em três Bacias Hidrográficas Experimentais na Reserva Estadual de Cunha.

As áreas das Bacias Hidrográficas Experimentais "A", "B" e "D" são: 37,50 ha; 36,68 ha e 56,04 ha, respectivamente; nas quais será avaliado o volume de água escoado através de medidores de nível d'água.

O vertedouro da Bacia Hidrográfica "D" já foi construído, e o volume de escoamento esta sendo computado desde fevereiro 1982. Neste trabalho, os autores se referem unicamente a Bacia Hidrográfica "D" (Tabela 1). A figura 2 mostra algumas instalações em pesquisas hidrográficas em floresta natural.

O vertedouro é do tipo de canal aberto com uma bacia de sedimentação e reservatório regulador no bordo superior do canal com a finalidade de aumentar a precisão das medições. A tabela 2 mostra algumas características do canal aberto.

O canal e o abrigo do medidor do nível d'água são conectados através de um tubo adutor, e a mudança do nível d'água é registrada por um medidor de nível d'água do tipo flutuador acoplado a um registrador automático (SUIKEN 62 - tipo, no Japão; observações mensais, velocidade da carta 18 mm/h).

Juntamente com a medição do nível d'água, a vazão é avaliada afim de se estabelecer a curva de descarga. A curva da altura da lâmina d'água x vazão ainda não foi estabelecida diante da pouca variação do volume de água devido a época seca. Como existe uma pequena variação supõem-se que a descarga observada é a correspondente ao fluxo mínimo nesta Bacia Hidrográfica.

Como as Bacias Hidrográficas se encontram numa região montanhosa, com condições topográficas e meteorológicas complexas, a distribuição da chuva é bastante irregular. Nesta área o vento vindo do Oceano Atlântico algumas vezes provoca densos nevoeiros cobrindo toda a área das Bacias Hidrográficas. Afim de se avaliar com exatidão a precipitação na Bacia Hidrográfica, três

**CONGRESSO
NACIONAL
SOBRE
ESSÊNCIAS NATIVAS**



**CERTIFICADO
DE PARTICIPAÇÃO**

Certificamos que

MOTOHISA FUJIEDA

participou do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, realizado em Campos do Jordão, São Paulo, de 12 a 18 de setembro de 1982, na qualidade de EXPOSITOR DE TRABALHO VOLUNTÁRIO

São Paulo, Setembro de 1982

Cláudio Braga Ribeiro Ferreira
Secretário de Agricultura e Abastecimento
Presidente do Congresso

Guenji Yamazoe
Diretor Geral do Instituto Florestal
Presidente da Comissão Organizadora

PROJETO DE PESQUISA HIDROLÓGICAS EM
FLORESTA NATURAL NA RESERVA ESTADUAL DE CUNHA

Walter Emmerich¹
Valdir de CICCO²
Alceu Janas FARIÃ¹
Motohisa FUJIEDA³

RESUMO

O Instituto Florestal de São Paulo vem se dedicando aos estudos do Manejo de Bacias Hidrográficas; para tanto, elaborou-se um projeto com o propósito de estudar a conservação do solo e da água em diferentes coberturas vegetais na Reserva Estadual de Cunha. Das instalações previstas, já se concluiu uma barragem de concreto numa das bacias hidrográficas situada em um dos pequenos tributários do rio Paraíba. Dois lisímetros e duas áreas para estudos do balanço de água também já foram concluídos. Trata-se de um relatório de progresso, que faz algumas discussões sobre os dados já obtidos e futuras pesquisas no campo da hidrologia florestal.

ABSTRACT

The Instituto Florestal of São Paulo is carrying out studying on watershed management, with purpose to studying soil and water conservation under different vegetation cover in the Reserva Estadual of Cunha. From the facilities foreseen a concrete dam one a small tributary of the Paraíba river is all ready concluded. Two lysimeters and two plot-tests for studying watershed balance all so were concluded. This is a progress report that describes some discussion about obtained data and the further research design in the field of forest hydrology.

INTRODUÇÃO

Recentemente a demanda de água para usos industriais e para o abastecimento dos centros urbanos está se tornando um problema importante.

O Instituto Florestal de São Paulo está desenvolvendo um projeto de pesquisas em Manejo de Bacias Hidrográficas com os propósitos de estudar a conservação da água e do solo na floresta natural da Reserva Estadual de Cunha.

A Bacia Hidrográfica experimental foi estabelecida em um

1. Pesquisador Científico - Instituto Florestal de São Paulo - SP.
2. Engenheiro Florestal - Fundação Brasileira para Conservação da Natureza
3. Engenheiro Florestal - Japan International Cooperation Agency

cuo afluente do rio Paraíba, um dos tributários do rio Paraíba, sendo este de grande importância no fornecimento de água ao eixo São Paulo - Rio de Janeiro.

Este projeto teve início em 1979, e o seu perfil foi començado no IV Congresso Florestal Brasileiro (1). Algumas instalações para pesquisas em hidrologia florestal já foram construídas e as observações estão sendo realizadas (FIGURA 1). Alguns dados úteis já estão sendo coletados, contudo será necessário continuar com a calibragem durante alguns anos.

O perfil da vegetação, solo, geologia, etc., da Bacia Hidrográfica experimental é dado no levantamento para elaboração do projeto (2), porém uma pesquisa detalhada esta sendo realizada pelos técnicos do Instituto Florestal.

Este é um relatório de progresso onde são feitas discussões sobre dados obtidos e propósitos sobre futuras pesquisas.

MATERIAL E MÉTODOS

Bacia Hidrográfica Experimental

A finalidade da pesquisa em Bacias Hidrográficas Experimentais é a de se estudar a diferença no balanço de água e das características do escoamento superficial nos diferentes tipos de cobertura florestal. No projeto está prevista a construção de vertedouros em três Bacias Hidrográficas Experimentais na Reserva Estadual de Cunha.

As áreas das Bacias Hidrográficas Experimentais "A", "B" e "D" são: 37,50 ha; 36,68 ha e 56,04 ha, respectivamente; nas quais será avaliado o volume de água escurrido através de medidores de nível d'água.

O vertedouro da Bacia Hidrográfica "D" já foi construído, e o volume de escoamento esta sendo computado desde fevereiro de 1982.

Neste trabalho, os autores se referem unicamente a Bacia Hidrográfica "D" (Tabela 1). A figura 2 mostra algumas instalações em pesquisas hidrologicas em floresta natural.

O vertedouro é do tipo de canal aberto com uma bacia de sedimentação e reservatório regulador no bordo superior do canal com a finalidade de aumentar a precisão das medições. A tabela 2 mostra algumas características do canal aberto.

O canal e o abrigo do medidor do nível d'água são conectados através de um tubo adutor, e a mudança do nível d'água é registrada por um medidor de nível d'água do tipo flutuador acoplado a um registrador automático (SUKEN 62 - Tipo, no Japão; observações mensais, velocidade da carta 18 mm/h).

Juntamente com a medição do nível d'água, a vazão é avaliada afim de se estabelecer a curva de descarga. A curva da altura da lâmina d'água x vazão ainda não foi estabelecida diante da pouca variação do volume de água devido a época seca. Como existe uma pequena variação supõem-se que a descarga observada é a correspondente ao fluxo mínimo nesta Bacia Hidrográfica.

Como as Bacias Hidrográficas se encontram numa região montanhosa, com condições topográficas e meteorológicas complexas, a distribuição da chuva é bastante irregular. Nesta área o vento vindo do Oceano Atlântico algumas vezes provoca densos nevoeiros cobrindo toda a área das Bacias Hidrográficas. Afim de se avaliar com exatidão a precipitação na Bacia Hidrográfica, três

pluviógrafos (período de registro de três meses) foram colocados na parte superior, mediana e inferior da Bacia Hidrográfica "D". Uma área experimental (20,0m x 20,0m) foi localizada no interior de uma formação florestal típica da Bacia Hidrográfica "D", a fim de se observar tanto a interceptação da chuva como do nevoeiro. Nesta área foram instalados um pluviógrafo e quinze pluviômetros dispostos em intervalos de 6,0 metros.

Áreas experimentais para avaliar o escoamento superficial. (Plot-Tests).

Trata-se de instalações destinadas a pesquisar as diferenças no escoamento superficial e erosão do solo, nas diferentes coberturas florestais (FIGURA 1). Elas são construídas de três unidades, as quais, receberão a cobertura florestal correspondente a cada bacia hidrográfica experimental, assim uma receberá cobertura florestal de coníferas, uma de folhosas e uma de gramíneas.

A área de pesquisa consiste de um bloco retangular com 30,0 metros de comprimento e 20,0 metros de largura. As paredes laterais foram feitas de concreto com uma profundidade de 1,20 metros da camada de solo na parte superior e em ambos os lados, a fim de evitar a entrada de água da encosta.

O escoamento superficial é coletado num canal de concreto com 0,80 metros de profundidade e 1,0 metro de largura, que constitui a parte inferior da área de pesquisa e este ligado a um medidor de água.

O medidor automático de água é do tipo caçamba (BUKET-TYPE) com capacidade de 1000 cc, e envia os impulsos ao registrador, cujo registro tem capacidade para um mês.

Até o presente momento as áreas experimentais "A" e "D" já foram construídas e estão sendo observadas como pré-experimento. As áreas experimentais estão localizadas numa antiga área de pastagem, assim pode-se supor que os dados obtidos correspondem ao escoamento superficial de uma pastagem pobre.

Lisímetros

As diferenças na infiltração e evapotranspiração nas diferentes coberturas florestais serão determinadas através de Lisímetros (FIGURA 1). Os lisímetros são uma caixa de concreto com 10,0 x 10,0 metros de largura interna e uma profundidade de 2,0 metros, o piso é ligado a um medidor de fluxo d'água através de um tubo conector.

O conjunto é constituído de três unidades cada uma correspondente a área de ensaio para estudo do escoamento superficial.

Dois Lisímetros receberão uma cobertura florestal correspondente a folhosas e coníferas, o terceiro receberá uma cobertura de gramíneas. Até a presente data dois lisímetros já foram construídos.

Estação Meteorológica

Tem por finalidade fornecer dados básicos para pesquisa hidrológica e avaliar os fenômenos meteorológicos na área. A precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade do ar, direção e velocidade do vento estão sendo registrados por meio de medidores automáticos (todos os períodos de registro correspondem a um mês). Desde agosto de 1980.

A partir deste ano, para complementação de equipamentos do posto meteorológico, será instalado um radiômetro para medir a radiação solar global (onda curta) e um radiômetro líquido para medir o fluxo de radiação vinda de cima e de baixo da superfície terrestre como também da atmosfera em forma de radiação difusa. (onda curta e onda longa).

Os registros das radiações serão em cartas com duração mensal e a unidade em caloría por centímetro quadrado por minuto (cal. cm⁻². min⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos períodos longos de seca, a vazão na bacia hidrográfica "D" é de 15 l/s, que corresponde ao escoamento diário de 2,3 mm. Se os mesmos resultados forem obtidos nas bacias hidrográficas "A" e "B", a Reserva Estadual de Cunha é efetivamente uma área de proteção de recursos hídricos, contudo será necessário de se continuar com as observações por um período mais extenso.

Até o presente, a pesquisa se relaciona somente com a precipitação pluviométrica e o escoamento na bacia hidrográfica "D". Após a construção dos vertedouros nas bacias hidrográficas "A" e "B", serão avaliados a relação entre diferentes coberturas florestais e o fluxo da água.

Os dados obtidos a partir de outubro de 1980 até julho de 1981 mostram que a precipitação máxima mensal é de 456,0 mm em dezembro de 1981, a precipitação máxima diária é de 222,0 mm em 17 de abril de 1981, a precipitação máxima durante uma hora foi de 41,5 mm em 19 de março de 1981.

Neste ano pretende-se instalar um medidor de intensidade de chuva a fim de se obter a curva de relação intensidade - duração - frequência. Também será tentada na bacia hidrográfica "D" uma estimativa da precipitação e uma análise das características da precipitação.

CONCLUSÃO

Até o presente, não foi possível estabelecer uma correlação entre a evapotranspiração e a infiltração da água no solo nos diferentes tipos de coberturas vegetal em estudo. Isto se deve aos poucos dados obtidos, como também do término da instalação de um dos lisímetros.

Com referência ao estudo do escoamento superficial, em áreas de encostas cobertas por pastagens, verificou-se um transporte de menos de 2% de material desagregado. Com esses dados, ainda é difícil estabelecer uma correlação entre a precipitação e o escoamento superficial pois, não temos todos os dados do ciclo hidrológico da região.

Em períodos de seca, a vazão de descarga, determinada na represa da bacia hidrográfica denominada "D", foi de 15 l/s o que em termos de escoamento diário corresponde a uma precipitação de 2,3 mm de chuva. Este escoamento tem a tendência de ser excessivo sob o ponto de vista do balanço hídrico anual, assim a bacia experimental em estudo pode ser considerada preservadora dos recursos hídricos; no entanto, tais conclusões precisam de um período longo de observações para sua efetivação como protetora de mananciais d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) EMERICH, W. et alii. 1982. Manejo de Bacias Hidrográficas, in Anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro. Belo Horizonte - MG. (no prelo).
- (2) J.I.C.A. 1980. Report of implementation desing survey on the japonese technical cooperation Project for the forestry research in São Paulo, Brasil.
- (3) D.A.E.E. 1972. Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Centro Tecnológico de Hidraulica. São Paulo, Brasil.

TABELA 1 - Características físicas da bacia hidrográfica "D".

- 1 - Área = 56,04 ha
- 2 - Elevação máxima e mínima = 1222,0m e 1048,0m.
- 3 - Altitude média: 1125,10m.
- 4 - Declividade média = 25,91°
- 5 - Comprimento do rio principal = 1260,0m.
- 6 - Altura relativa = 174,0m.
- 7 - Razão da declividade = 0,138 = 7,952'
- 8 - Largura média da Bacia = 444,76m.
- 9 - Fator de forma = 0,353
- 10 - Razão de forma = 2,83
- 11 - Razão de alongamento = 0,67
- 12 - Perímetro da bacia = 3340,0m.
- 13 - Comprimento total dos rios na Bacia = 1550,0 m.
- 14 - Densidade de drenagem = 2,77 km/km²
- 15 - Ordem da Bacia = 2ª ordem, segundo STRAHLER

TABELA 2 - Estruturas do canal aberto.

- 1 - COMPRIMENTO ----- 20,0m
- 2 - DECLIVIDADE ----- 1%
- 3 - LARGURA INFERIOR ----- 0,90m
- 4 - LARGURA SUPERIOR ----- 5,0m
- 5 - ALTURA ----- 2,0m
- 6 - DECLIVIDADE DOS LADOS ----- 10%

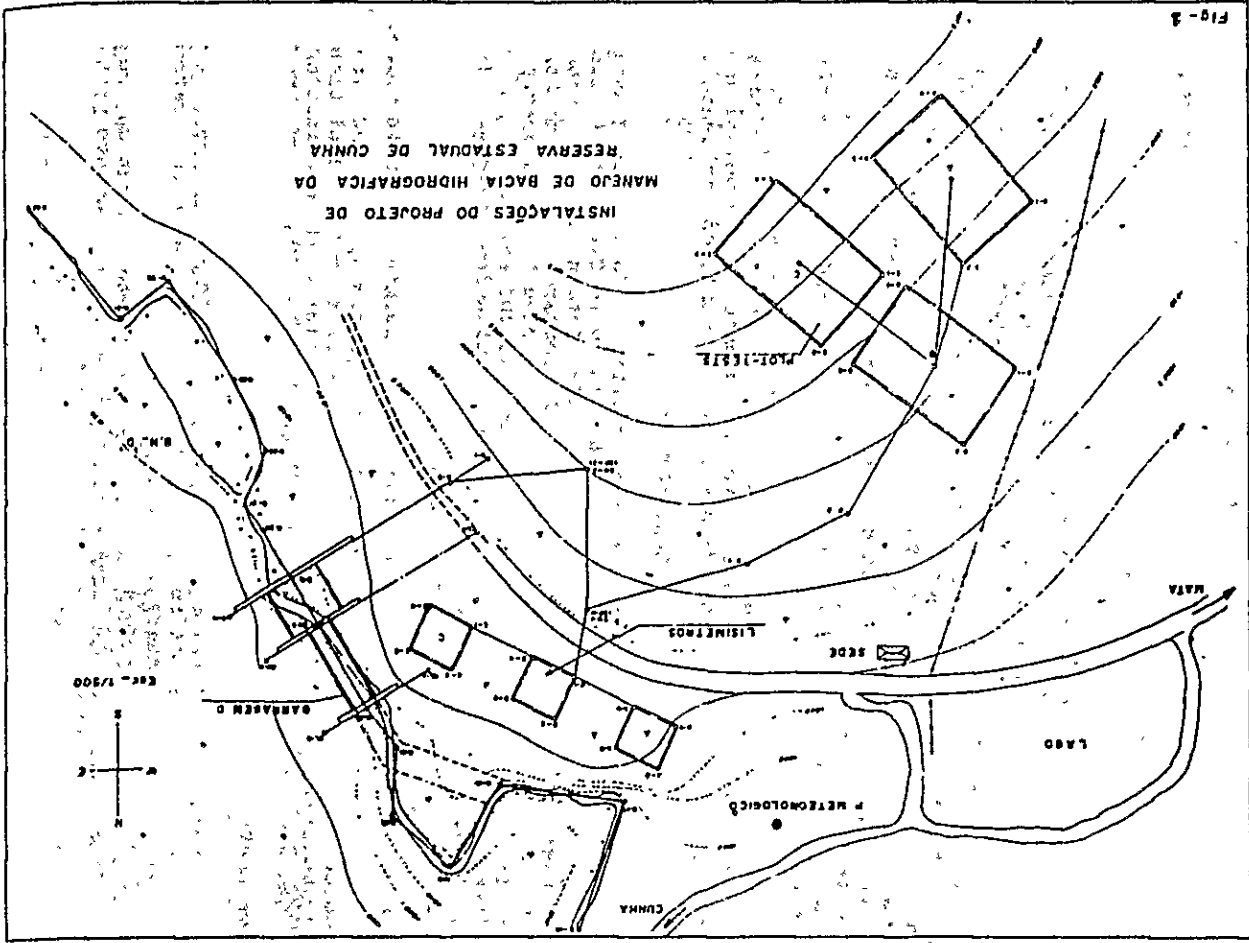


Fig-3

ESTUDOS PRELIMINARES PARA A REINTRODUÇÃO DE ESPÉCIES DE AVES NO PARQUE ESTADUAL DE CAMPOS DO JORDÃO

Antônio Flávio Barbosa¹

RESUMO

O Parque Estadual de Campos do Jordão abriga uma avifauna constituída de muitas espécies, algumas declaradas em vias de extinção pela IUCN (União Internacional de Conservação da Natureza) e pela CIPA (Conselho Internacional de Preservação das Aves). Como membro integrante da equipe de implantação do Parque, que teve seu plano de manejo concluído em 1975, o autor observou ser oportuno o manejo da avifauna do Parque, procurando integrar o trabalho a um programa de comunicação ambiental. Para melhor esqematizar um plano de manejo, dividiu o trabalho em três fases:

1. Levantamento estimativo da comunidade de aves
2. Obtenção de espécies
3. Desenvolvimento de metodologia visando reintrodução das espécies na natureza

Pretende o autor que as espécies possíveis de serem manejadas sejam selecionadas, visando reintroduzi-las em alguns pontos de seus respectivos "habitats", procurando obter uma população que possibilite ser detectável num programa de comunicação ambiental.

ABSTRACT

The Campos do Jordão State Park shelters a "avifauna" constituted of many species, some of them according to CIPA (International Council of Bird Preservation) and IUCN (International Union of Conservation of Nature), are almost disappeared. As a member of the Park's implantation staff, that concluded his management plan in 1975, the author thought how useful the Park's "avifauna" management integrate in a ambiental communication program. It was divided in three stages:

1. Statistic balance of birds communities
2. Obtaining the species
3. Development of a methodology of the birds reintegration in nature.

The author intends to select the manageable species and introduce them in their habitats the purpose is to get a population that becomes possible to be perceived in a ambiental communication program.

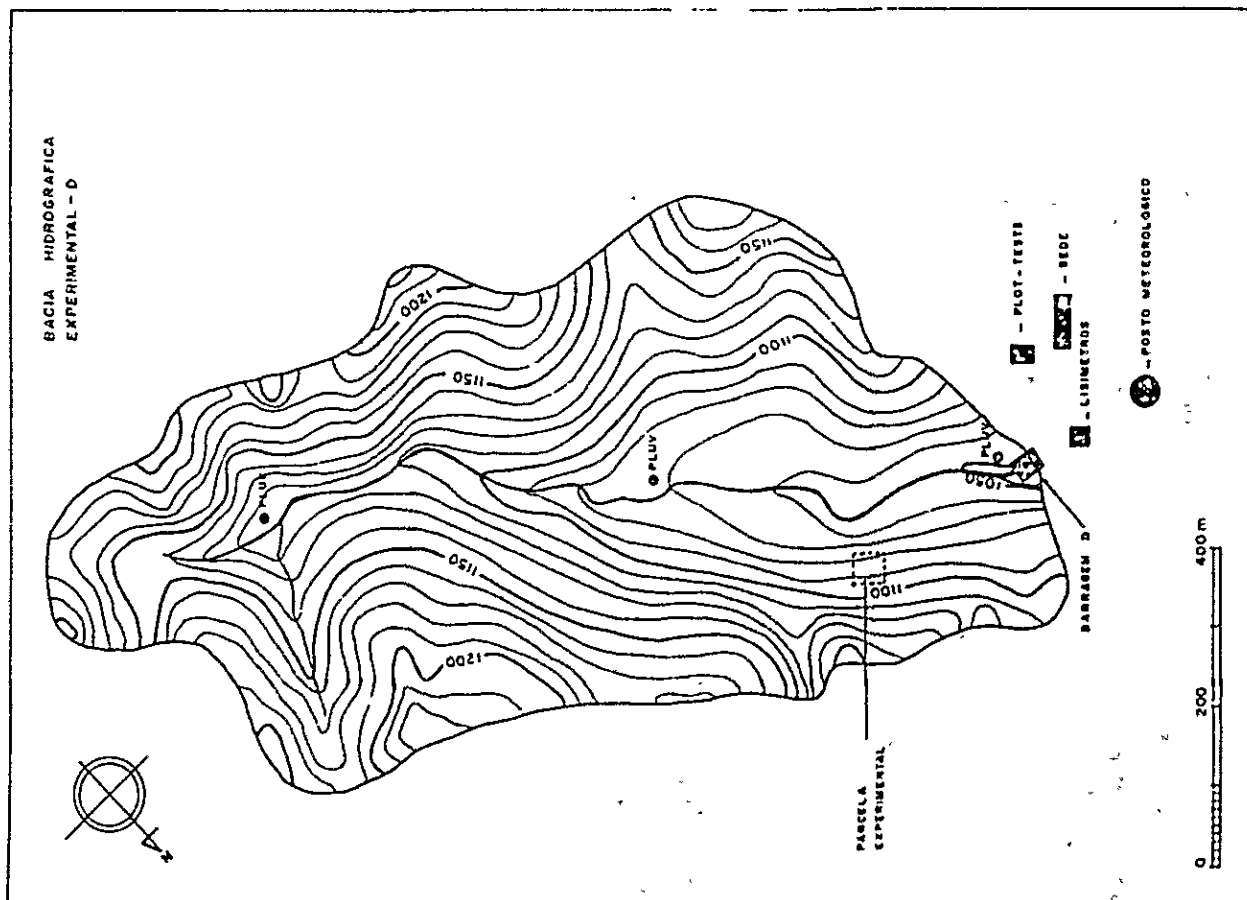
INTRODUÇÃO

O Parque Estadual, com uma área de 8.286,30 ha, abriga em seus limites excelentes exemplares da flora e fauna, como também belezas cênicas de excepcionais valores.

Assume relevante importância considerando-se que nas adjacências de seus limites, a flora e fauna não estão devidamente protegidas.

Como as espécies animais desconhecem os limites geográficos

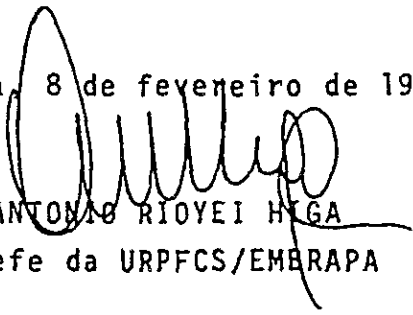
¹ Engenheiro Agrônomo, Instituto Florestal do Estado de São Paulo.



CÉRTIFICADO

Certificamos que, a convite da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-SUL-URPFCS, o Sr. MOTOHISA FUJIEDA participou do XI SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS - "a influência das florestas no manejo de bacias hidrográficas", realizado em Curitiba, PR, nos dias 7 e 8 de fevereiro de 1984

Curitiba 8 de fevereiro de 1984


ANTONIO RIOVEI HIGA
Chefe da URPFCS/EMBRAPA

403234



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
UNIDADE REGIONAL DE PESQUISA FLORESTAL CENTRO-SUL
VINCULADA AO MINISTÉRIO DE AGRICULTURA

PROJETO DE PESQUISAS HIDROLÓGICAS EM FLORESTA NATURAL NA RESERVA
ESTADUAL DE CUNHA - DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Valdir de CICCO¹

Walter EMMERICH²

Alceu Jonas FARIA²

Notohisa FUJIEDA³

RESUMO

O Instituto Florestal de São Paulo e a J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency), vem desenvolvendo estudos na área de Manejo de Bacias Hidrográficas, na Reserva Estadual de Cunha.

O objetivo do presente trabalho é determinar o Balanço Hídrico com Emprêgo da Bacia Hidrográfica Experimental "D".

Os dados necessários à elaboração deste trabalho foram tabulados no Centro de Processamento de Dados do Instituto Florestal.

- 1 Engenheiro Florestal - Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza - Bolsista do CNPq - Cx. Postal 1322 - São Paulo - SP.
- 2 Pesquisadores Científicos - Instituto Florestal - Cx. Postal 1322 - São Paulo - SP.
- 3 Pesquisador Científico - Japan International Cooperation Agency - Cx. Postal 1322 - São Paulo - SP.

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Florestal de São Paulo, órgão da Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, estabeleceu com o governo do Japão, através da J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency), um Projeto de Pesquisas em Manejo de Bacias Hidrográficas.

Este projeto visa dar subsídios para um melhor equacionamento dos problemas concernentes ao Manejo de Bacias Hidrográficas da Região do Vale do Paraíba. Esta região vem crescendo rapidamente e ao mesmo tempo desordenadamente, causando com isso sérios problemas para a população, principalmente em relação ao abastecimento de água para os centros urbanos e industriais; além é claro de danos causados pelas inundações, erosões e assoreamento dos rios e reservatórios. Isto se faz sentir principalmente pela falta de uma cobertura florestal adequada.

Este trabalho procura dar uma pequena contribuição ao estudo da Hidrologia Florestal, relacionando principalmente a precipitação pluviométrica e a pesquisa em uma pequena bacia hidrográfica experimental com cobertura florestal natural.

Os autores discorrerão unicamente sobre Bacia Hidrográfica Experimental "D", sendo que esta vem fornecendo dados desde fevereiro de 1982. Este é um relatório de progresso, sendo imprescindível mais alguns anos para obtermos resultados satisfatórios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto está sendo implantado na Reserva Estadual de Cunha, sendo esta pertencente ao Instituto Florestal.

Sua área total é de 2.854,00 ha, e suas coordenadas geográficas são Latitude S. 23°14' a 23°18' e Longitude de W. 45°03' a 44°58'.

A Bacia Hidrográfica Experimental em estudo tem uma área de 56,04 ha, esta foi estabelecida em um pequeno afluente do rio Paraibuna, um dos tributários do rio Paraíba. A região é montanhosa e está localizada no planalto da Serra do Mar. A vegetação é de Floresta Perenifolia Migrófila Costeira.

As características físicas da Bacia Hidrográfica Experimental são apresentadas na TABELA 1.

O vertedouro da Bacia Hidrográfica Experimental é do tipo trapezoidal, sendo que este é formado por uma bacia de sedimentação e um canal aberto regulador do fluxo d'água. A TABELA 2 mostra a estrutura do canal aberto.

O canal aberto e o abrigo do medidor do nível d'água são conectados através de um tubo adutor, e a mudança do nível d'água é registrada por um Linígrafo automático, tipo flutuador (Suiken-62 - Tipo, Japão; observações mensais).

A curva-chave da Bacia Hidrográfica Experimental já foi definida, assim sendo podemos avaliar a vazão através da medição contínua da altura da lâmina d'água. A equação é a seguinte:

$$Q = 2,9148 H^{1,6983}$$

Onde: Q = vazão (l/s)

H = altura da lâmina d'água (cm)

A altura média da precipitação é de extrema importância na determinação do Balanço Hídrico de uma Bacia Hidrográfica, assim sendo quatro Pluviômetros foram instalados, a fim de se determinar a precipitação média da mesma. Adotou-se o Método Aritmético, através dos Pluviômetros nºs 01, 02 e 03, cujo valor se apresenta aproximadamente o mesmo do Pluviômetro nº 02.

Avaliou-se a interceptação da chuva pela mata natural

secundária, através de medições de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco, em uma área de ensaio de 400,0 m² na Bacia Hidrográfica Experimental.

As medições de precipitação em aberto foram realizadas através de um Pluviômetro instalado em uma clareira próxima a área em estudo. A precipitação interna foi avaliada através de 16 Pluviômetros instalados dentro da parcela. Para o escoamento pelo tronco foram selecionadas aleatoriamente 8 árvores, sendo que em cada árvore instalou-se os dispositivos para tal fim.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de completar a equação do Balanço Hídrico em uma Bacia Hidrográfica Florestada, as seguintes medidas são realizadas e alguns dados já estão sendo coletados.

1 Precipitação:

As medidas de precipitação começaram em agosto de 1980 na Estação Meteorológica. Até agora, a fim de estimar mais precisamente dados de precipitação média na Bacia Hidrográfica Experimental, quatro Pluviógrafos (período de registro de 3 meses) estão instalados na parte inferior do curso d'água (nº 01), parte mediana (nº 02), parte mais alta (nº 03) e no divisor topográfico (nº 04) da Bacia.

O efeito da precipitação em função da elevação da Bacia está registrado. Por exemplo, o Pluviógrafo nº 03 (1.145,0 metros de altitude) recebeu 2.768,5 mm de precipitação, enquanto que no nº 01 (1.050,0 metros de altitude) recebeu 2.377,0 mm, isto no ano Hidrológico de 1982. Contudo o Pluviógrafo nº 04 (1.170,0 metros de altitude) é quase semelhante ao nº 01 e ao Pluviógrafo

da Estação Meteorológica.

É estimado que a variação da precipitação pluviométrica é devida ao efeito da altitude do tipo de cobertura, e também ao vento, especialmente o marítimo.

2 Interceptação:

A precipitação interna e o escoamento pelo tronco foram medidos de 07 de fevereiro de 1983 a 20 de janeiro de 1984, em uma área de ensaio com 400 m^2 , a qual representa a cobertura florestal típica da Bacia Hidrográfica Experimental "D". A precipitação total, precipitação interna e escoamento pelo tronco nesse período de observações foram 2.291,2 mm; 1.838,5 mm e 24,6 mm, respectivamente. Isso é, a precipitação interna é igual a 80,2 % da precipitação total, e o escoamento pelo tronco é 1,1 % daquela. Portanto, a perda na interceptação é calculada em 428,7 mm (18,7 %).

3 Escoamento Superficial:

As medidas de escoamento foram tomadas a partir de maio de 1982. A FIGURA 1 mostra a precipitação mensal, escoamento superficial e escoamento superficial mínimo diário para cada mês. O termo escoamento superficial tratado aqui, abrange todos os tipos de escoamento, ou seja, escoamento superficial, escoamento subsuperficial e escoamento subterrâneo.

Neste texto, nós definimos o ano Hidrológico de outubro de 1982 a setembro de 1983. Geralmente, é dito que o início do ano Hidrológico é melhor caracterizado quando a capacidade de armazenamento de água na Bacia Hidrográfica é mínima. Julgando a partir de um escoamento mensal e de uma vazão diária mínima a qual pode representar o escoamento básico de uma Bacia, a ocorrência do ano Hidrológico é determinado pelo primeiro mês da estação chuvosa.

O escoamento, especialmente o mínimo diário durante os 12 meses, a partir de outubro de 1982 a setembro de 1983, devem representar a flutuação anual.

A precipitação anual e o escoamento do aro Hidrológico de 1982, são respectivamente: 2.587,7 mm e 1.828,3 mm; a evapotranspiração anual é calculada pela equação do Balanço Hídrico, sendo a 759,4 mm, supondo não haver perdas e vazamentos. O escoamento anual é da ordem de 70,7 % da precipitação anual, e a evapotranspiração anual é de 29,3 % da mesma, conforme TABELA 3.

A evapotranspiração potencial calculada pelo método de Thornthwaite é aproximadamente 800,0 mm. A temperatura utilizada foi da Estação Meteorológica TABELA 4. É dito que a evapotranspiração real determinada por métodos de balanço hídrico ou balanço energético, representa quase o mesmo valor da evapotranspiração potencial, ou seja, a evapotranspiração real calculada foi de 759,4 mm, esta é considerada suficiente, embora a porcentagem de evapotranspiração para a precipitação anual é apenas 29,3 %.

O escoamento anual é composto principalmente dos escoamentos superficial direto e do básico.

O escoamento básico mensal aproximado pode ser estimado a partir da descarga mínima mensal. Mas este valor pode ser estimado como o mais baixo, porque o escoamento básico é composto de escoamento subsuperficial decorado e escoamento subterrâneo, e neste caso a descarga mínima é apenas devida ao escoamento subterrâneo.

O escoamento básico anual está em torno de 1.315,0 mm, o qual é igual a 50,9 % da precipitação anual, e 72 % do escoamento anual, isto é, aproximadamente 51 % da precipitação anual escoam em forma de escoamento básico.

4 CONCLUSÃO

Uma alta proporção entre o escoamento b́sico e o escoamento superficial anual, e uma baixa evapotranspiraçaõ anual é desejável para a Bacia Hidrográfrica em favor da reserva de água.

Dos resultados acima estimados o Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfrica Experimental "D", embora seja necessário continuar a calibraçaõ por mais alguns anos.

A FIGURA 2 mostra um exemplo de Balanço Hídrico.

Apõs as medidas de descarga nas Bacias Hidrográfricas Experimentais "A" e "B", teremos condições para obter Balanços Hídricos mais completos na cabeceira do rio Paraíba.

5 AGRADECIMENTOS

Para realizaçaõ deste trabalho, os autores contaram com total apoio do Instituto Florestal de São Paulo e da J.I.C.A. (Japan International Cooperation Agency).

Também gostaríamos de agradecer ao Centro de Processamento de Dados do Instituto Florestal, pela dedicaçaõ prestada na Tabulaçaõ dos Dados.

A todos os funcionários do referido Instituto que direta ou indiretamente contribuíram para a realizaçaõ da presente pesquisa.

6 REFERENCIAS

CASTRO, P.S. et alii. 1983. Interceptaçãõ da Chuva Mata Natural Secundária na Regiãõ de Viçosa - MG. *Revista Árvore*. 7(1):76-89,

janeiro a junho.

EMMFFICH, W. et alii. 1982. Projeto de Pesquisas Hidrológicas em Floresta Natural na Reserva Estadual de Cunha. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, Campos do Jordão, set. 12-18, 1982. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 16 A: 1733-1744. Pt.3 (Edição Especial).

J.I.C.A. 1980. Report of Implementation Design Survey on the Japanese Technical Cooperation Project for the Forestry Research in S.P., Brasil.

MOLCHANOV, A.A. 1963. *Hidrologia Florestal*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 419 p.

MOTA, F.S. 1981. *Meteorologia Agrícola*. 5. Ed. São Paulo, Nobel S.A. 376 p.

MAYANO, H. 1982. Manejo de Bacias Hidrográficas na Floresta de Produção de Água no Japão e Problemática da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, set. 12-18, 1982. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 16 A: 160-177.

PINTO, M.L. de S. et alii. 1980. *Hidrologia Básica*. 1. ed. São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 278 p.

VALLENTE, O.F. 1974. Manejo de Bacias Hidrográficas. *Brasil Florestal*. Rio de Janeiro, 5 (18):14-22, abril/jun.

VILLELA, S.M. et al. *Hidrologia Aplicada*. 1. ed. McGraw-Hill. 245 p.

TABFLA 1 - Características Físicas da Bacia Hidrográ-
fica Experimental "D".

- 1 - Área = 56,04 ha
- 2 - Elevação máxima e mínima = 1.222,0 m e 1.048,0 m'
- 3 - Altitude média = 1.125,10 m
- 4 - Declividade média = 25010'
- 5 - Comprimento do rio principal = 1.260,0 m
- 6 - Altura relativa = 174,0 m
- 7 - Razão da declividade = 0,138 = 7952'
- 8 - Largura média da bacia = 444,76 m
- 9 - Fator de forma = 0,353
- 10 - Razão da forma = 2,93
- 11 - Razão de alongamento = 0,67
- 12 - Perímetro da bacia = 3.340,0 m
- 13 - Comprimento total dos rios = 1.550,0 m
- 14 - Densidade de drenagem = 2,77 km/km²
- 15 - Ordem da bacia = 2^a. ordem, segundo Strahler

TABFLA 2 - Estruturas do Canal Aberto

1 - Comprimento -----	20,0 m
2 - Declividade -----	1,0 ‰
3 - Largura inferior -----	0,90 m
4 - Largura superior -----	5,0 m
5 - Altura -----	2,0 m
6 - Declividade dos lados --	45,0 ‰

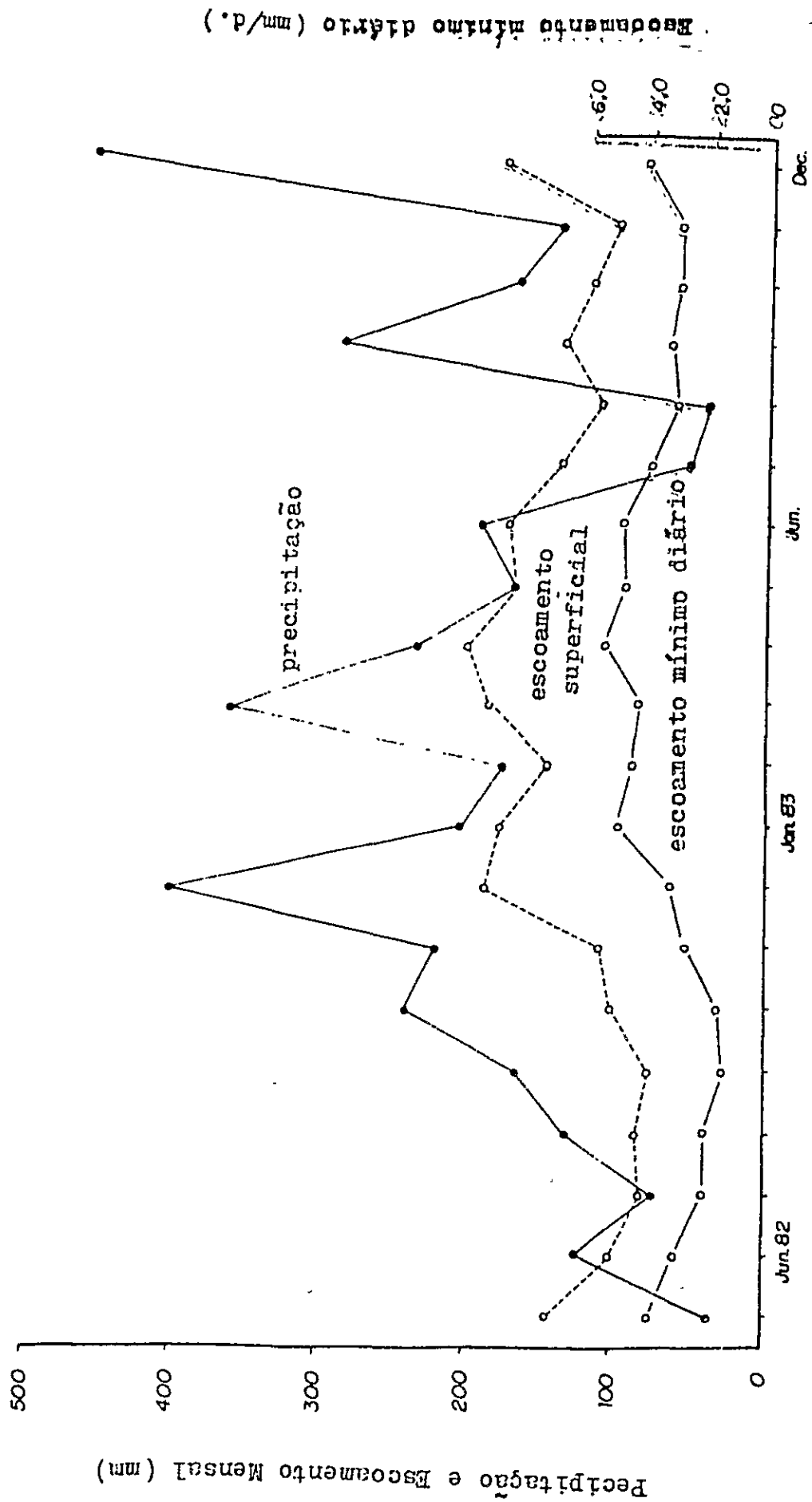


FIGURA 1: Precipitação e Escoamento Total na Bacia Hidrográfica "D"

