



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - CNPF

Documento, 16

XI SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS

A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas

Curitiba, PR, 7 - 8 FEVEREIRO 1984

A N A I S

PNPF - PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS (EMBRAPA/IBDF)

Curitiba, 1985



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - CNPF

DOCUMENTOS, 16

XI SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS

A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas
Curitiba, PR, 7 - 8 FEVEREIRO 1984



A N A I S

PNPF - PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS (EMBRAPA/IBDF)

Curitiba, 1985

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES

ANTONIO F. J. BELLOTE — Presidente
ANTONIO A. CARPANEZZI — Membro
CARMEN LUCIA CASSILHA — Membro
HENRIQUE G. SCHREINER — Membro
JOSÉ NOGUEIRA JÚNIOR — Membro
SÉRGIO AHRENS — Membro

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS — CNPF

CAIXA POSTAL, 3319
80000 - CURITIBA - PR

| | |
|-----------------------|----------|
| Embrapa | |
| Unidade: | AI-Sede |
| Valor aquisição: | |
| Data aquisição: | |
| N.º N. Fiscal/Fatura: | |
| Fornecedor: | |
| N.º OCS: | |
| Origem: | Jodes |
| N.º Registro: | 00321106 |

SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11.: a influência das florestas no manejo de bacias hidrográficas, Curitiba, 1984.

Anais... Curitiba, EMBRAPA-CNPF, 1985.
142 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 16).

1. Floresta — Bacia Hidrográfica — Manejo. I. Título. II. Série.

ISSN 0101-7691

CDD 551.48

APRESENTAÇÃO

A atividade florestal, entendida como extensão ou componente da atividade econômica global na produção de bens e serviços, relega a um plano secundário sua importância relacionada com o homem e com a natureza, ou seja, as funções ecológica e social de sua existência.

Costuma-se definir a atividade florestal gerando benefícios diretos e indiretos. Os primeiros referem-se àqueles que, imediatamente obtidos, possuem consubstanciado seu valor de mercado. Os segundos, além daqueles considerados no processo produtivo, podem ser agrupados em duas classificações: benefícios indiretos quantificados fisicamente e benefícios indiretos não quantificados fisicamente. Os quantificados fisicamente externam a função ecológica tais como o efeito sobre a erosão, inundações, ruídos, qualidade do ar e da água. Aqueles não quantificados fisicamente referem-se à função social, ou seja, aos aspectos psico-fisiológicos, tais como áreas de lazer, recreação, valorização histórica e científica, e conservação dos ecossistemas.

Tanto os benefícios diretos como indiretos representam avaliações econômicas. A título de exemplos: a importância da floresta controlando a erosão pode ser avaliada em termos de custos de reposição da fertilidade dos solos; a influência da floresta na qualidade natural das águas assemelha-se aos custos adicionais evitados no processo de tratamento de água para consumo humano; a proeção à fauna silvestre, em termos da rentabilidade da exploração racional de espécies econômicas, e assim por diante.

Em grande parte, para conceituar o valor econômico das influências florestais, é fundamental o entendimento da relação da floresta com o ciclo hidrológico, reportando deste a influência que essa pode exercer sobre a precipitação até sua importância no controle de inundações. Portanto, a hidrologia florestal compreende problemas que interessam grandemente à economia florestal.

As bacias hidrográficas representam o ambiente em que se processam as atividades de relacionamento do homem com os recursos naturais, onde as florestas merecem ser devidamente valorizadas. Compreender e quantificar a sua influência nas bacias hidrográficas é de fundamental importância e constitui-se objetivo do presente Seminário.

7 e 8 de Fevereiro de 1984

*Antonio Riroyei Higa
Chefe da URPFC-EMBRAPA*

CONSIDERAÇÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES EFETUADAS PELA SESSÃO PLENÁRIA FINAL

A apresentação de diversos trabalhos enfocando diferentes aspectos multidisciplinares sempre ressaltaram os benefícios indiretos que as florestas proporcionam ao meio ambiente, principalmente sua influência na conservação dos solos e qualidade da água.

Não obstante a dedicação empenhada até o momento, por parte das entidades envolvidas no assunto, necessário ainda se faz a implementação e canalização de novos esforços na busca da geração e aplicação de tecnologias adequadas à resolução dos problemas existentes, racionalizando o emprego dos recursos disponíveis.

Deve-se ressaltar, também, que a obtenção de resultados positivos só será alcançada através da integração de técnico das diversas ciências correlacionadas, representando a atuação conjunta de inúmeros organismos no país.

Finalizadas as apresentações dos trabalhos técnico-científicos, em sessão plenária final, foram estabelecidas, como principais prioridades da pesquisa e extensão, as seguintes recomendações:

- 1) Incentivar a aplicação de técnicas conservacionistas de solos, através de campanhas demonstrativas, propriedades modelo e outros recursos, a serem introduzidas nos programas governamentais de extensão rural, interligando-as a todos os sistemas de créditos e de incentivos, e com o envolvimento de instituições oficiais em todos os níveis. No que diz respeito ao incremento do reflorestamento com finalidades de proteger as bacias hidrográficas, integrado à utilização do solo agropecuário e urbano, caberia ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento com finalidades de proteger as bacias hidrográficas, integrado à utilização do solo agropecuário e urbano, caberia ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e aos órgãos ligados às Secretarias Estaduais da Agricultura tal responsabilidade e coordenação, através de mecanismos de incentivos e de extensão rural. Aos responsáveis caberia, se necessário, a criação e o reforço dos órgãos de fiscalização da legislação ambiental, destinando-lhes maiores recursos para este fim.
- 2) Às comissões Estaduais e Nacionais de Conservação de Solos e Água e outras entidades com a mesma responsabilidade, caberia coordenar ações que visem a recuperação de áreas degradadas, gerando e gerenciando recursos, implantando e supervisionando projetos.
- 3) Às empresas hidrelétricas e de mineração a céu aberto, caberia a revegetação das áreas exploradas, com destinação de recursos específicos para fins conservacionistas nos projetos.
- 4) Estabelecer prioridades de pesquisa em manejo de bacias hidrográficas. Para tanto, faz-se necessário a criação de um Grupo Permanente de Trabalho, constituído de pesquisadores nacionais polarizados em torno daqueles que já atuam nesta área e que já pertencem aos grupos de estudos "Ambiente Atmosférico e Hidrologia Florestal da IUFRO" — União Internacional das Organizações de Pesquisa Florestal. A coordenação destes estudos será efetuada por este grupo permanente de trabalho que, com o apoio de instituições oficiais, iniciará suas atividades com o cadastramento de todos os trabalhos de manejo de bacias hidrográficas concluídos ou em andamento no país.
Com relação às instituições que planejam e executam pesquisas, caberia comprovar experimentalmente se as florestas mistas de espécies nativas são preferíveis àquelas de monocultura, para fins de conservação do solo, proteção de mananciais e de controle da qualidade da água. Caberá aos órgãos de pesquisa, a necessária definição e estabelecimento de metodologia padrão que atenda aos diagnósticos conservacionistas precisos, considerando os principais aspectos ambientais.
- 5) Aos Órgãos Estaduais vinculados às Secretarias da Agricultura, caberia o levantamento de áreas críticas para a implantação de sistemas de manejo de bacias hidrográficas, visando a conservação do solo e a qualidade da água, através de trabalhos conjuntos que envolvam produtores, pesquisadores e extensionistas.
- 6) Aos Órgãos Especializados, tais como as Concessionárias de Energia Elétrica, de Saneamento, Departamentos Estaduais e Nacional de Estradas de Rodagem, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, caberia implementar recursos humanos e técnicos aos organismos que atuam no meio ambiente, criando ou reforçando, em suas estruturas organizacionais, setores especializados em Recursos Naturais Renováveis.

No caso específico de proteção de bacias de captação, as empresas concessionárias de serviço público relacionadas ao fornecimento d'água e de energia elétrica, e também o Banco Nacional de Habitação-BNH, deveriam destinar parcela da taxa de utilização d'água e de energia elétrica, com vistas à implementação dos recursos necessários ao desenvolvimento de pesquisas e medidas necessárias à conservação dos recursos naturais.

A escolha de novos mananciais de abastecimento deve ser objeto de prévia discussão pelas concessionárias envolvidas, órgãos Estaduais ligados à área, entidades de pesquisa, associações de classe e a comunidade.

- 7) Gestionar junto ao IBDF que aceite, como crédito, as árvores plantadas por empresas, em projetos de reflorestamento de microbacias hidrográficas, para efeito de reposição florestal.
- 8) Incentivar, através de solicitação formal às universidades e às instituições de pesquisa, cursos de especialização em nível de pós-graduação nas áreas de recursos hídricos, bacias hidrográficas e solos.
- 9) Realizar e implementar campanhas conservacionistas de educação popular, principalmente nas escolas de 1.º e 2.º graus. Essas campanhas seriam feitas através da inclusão ou reativação de programas educacionais oficiais e incentivando a preparação de professores, através de convênios com o IBDF e Universidades. Essas instituições, agindo sob a forma de extensão, tornariam acessíveis à comunidade as informações obtidas nas diferentes instituições de pesquisa, isto sob a coordenação das Secretarias Estaduais de Agricultura, de Educação e da Cultura, juntamente com órgãos afins do setor florestal.
- 10) Aos órgãos que estimulam, patrocinam e promovem eventos da natureza deste seminário, caberá implementar suas realizações, dentro de periodicidade que atenda às necessidades presentes, procurando, dentre seus principais objetivos, integrar, ao máximo, todos os segmentos da sociedade e mantê-los constantemente informados e atualizados sobre os novos progressos alcançados e das futuras necessidades do setor.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico – L. C. B. MOLION | 1 |
| Hidrologia de Florestas Implantadas – W. de P. LIMA | 8 |
| Influência das Florestas Nativas no Ciclo Hidrológico da Região de Viçosa, MG – P. S. e CASTRO. | 14 |
| Balanco de Energia em Floresta Artificial; <i>Pinus elliotti</i> var. <i>elliottii</i> – A. J. FARIA; S. HATTORI; J. C. OMETTO; O. BUZATO & N. A. VILLA NOVA. . . | 23 |
| Balanco Hídrico no Ecossistema Florestal e sua Importância Conservacionista na Região Ocidental dos Andes Venezuelanos - R. VALCARCEL. | 32 |
| Sistema de Monitoramento Ecológico de Bacias Hidrográficas – R. V. SOARES; R. T. HOSOKAWA & A. C. MULLER. | 36 |
| Avaliação do Benefício Indireto de Proteção Florestal à Potabilidade Natural das Águas Captadas para Abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, com base nos produtos químicos utilizados no tratamento convencional – N. E. RIZZI. | 44 |
| Evolução do Índice de Turbidez dos Mananciais de Captação – E. F. GUIDI. . . | 63 |
| O Setor Florestal Dentro do Planejamento de Bacias Hidrográficas do Nordeste – H. CARMONA ATENCIO | 73 |
| Classificação dos Mananciais de Captação no Estado do Paraná – E. F. GUIDI. . | 81 |
| A Atuação do Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais da CESP; trabalhos em desenvolvimento e programas futuros – F. BIDEGAIN NETO. . . . | 91 |
| Atuação do Departamento de Ecologia da COPEL em Prol do Manejo de Bacias Hidrográficas – F. REICHMANN NETO; L. C. FREITAS & L. B. X. da SILVA. . . . | 108 |
| Bacia Hidrográfica Experimental do Rio Passaúna - PR – R. FENDRICH; O. BIZZONI & E. S. NAGASHIMA | 115 |
| Programa de Manejo Integrado de Solos; reflorestamento em microbacias hidrográficas – V. H. ZELAZOWSKI | 133 |
| Projeto de Pesquisas Hidrológicas em Floresta Natural na Reserva Estadual de Cunha; determinação do balanço hídrico – V. de CICCIO; W. EMMERICH; A. J. FARIA & M. FUJIEDA | 135 |

RESUMO

Faz-se uma revisão não exaustiva das influências que florestas exercem sobre o ciclo hidrológico e dos possíveis efeitos de remoção de florestas sobre suas componentes. Destaque é dado à Floresta Amazônica por ser a maior floresta tropical remanescente no Globo. Estudos realizados sugerem que, em média, 50% da precipitação local são formados por vapor de água proveniente da evaporação regional. Um desmatamento em grande escala da Bacia Amazônica poderá reduzir a evaporação e, conseqüentemente, a precipitação local, provocando uma mudança no clima da região. São feitas, ainda, considerações sobre erosão e degradação do solo, em decorrência da substituição de florestas por outros tipos de cobertura vegetal.

1 – INTRODUÇÃO

Há centenas de anos que se atribuem às florestas, influências sobre o clima. Tem sido dito que países que possuem florestas, mantidas constantes outras condições, têm clima diferente de países desprovidos de florestas. A História mostra que civilizações altamente desenvolvidas, principalmente em regiões com características semi-áridas impostas pela circulação geral da atmosfera, desarticulam-se ao mesmo tempo em que suas florestas foram dizimadas. Contudo, as conexões são múltiplas, possíveis de tantas interpretações, que é preciso ter muito cuidado ao tirarem-se conclusões baseadas apenas em dados históricos. Em outras palavras, é difícil avaliar as influências que florestas exercem sobre o clima devido à complexidade dos processos físicos diretos e de realimentação (feedback) envolvidos, ao conhecimento inadequado que se tem do transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera e à própria variabilidade natural (intrínseca) do clima do planeta. É natural, portanto, que as opiniões sobre tais influências sejam controversas. E os melhores exemplos dessas controvérsias relacionam-se com o papel que a floresta exerce sobre o balanço hídrico de uma região, que será objeto desta comunicação.

A opinião mais aceita atualmente, baseada em resultados obtidos de experimentos realizados em latitudes temperadas, é a de que a importância das florestas no balanço hídrico não está ligada ao aumento de água no solo ou da precipitação local, e sim ao efeito regulatório que florestas exercem sobre esse balanço. Isso pode ser verdade para o caso de áreas florestadas de dimensões modestas e áreas localizadas em regiões extratropicais. No caso de uma floresta extensa, especificamente a Floresta Amazônica, a situação pode ser diferente. É possível que 50% do vapor de água, que constitui a precipitação média anual sobre a Amazônia, seja proveniente de uma reciclagem rápida interna à região. Nessas circunstâncias, a floresta pode exercer um papel preponderante no transporte vertical de vapor de água para a atmosfera, conseqüentemente, na precipitação média anual.

Serão tecidos comentários de caráter especulativo sobre as modificações que ocorreriam nas variáveis componentes do ciclo hidrológico, caso haja um desmatamento em grande escala. Esses comentários são baseados em resultados obtidos em outras regiões tropicais que sofreram redução da cobertura vegetal natural.

2 – BALANÇO HÍDRICO DE UMA REGIÃO

O ciclo hidrológico deve ser considerado como um fator formador e controlador do clima por duas razões básicas. Primeiro, porque ele não é apenas um produto do próprio clima, mas também da paisagem biogeográfica da região. Segundo, ele exerce uma influência no clima, que não está contida nos outros fatores controladores do clima, i.e., a interação entre a umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial (runoff) e as trocas energéticas, liberação e absorção de calor, provenientes da mudança de fase da substância água. Por conveniência, na presente discussão, o ciclo hidrológico é dividido em duas partes: o ramo superficial e o ramo atmosférico ou aerológico.

2.1 – Balanço hídrico da superfície

Sob condições naturais, desconsiderando-se irrigação e formação de orvalho, o princípio de conservação

* PhD em Meteorologia – INPE – Caixa Postal, 515 – 12 200 – São José dos Campos - SP.

da substância água, para uma coluna de solo se estendendo da superfície até uma profundidade onde a troca vertical de umidade com a atmosfera já não existe, requer que:

$$P = R + E \pm \Delta m / \Delta t \quad (1)$$

onde,

- P = precipitação pluviométrica;
- R = escoamento total (runoff);
- E = evapo(transpi)ração;
- $\Delta m / \Delta t$ = armazenamento da água no solo.

Tomando médias anuais de períodos climatológicos, o armazenamento de água no solo deve tender a zero, e a equação (1) reduz-se a

$$\bar{P} = \bar{R} + \bar{E} \quad (2)$$

onde, a barra superposta indica média anual.

Dividindo os dois lados por \bar{P} obtém-se a seguinte equação:

$$\bar{R}/\bar{P} + \bar{E}/\bar{P} = 1 \quad (3)$$

O primeiro termo representa a "razão de escoamento superficial" e o segundo é chamado de "razão evaporativa"

2.2 – Balanço hídrico da atmosfera

Para uma coluna atmosférica estendendo-se da superfície até o "topo" da atmosfera, a equação de balanço é escrita:

$$E + A = P \pm \Delta W / \Delta t \quad (4)$$

onde,

- A = saldo de importação de vapor de água para dentro da coluna atmosférica (advecção);

$\Delta W / \Delta t$ = armazenamento de vapor de água na coluna atmosférica.

Tomando novamente médias anuais de períodos longos, o armazenamento de vapor tende a zero e tem-se

$$\bar{E} + \bar{A} = \bar{P} \quad (5)$$

Dividindo os dois lados por \bar{P} obtém-se uma nova equação:

$$\bar{E} / \bar{P} + \bar{A} / \bar{P} = 1 \quad (6)$$

onde, \bar{A} / \bar{P} é a "razão advectiva". A equação (6) indica que, na média anual de longo prazo, a precipitação pluviométrica é composta por uma parte de vapor de água proveniente do exterior da região considerada e outra parte fornecida pela evapo(transpi)ração local.

2.3 – Balanço hídrico da Bacia Amazônica

Comparando-se as equações (2) e (4), conclui-se que, sob a hipótese de estabilidade do clima, o escoamento total deve balancear o saldo de importação de vapor de água para áreas extensas, ou seja:

$$\bar{R} = \bar{A}$$

ou, ainda, usando equações (3) e (6):

$$\bar{R} / \bar{P} = \bar{A} / \bar{P} \quad (7)$$

Para a Bacia Amazônica, MOLION (1976) tomou uma precipitação média anual de 2.400 mm, resultante de dados do período 1931–60 e 40 estações climatológicas, e área da bacia igual a 6×10^6 km². Usando os dados aerológicos publicados por NEWELL (1972) e um método para calcular a divergência do fluxo do vapor de água, descrito por PALMÉN (1967), encontrou uma razão advectiva igual a 0,53 (ou 53%). Considerando a equação (6), conclui-se que a evaporação local contribui com 47% para a precipitação na bacia. MOLION (1976) usou também dois métodos climatológicos, o de PENMAN (1948) e o de ALBRECHT (1962), para 40 estações climatológicas e chegou a resultados semelhantes.

Através da equação (3) também é possível se estimar a razão evaporativa, desde que a descarga anual média seja conhecida e que se faça a hipótese de não existir vazamento subterrâneo na bacia. Tomando a descarga do rio igual a $200.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ produz uma razão de escoamento igual a 0,44 (44%) e, portanto, uma razão evaporativa igual a 0,56, ou seja, 56% da precipitação seria formada pela evaporação local.

Levando em conta que a base de dados utilizada possui limitações, pode-se concluir que, em média, a evaporação local contribui com 50% para a precipitação observada na Bacia Amazônica, sendo os 50% restantes constituídos por vapor de água provenientes do Oceano Atlântico. Convém ressaltar que estudos similares feitos para regiões temperadas, (RASMUSSEN 1968; BENTON e ESTOQUE 1954) demonstraram que apenas cerca de 10% da precipitação é constituída por evaporação local. Isto pode ser verdade em latitudes temperadas. No caso da Amazônia, porém, os resultados de MOLION (1976) foram confirmados por SALATI et al. (1979) usando uma metodologia diferente, a Hidrologia Isotópica. Um estudo feito por JORDAN & HEUVELDOP (1981) na Floresta Amazônica, em São Carlos do Rio Negro, Venezuela, também resultou em $\bar{E}/\bar{P} = 52\%$ e $\bar{R}/\bar{P} = 48\%$ para o período estudado.

3 – A REMOÇÃO DE FLORESTAS E AS COMPONENTES HIDROLÓGICAS

Nos trópicos, a remoção total ou a substituição de florestas naturais por outro tipo de cobertura vegetal pode afetar todos ou quaisquer dos seguintes componentes do ciclo hidrológico:

- a. escoamento superficial (runoff);
- b. evapo(transpi)ração;
- c. saldo de importação de vapor de água;
- d. precipitação;
- e. umidade do solo trocável com a atmosfera.

3.1 – Escoamento superficial

Não existem resultados comprobatórios em relação ao possível aumento de rendimento total de água de uma bacia, em bases anuais, quando florestas são substituídas. Tem sido verificado, porém, que florestas exercem um efeito regulatório sobre os picos de enchentes. Quando comparadas com outros usos do solo, regiões florestadas apresentam picos de enchentes menores. PEREIRA (1967) comenta um experimento na África Oriental, onde a floresta natural foi substituída por plantações de chá: “o resultado total dos 1.700 acres do vale, com 800 acres de plantações jovens de chá, foi um aumento de 2 vezes nas enchentes de baixa intensidade e 4 vezes na de alta intensidade”. (SNOW apud Molion 1976) estudou os efeitos da troca de florestas tropicais por sistemas de agricultura primitiva na zona do Canal do Panamá. Ele observou que o escoamento total médio anual para os períodos florestado e agrícola não mudou significativamente. Entretanto, os picos de enchentes aumentaram na estação chuvosa e o nível do rio diminuiu na estação seca. A remoção da cobertura vegetal afetou a distribuição média mensal do escoamento mas não mudou o escoamento médio anual. Um estudo feito por Troughton, e comentado por SALATI & VOSE (1983), mostrou que o efeito da remoção de 65% da vegetação natural na bacia do Rio Montagua, Guatemala, foi de inicialmente aumentar os picos de enchente, mas hoje, o rio estabilizou-se com um volume médio 50% inferior ao que tinha antes do desmatamento.

Como foi visto no parágrafo anterior, o escoamento médio anual é igual ao saldo de vapor de água importado. O termo R, portanto, é controlado pela circulação geral da atmosfera e, a longo prazo, só seria modificado se esta se alterasse. A remoção de florestas, portanto, altera a distribuição mensal do escoamento. Técnicas avançadas de proteção do solo e de controle de enchentes podem, em princípio, substituir o papel das florestas tropicais em regular as inundações.

3.2 – Evapo(transpi)ração.

A evaporação da superfície é composta de três fluxos: evaporação da chuva interceptada pela cobertura vegetal, transpiração das plantas e evaporação direta da umidade do solo.

As florestas interceptam mais chuva do que qualquer outro tipo de cobertura vegetal. Esta água evapora sem participar do ciclo de umidade do solo, pois não atinge a superfície. READ (1977), estudando o balanço hídrico de uma pequena bacia no Panamá, concluiu que a interceptação pela floresta foi de 50% da chuva anual, um valor aparentemente alto, talvez resultante da metodologia empregada pelo autor. JACKSON (1971) estimou em 5 a 20% a interceptação em florestas tropicais da Tanzânia. Dois bosques diferentes na Floresta Amazônica, em São Carlos do Rio Negro, Venezuela (Heuveldop 1979) mostraram um valor surpreendentemente baixo de 13%, para interceptação, não incluindo o fluxo pelos troncos. Já na Amazônia Brasileira, próxima a Manaus, FRANKEN et al. (1982) estimaram em cerca de 20% a interceptação pela floresta. Embora estes resultados difiram consideravelmente, pode-se concluir que a substituição de florestas por outras coberturas reduz a interceptação de chuva e, conseqüentemente, a evaporação total, pois a superfície terá mais chuva disponível para os processos superficiais, principalmente para o escoamento.

MOLION & BENTANCURT (1980) mostraram, com base em estudos observacionais, que as diferenças de evaporação entre diferentes tipos de coberturas vegetais podem ser explicadas apenas considerando os balanços de energia radiante, desde que água não seja o fator limitante. Eles concluíram que florestas possuem mais energia disponível para evaporação que os outros tipos de cobertura vegetal.

Existe, ainda, o aspecto aerodinâmico a ser considerado. A floresta apresenta maior rugosidade aerodinâmica que superfícies cultivadas ou pastagens. O grau de turbulência mecânica gerada e a difusividade turbulenta de vapor de água são, portanto, maiores sobre florestas, o que implica em um transporte turbulento vertical de vapor mais eficiente que sobre outras coberturas vegetais. Na evaporação, a forçante é o gradiente de pressão parcial de vapor entre a superfície evaporante e o ar adjacente. Sendo o transporte vertical mais eficiente, o deficit de saturação é sempre mantido grande e, conseqüentemente, a evaporação, considerando novamente que água não seja fator limitante. A substituição de uma superfície de floresta por campos cultivados ou pastagens reduz a rugosidade aerodinâmica da superfície, reduz a difusividade e o transporte vertical turbulento e, conseqüentemente, a evaporação.

Em resumo, hoje é geralmente aceito que a substituição de florestas por outros tipos de cobertura vegetal reduz a evapotranspiração local.

3.3 – Saldo de importação ou advecção de vapor de água.

A importação de vapor de água para dentro de uma região é controlada pela circulação geral da atmosfera e, portanto, não seria afetada pela remoção de florestas, a menos que essa remoção afetasse a própria circulação geral. Entretanto, para uma região tropical de grandes dimensões, como a Amazônia, a modificação em grande escala da vegetação pode alterar sua distribuição espacial interna de água precipitável.

A redução da rugosidade aerodinâmica da superfície aumenta os ventos nos baixos níveis e, dessa maneira, pode-se transportar mais vapor de água em direção aos Andes, mudando a distribuição espacial de água precipitável.

3.4 – Precipitação,

Como foi mostrado na seção anterior, existem duas fontes de umidade para a precipitação: a evaporação local e a advecção de vapor de água. Estudos desenvolvidos em latitudes temperadas concluíram que 90% da precipitação total, em média, provém da umidade importada, logo, a mudança da cobertura vegetal não modificaria a precipitação. Com florestas tropicais de grandes proporções, esse pode não ser o caso. Demonstrou-se aqui, que na Amazônia, a evaporação local fornece cerca de 50% do vapor que é convertido em chuva. Conseqüentemente, a mudança, em grande escala, da cobertura florestal para cultivos ou pastagens reduz a evaporação e, portanto, a precipitação total da região. Um experimento recente, com modelo numérico de circulação geral, onde simulou-se um desmatamento total da Região Amazônica (Henderson-SELLERS 1981) resultou em um decréscimo de cerca de 600 mm ano⁻¹, ou seja, da ordem de 25% na precipitação anual.

3.5 – Umidade do solo trocável com a atmosfera.

Os fatores mais importantes que influenciam a infiltração, quer direta ou indiretamente, são: textura do solo, presença de rochas aflorando, quantidade de matéria orgânica incorporada, presença de horizontes com humo

e restos vegetais, declividade e forma de vertente, rugosidade do terreno e feições microtopográficas, quantidade e tipo de cobertura vegetal, duração e intensidade da chuva. O solo sob floresta tem alta capacidade de absorção, recarrega-se mais uniformemente e libera água mais vagarosamente. Tirando-se a cobertura vegetal protetora, aumenta-se a disponibilidade de água na superfície daquele percentual que antes era interceptado e evaporado. Como as práticas agropecuárias normais levam à compactação do solo, essa água tenderá a escorrer mais do que infiltrar.

SCHUBART (1977) fez medidas de permeabilidade sob duas coberturas vegetais diferentes, com o mesmo tipo de solo, próximo a Manaus, AM. As coberturas eram floresta primitiva e uma pastagem de cinco anos de idade. Observou que o solo sob a floresta apresentou uma taxa de infiltração cerca de 10 vezes superior a do solo de pastagem.

O uso apropriado da terra, com altas técnicas de conservação do solo, pode melhorar a infiltração quando comparado com as técnicas agrícolas convencionais. Porém, o solo nu sempre retém menos umidade que o solo sob floresta. Com a remoção da floresta, o tempo de residência da água no solo diminui e aumenta a incidência de estresse hídrico nos períodos relativamente mais secos e a irrigação torna-se necessária.

4 – EROSÃO E DEGRADAÇÃO DO SOLO

O solo é uma componente da paisagem, essencial para o desenvolvimento da biosfera; a sua formação é lenta e, uma vez destruído, levaria um tempo maior que a vida do homem para se recuperar. Na Região Amazônica, a maioria dos solos é de idade avançada, milhares de anos, tendo sido formados sobre materiais alterados anteriormente pelo clima quente e úmido, dando como resultado solos extremamente evoluídos. Assim, encontram-se na maior parte da bacia, solos com uma reserva de nutrientes muito baixa quando comparados com solos bem evoluídos, de clima temperado. Em alguns casos, até as condições físicas, com formação de horizontes concrecionados, dificultam a passagem das raízes depois de certa profundidade. Na situação atual, a maior parte dos solos amazônicos, e a vegetação que os cobre, são resultados da evolução climática dos últimos 18.000 e 20.000 anos, em que a região passou de um clima mais árido para o atual úmido. Há 18.000 anos, a Floresta Amazônica estava reduzida a certos refúgios (BROWN 1977) isolados, que, com a mudança do clima, foram-se coligando. É evidente que qualquer ação antropogênica, que altere o clima úmido para um outro sedo, fará com que a floresta recue até os antigos refúgios (se não forem destruídos, como está acontecendo com alguns) e a maior parte da atual floresta fique reduzida a formações vegetais do tipo "cerrado". As possibilidades, neste caso, de retornar ao equilíbrio atual são remotas, na escala humana de tempo.

Também, se acontecer este tipo de mudança na cobertura, gerar-se-á uma erosão generalizada que será impossível de ser controlada. Exemplos deste tipo não faltam em outras regiões tropicais.

Em 1956, a floresta secundária de Adiopodoumé (Costa de Marfim) perdeu 2,4 t/ha de solo, enquanto a área próxima, desflorestada e cultivada com mandioca, perdeu 92,8 t/ha. Em 1957, perderam-se 0,03 t/ha na floresta a 28,7 t/ha no cultivo. Em 1955, em Sefá (Senegal), a erosão sob floresta seca foi calculada em 0,02 t/ha, enquanto a área desflorestada e cultivada com amendoim perdeu 14,9 t/ha (UNESCO 1970).

Segundo GIBBS (1967), 80% dos sedimentos carregados para o mar, antes do desmatamento de certas áreas da Bacia Amazônica, provêm de 12% do total da área da bacia que se localiza nas áreas montanhosas dos Andes. O mesmo acontece com a carga de sólidos dissolvidos. Isto quer dizer que uma mudança radical no uso do solo de "terras-firmes" da planície amazônica, fora dos Andes, aumentaria a carga de sedimentos dos rios em muitas vezes mais, com conseqüências nefastas para a fauna aquática da região e, possivelmente, para os países que recebem pelas correntes oceânicas a carga de foz do Amazonas (Guianas, Venezuela e países do Caribe).

Os dados de carga de sedimentos do Rio Negro e do Rio Madeira, coletados pela expedição Alpha Helix de 1976/77 (MEADE et al. 1979) foram comparados com os publicados por GIBBS (1967). Notou-se que a carga de sedimentos do Negro, cuja bacia quase não sofreu alterações em sua cobertura vegetal, permaneceu constante enquanto que a do Madeira triplicou, provavelmente devido à exploração de sua bacia nos últimos dez anos.

Dos parâmetros meteorológicos, os mais importantes relacionados à erosão são as altas intensidades de chuva e os ventos. Uma vez removida a cobertura vegetal protetora, o impacto mecânico das gotas de chuva desagrega a estrutura superficial do solo. As pequenas partículas resultantes selam os poros e baixam ainda mais a infiltração no solo já compactado por práticas agropecuárias. Ao mesmo tempo, a precipitação que era interceptada pela folhagem, chega agora ao solo. A conseqüência é o aumento do escoamento superficial e, portanto, da erosão.

5 – COMENTÁRIOS FINAIS

Foi feito um sumário não exaustivo dos possíveis efeitos que a mudança de floresta para outro tipo de co-

bertura vegetal pode causar nas componentes do ciclo hidrológico, com ênfase à Bacia Amazônica. Demonstrou-se que nessa região, em média, a evaporação local contribui com cerca de 50% para a precipitação. Em latitudes temperadas, essa contribuição é cerca de 10% apenas. Na Amazônia, a substituição de floresta por outras coberturas vegetais pode reduzir a evaporação local e, conseqüentemente, a precipitação pluviométrica. Essa alteração do ciclo hidrológico afetaria o clima regional e possivelmente o clima do Globo.

Na escala global, a Amazônia é uma das fontes mais importantes de calor para a manutenção da circulação geral e do clima atual (KASAHARA & MIZZI 1983). A água, para evaporar, necessita de cerca de 580 cal g^{-1} . Essa energia, absorvida na superfície sob forma de calor latente de vaporização, é liberada para a atmosfera quando o vapor se condensa para formar nuvens e precipitação, constituindo assim a forma mais eficiente de transporte vertical de energia. A substituição da floresta por outras coberturas vegetais, em última análise, reduz a precipitação e, conseqüentemente, a quantidade de calor latente liberada para a atmosfera. Dessa forma, menos energia estará disponível para ser transportada em direção aos pólos, provavelmente aumentando gradiente de temperatura Equador-Pólo e modificando a circulação geral e o clima. Contudo, a magnitude dessa contribuição energética e seus efeitos na circulação geral ainda não são conhecidos. É necessário, portanto, quantificar a interação entre a floresta e a atmosfera e modelar, através de modelos de circulação geral, as possíveis mudanças do ciclo hidrológico e do clima do Globo, resultantes de um desmatamento em grande escala da Amazônia.

6. REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, F. Die Berechnung der Natürlichen Verdunstung (Evapotranspiration) des Erdoberfläche aus Klimatologischen Daten. *Ber. der Deutschen Wetterd.*, 11(83):1-19, 1962.
- BENTON, G.S. & ESTOQUE, M.A. Water vapor transfer over the North America Continent. *Jour. Meteor.*, 11: 462-77, 1954.
- BROWN, JR., K.S. Centros de evolução, refúgios quaternários e conservação de patrimônios genéticos na região neotropical: padrões de diferenciação em Ithomunae (Lepidoptera: Nymphalidae). *Acta Amazônica*, 7(1):75-137, 1977.
- FRANKEN, W., LEOPOLDO, P.R.; MATSUI, E. & RIBEIRO, M.N.G. Estudo da Interceptação da água de chuva em cobertura florestal amazônica do tipo terra firme. *Acta Amazônica*, 12(2):327-31, 1982.
- GIBBS, R.J. The geochemistry of the Amazonas River system. Part 1: The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspend solids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78(10):1203-32, 1967.
- HENDERSON-SELLERS, A. Climate sensitivity to variations in vegetated land surface Albedos. In: *Proc. 6th Annual Climate Diagnostics Workshop*. Washington, Columbia University, 1981. p. 135-44.
- HEUVELDOP, R. The International Amazon. MAB Rainforest Ecosystem Pilot Project at San Carlos de Rio Negro: Micrometeorological Studies. In: ADISOEMARTO, S. & BRUNING, E.F. eds. *Transactions of the Second International MAB-IUFRO Workshop on Tropical Rainforest Ecosystem Research*. Hamburg, Reinbeck, 1979.
- JACKSON, I.J. Problems of throughfall and interception under tropical forest. *J. Hydrol.*, 12(3):234-54, 1971.
- JORDAN, C.F. & HAUVELDOP, J. The water budget of an amazonia rainforest. *Acta Amazônica*, 11(1):87-92, 1981
- KASAHARA, A. & MIZZI, A.P. On the evaluation of heating/cooling rate from the ECMWF & level III-b analysis data. Washington, NAS, 1983 (The Global Weather Experiment Newsletter, 2).
- MEADE, R.H., NORDIN JR, C.F. & CURTIS, W.F. Sediments in Rio Amazonas and some of its principal tributaries during the high-water season of 1976/77. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS*, 3., Brasília, 1979.

- MOLION, L.C.B. A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazonas basin with considerations of deforestation effects. INPE-923-TPT/035. São José dos Campos, SP.
- MOLION, L.C.B. & BENTANCURT, J.J.V. O clima e o uso da terra nos trópicos úmidos. *Roessleria*, Porto Alegre, 3(2):165-87, 1980.
- NEWELL, R.E.; KIDSON, J.W.; VINCENT, D.G. & BOER, G.J. The general circulation of the tropical atmosphere and interaction with extratropical latitudes. Mass., USA., MIT Press, 1972. v.1.
- PALMÉN, E. Evaluation of atmospheric moisture transport for hydrological purposes. *WMO/IHD Report* (1), 1967.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and Grass. *Proc. Roy. Soc. A.*, London, (193): 120-46, 1948.
- PEREIRA, H.C. Effects of land use on the water and energy budgets of tropical watersheds. In: SOPPER, W.E. & LULL, H.W. eds. *Forest hydrology*. New York, Pergamon Press, 1967.
- RASMUSSON, E.M. Atmospheric water vapor transport and the water balance of North America. Part.2: Large scale water balance investigation. *Mon. Wea. Rev.*, (96):720-34, 1968.
- READ, R.G. Microclimate as background environment for ecological studies of insects in a tropical forest. *J. Appl. Met.*, 16(12):1282-91, 1977.
- SALATI, E. DALL'OLIO, A.; MATSUI, E. & GATT, J.R. Recycling of water in the Amazon basin: an isotope study. *Water Res. R.*, 15(5):1250-8, 1979.
- SALATI, E. & VOSE, P.B. Amazon basin: A system in equilibrium. 1983. Submitted for Publication in Science.
- SCHUBART, H.O.R. Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras firmes da Amazônia. *Acta Amazônica*, 7(4):559-67, 1977.
- UNESCO. Use and conservation of the biosphere-natural resources. Research X. Paris, 1970.

HIDROLOGIA DE FLORESTAS IMPLANTADAS

Walter de Paula Lima*

RESUMO

O presente trabalho baseou-se na revisão dos aspectos hidrológicos principais estudados recentemente em plantações florestais, com ênfase na avaliação do consumo de água e nos efeitos sobre a qualidade da água e ciclagem de nutrientes em bacias hidrográficas. São discutidos os resultados recentes sobre o processo de interceptação em florestas, a taxa de evaporação de copas molhadas, a relação destas com a transpiração, e a necessidade de se levar em conta o regime pluviométrico para a comparação do consumo de água por florestas implantadas relativamente a outras coberturas vegetais.

1 - INTRODUÇÃO

As florestas implantadas, ou seja, aquelas formadas artificialmente pelo homem, quer como florestamento (em áreas antes desprovidas de vegetação arbórea) ou como reflorestamento (florestas artificiais substituindo outra cobertura florestal antes existente), constituem característica marcante da paisagem de muitos países. EVANS (1982) menciona 103 países desenvolvendo programas de reflorestamento, alcançando a área total já plantada cerca de 25 milhões de hectares. No Brasil, a área plantada está ao redor de 5 milhões de hectares, sendo novas plantações formadas à taxa de 400 mil hectares por ano.

O uso preponderante destas florestas artificiais é o industrial (50%), seguido do uso para geração de energia (20%), ou como florestas de proteção (17%), além de outros usos. Estes usos, principalmente os dois primeiros, tenderão a aumentar no futuro, e as taxas de plantio de florestas artificiais deverão acompanhar esta demanda, a fim de que os poucos remanescentes de florestas naturais do mundo não venham a se extinguir (WHITMORE 1981).

Do ponto de vista hidrológico, a alta taxa de crescimento destas florestas implantadas tem sido freqüentemente interpretada como estando associada a um maior consumo de água. Em diversos países, este aspecto tem, em geral, enorme importância tanto politicamente quanto do ponto de vista da pesquisa científica, e muitos trabalhos têm sido realizados nesta área.

A intenção do presente trabalho consiste em reunir algumas informações importantes sobre os aspectos hidrológicos em florestas implantadas, salientando os resultados já obtidos em povoamentos de eucaliptos e de pinheiros nas nossas condições.

2 - CONSUMO DE ÁGUA POR PLANTAÇÕES FLORESTAIS

Dos aspectos hidrológicos em florestas artificiais, o consumo de água relativamente a florestas naturais ou a outras coberturas vegetais parece ser o mais polêmico. A fim de discutir este aspecto, serão abordados os processos de evaporação, transpiração, interceptação e regime da água do solo, com base em resultados experimentais recentes.

As plantações florestais apresentam algumas características importantes para a avaliação de seu potencial de evapotranspiração: a) suas copas constituem uma superfície aerodinamicamente rugosa, o que facilita as trocas de calor e de vapor d'água com a atmosfera; b) superfície foliar relativamente grande, o que implica em alta taxa de interceptação, bem como representa uma superfície transpirante extensa; c) alta resistência estomatal, o que implica em baixa taxa de transpiração, comparativamente, por exemplo, a certas vegetações de menor porte (JARVIS & STEWART 1978).

Esta última característica, além disto, pode variar com fatores microclimáticos. STEWART (1981) e RO-

* ESALQ-USP, Depto. de Silvicultura
13.400 - Piracicaba - SP.

ROBERTS (1983), por exemplo, citam que a resistência estomatal de muitas espécies florestais aumenta com o aumento do déficit de umidade relativa da atmosfera.

No conjunto, estas características atuam no sentido de diminuir as perdas por transpiração e a aumentar a taxa de interceptação. Estes dois processos, por sua vez, são os principais componentes da evaporação total em um povoamento florestal.

A transpiração é influenciada por diversos fatores: clima, espécie, idade da floresta, solo, etc., e, por esta razão, trata-se de um processo mais difícil de ser completamente elucidado. Para uma dada espécie, a transpiração depende da chamada resistência superficial, que é o produto da resistência estomatal pelo índice de área foliar (ROBERTS et al. 1982). A resistência superficial, por sua vez, varia ao longo do dia, e de dia para dia (STEWART 1981 e WHITEHEAD et al. 1981). Assim, deve-se esperar diferenças nas taxas de transpiração de diferentes espécies, bem como na taxa de transpiração de uma dada espécie em função das condições de clima e umidade disponível no solo (RUTTER 1968 e LIMA 1983).

Não obstante estas diferenças específicas, as medições da transpiração total de um determinado povoamento florestal (em condições de campo, portanto), para um dado período, mostram resultados surpreendentemente semelhantes entre diferentes espécies de um mesmo gênero, e mesmo entre gêneros diferentes. ROBERTS (1983), por exemplo, cita resultados de vários trabalhos realizados em plantações coníferas e de folhosas na Europa, cujos totais anuais de transpiração são bem semelhantes. Na Austrália, comparação entre florestas naturais de eucalipto e plantações de *Pinus radiata* também mostrou resultados similares de evaporação total (SMITH et al. 1974 e DUNIN & MACKAY 1982). Em Piracicaba, estimativas da evapotranspiração em povoamentos de *Pinus caribaea* e de *Eucalyptus saligna* de mesma idade também foram idênticas (LIMA 1976; LIMA & FREIRE 1976 e LIMA & REICHARDT 1977). Já em 1972, Aussenac, citado por ROBERTS (1983), também encontrava resultados semelhantes na evapotranspiração (transpiração mais interceptação) em quatro plantações de diferentes espécies, na França, concluindo que:

As diferenças relativamente pequenas (de evapotranspiração) indicam que em climas temperados e em condições de solo semelhantes às do experimento, povoamentos florestais, de idade e estrutura semelhantes, apresentam valores iguais de evapotranspiração".

Dependendo de certas condições de clima e de solo, a evapotranspiração total de uma dada floresta pode até mesmo igualar-se à evapotranspiração de gramíneas (JARVIS & STEWART 1978). É que a resistência estomatal de essências florestais é, em geral, maior do que a de gramíneas, o que implica em menor taxa de transpiração nas primeiras do que nas segundas.

Alguns experimentos conduzidos em bacias hidrográficas experimentais, por outro lado, mostram que a produção anual de água diminui quando se substitui uma floresta natural por uma floresta implantada (SWANK & DOUGLASS 1975), ou quando se executa o florestamento de uma área de gramíneas por plantações de eucalipto (VAN LILL et al. 1980). No primeiro caso, aos treze anos após o reflorestamento com *Pinus strobus*, a bacia hidrográfica estava apresentando deflúvio anual em cerca de 200 mm menor do que o que ocorreria com a cobertura florestal original. No caso do reflorestamento com *Eucalyptus grandis*, na África, a bacia apresentou redução no deflúvio anual de aproximadamente 340 mm, decorridos cinco anos do plantio.

Resultados recentes de medições da interceptação e do balanço de energia em diferentes coberturas vegetais começam a tornar mais claro o aparente conflito relatado. A transpiração do subosque de um povoamento florestal, por exemplo, pode ser um fator decisivo que concorre para que os valores da evaporação total de duas espécies com diferentes taxas de transpiração sejam idênticas. De acordo com ROBERTS et al. (1980), ROBERTS et al. (1982) e ROBERTS (1983), a transpiração de *Gautheria* sp, no subosque de plantações de *Pseudotsuga* sp pode representar até 70% da transpiração total da floresta, assim como a transpiração de *Pteridium* sp (samambaia), em plantações de *Pinus sylvestris*, pode representar até 60% da transpiração total da floresta. Desta forma, este aspecto funciona como um dos mecanismos de compensação (STEWART 1981), pelos quais a evaporação total de diferentes povoamentos tende a se igualar ao longo de um dado período.

O outro grande mecanismo reside no processo de interceptação. Para florestas de estrutura similar, e para um mesmo regime de chuva, as perdas por interceptação se equivalem. Por outro lado, num mesmo regime de chuvas, florestas de diferentes espécies e estrutura apresentam diferentes perdas por interceptação, e estas podem ser a principal causa da diferença no balanço hídrico. Comparação do balanço hídrico entre bacias hidrográficas contendo plantações de *Pinus radiata* e floresta de eucalipto na Austrália, por exemplo, ilustra este aspecto (PILGRIM et al. 1982).

| | Bacia com <i>Pinus</i> | Bacia com <i>Eucalyptus</i> |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Precipitação (mm) | 871 | 895 |
| Interceptação (mm) | 163 | 95 |
| Evapotranspiração (mm) | 627 | 638 |
| Runoff (mm) | 72 | 127 |

Além disto, a evaporação da água interceptada ocorre a uma taxa cerca de 2 a 3 vezes mais elevada do que a que ocorreria em condições de copa seca (JARVIS & STEWART 1978). Desta forma, para um mesmo balanço de energia, uma fração da perda por interceptação resulta numa correspondente diminuição da demanda da transpiração, ou seja, na retirada da água do solo (STEWART 1977). Assim, ao substituir uma vegetação de interceptação maior, uma plantação florestal pode apresentar idêntico regime da água do solo, ou idêntica evaporação total ao longo de um período, que a vegetação original (LIMA 1983 e LIMA & NICOLIELO 1983).

Finalmente, a relação entre a interceptação e o regime de chuvas do local é muito importante para a completa apreciação do consumo de água por plantações florestais. A maior taxa de interceptação das florestas em relação a outras vegetações de menor porte não se deve, inteiramente, à maior capacidade de retenção das copas das árvores. O que acontece é que, estando esta capacidade de retenção completada, ou seja, estando as copas das árvores molhadas, a evaporação desta água ocorre, como já afirmado, mais rapidamente, devido ao aumento da rugosidade aerodinâmica das copas pelo umedecimento, aumento este que é relativamente maior para as florestas do que para vegetação de menor porte (gramíneas por exemplo). Desta forma, se a plantação florestal está localizada em área de regime pluviométrico caracterizado por chuvas leves, bem distribuídas ao longo do ano, e de duração prolongada de tal sorte que as copas permaneçam molhadas durante longo período, o consumo de água será bem grande, maior do que o de qualquer outra vegetação de menor porte (CALDER 1979). Nestas condições, até o conceito de "evapotranspiração potencial" de Thornthwaite não se aplica no caso de floresta, uma vez que o fluxo de calor latente chega a atingir 1,25 vezes a radiação líquida, sendo que esta entrada adicional de energia provém de um fluxo descendente de calor sensível resultante do aumento aerodinâmico de rugosidade das copas molhadas (GASH & MORTON 1978 e STEWART 1981).

Por outro lado, se a plantação florestal está localizada em área de regime pluviométrico tal que haja uma distribuição equitativa entre períodos de copa seca e períodos de copa úmida, o consumo de água pela floresta pode até não exceder ao consumo de uma cobertura vegetal de gramíneas de desenvolvimento, crescendo em solo profundo e de bom suprimento hídrico, devido ao valor normalmente menor de condutância estomatal das essências florestais (JARVIS & STEWART 1978 e CALDER 1979).

3 – QUALIDADE DA ÁGUA E CICLAGEM DE NUTRIENTES

O efeito de uma floresta implantada sobre a qualidade da água deve ser verificado globalmente, em termos da qualidade final da água do deflúvio de uma bacia, bem como isoladamente, em cada um dos vários sub-processos da ciclagem da água na floresta quais sejam o escoamento pelo tronco, a precipitação interna, o escoamento superficial (erosão) e o solo (WALLING 1980).

Com relação à ciclagem de nutrientes, aqui incluída, uma vez que esta ciclagem está diretamente relacionada com o ciclo da água na floresta, a abordagem incluirá apenas resultados comparativos entre florestas implantadas e outros tipos de vegetação. O manejo e a utilização das florestas implantadas, de forma geral exploradas em regime de curta rotação, implicam em outro aspecto da ciclagem de nutrientes, qual seja o da exportação acelerada de nutrientes do "site", cuja preocupação vem sendo discutida em vários trabalhos (WELLS & JORGENSEN 1979, RAISON & CRANE 1981 e COLE 1981), principalmente em termos do declínio da produtividade do "site" ao longo de sucessivas rotações.

Em termos globais, a questão seria: qual o efeito do reflorestamento, ou da formação de florestas implantadas sobre a qualidade da água em uma bacia hidrográfica? Se o ecossistema (a bacia reflorestada) encontra-se em equilíbrio dinâmico, a perda líquida de nutrientes, ou seja, o balanço entre a entrada via precipitação e a saída via deflúvio, dá uma indicação dos processos de intemperismo e erosão, além de permitir a avaliação do efeito de atividades de uso do solo na bacia, tal como é o caso do reflorestamento (BORMANN & LIKENS 1979). Assim, o aumento da perda líquida de nutrientes da bacia como resultado do tratamento aplicado poderia conduzir à deterioração da qualidade da água e, a longo prazo, reduzir a produtividade do solo.

Nos Estados Unidos, este tipo de balanceamento de nutrientes foi feito em bacias hidrográficas experimentais contendo floresta natural de folhosas mistas da região dos Apalaches, em comparação com bacia reflorestada com *Pinus strobus*. JOHNSON & SWANK (1973) verificaram que aos treze anos de idade do plantio a bacia com *Pinus* estava apresentando um ganho líquido em cálcio e perdas líquidas significativamente menores de magnésio, potássio e sódio, em relação à bacia com floresta natural, o que indicava que a substituição da floresta natural por plantação homogênea de *Pinus strobus*, pelo menos aos treze anos de idade, não estava causando nenhuma alteração substancial no balanço de nutrientes da bacia.

Na Austrália, RICHMOND (1980) e TALSMA & HALLAM (1982) também não encontraram diferenças significativas no balanço de nutrientes entre bacias adjacentes contendo floresta natural de eucaliptos e plantações de *Pinus radiata*.

A comparação entre a qualidade da água do deflúvio entre bacias hidrográficas contendo diferentes cober-

turas vegetais inclui, evidentemente, a interação entre todas as fases pelas quais a água circula desde a sua chegada à bacia via precipitação. É bem possível que diferentes vegetações possam causar diferentes efeitos à qualidade da água nos processos de interceptação (LIMA & BARBIN 1975), na lixiviação de nutrientes das copas pelas chuvas (ATTIVILL 1966 e LIMA 1979), no escoamento superficial (WELLS & JORGENSEN 1979), e mesmo no deflúvio (DICK & COOKE 1981). Quando se compara bacia contendo plantação florestal com outra contendo pastagens, é bem provável que a primeira apresente uma ciclagem mais eficiente de nutrientes e, desta forma, a concentração de nutrientes na água do deflúvio seja menor, como aconteceu na Nova Zelândia, na comparação entre bacia com *Pinus radiata* e bacia com pastagens (DYCK e COOKE 1981). Em Agudos, São Paulo, semelhante estudo está sendo desenvolvido comparando-se a qualidade da água entre bacia contendo plantação de espécies de pinheiros tropicais e bacia submetida à pecuária (LIMA, s/d).

Para a avaliação completa do efeito de plantações florestais sobre a qualidade da água, todavia, o fator solo deve ser considerado. De fato, a saída de nutrientes da bacia via deflúvio resulta tanto na dinâmica iônica da zona das raízes, e portanto influenciável pela vegetação, como da movimentação da solução do solo nas partes mais profundas do perfil. Desta forma, a alteração da qualidade da água da chuva causada pela vegetação, através da interação com as copas, lixiviação de nutrientes das copas e também da camada de "litter" da floresta poderá, na maioria das vezes, ser eliminada pelo poder tampão do perfil do solo. Nestas condições, a medição da qualidade da água do deflúvio não seria suficiente para mostrar alguma influência da vegetação (CHARLEY 1981 e TALSMA 1981), enquanto que medições realizadas em cada um dos compartimentos citados, do escoamento pelo tronco, da precipitação interna, da lixiviação do "litter", e da solução do solo a diferentes profundidades mostram, efetivamente, esta influência (CHARLEY 1981).

CONCLUSÕES

As florestas implantadas deverão continuar sendo formadas a taxas anuais expressivas em muitos países, tanto para atender à crescente demanda de madeira para vários usos, incluindo o energético, quanto para a recuperação de extensas áreas degradadas.

Do ponto de vista hidrológico, as florestas implantadas não têm, na maioria das situações, causado efeitos adversos aos recursos hídricos. Por efeito de sua estrutura, superfície foliar e suas características de crescimento, as diferenças quantitativas do balanço hídrico em estudos comparativos entre florestas implantadas e outros tipos de vegetação têm sido mais em função das diferentes taxas de interceptação das chuvas. O regime de chuvas e as condições de solo, principalmente em termos de disponibilidade hídrica, exercem significativa influência sobre as perdas por interceptação, e o consumo total de água por uma floresta implantada deve ser considerado neste contexto. Desde que a evaporação da água interceptada ocorra a taxas mais elevadas do que a transpiração que ocorreria em condições de copa seca, num regime de chuvas que prolongue o período em que as copas das árvores permaneçam molhadas, a maior perda por interceptação resultará num maior consumo de água, proporcionalmente a uma vegetação cuja taxa de interceptação seja menor. Nestas condições, o fluxo de calor latente na floresta chega a ser até 1,25 vezes a radiação líquida, e o consumo de água pode ultrapassar, inclusive, a taxa de evapotranspiração potencial. Em condições opostas, isto é, num regime de chuvas em que haja equivalência entre períodos de copa molhada e períodos de copa seca, a evaporação de uma floresta pode inclusive ser igual à de uma cobertura de gramíneas, em função do menor valor de condutância estomatal das essências florestais.

A qualidade da água de bacias hidrográficas contendo florestas implantadas não tem sido significativamente diferente da de bacias contendo floresta natural. Comparativamente à cobertura de gramíneas, ou de culturas agrícolas, a perda de nutrientes pelo deflúvio de bacias com florestas implantadas deve ser normalmente menor, em função da ciclagem mais eficiente dos nutrientes pelo ecossistema florestal. Não obstante, diferentes essências florestais podem influenciar diferentemente a qualidade da água nas várias fases do ciclo da água desde que ela atinge a superfície superior das copas até sua saída da bacia via deflúvio. Esta influência é devida à interação da água da chuva com as copas das árvores, ao processo de lixiviação de nutrientes das folhas e ramos, à lixiviação de "litter", e à dinâmica de nutrientes na zona do sistema radicular do solo.

REFERÊNCIAS

- ATTIVILL, P.M. The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in nature eucalyptus forest. *Plant & Soil*, 24(3) 390-406, 1966.
- BORMANN, F.H. & LIKENS, G.E. *Pattern and process in a forested ecosystem*. New York, Springer-Verlag, 1979. 253p.

- CALDER, I.R. Do trees use more water than grass? *Water Services*, (jan.) 1979.
- CHARLEY, J. Soil as a nutrient reservoir and buffer system. *Australian Forest Nutrition Workshop: Productivity in perpetuity*. Melbourne, CSIRO, 1981. p. 13-27.
- COLE, D.W. Nutrient cycling in world forests. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 7., Kyoto, Japan, 1981. Div. I. p. 139-60.
- DICK, W.J. & COOKE, J.G. Exotic forestry and its effects on water quality. *The waters of waikato*, 1:1-11, 1981.
- DUNIN, F.X. & MACKAI, S.M. Evaporation of eucalypt and coniferous forest communities. *The First National Symposium on Forest Hydrology*. Melbourne, The Institution of Engineers, Austrália, National Conference Publication n^o 82/6:18-25, 1982.
- EVANS, J. *Plantation forestry in the tropics*. Oxford, Clarendon Press, 1982, 472p.
- CASH, J.H.C. & MORTON, A.J. An application of the rutter model to the estimation of the interception loss from Thetford Forest. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 38:49-58, 1978.
- JARVIS, P.G. & STEWART, J. Evaporation of water from plantation forests. *The ecology of even-aged forest plantations*. Edinburgh, IUFRO, 1978, p.328-49.
- JOHNSON, P.L. & SWANK, W.T. Studies of cation budgets in the southern appalachians on our experimental atersheds with contrasting vegetation. *Ecology*, 54:70-80, 1973.
- LIMA, W.P & BARBIN, D. Efeito de plantações de *Eucalyptus e Pinus* sobre a qualidade da água da chuva. *IPEF*, Piracicaba, (11):23-25, 1975.
- LIMA, W.P & FREIRE, O. Evapotranspiração em povoamentos de eucaliptos e de pinheiros, e em parcela contendo vegetação herbácea natural. *IPEF*, Piracicaba, (12):103-17, 1976.
- LIMA, W.P Intercepção da chuva por povoamentos de eucaliptos e de pinheiro. *IPEF*, Piracicaba, (13):75-90, 1976
- LIMA, W.P & REICHARDT, K. Regime da água do solo sob florestas homogêneas de eucaliptos e de pinheiros. Piracicaba, CENA, 1977. 31p. (Boletim Científico, BC-043).
- LIMA, W.P Alteração do pH, da condutividade e das concentrações de cálcio, magnésio e fósforo na água da chuva em florestas de *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea*. *IPEF*, Piracicaba, (18):37-54, 1979.
- LIMA, W.P. Soil moisture regime in tropical pine plantation and in "Cerradão" vegetation in the State of São Paulo, Brazil. *IPEF*, Piracicaba, (23):5-10, 1983.
- LIMA, W.P & NICOLIELO, N. Precipitação efetiva e intercepção em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de Cerradão. *IPEF*, Piracicaba, (24):43-6, 1983.
- LIMA, W.P. Produção e qualidade da água em bacias hidrográficas reflorestadas com *Pinus* e em bacias submetidas à pecuária, na CAFMA, São Paulo. No prelo.
- PILGRIM, D.H.; DORAN, D.G.; ROMBOTTOM, I.A.; MACKAY, S.M.; TJENDANA, J. Water balance and runoff characteristics of mature and cleared pine and eucalypt catchments at Lidsdale, New South Wales. *The First National Symposium on Forest Hydrology*. Melbourne, The Institution of Engineers, 1982. (National Conference Publication n^o 82/6) p. 102-110.
- RAISON, R.J. & CRENE, W.J.B. Nutritional costs of shortened rotations in plantation forestry. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. Div. I. p. 63-72.

- RICHMOND, I.C. Streamflow and water quality following pine establishment in the Donnybrook Sunkland. Forests Department of Western Australia, 1980. (Research Paper, 58). 6p.
- ROBERTS, J.; PYMAR, C.F.; WALLACE, J.S.; PITMAN, R.M. Seasonal changes in leaf area, stomatal and canopy conductances and transpiration from Bracken Below a forest canopy. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 17:409-22, 1980.
- ROBERTS, J.; PITMAN, R.M. & WALLACE, J.S. A comparison of evaporation from stands of scots pine and corsican pine in Thetford Chase, East Anglia. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 19:859-72, 1982.
- ROBERTS, J. Forest transpiration: a conservative hydrological process? *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 66: 133-41, 1983.
- RUTTER, A.J. 1966. Water consumption by forests. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) *Water deficits and plant growth*. New York, Academic Press, 1966. v.2. p. 23-84.
- SMITH, M.K.; WATSON, K.K. & PILGRIM, D.H. A comparative study of the hydrology of radiata pine and eucalypt forests at Lidsdale, New South Wales. Institution of Engineers, Australia, C.E. Transactions, CE-16: 82-86. 1974.
- STEWART, J.B. Evaporation from wet canopy of a pine forest. *Water Resources Research*, 13(6):915-21, 1977.
- STEWART, J.B. Evaporation from forests. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. Div. I. p. 129-38.
- SWANK, W.T. & DOUGLAS, J.E. Streamflow greatly reduced by converting deciduous hardwood stands to pine. *Science*, 185:857-9, 1974.
- TALSMA, T. Transport of salts in catchments and soils. *Agricultural Water Management*, 4:103-3, 1981.
- TALSMA, T. & HALLAM, P.M. Stream water quality of forest catchments in the Cotter Valley, ACT. *First National Symposium on Forest Hydrology*. Melbourne, The Institution of Engineers, 1982. (National Conference Publication, 82/6) p. 50-9.
- VAN LILL, W.S.; KRUGER, F.J.; & VAN WYK, D.B. The effect of afforestation with *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *Pinus patula* Schlecht et Cham. on streamflow from experimental catchments at Makobulaan, Transvaal. *Journal of Hydrology*, 48:107-18, 1980.
- WALLING, D.E. Water in the catchment ecosystem. In: GOWER, A.M. ed. *Quality in Catchment ecosystem*. New York, Johnwiley, 1980. p. 1-48.
- WELLS, C.G. & JORGENSEN, J.R. Effect of intensive harvesting on nutrient supply and sustained productivity. In: *Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling Proc.* p. 212-30, 1979.
- WHITEHEAD, D.; OKALI, D.U.U. & FASEHUN, F.E. Stomatal response to environmental variables in two tropical forest species during the dry season in Nigeria. *Journal of Applied Ecology*, 18:571-87, 1981.
- WHITMORE, J.L., 1981. Plantations versus other land use options in Latin America. IUFRO WORLD CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. Div. 1 p. 448-62.

INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS NATIVAS NO CICLO HIDROLÓGICO NA REGIÃO DE VIÇOSA, MG

Paulo Sant'Anna e Castro*

RESUMO

O presente trabalho reúne, desde 1977, atividades de pesquisas relacionadas com as influências das florestas nativas no ciclo hidrológico, na região de Viçosa, MG.

Os aspectos quantitativos e qualitativos do ciclo hidrológico, estudados no trabalho, mostraram que as florestas naturais exercem papel importante na regularização dos cursos de água.

Quando se comparou a bacia florestada com a de uso agrícola, esta apresentou grande volume de escoamento superficial, possibilitando chegar aos cursos de água grande quantidade de partículas inorgânicas desagregadas do solo. Já a bacia florestada apresentou menor escoamento superficial e, conseqüentemente, maior infiltração de água no solo. A cobertura florestal fez com que os nutrientes ficassem retidos em maiores proporções no ecossistema.

1, INTRODUÇÃO

O Brasil vem experimentando uma grande mudança no uso da terra e, concomitantemente, a população cresce e se expande para locais não antes povoados, como é o caso da Amazônia. Essas transformações de uso da terra precisam ser encaradas ao nível de unidade, ou seja, a bacia hidrográfica, para um adequado planejamento e estudo dos recursos naturais renováveis. As bacias hidrográficas constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas.

O ciclo hidrológico não se constitui apenas nos diversos caminhos que a água poderá tomar na biosfera. Além disso, ele inclui processos associados ao armazenamento e movimento da água nos seus três estados. No ciclo hidrológico, deve-se pensar na distribuição espacial e quantitativa da precipitação. Na fase terrestre, além do aspecto quantitativo dos processos hidrológicos, interessa-se saber os efeitos subseqüentes que poderão ocorrer, devido ao uso da terra. Segundo HEWLETT (1982), movimento da água através do ciclo hidrológico estabelece o nível básico de produtividade da terra. Um exemplo de efeito subseqüente indesejável é a erosão. Precipitações incidindo sobre uma bacia hidrográfica desprovida de cobertura vegetal fará aumentar o escoamento superficial, provocando desagregação de partículas do solo e ocorrendo o fenômeno erosivo. Outros efeitos hidrológicos fatalmente irão se manifestar. Citam-se: menor infiltração de água no solo, menor armazenamento de água no solo, vazões mínimas cada vez mais críticas, perda de nutrientes do solo e outros. Como se vê, os processos estão interligados e nada melhor do que a bacia hidrográfica para servir de unidade representativa de ecossistemas. O homem, ao fazer uso dos recursos naturais deve, primeiramente, conhecer as interligações naturais e complexas entre os processos do ciclo hidrológico. A bacia hidrográfica precisa ser manejada com racionalidade, para assegurar produção adequada de seu mais importante recurso – a água. A bacia hidrográfica não deve funcionar como um recipiente impermeável, devolvendo toda a água recebida da precipitação logo após cessada a chuva. Ela deve absorver boa parte desta água, armazená-la em seu lençol subterrâneo e, paulatinamente, cedê-la aos cursos d'água, mantendo boa vazão durante os períodos de seca. Isto é um aspecto fundamental para irrigação, pois garante o abastecimento de água na época em que tal operação realmente precisa dela VALENTE & CASTRO (1983).

A hidrologia é a ciência básica para o entendimento dos processos que ocorrem na bacia hidrográfica. Como ciência, ela surgiu de vários métodos utilizados pelos engenheiros para previsão de vazão e planejamento de estruturas. Essas atividades trouxeram um grande avanço para a hidrologia científica, mas pouca atenção tem sido dada ao conhecimento dos processos hidrológicos, particularmente aqueles que são afetados diretamente pelo uso da terra, como o solo, a atmosfera e vegetação. Os problemas hídricos atuais como déficit hídrico, poluição, enchentes e erosão são exemplos da necessidade de se estudar as fases do ciclo hidrológico (HEWLETT 1982).

O presente artigo apresenta considerações de atividades de pesquisas que o Departamento de Engenharia Florestal da U.F.V. tem procurado desenvolver através dos anos, na tentativa de contribuir para a solução dos problemas hídricos, particularmente os relacionados com a ciência florestal. O trabalho apresenta considerações sobre

* Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Florestal - 36 570, Viçosa, MG

as influências das florestas nativas em alguns processos do ciclo hidrológico na região de Viçosa, MG, abordando aspectos quantitativos e qualitativos da água.

2. PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Até o momento, não foi possível analisar as influências das florestas nativas no ciclo hidrológico englobando os processos hidrológicos de uma só vez. O que se tem feito é estudar os processos separadamente.

Os processos estudados prendem-se a bacias situadas no município de Viçosa. São bacias de cabeceira e pertencem à Bacia do Rio Turvo Sujo, que por sua vez está incluída na Bacia do Rio Doce. Segundo VALENTE et al. (1977), o Rio Turvo Sujo forma com o Turvo Limpo o grande sistema de drenagem do município de Viçosa e seus vizinhos.

2.1. Características das áreas estudadas

A região de Viçosa caracteriza-se por apresentar remanescentes de florestas naturais apenas no topo das vertentes. Nas outras seções, a agropecuária, núcleos habitacionais e construções rurais, geralmente se manifestam por carência de práticas conservacionistas, principalmente do solo e dos recursos hídricos. No entanto, é uma região com grande aptidão florestal, mas que, através dos anos, vem sendo devastada pelo homem. Existem áreas de baixa produtividade agrícola, fenômenos de erosão, poluição dos rios e ocorrência de enchentes.

A rocha é gnaisse, mesocrática, bastante lineada, sendo a geologia referida ao Precambriano D (Precambriano inferior ou indiviso) (REZENDE 1971).

A fisiografia da região segue as informações de REZENDE (1971), com vales cujo fundo corresponde a um leito maior, periodicamente inundável, seguido de traços assimétricos. As vertentes desenvolvem-se segundo uma linha côncavo-convexa-tôpo.

Os solos são de textura argilosa, sendo classificados como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico nas seções côncavas, convexas e topos do perfil topográfico. No terraço, o solo é tido como Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico (COSTA 1973).

O clima da região é do tipo Cwa (Köppen). Alguns dados climáticos médios do município de Viçosa, no período de 1931 a 1960, fornecidos pelo Setor de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V. são:

| | |
|--|-----------|
| Temperatura média anual | 19°C |
| Média das temperaturas máximas | 26,1°C |
| Média das temperaturas mínimas | 14°C |
| Precipitação média anual | 1.341,2°C |
| Umidade relativa | 80°C |

Segundo VELOSO (1966), a região apresenta formações estacionais tropicais, em parte caducifólias, com clima tropical úmido e estações chuvosa, e seca bem definidas. Conforme a espécie florestal, poderá haver variação na queda das folhas, de meados de maio até praticamente fins de outubro (RAMALHO 1979).

2.2. Interceptação

A cobertura florestal atua no ciclo hidrológico provocando o retardamento da movimentação da água em direção aos cursos d'água. A interceptação é um dos processos que provoca esse retardamento. A interceptação poderá causar uma diminuição no total da água de chuva que atinge o solo e, conseqüentemente, uma redução no escoamento superficial. Deste fenômeno podem-se valer especialistas nos mais diversos ramos da ciência. O engenheiro interessado na construção de açudes deverá, certamente, estudar o processo da interceptação pela alteração que o fenômeno pode provocar no escoamento superficial. O técnico em conservação de solos poderá amenizar a ocorrência de fenômenos causadores de erosão, relacionando densidade arbórea com valores de interceptação. O engenheiro florestal, ao fazer um desbaste num povoamento florestal, fará com que a precipitação interna aumente, possibilitando maior disponibilidade de água no solo para as árvores remanescentes.

O processo da interceptação é de suma importância no manejo de recursos hídricos no manejo florestal, em virtude de certas práticas silviculturais resultarem em variações da vazão de um curso de água e em alterações na taxa de evapotranspiração de uma região (SWANK et al. 1972).

Vários fatores podem interferir na interceptação, tais como: precipitação, densidade de copa, diversidade de espécies, idade das árvores, rugosidade da casca e metodologia de medição dos processos de interceptação. A pre-

cipitação, quanto à intensidade, duração e recorrência, é a variável que mais influencia no processo da interceptação (FRANKEN et al. 1982), principalmente quanto aos valores absolutos. Assim, têm-se diferentes valores de interceptação para diferentes situações climáticas. A floresta, entretanto, atua nos componentes da interceptação, isto é, no fracionamento da precipitação, apresentando, conforme a tipologia florestal, variações proporcionais da precipitação interna, escoamento pelo tronco e perda por interceptação.

No período de 22/01/81 a 27/12/81, realizou-se um experimento de interceptação da água da chuva por mata natural secundária. O trabalho foi conduzido na área denominada Mata do Paraíso (CASTRO et al. 1983). A Figura 1 apresenta basicamente os resultados do experimento. Nota-se, pela Figura 1A, que embora insignificante em termos quantitativos, o escoamento pelo tronco é uma função linear da precipitação em aberto. Os valores de escoamento pelo tronco, em percentagem, tornaram-se praticamente constantes a partir de precipitações em aberto acima de 40 mm. Chuvas de grande intensidade dificultam o escoamento pelo tronco, em virtude de, neste caso, as árvores, possivelmente saturadas de umidade, favorecerem a distribuição da chuva via precipitação interna.

Na Figura 1B, observa-se que os valores absolutos da precipitação interna e perda por interceptação aumentam proporcionalmente com o aumento da precipitação em aberto. Precipitações em aberto, ocorrendo sucessivamente, farão aumentar os valores da precipitação interna e, conseqüentemente, diminuir a perda por interceptação, conforme mostram as funções logarítmicas.

Os valores de interceptação encontrados no trabalho diferem de outros obtidos em ecossistemas florestais constituídos por espécies tropicais ou subtropicais, conforme relação apresentada na Tabela 1. Além dos fatores físicos abordados anteriormente, observa-se, na Tabela 1, que o processo da interceptação varia também de região para região, em função de uma série de fatores experimentais (FRANKEN et al. 1982), dentre os quais o tamanho e o número das parcelas experimentais, a duração do experimento, o rodízio dos pluviômetros e a técnica de determinação do escoamento pelo tronco. As influências de tais fatores precisam ser mais bem estudadas.

A precipitação interna contribuiu com a maior parte da água que atingiu o solo florestal, cerca de 87,4% da precipitação em aberto, ao passo que o escoamento pelo tronco apresentou, relativamente, valores insignificantes (0,2%). A perda por interceptação contribuiu com cerca de 12,4%.

Considerando que 80% da área da Bacia do Paraíso (194 ha) apresenta cobertura florestal semelhante à das parcelas experimentais, pode-se esperar que, durante o período de estudo, 165.304m³ de água retornaram à atmosfera, ou seja, foram interceptados pela cobertura florestal e daí evaporadas, não atingindo o solo.

2.3. Vazão

A hidrógrafa constitui-se numa ótima ferramenta para avaliação da bacia hidrográfica quanto ao processo de captação e redistribuição da água. Sua análise permite visualizar o comportamento do curso de água, durante as épocas seca e chuvosa. Sua elevação reflete as características da bacia hidrográfica, principalmente quanto ao uso da terra e permeabilidade dos solos.

Nos meses de outubro de 1978 a agosto de 1979, realizaram-se leituras de vazão em duas bacias hidrográficas (CASTRO 1980). A primeira bacia, denominada Bacia do Córrego do Paraíso, apresenta-se coberta por mata natural secundária, enquanto na outra, denominada Bacia do Córrego do Palmital, desenvolvem-se atividades agro-pastoris.

Pelo fato de as bacias apresentarem usos diferentes da terra, objetivou-se caracterizar a vazão para cada bacia hidrográfica, e ainda, verificar as diferenças quantitativas entre as duas bacias.

Embora o período de medição devesse ser longo para minimizar os efeitos de curto prazo (variações climáticas), os resultados forneceram informações úteis sobre o comportamento das bacias.

As chuvas que caíram sobre a região de Viçosa atingiram, nos meses de outubro de 1978 a agosto de 1979, o valor médio de 1.876,5 mm. Foram chuvas atípicas, já que a precipitação média anual na região de Viçosa é de 1.341,2 mm. As chuvas assemelharam-se àquelas ocorridas no ano de 1948. VALVERDE (1958) afirma que tais chuvas são típicas de frentes estacionárias, onde a Massa Equatorial Continental choca-se com a Massa Tropical Atlântica ou Massa Polar Atlântica.

As duas bacias hidrográficas apresentaram o mesmo padrão de precipitação, que serviu para mostrar o comportamento hidrológico das mesmas, conforme visto na Figura 2.

Deve-se ressaltar que, embora nas duas bacias não se realizaram estudos de calibração, algumas diferenças hidrológicas atribuídas ao uso da terra podem ser detectadas.

Observa-se, na Figura 2, que a Bacia do Palmital apresentou maior vazão do que a Bacia do Paraíso, além de ascender sua hidrógrafa bruscamente, causando, às vezes, inundações das margens do curso de água principal. A variação de vazão na Bacia do Paraíso, em resposta a chuvas individuais, é comparativamente menor do que a que ocorreu na Bacia do Palmital. A existência da mata natural na primeira bacia, interceptando parte da chuva (12,4%), o processo dinâmico da transpiração das árvores e a capacidade de infiltração da água no solo, são os fatores que explicam a pouca ascensão do nível do curso de água do Paraíso. Não se deve interpretar a Figura 2

em termos absolutos, devido ao fato de as hidrógrafas terem sido geradas através de medidas diárias, permitindo que houvesse um lapso de tempo entre a ocorrência de precipitação e vazão.

A vazão anual de um curso de água depende, principalmente, dos seguintes fatores: precipitação, características geológicas da bacia, topografia e cobertura vegetal. As hidrógrafas dos cursos de água do Paraíso e Palmital foram diferentes entre si; conseqüentemente, as duas bacias apresentaram características também diferentes.

A cobertura vegetal é fator preponderante na aregularização dos cursos de água. A hidrógrafa da Bacia do Palmital apresentou uma variação de vazão irregular, em conseqüência, principalmente, da ausência de cobertura florestal.

O padrão da hidrógrafa do curso de água do Paraíso (Figura 2), apresentando pouco escoamento superficial evidencia o papel desempenhado pelas florestas na regularização dos cursos de água. As florestas melhoram a porosidade dos solos e, portanto, facilitam a infiltração da água da chuva. O segmento de recessão da hidrógrafa na Figura 2 permite inferir que o solo cede água lentamente para o curso de água. Essa água provavelmente originou-se, em grande parte, do escoamento subsuperficial, indicando boas condições de infiltração da água da chuva. Na Bacia do Palmital, a ascensão da hidrógrafa, além de abrupta, ocorreu em menor espaço de tempo.

2.4. Qualidade da água

Existem muitas informações na literatura, concernentes, à influência da exploração florestal nas perdas de nutrientes de ecossistema. Entretanto, para ecossistemas naturais existem poucos dados sobre a entrada e saída de nutrientes (BORMANN & LIKENS 1967). BORMANN et al. (1968) verificaram que o corte raso das florestas tende a exaurir os nutrientes do ecossistema. Nesta situação, as perdas de nutrientes ocorrem devido ao bloqueio de um comportamento do ecossistema, que é a absorção dos nutrientes pelos vegetais. Conseqüentemente, haverá uma diminuição da taxa de transpiração, acúmulo de detritos orgânicos disponíveis para a mineralização imediata e aumento da quantidade de água escoada. Acrescente-se, ainda, a esta perda de nutrientes, a remoção dos produtos da floresta pelo homem.

A composição das águas naturais superficiais é determinada por dois grupos de fatores. O primeiro grupo inclui os fatores que agem diretamente na água, como a composição litológica e os organismos aquáticos. O segundo grupo compreende os fatores que afetam indiretamente a composição química da água, como o clima e a vegetação (VAZHENIN 1972).

BORMANN e LIKENS (1967) concluíram que a entrada de nutrientes no ecossistema, via atmosfera, se faz através da água da chuva, quer pelas substâncias nela dissolvidas, quer pela poeira e outros materiais trazidos pelo vento.

A composição físico-química dos cursos de água está relacionada com os parâmetros hidrológicos, tais como: variações sazonais e diurnas da vazão, padrões sazonais e individuais da precipitação.

TAYLOR et al. (1971) compararam duas bacias hidrográficas, uma com uso agrícola e a outra com uso florestal. Observaram que a bacia agrícola apresentou perdas de nutrientes superiores à bacia florestada. Explicaram que a diferença foi causada pela maior variação no volume do escoamento superficial da bacia agrícola.

As precipitações ocorridas nas Bacias do Paraíso e Palmital apresentaram, com maior freqüência, traços ($<0,10$ mg/l) nas concentrações de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ além de serem consideradas ácidas (pH entre 4,0 e 5,0). O caráter ácido dessas precipitações está ligado à poluição da atmosfera, a qual, geralmente, abrange uma extensa área.

Os solos existentes nas Bacias do Paraíso e Palmital geralmente apresentam baixas saturação de bases e capacidade de troca catiônica. São solos ácidos, profundamente intemperizados, que não apresentam condições de neutralizar os H^+ provenientes da precipitação. Admite-se que as árvores na Bacia do Paraíso alteraram a composição físico-química da precipitação. Apenas como ilustração, uma análise feita no dia 24/05/82 (Tabela 2), portanto posterior à realização do experimento (aproximadamente três anos), veio comprovar a hipótese. Observa-se, na Tabela 2, que tanto o pH e as concentrações de Ca^+ , Mg^{++} , Na^+ , e K^+ tiveram os seus valores aumentados após a interação da precipitação com a cobertura florestal. Outra particularidade é a comprovação do caráter ácido da precipitação (pH = 4,6).

As árvores protegeram o solo de influências diretas da precipitação ácida, não somente devido à alteração pelo escoamento pelo tronco e precipitação interna, mas também através da serrapilheira, que possuindo bases trocáveis pode amenizar o processo de acidificação do solo. A vegetação florestal, através da reciclagem de bases trocáveis, assegura o surgimento de forças neutralizantes do processo de acidificação do solo (8).

Quanto às características físico-químicas dos cursos de água na Bacia do Paraíso, a influência florestal sobre o ciclo hidrológico modificou-os quantitativamente e qualitativamente. A floresta protegeu o solo das lixiviações dos elementos químicos estudados (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+). O material orgânico protegeu o solo dos fenômenos de erosão provocados pelas precipitações intensas. A Bacia do Palmital apresentou os cursos de água carregados de partículas de solo em suspensão, em que a velocidade e o volume do escoamento superficial foram acelerados pela

falta de cobertura florestal e declividade elevada da região. Em termos gerais, pode-se afirmar que a bacia desprovida de cobertura florestal (Palmital) apresentou maior perda de nutrientes (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+) do que a bacia florestada (Paraíso).

3. REFERÊNCIAS

- BORMANN, F.H. & LIKENS, G.E. Nutrient cycling. *Science*, 155(3761):424-9, 1967.
- BORMANN, F.H., LIKENS, G.E.; FISCHER, D.W. & PIERCE, R.S. Nutrient loss accelerated by clear-cutting of a forest ecosystem. *Science*, 159(3817):882-4, 1968.
- CASTRO, P.S. Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG. Piracicaba, E.S.A.L.Q., 1980. 107p.
- CASTRO, P.S., VALENTE, O.F., COELHO, D.T. & RAMALHO, R.S. Intercepção da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 7(1):76-89, 1983.
- COSTA, L.M. Caracterização das propriedades físicas e químicas dos terraços fluviais, na região de Viçosa e sua intercepção para uso agrícola. Viçosa, U.F.V., 1973, 55p. (Tese de Mestrado).
- FRANKEN, W., LEOPOLDO, P.R., MATSUT, E. & RIBEIRO, M.N.G. Intercepção das precipitações em floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazônica*, 12(3):15-22, 1982.
- HEWLETT, J.D. *Principles of forest hydrology*. Athens, University of Georgia Press, 1982. 183p.
- McFEE, W.W., KELLY, J.M. & BECK, R.H. Acid precipitation effects on soil pH and base saturation of exchange sites. In: DOCHINGER, L.S. & SELIGA, T.A. (Ed.). *Proceedings of the first international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem*. Ohio, U.S.D.A. Forest Service, 1976. p.723-35. (General Technical Report N.E., 23).
- RAMALHO, R.S. Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, U.F.V., 1979. (Comunicação pessoal).
- REZENDE, S.B. Estudo de crono-toposequência em Viçosa, Minas Gerais, U.F.V., 1971. 71p. (Tese de Mestrado).
- SWANK, W.T., GOEBEL, N.B. & HELVEY, J.D. Interception loss in loblolly pine stands of the South Carolina Piedmont. *Journal of Soil and Water Conservation*, 27(4):160-4, 1972.
- TAYLOR, A.W., EDWARDS, W.M. & SIMPSON, E.C. Nutrientes in streams draining woodland and farmland near Coshocton, Ohio. *Water Resources Research*, 7(1):81-9, 1971.
- VALENTE, O.F. & CASTRO, P.S. A bacia hidrográfica e a produção de água. *Informe Agropecuário*, 9(100):53-6, 1983.
- VALENTE, O.F., RIBEIRO, J.C. & PAULA NETTO, F. Rede de drenagem e sistema viário da bacia do rio Turvo Sujo. *Revista Ceres*, 24(132):128-33, 1977.
- VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia*, 20(1):3-82, 1958.
- VAZHENIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG River Basin in relation to the soil of Central Karelia. *Soviet Soil Science*, 4(1):90-101, 1972.
- VELOSO, H.P. *Atlas florestal do Brasil*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1966. 82p.

TABELA 1. Valores percentuais médios para a precipitação interna, escoamento pelo tronco e perda por interceptação, em cinco localidades distintas.

| Localidade | Precipitação média anual (mm) | Duração do experimento | Pt (mm) | Pi (%) | Et (%) | I (%) | Autores |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------|---------|--------|--------|-------|------------------------------|
| Porto Rico | 2.302 | 31/07/62 a 16/08/62 | 135,1 | 43,9 | 2,0 | 54,1 | GLEGG, A.B. |
| Tanzânia | 1.338 | 11/04/69 a 27/09/69 | 839,0 | 94,3 | 1,5 | 4,2 | JACKSON, I.J. |
| Amazônia | 2.000 | 31/10/79 a 14/05/81 | 1.547,1 | 77,7 | 0,3 | 22,0 | FRANKEN et al. |
| Venezuela | 3.565 | 01/09/75 a 31/08/77 | 7.320,0 | 87,0 | 8,0 | 5,0 | JORDAN, C.F. & HEUVELDOP, J. |
| Viçosa (presente trabalho) | 1.341 | 22/02/81 a 27/12/81 | 822,9 | 87,4 | 0,2 | 12,4 | |

FONTE: CASTRO et alii (4) (1983)

TABELA 2 — Concentrações de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ (ppm) e pH observadas na água escoada pelo tronco e precipitação interna, em 24/05/82.

| Elemento | Escoamento pelo Tronco Et | | | | | | | | | | | PT* | |
|------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| | INT.** | 01 | 07 | 15 | 17 | 30 | 37 | 42 | 47 | 49 | 55 | | Média |
| pH | | 7,3 | 6,4 | 5,7 | 6,8 | 6,5 | 6,8 | 6,6 | 6,3 | 5,9 | 6,9 | 6,5 | 4,6 |
| Ca^{++} (ppm) | | 9,35 | 3,85 | 5,20 | 4,84 | 5,30 | 0,88 | 10,12 | 1,32 | 15,0 | 3,74 | 5,96 | 0,22 |
| Mg^{++} (ppm) | | 2,90 | 0,97 | 2,10 | 2,11 | 1,40 | 0,73 | 2,11 | 0,70 | 1,40 | 1,21 | 1,56 | 0,02 |
| K^+ (ppm) | | 36,0 | 9,80 | 6,2 | 32,0 | 1,40 | 16,0 | 9,4 | 66,0 | 42,0 | 17,0 | 23,58 | 0,40 |
| Na^+ (ppm) | | 1,00 | 1,00 | 0,80 | 1,30 | 1,00 | 3,00 | 0,60 | 0,70 | 0,60 | 0,70 | 1,07 | 0,70 |

PT* = Precipitação em aberto (44,4 mm)

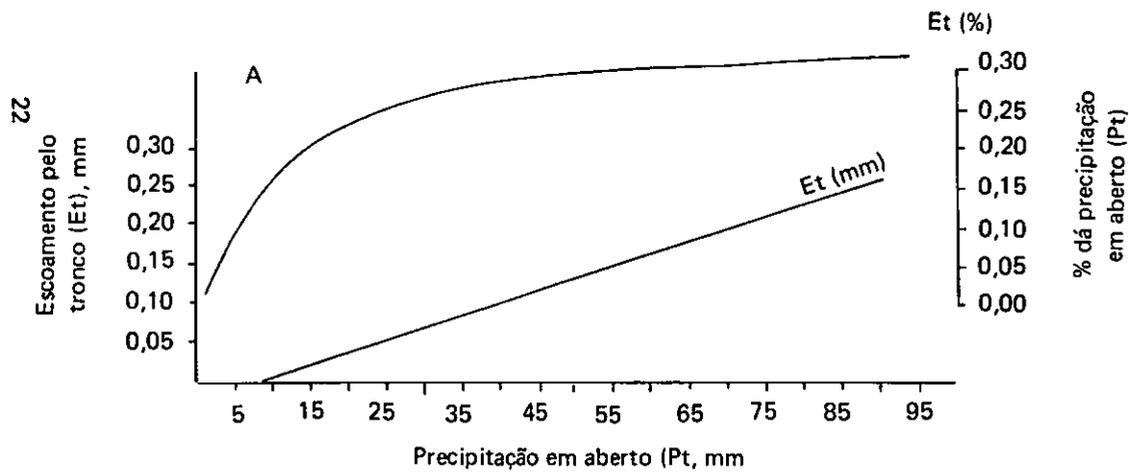
INT.** = Interceptômetros (vide Quadro 2A)

| Elemento | Precipitação Interna Pi | | | | | | Média | PT |
|------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | Pluviômetro | 01 | 02 | 04 | 05 | 06 | | |
| pH | | 7,10 | 6,9 | 6,7 | 7,2 | 6,9 | 6,96 | 4,6 |
| Ca^{++} (ppm) | | 3,40 | 3,30 | 2,10 | 5,60 | 2,20 | 3,32 | 0,22 |
| Mg^{++} (ppm) | | 1,17 | 1,60 | 1,63 | 2,13 | 1,03 | 1,51 | 0,02 |
| K^+ (ppm) | | 1,40 | 1,10 | 1,20 | 1,00 | 1,30 | 1,20 | 0,70 |

TABELA 2A – Espécies arbóreas usadas para medição de escoamento pelo tronco.*

| Nº da Árvore | Nome comum | Nome científico | Família |
|--------------|-----------------------|--|-----------------------|
| 1 | Unha-de-vaca | <i>Bauhinia</i> sp. | Leg. Caesalpinioideae |
| 7 | Curamadre | <i>Guarea</i> sp. | Meliaceae |
| 15 | Casca-doce | <i>Alchornea</i> sp. | Euphorbiaceae |
| 17 | Mata-pau | <i>Ficus mexiae</i> Standley | Moraceae |
| 30 | Casca-doce | <i>Alchornea</i> sp. | Euphorbiaceae |
| 37 | Niquerana | <i>Hieronyma alchorneoides</i> Fr. All. | Euphorbiaceae |
| 42 | Três-folhas-vermelhas | <i>Allophyllus</i> sp. | Sapindaceae |
| 47 | Farinha-seca | <i>Cassia</i> sp. | Leg. Caesalpinioideae |
| 49 | Jacaré | <i>Piptadenia communis</i> Benth. | Leg. Mimosoideae |
| 55 | Jequitibá-rosa | <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) O. Ktze. | Lecythidaceae |

* As espécies foram identificadas no Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

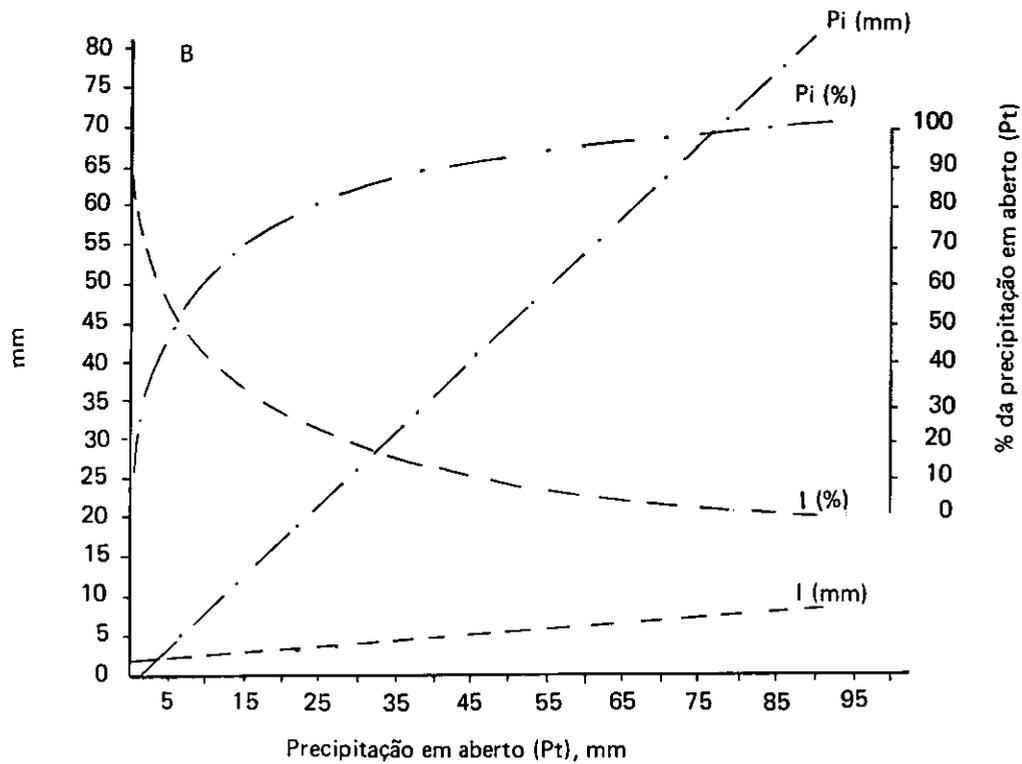


$$Et_{mm} = -0,0260 + 0,0032 Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,78 \quad sy.x = 0,05$$

$$Et_{\%} = -0,0234 + 0,0662 \ln Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,53 \quad sy.x = 0,09$$



$$Pi_{mm} = -1,3820 + 0,9211 Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,99 \quad sy.x = 1,92$$

$$Pi_{\%} = 25,8319 + 16,9961 \ln Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,81 \quad sy.x = 12,75$$

$$I_{mm} = 1,4151 + 0,0759 Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,53 \quad sy.x = 1,96$$

$$I_{\%} = 74,2188 - 17,0525 \ln Pt^{**}$$

$$R^2 = 0,81 \quad sy.x = 12,61$$

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t de Student

FIGURA 1 — Relações entre escoamento pelo tronco (Et), precipitação interna (Pi), perda por interceptação (I) e precipitação em aberto (Pt). (Fonte: CASTRO et al. 1983).

BALANÇO DE ENERGIA EM FLORESTA ARTIFICIAL (*Pinus elliottii* var. *elliottii*)

A.J. Faria*
S. Hattori**
J.C. Ometto***
O. Buzato****
N.A. Villa Nova***

RESUMO

Foi realizado a partir do instrumental instalado em torre acima de cultura de *Pinus elliottii*, em local de latitude 22,28°S, longitude 46,82°W e altitude 605 m. A Cultura foi plantada em 1962 (21 anos), tendo as árvores altura média de 17,5 m. Foram utilizados dois dias considerados típicos, sendo um completamente coberto (14/11/82) e outro limpo (17/11/82). Para o dia 14, a radiação solar global (somente difusa) foi 220 cal. cm⁻², com albedo de 27 cal. cm⁻² (12,3%). Para o dia 17, foi, respectivamente, 604 cal. cm⁻², 67 cal. cm⁻² (11,1%). A radiação líquida no dia 14 foi de 148 cal. cm⁻² (67,3%), e no dia 17, 467 cal. cm⁻² (77,3%). Os psicrômetros, instalados a 17 e 21 m, mostraram fluxos totais de vapor d'água e calor, para o dia 14, os valores de 0,178 gr. cm⁻² (71,0%) e 43 cal. cm⁻² (29,0%), percentuais respectivos da radiação líquida, e para o dia 17, respectivamente, 0,135 gr. cm⁻² (17,0%) e 381 cal. cm⁻² (81,6%). Os anemômetros, colocados a 17, 21 e 26 m acusaram para o dia 14 os valores de 1,15, 1,63 e 1,91 m.s⁻¹ e para o dia 17, de 1,63, 2,27 e 2,58 m.s⁻¹. O fluxo de calor no solo foi obtido a partir de três fluxímetros, ligados em série e instalados junto à superfície, somente abaixo dos folíolos deixados cair pela planta, e estes mostraram para o dia 14 o valor de 4 cal. cm⁻² (- %), para o período diário, e 4 cal. cm⁻² (- %), para o período noturno. Para o dia 17 foram respectivamente 14 cal. cm⁻² e 8 cal. cm⁻².

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se conhecer o comportamento de uma cultura florestal em resposta aos estímulos do meio é a cada dia mais importante. Essa importância se reveste no aspecto do conhecimento das trocas entre sistemas (cultura florestal) e meio ambiente. Isto devido ao sistema interagir com radiação solar e fluxos de calor, vapor d'água, momentum e CO₂. A atuação desses parâmetros causa e provoca uma resposta da planta. Essa resposta tem sua diversidade associada à intensidade dos parâmetros atuantes. A resposta da planta é em termos de absorção e reflexão de percentuais da energia solar incidente. Essa parcela absorvida irá atuar em seu metabolismo, predispondo a planta a interagir com os fluxos de calor, vapor d'água, momentum e CO₂. No desenvolver desse mecanismo todo, é que se apóia a eficiência fotossintética, e todo o jogo de potenciais que estimulam e causam o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em uma floresta artificial de *Pinus elliottii*, plantada em 1962, tendo portanto 21 anos. No momento, a altura média das árvores está em torno de 17,5 m. Esta cultura está localizada no município de Moji-Guaçu, com latitude sul de 22,28°, longitude oeste de 46,82° e altitude de 605 m.

O instrumental utilizado foi colocado em dois locais distintos e relativamente próximos, no interior da floresta artificial. Os elementos sensíveis, destinados à captação dos impulsos, foram colocados próximos e sobre uma torre metálica com 26 m de altura total. Os sob e próximos à torre constaram de três (3) fluxímetros para detectar o fluxo de calor no solo. Estes foram ligados em série e estão colocados bem próximos à superfície, imediatamente abaixo dos folíolos deixados cair pela planta.

* Pesquisador Científico – Instituto Florestal, SP.

** Engenheiro Florestal – Japão

*** Eng.º Agr.º, LD, Professor Adjunto da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Piracicaba, SP – C.Postal 9

**** Engenheiro Agrônomo, Instituto Florestal, SP.

Os colocados sobre a torre referem-se aos psicrômetros (situam-se nas alturas de 17 e 21 m), os piranômetros, que no caso são dois, sendo um destinado a obter a radiação incidente na cultura e outro destinado a receber a radiação refletida pela cultura, e se situam na altura de 23 m. Aos 24,5 m está instalado o radiômetro líquido. Nas alturas de 17, 21 e 26 m estão os anemômetros.

Os sinais coletados pelos elementos sensíveis desses aparelhos são enviados ao laboratório. Esse laboratório é uma construção em madeira, próxima da torre (± 13 m), onde situam-se todos os elementos destinados a ampliar e registrar os impulsos recebidos.

Na atual pesquisa, foram utilizados, para análise e confronto, dois dias considerados típicos, sendo um deles (14/11/82) completamente encoberto, e outro (17/11/82), relativamente limpo.

As informações coletadas foram integradas de hora em hora, no caso dos fluxímetros e radiômetros. No caso dos psicrômetros e anemômetros a informação é de valor instantâneo ocorrente a cada hora.

3 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 1 a e b e 2 a e b. As tabelas 1 a e b apresentam valores de temperatura, pressão parcial de vapor e velocidades do vento para os dias estudados, ou seja, 14 e 17 de novembro de 1982.

As tabelas 2 a e b apresentam os valores que compõem os balanços energéticos para os dias 14 e 17 de novembro de 1982.

As figuras 1 e 2 mostram a evolução dos parâmetros componentes do balanço de energia em níveis horários, para os dias 14 (figura 1) e 17 (figura 2) de novembro de 1982.

4. DISCUSSÃO

Para o dia 14/11/82, dia completamente encoberto, a oscilação dos parâmetros do balanço de energia tiveram amplitude bastante reduzida, mas foram mais variáveis durante as 24 horas. Houve durante o período noturno pequenos fluxos de saída e entrada de calor sensível e latente. Durante o período de luz, a oscilação dos parâmetros teve ainda pequena amplitude, com fluxo de saída de calor sensível e com fluxo variável de entrada e saída de calor latente.

Para o dia 17/11/82 (dia limpo até às 10 horas e com cúmulos o restante), o período noturno de 0 a 5 horas, assim como a partir das 17 horas até às 24, os fluxos de calor sensível e latente inexistiram. Condição de saturação do vapor d'água. No período de luz, a partir das 6 horas, até às 16, parâmetros envolvidos no balanço de energia tiveram amplitudes relativamente elevadas com valores de pico às 12 horas.

5. CONCLUSÃO

Para o dia 14 de novembro de 1982, o balanço de energia acusou um fluxo de vapor d'água total diário deixando a cultura de *Pinus elliottii* de $0,1424 \text{ g.cm}^{-2}$ (1,424 mm). Para esse mesmo dia, o fluxo de entrada na cultura *Pinus elliottii* foi de $0,0680 \text{ g.cm}^{-2}$ (0,68 mm). O fluxo resultante líquido foi de $0,0744 \text{ g.cm}^{-2}$, o que equivale a uma evapotranspiração de 0,744 milímetros.

Para o dia 17 de novembro de 1982, o balanço de energia acusou um fluxo de vapor d'água total diário deixando a cultura *Pinus elliottii* de $0,1779 \text{ g.cm}^{-2}$. Para esse dia não houve fluxo de vapor d'água entrando no sistema. Logo, o fluxo total foi de $0,1779 \text{ g.cm}^{-2}$, o que equivale a uma evapotranspiração de 1,779 milímetros.

6. REFERÊNCIAS

BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Phys. Rev. Serv.* 2, Ithaca, 27:779-87, 1926.

- FRITSCHEN L.J. Evapotranspiration rates of field crops determined by the Bowen ratio method. *Agron. J.*, Madison, 58(3) 339-52, 1966.
- OMETTO J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1981, 440p
- PRUITT W.P. & ANGUS, D.S. *Investigations of energy and mass transfer near the ground including influences of the soil-plant-atmosphere system*. Davis, 1961.
- VILLA NOVA N.A. *Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz*. Piracicaba, ESALQ-USP, 1973. Tese-Livre Docência

TABELA 1a — Valores encontrados para o dia 14/11/82, no interior de floresta artificial de *Pinus elliottii*

| Hora | Temperatura em °C | | | | Pressão parcial do vapor d'água atmosférico em mm Hg | | Velocidade do vento em m.s ⁻¹ | | |
|------|-------------------|-------|-------------|-------|--|-------|--|------|------|
| | Bulbo seco | | Bulbo úmido | | 21 m | 17 m | 17 m | 21 m | 26 m |
| | 21 m | 17 m | 21 m | 17 m | | | | | |
| 1 | 18,5 | 18,8 | 18,0 | 18,3 | 15,23 | 15,52 | 0,8 | 1,2 | 1,6 |
| 2 | 18,9 | 19,0 | 17,8 | 18,0 | 14,73 | 14,98 | 0,8 | 1,2 | 1,4 |
| 3 | 18,3 | 18,5 | 17,5 | 17,5 | 14,60 | 14,50 | 1,0 | 1,3 | 1,9 |
| 4 | 19,1 | 19,0 | 17,9 | 18,0 | 14,78 | 14,98 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 5 | 18,5 | 18,5 | 17,8 | 18,0 | 14,93 | 15,23 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| 6 | 18,9 | 19,0 | 17,6 | 18,0 | 14,44 | 14,98 | 0,8 | 1,1 | 1,3 |
| 7 | 19,4 | 19,5 | 18,6 | 19,0 | 15,67 | 16,23 | 0,8 | 1,2 | 1,4 |
| 8 | 19,1 | 19,2 | 18,1 | 18,5 | 15,08 | 15,62 | 1,2 | 1,6 | 1,8 |
| 9 | 20,7 | 21,0 | 18,3 | 19,0 | 14,57 | 15,48 | 1,0 | 1,5 | 1,4 |
| 10 | 21,0 | 21,5 | 18,8 | 19,3 | 15,17 | 15,69 | 1,8 | 2,0 | 2,2 |
| 11 | 22,3 | 22,5 | 19,4 | 20,0 | 15,44 | 16,29 | 1,2 | 1,6 | 1,8 |
| 12 | 23,3 | 24,0 | 19,8 | 20,0 | 15,57 | 15,54 | 1,4 | 1,6 | 1,8 |
| 13 | 24,5 | 25,3 | 20,8 | 21,0 | 16,57 | 16,50 | 1,2 | 1,7 | 2,0 |
| 14 | 25,0 | 25,8 | 21,2 | 21,4 | 16,98 | 16,91 | 1,2 | 1,7 | 1,9 |
| 15 | 26,0 | 26,6 | 20,9 | 21,0 | 15,99 | 15,85 | 1,4 | 1,8 | 2,0 |
| 16 | 25,5 | 26,0 | 21,4 | 21,5 | 17,06 | 16,98 | 1,4 | 2,0 | 2,1 |
| 17 | 25,9 | 26,0 | 20,8 | 21,0 | 15,87 | 16,15 | 1,4 | 2,0 | 2,4 |
| 18 | 24,5 | 24,5 | 20,9 | 21,0 | 16,74 | 16,90 | 1,2 | 1,9 | 2,2 |
| 19 | 22,9 | 23,0 | 20,8 | 20,9 | 17,37 | 17,49 | 1,2 | 2,0 | 2,5 |
| 20 | 22,5 | 22,5 | 20,0 | 20,3 | 16,29 | 16,87 | 1,4 | 2,1 | 2,7 |
| 21 | 21,5 | 21,5 | 19,8 | 20,0 | 16,47 | 16,79 | 1,4 | 2,1 | 2,5 |
| 22 | 21,0 | 21,0 | 19,3 | 19,5 | 15,94 | 16,25 | 1,3 | 2,1 | 2,6 |
| 23 | 20,5 | 20,5 | 18,8 | 19,0 | 15,42 | 15,73 | 1,2 | 1,9 | 2,3 |
| 24 | 19,9 | 20,0 | 18,5 | 19,0 | 15,27 | 15,98 | 0,9 | 1,6 | 1,9 |
| T | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| M | 21,57 | 21,31 | 19,28 | 19,55 | 15,67 | 15,98 | 1,15 | 1,63 | 1,91 |

TABELA 1b – Valores encontrados para o dia 17/11/82, no interior de floresta artificial de *Pinus elliottii*

| Hora | Temperatura em °C | | | | Pressão parcial do vapor d'água atmosférico em mm Hg | | Velocidade do vento em m.s ⁻¹ | | |
|------|-------------------|-------|-------------|-------|--|-------|--|------|------|
| | Bulbo seco | | Bulbo úmido | | 21 | 17 | 17 | 21 | 26 |
| | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 1 | 19,2 | 19,5 | 18,2 | 18,2 | 15,17 | 15,32 | 2,0 | 2,4 | 3,2 |
| 2 | 18,7 | 19,0 | 17,8 | 17,8 | 14,83 | 14,98 | 1,8 | 2,4 | 2,8 |
| 3 | 18,7 | 18,9 | 17,6 | 17,6 | 14,54 | 14,44 | 1,2 | 1,9 | 2,0 |
| 4 | 18,6 | 18,8 | 17,5 | 17,5 | 14,45 | 14,35 | 0,8 | 1,4 | 1,4 |
| 5 | 18,2 | 18,4 | 17,2 | 17,2 | 14,22 | 14,12 | 0,8 | 1,2 | 1,4 |
| 6 | 18,8 | 19,2 | 17,7 | 17,8 | 14,64 | 14,58 | 1,0 | 1,6 | 2,0 |
| 7 | 21,1 | 21,8 | 19,1 | 19,4 | 15,58 | 15,69 | 1,2 | 1,9 | 2,2 |
| 8 | 23,0 | 23,8 | 20,1 | 20,4 | 16,19 | 16,27 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 9 | 23,2 | 24,0 | 20,4 | 20,7 | 16,57 | 16,66 | 2,4 | 3,0 | 3,4 |
| 10 | 24,4 | 25,0 | 20,8 | 21,1 | 16,62 | 16,82 | 2,6 | 3,6 | 4,0 |
| 11 | 26,1 | 27,0 | 22,1 | 22,4 | 17,95 | 18,02 | 2,8 | 4,0 | 4,4 |
| 12 | 26,3 | 27,0 | 22,0 | 22,2 | 17,68 | 17,67 | 3,1 | 4,2 | 4,8 |
| 13 | 27,6 | 28,5 | 22,9 | 23,2 | 18,59 | 18,72 | 3,0 | 4,2 | 4,6 |
| 14 | 28,1 | 28,8 | 22,8 | 23,1 | 18,17 | 18,30 | 2,8 | 4,0 | 4,0 |
| 15 | 28,8 | 29,5 | 22,8 | 23,1 | 17,82 | 17,95 | 1,8 | 2,4 | 2,4 |
| 16 | 28,8 | 29,5 | 22,8 | 23,1 | 17,82 | 17,95 | 1,7 | 2,2 | 2,6 |
| 17 | 27,9 | 28,2 | 23,4 | 23,4 | 19,33 | 19,18 | 1,2 | 1,5 | 2,4 |
| 18 | 25,7 | 26,0 | 23,0 | 23,0 | 19,72 | 19,57 | 1,1 | 1,2 | 2,0 |
| 19 | 24,2 | 24,5 | 22,4 | 22,4 | 19,42 | 19,27 | 0,9 | 1,2 | 1,2 |
| 20 | 23,2 | 23,5 | 22,0 | 22,0 | 19,23 | 19,08 | 1,0 | 1,6 | 1,6 |
| 21 | 22,2 | 22,5 | 21,0 | 21,0 | 18,05 | 17,90 | 1,3 | 2,0 | 2,2 |
| 22 | 21,2 | 21,5 | 20,0 | 20,0 | 16,94 | 16,74 | 1,0 | 1,6 | 1,6 |
| 23 | 20,8 | 21,0 | 19,6 | 19,6 | 16,51 | 16,41 | 1,2 | 1,6 | 1,8 |
| 24 | 20,3 | 20,5 | 19,2 | 19,2 | 16,14 | 16,04 | 1,3 | 1,8 | 2,0 |
| T | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| M | 23,12 | 23,60 | 20,52 | 20,64 | 16,92 | 16,92 | 1,63 | 2,27 | 2,58 |

TABELA 2a. — Balanço de energia para o dia 14 de novembro de 1982.

| Hora | R.S.G. cal. cm ⁻² | Albedo cal. cm ⁻² | R.L. cal. cm ⁻² | F.C. Solo cal. cm ⁻² | F.C. Sensível cal. cm ⁻² | F.C. Latente cal. cm ⁻² | F. Massa Vapor d'água 10 ⁻³ g. cm ⁻² |
|------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 0 | 0 | -5 | 0 | -1,89 | -3,11 | -5,3 |
| 2 | 0 | 0 | -3 | 0 | -0,49 | -2,51 | -4,2 |
| 3 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0,00 | 3,0 | 5,1 |
| 4 | 0 | 0 | -3 | 1 | -0,80 | -3,2 | -5,4 |
| 5 | 0 | 0 | -2 | 1 | 0,00 | -3,0 | -5,1 |
| 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 9 | 2 | 6 | 0 | -0,47 | -5,52 | -9,4 |
| 8 | 8 | 1 | 7 | 0 | -0,57 | -6,43 | -10,9 |
| 9 | 19 | 2 | 17 | 0 | -2,41 | 14,58 | 24,7 |
| 10 | 25 | 3 | 23 | 0 | -7,47 | -15,53 | -26,3 |
| 11 | 26 | 3 | 24 | -1 | -1,63 | -22,37 | -37,9 |
| 12 | 40 | 4 | 26 | -1 | -23,47 | 2,53 | 4,3 |
| 13 | 33 | 4 | 30 | -1 | -27,03 | 2,97 | 5,0 |
| 14 | 25 | 3 | 23 | -1 | -17,91 | 5,09 | 8,6 |
| 15 | 5 | 1 | 4 | 0 | -0,50 | 3,50 | 5,9 |
| 16 | 19 | 3 | 18 | 0 | -9,53 | 8,47 | 14,4 |
| 17 | 6 | 1 | 4 | 0 | -0,61 | -3,39 | -5,8 |
| 18 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0,00 | -1,00 | -1,7 |
| 19 | 0 | 0 | -2 | 1 | -0,88 | -2,12 | -3,6 |
| 20 | 0 | 0 | -4 | 0 | 0,00 | -4,00 | -6,8 |
| 21 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0,00 | -3,00 | -5,1 |
| 22 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0,00 | -3,00 | -5,1 |
| 23 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0,00 | -3,00 | -5,1 |
| 24 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0,20 | -2,80 | -4,7 |
| T | 220 | 27 | 148 | 0 | - | - | - |
| M | - | - | - | - | - | - | - |

TABELA 2b. — Balanço de energia para o dia 17 de novembro de 1982.

| Hora | R.S.G. cal. cm ⁻² | Albedo cal. cm ⁻² | R. Liq. cal. cm ⁻² | F.C. Solo cal. cm ⁻² | F.C. Sensível cal. cm ⁻² | F.C. Latente cal. cm ⁻² | F. Massa Vapor d'água 10 ⁻³ g. cm ⁻² |
|------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 0 | 0 | -4 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 2 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| 3 | 0 | 0 | -4 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 4 | 0 | 0 | -4 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 5 | 0 | 0 | -5 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 6 | 1 | 0 | -3 | 1 | -0,72 | -1,28 | -2,2 |
| 7 | 16 | 3 | 9 | 1 | -8,11 | -1,89 | -3,2 |
| 8 | 34 | 4 | 29 | 0 | -24,17 | -4,83 | -8,2 |
| 9 | 54 | 5 | 50 | -1 | -39,63 | -9,37 | -15,9 |
| 10 | 69 | 7 | 59 | -1 | -39,54 | -18,46 | -31,3 |
| 11 | 74 | 7 | 69 | -2 | -57,45 | -9,55 | -16,2 |
| 12 | 85 | 8 | 78 | -1 | -75,68 | -2,32 | -3,9 |
| 13 | 73 | 8 | 67 | -1 | -50,76 | -15,24 | -25,8 |
| 14 | 78 | 9 | 67 | -2 | -46,31 | -18,69 | -31,7 |
| 15 | 59 | 7 | 54 | -2 | -36,83 | -15,17 | -25,7 |
| 16 | 34 | 4 | 28 | -2 | -17,87 | -8,13 | -13,8 |
| 17 | 14 | 2 | 10 | -1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 18 | 12 | 3 | 7 | -1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 19 | 1 | 0 | -4 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| 20 | 0 | 0 | -7 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| 21 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| 22 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| 23 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| 24 | 0 | 0 | -6 | 1 | 0,0 | 0,0 | - |
| T | 604 | 67 | 467 | 6 | - | - | - |
| M | - | - | - | - | - | - | - |

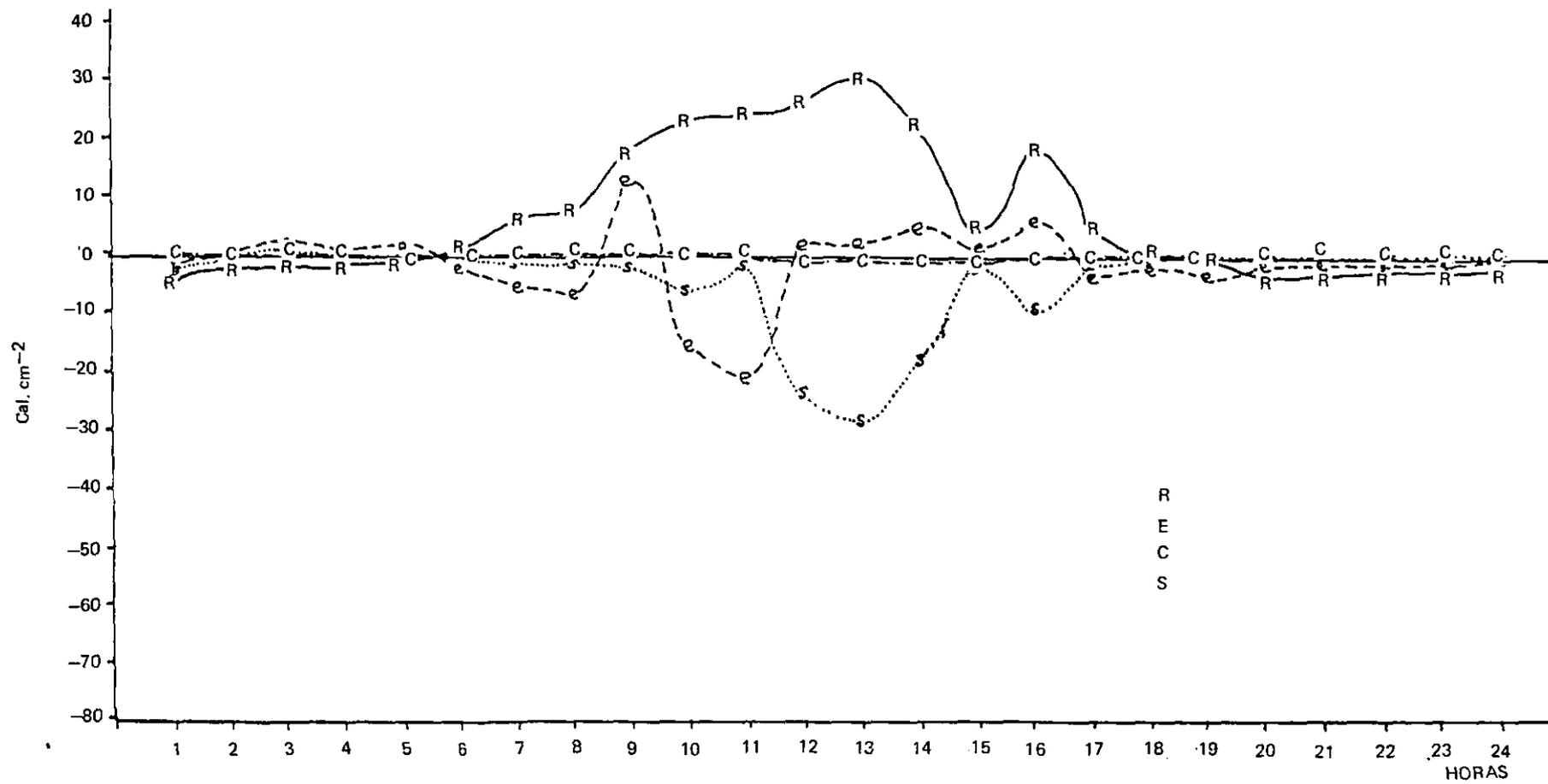


FIGURA 1 — Evolução dos parâmetros componentes do balanço de energia [Radiação Líquida (R), calor latente de evaporação (E), calor sensível (S) e calor no solo (C)] para o dia 14 de novembro de 1982.

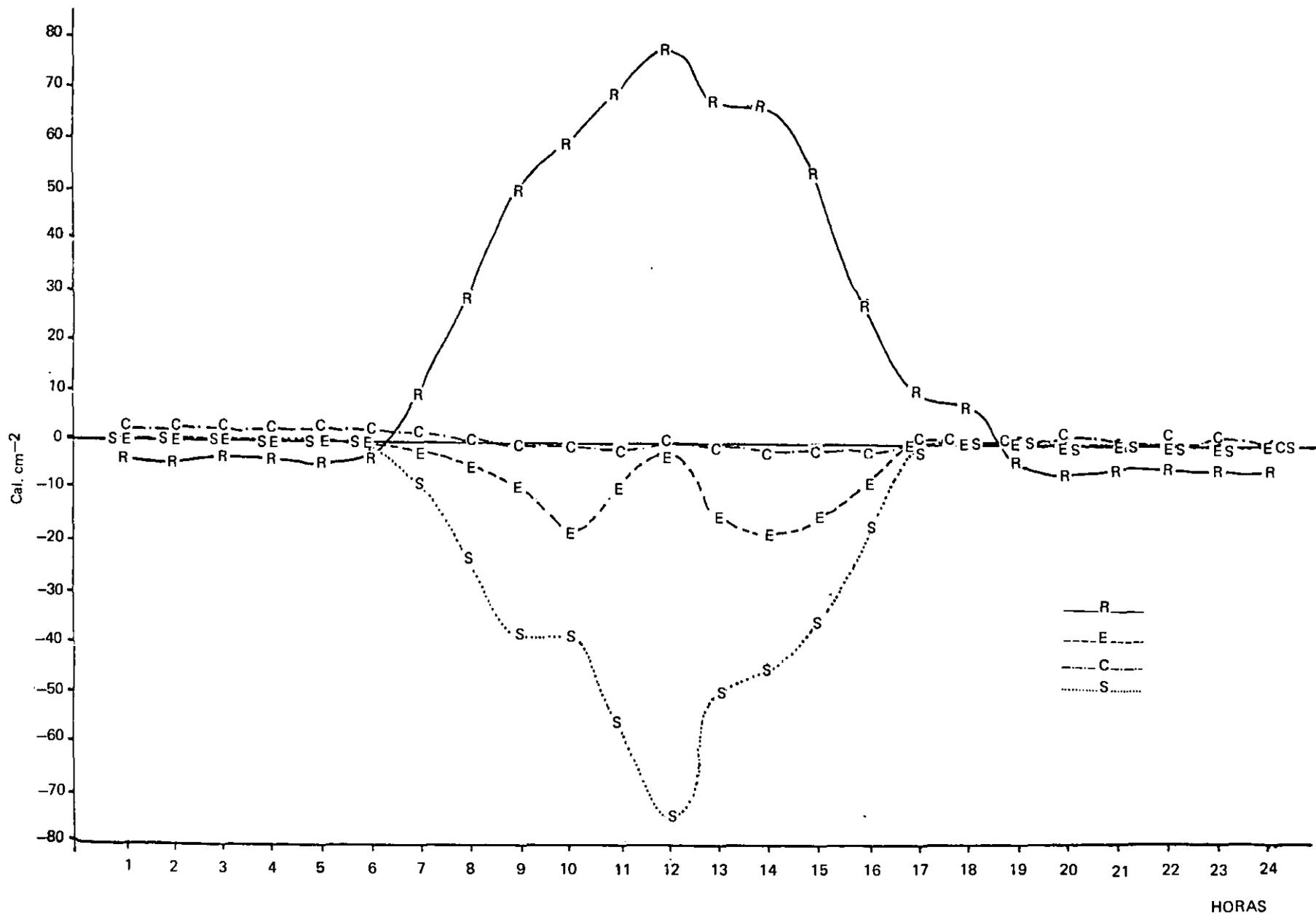


FIGURA 2 — Evolução dos parâmetros componentes do balanço de energia [Radiação Líquida (R), calor latente de evaporação (E), calor sensível (S) e calor no solo (C)] para o dia 17 de novembro de 1982.

BALANÇO HÍDRICO NO ECOSISTEMA FLORESTAL E SUA IMPORTÂNCIA CONSERVACIONISTA NA REGIÃO OCIDENTAL DOS ANDES VENEZUELANOS

Ricardo Valcarcel*

RESUMO

O presente trabalho consiste na análise de vários estudos realizados na região ocidental dos Andes Venezuelanos, zona de ocorrência de Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical, segundo a classificação de HOLDRIDGE (1978). A importância desta vegetação, para efeito de Manejo de Bacias Hidrográficas, concentra-se no fato de que é característica de zonas montanhosas e, mais precisamente, das partes mais altas das bacias, exercendo uma grande influência no comportamento hidrológico de muitos rios do país.

A floresta influi no balanço hídrico da região desde a precipitação até a regularização do regime hídrico dos rios; passando pela interceptação (19% da precipitação total anual), infiltração e percolação (37%), evapotranspiração (62%), escoamento superficial (0,95%) e minimizando o impacto da gota de chuva em aproximadamente 80,7% do total da precipitação no local. Atua como fator estabilizador dos solos, que são de textura argilosa, pouco profundos e localizados em zonas de relevo acidentado, melhorando suas propriedades físico-hidrológicas.

1. INTRODUÇÃO

O estudo e a compreensão da distribuição da água na vegetação, principalmente a florestal, podem gerar formas de manejo tecnicamente viáveis, facilitando a tomada de decisões importantes para o uso integrado das bacias hidrográficas.

O balanço hídrico em um ecossistema florestal é muito importante, pois a água é um fator determinante para as propriedades quantitativas e qualitativas da vegetação e da fauna, influenciando também na formação do próprio solo.

Em muitas bacias, o balanço hídrico é de vital importância para o homem, devido às diferentes formas de uso que este lhe confere.

O presente trabalho versa sobre a distribuição da água na floresta classificada, segundo HOLDRIDGE (1978), em "Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical", formação freqüente nos vales úmidos dos Andes, ocorrendo entre as altitudes de 1.600 a 2.600 m.s.n.m.. A importância deste ecossistema reside no fato de ele se localizar em zonas montanhosas, precisamente nas partes altas das bacias hidrográficas, exercendo uma grande influência no comportamento hidrológico dos rios da região.

A região é caracterizada por possuir solos com predominância de textura fina, pouco profundo e relevo acidentado, o que a torna altamente susceptível aos processos erosivos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A descrição completa do balanço hídrico em ecossistemas florestais localizados nos trópicos tem sido pouco estudada. Os estudos não apresentam metodologias padronizadas, tornando difícil comparações com outras regiões, mesmo que apresentem características climáticas parecidas. Algumas dificuldades encontradas são: alto custo dos equipamentos, longo período de coleta dos dados submetendo os aparelhos às intempéries, falta de local seguro para instalar os aparelhos, grande diversidade climática entre regiões e até um certo desinteresse das autoridades competentes em estimular estes estudos.

Neste trabalho, foram utilizados os dados disponíveis de pesquisas já realizadas na Estação Experimental de San Eusebio, da Universidade de Los Andes, bem como observações registradas na mesma área.

A precipitação predominante é do tipo orográfica, com uma média anual de 1.576 mm, sendo fevereiro e março os meses mais secos, e maio e setembro, os mais chuvosos. Contudo, a diferença não é muito grande; praticamente, chove durante todos os meses do ano. STEINHARDT e FASSBENDER (1979) registraram, no período de um ano de estudos, 21 eventos maiores de 5 mm, sendo que os valores extremos foram 34,7 e 39,8 mm por dia.

*Professor Assistente, Departamento de Ciências Ambientais DCA/UFRRJ, KM 47 Seropédica - RJ - CEP 23 460.

A precipitação dentro da floresta foi medida através de 30 pluviômetros distribuídos em três linhas distanciadas de 5 m entre si. O escoamento pelo tronco foi observado pelos autores com auxílio de canaletas de borracha, colocadas nas árvores com DAP superior a 10 cm em quatro parcelas de 100 m². A interceptação foi calculada pela diferença entre a chuva a campo aberto e a precipitação dentro da floresta.

O escoamento superficial foi registrado em seis sub-parcelas de 10 m² por GRIMM e FASSBENDER (1981). Foram realizadas medições adicionais, visando determinar a capacidade de infiltração da água no solo, com auxílio de infiltrômetros de cilindro. O conteúdo de água no solo foi estimado através de observações da drenagem interna no perfil do solo e medido com auxílio de tensiômetros colocados em três profundidades distintas por GRIMM e FASSBENDER (1981).

A evapotranspiração dentro da floresta foi calculada por GRIMM e FASSBENDER (1981), utilizando uma balança de registro semanal contínuo e, a campo aberto, através das fórmulas de thornwaite, turc e em função da radiação líquida.

A água no solo foi calculada indiretamente pela diferença entre a que ingressou no solo mineral e a absorvida pela floresta (armazenada no solo + transpiração).

Foram feitas observações das características físicas dos solos de áreas com diferentes usos na mesma região (principalmente floresta e pastagens), visando uma comparação com a finalidade de evidenciar a importância conservacionista deste ecossistema estudado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da floresta sob o enfoque de sua participação no ciclo hidrológico é de grande importância, pois ela participa na condensação da chuva, evaporação e regularização do regime hidrológico dos rios.

Os dados coletados por GRIMM e FASSBENDER (1981) podem ser expressos em função do total de chuva precipitada sobre a estação, contribuindo para evidenciar a magnitude da importância hidrológica e conservacionista da floresta dentro da bacia hidrográfica. Da precipitação total anual, 19% ficou retido na cobertura florestal (interceptação); aproximadamente 0,7% escorreu pelo tronco e 80% precipitou sobre o solo florestal. Sendo que, parte desta água fica retida no folheto, parte infiltra (37%) e parte (0,95%) escoou superficialmente (Figura 1).

Estes dados apresentaram alta correlação com a chuva medida a campo aberto, porém, nos períodos de chuvas mais intensas, o comportamento não foi o mesmo. Para efeito deste estudo, estes valores foram tidos como médios, portanto, representativos da floresta estudada, podendo ser estendido para toda a região com esta cobertura florestal e mesmas características climáticas.

Os valores obtidos do escoamento superficial ratificam as características da floresta, de melhorar as propriedades físico-hidrológicas dos solos. VALCARCEL & FRANCO (1981) registraram com infiltrômetro de cilindro os seguintes valores médios de infiltração: 111 cm/h, 75 cm/h e 68 cm/h em três zonas com desenvolvimento estrutural e declividade distintas dentro da mesma área de estudo, confirmando a alta taxa de infiltração da água no solo e a pouca oportunidade para que a água escoou superficialmente. Os valores baixos do escoamento pelo tronco coincidem com os estudos de ZAMBRANA (1975) e NANOKARAN (1975). São justificados pela grande ocorrência de epífitas, musgos e bromélias, que crescem nos galhos, retendo quantidade significativa de água.

A água que infiltra no solo pode ser transpirada, evaporada, escoada e pode também percolar, abastecendo o fluxo básico, que fornecerá água para os rios da região.

A eliminação da cobertura florestal de uma bacia hidrográfica pode aumentar a vazão momentânea dos rios, pois analisado sob o ponto de vista de economia d'água, esta diminui as perdas por evapotranspiração e infiltração do sistema. Porém, uma mudança nas características fisionômicas da vegetação deverá causar uma modificação nas etapas do ciclo hidrológico, que envolvem a floresta e, conseqüentemente, os processos hidrológicos dentro da bacia hidrográfica.

4. CONCLUSÕES

A floresta é um componente de grande importância no balanço hídrico das bacias hidrográficas, podendo auxiliar na conservação dos solos, abastecimento e estabilização do ciclo hidrológico.

O folheto e as raízes propiciam condições ecológicas para o estabelecimento de fauna, que atua no desenvolvimento estrutural do solo, facilitando a infiltração, diminuindo o escoamento superficial e estabilizando os solos da bacia hidrográfica.

Nas áreas localizadas em elevações onde predominam chuvas orográficas, as florestas podem funcionar

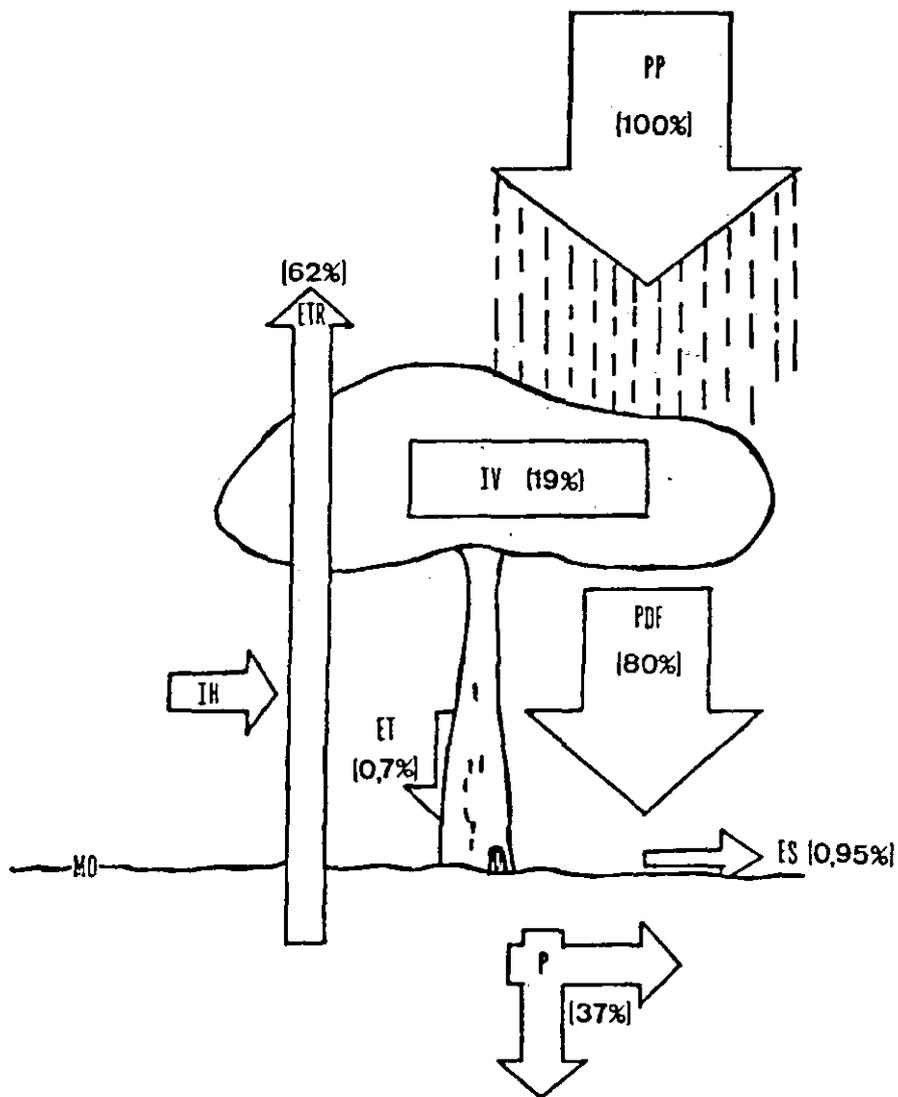


como condensadores de umidade, através da interceptação vertical, aumentando a quantidade de água disponível.

Os solos onde se encontram estas florestas são pouco profundos e possuem uma capa superficial bem estruturada. O relevo é acidentado facilitando o movimento subsuperficial e o fluxo básico, diminuindo as perdas por percolação.

5. REFERÊNCIAS

- DE VERGNETTE, B. et alii. **Conservación de suelos en regiones tropicales: África y Madagascar.** Mérida, CIDIAT, 1977. 120p.
- FERNANDEZ DE LA PAZ, N. **Medición de pérdidas por intercepción bajo dos tipos de cobertura.** Trabalho especial apresentado ao Centro de Postgrado Forestal da Facultad de Ciencias Forestales-ULA, Mérida, 1981. 54p.
- GRIMM U. & FASSBENDER, H.W. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes occidentales de Venezuela III. Ciclo hidrológico y translocación de elementos químicos con el agua. *Turrialba*, 31:89-99, 1981.
- HERNANDEZ, E. **Nuestras aguas.** Mérida, ULA - Escuela de Ing. Forestal, 1977. 21p. Apostila.
- LIZASO, J.I. **Erosión laminar bajo diferentes coberturas y pendientes en un Palehumult de las cuencas altas del Programa Guanare-Masparo; testés para mestrado en suelos.** Mérida, CIDIAT, 1980. 149p.
- MOJICA, I.H. **Mejoramiento y mantenimiento de cuencas hidrográficas.** Costa Rica, CATIE, 1975. 29p.
- PERRIN, P. **Los factores del escurrimiento. IV: La vegetación.** Mérida, Escuela de Geografía - ULA, 1965. 16p.
- REYES, Z.H. **A floresta e o manejo de bacias hidrográficas.** Seminário apresentado na ESALQ-USP. Piracicaba, 1970. 26p.
- SANT'ANA, P. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na Região de Viçosa.** Piracicaba, ESALQ-USP, 1980. 107p. Tese Mestrado.
- SATTERLUND, D. **Wildland watershed management.** New York, J. Wiley, 1972. 370p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. **Conservación de los suelos.** Costa Rica, IICA, 1980. 315p.
- STEINHARDT, U. & FASSBENDER, H.W. **Características y composición química de las lluvias de los Andes Occidentales de Venezuela.** *Turrialba*, 29:175-82, 1977.
- VALCARCEL, R. & FRANCO, W. **Estudio preliminar de la influencia del desarrollo estructural en un suelo arcilloso/franco arcilloso sobre la tasa de infiltración.** Trabalho especial apresentado ao Centro de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, ULA, 1981. 64p.
- VALCARCEL, R. & FRANCO, W. **Classificación y mapeo de sitios en la Estación Experimental San Eusebio pesada en critérios físicos hidrológicos del suelo.** Mérida, ULA - Centro de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, 1982. 122p. Tese Mestrado.



- PP - Precipitação
- IV - Interceptação Vertical
- PDF - Precipitação Dentro da Floresta
- ET - Escoamento pelo Tronco
- ES - Escoamento Superficial
- ETR - Evapotranspiração Real
- IH - Interceptação Horizontal
- P - Percolação
- MO - Matéria Orgânica

FIGURA 1 - Representação do Balanço Hídrico no BPMBT em função da precipitação anual (em porcentagem)

SISTEMA DE MONITORAMENTO ECOLÓGICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ronaldo Viana Soares*

Roberto Tuyoshi Hosokawa*

Arnaldo Carlos Muller**

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade apresentar uma metodologia desenvolvida para avaliar contínua e permanentemente as alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica, através de parâmetros ecológicos mensuráveis, ou possíveis de serem estimados.

O sistema utiliza mapas de parcelas pré-determinadas, onde são inseridos os valores dos critérios ecológicos expressos por números ou símbolos. A finalidade principal dos mapas é possibilitar uma rápida visualização da situação atual da parcela. Esses mapas podem ser feitos em dois níveis de detalhamento ecológico: a) mapa de risco ecológico, contendo os graus de perigo e, b) mapa da deficiência ecológica, demonstrando o desequilíbrio atual.

O sistema pode ser automatizado através da alimentação periódica do computador com os dados ecológicos levantados. Os resultados processados são comparados com os limites pré-fixados de alarme ecológico armazenados na memória do computador, resultando, daí, a detecção imediata de qualquer desequilíbrio ecológico no ambiente.

1. INTRODUÇÃO

É fato notório a existência de uma relação inversa entre o aumento da densidade demográfica e a conservação do ambiente. Infelizmente, nos países subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, a degradação do ambiente não é consequência apenas da pressão demográfica sobre a natureza mas, principalmente, devido ao mau uso dos recursos ambientais.

Sabe-se, por experiências adquiridas pelos países desenvolvidos, que a tolerância ambiente *versus* ocupação física pode chegar a níveis bastante elevados, desde que os recursos ambientais sejam adequadamente manejados. Atualmente, considera-se desejável uma relação média de 1 para 3, quando se fala do espaço físico destinado ao equilíbrio ambiental (florestas) em contra-partida à ocupação superficial pelo elemento humano (zonas urbanas e áreas agropastoris).

As regiões Sul e Sudeste do Brasil já ultrapassaram esse limite desejável há muitas décadas, razão pela qual há um enorme dispêndio de recursos governamentais no sentido de se tentar conter as consequências desastrosas do mau uso dos recursos ambientais.

Na tentativa de procurar as causas e combater as consequências da degradação ambiental, pesquisas têm sido realizadas no sentido de desenvolver metodologias de monitoramento ecológico para acompanhar a evolução das características do ambiente, assim como conhecer o seu comportamento orgânico ao longo de bacias hidrográficas.

2. ESTRUTURA DO SISTEMA PROPOSTO

O sistema de monitoramento ecológico de uma bacia hidrográfica ora proposto se compõe de quatro módulos básicos, a saber: a) determinação do grau de risco ecológico; b) definição da importância ecológica; c) avaliação dos dados ecológicos; d) estabelecimento da deficiência ecológica.

* Engenheiros Florestais, Professores Titulares do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

** Engenheiro Florestal, Chefe do Departamento de Meio Ambiente da Itaipu Binacional.

2.1. Determinação do grau de risco ecológico.

Para se determinar o grau de risco ecológico foi desenvolvida uma escala de cinco níveis, cada qual com seu respectivo valor numérico:

| Situação | Grau de risco |
|--|---------------|
| Valor ecológico excepcional | 0 |
| Equilíbrio ecológico estável. | 1 |
| Situação ecológica indiferente | 2 |
| Equilíbrio ecológico instável | 3 |
| Perigo ecológico real | 4 |

2.2. Definição da importância ecológica.

Foram definidas dez classes de importância ecológica, com os respectivos pesos numéricos, para classificar os diversos componentes do ambiente de uma bacia hidrográfica. As classes, com os pesos, são as seguintes:

| Importância ecológica | Peso numérico |
|---|---------------|
| Baixa importância ecológica | 1 |
| . | . |
| . | . |
| . | . |
| Excepcional importância ecológica | 10 |

2.3. Avaliação dos dados ecológicos

Todos os componentes ecológicos que formam o ambiente de uma bacia hidrográfica devem ser avaliados de acordo com sua importância ecológica e com o grau de risco ecológico que apresentam no momento.

Em uma análise inicial, os componentes mais importantes e passíveis de uma avaliação numérica são: vegetação, topografia, solo e qualidade da água.

2.3.1. Vegetação

| Grau de risco | |
|---------------|--|
| 0 | Floresta virgem |
| 1 | Floresta densa |
| 2 | Floresta densa em exploração Floresta secundária Reflorestamento |
| 3 | Capoeira Agricultura racional |
| 4 | Agricultura nômade Locais com calamidades fitopatológicas. |

2.3.2. Topografia

O critério para a avaliação da topografia seria a inclinação. Considerando-se que mesmo uma topografia

plana está sujeita à erosão, dependendo de outros fatores, sugere-se que o grau zero seja inexistente para esse componente. A sugestão para avaliação da topografia seria:

| Grau de risco | Inclinação |
|---------------|-------------|
| 0 | Inexistente |
| 1 | 0° a 5° |
| 2 | 6° a 15° |
| 3 | 16° a 45° |
| 4 | > 45° |

A importância ecológica da topografia, apesar de alta, acredita-se ser menor que a da vegetação, sugerindo-se, portanto, para esse componente, um peso ecológico igual a 6 (seis).

2.3.3. Solo

O critério para avaliação desse parâmetro seria o tipo de solo. Um exemplo dessa avaliação seria o seguinte:

| Grau de risco | Tipo de solo |
|---------------|---|
| 0 | Afloramento de rochas eruptivas básicas (Tipo A). |
| 1 | Latossol roxo eutrófico com A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia e relevo suave ondulado (Tipo LR); solos orgânicos (Tipo OR); solos hidromórficos gleysados indiscriminados, fase floresta tropical perenifólia de várzea, relevo plano (Tipo Hy). |
| 2 | Latossol vermelho escuro eutrófico com A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suavemente ondulado (Tipo LVE). |
| 3 | Terra roxa estruturada eutrófica com A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado (Tipo TRE); Podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico abruptivo com A moderado, textura média argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suavemente ondulado (Tipo PVA); Areias quartzosas distróficas e solos aluviais (Tipo AQ). |
| 4 | Associação de terra roxa estruturada eutrófica fase rasa com A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical ou subtropical subperenifólia, relevo fortemente ondulado e montanhoso, substrato de rochas eruptivas básicas (Tipo TRE + Li). |

A importância ecológica do tipo de solo é considerada baixa, sendo por isto atribuído um peso ecológico igual a 2 (dois).

2.3.4. Qualidade da água.

Vários fatores influem na qualidade da água, que é um dos componentes fundamentais na composição do ambiente das bacias hidrográficas. Pela sua importância, a qualidade da água deve ser analisada segundo os seguintes parâmetros: físico-químicos; bacteriológicos; hidrobiológicos; pesticidas e sedimentometria.

As tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 mostram sugestões de avaliação desses parâmetros, segundo o grau de risco e o respectivo peso ecológico.

TABELA 1 – Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água, com os respectivos graus de risco ecológico e peso ecológico.

| PARÂMETROS | GRAUS | | | | | Pesos |
|--------------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|---------------|-------------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Turbidez NTU | ≤1 | >1 e ≤5 | >5 e ≤50 | >50 e <100 | ≥100 | 5 |
| Cor Pt | ≤5 | >5 e ≤20 | >20 e ≤100 | | ≥100 | 2 |
| pH | ≥6,5 e ≤8,5 | ≥6 e <6,5 >8,5 e ≤9,0 | ≥5,5 e <6,0 >9,0 e ≤9,5 | ≥4,0 e <5,5 | <4,0 e >9,5 | 7 |
| Dureza CaCO ₃ | ≤100 | >100 e ≤500 | >500 | | | 1 |
| Cálcio Ca | ≤75 | >75 e ≤200 | >200 | | | 1 |
| Magnésio Mg | ≤50 | >50 e ≤150 | >150 | | | 1 |
| Alcalinidade ** | ≥30 | - | ≥20 e <30 | - | <20 | 1 |
| Fosfato total P | ≤0,100 | | | | | 6 |
| N. Nitrato N | ≤10 | - | - | - | >10 | 10 |
| N. Nitrito N | ≤1,0 | - | - | - | >1,0 | 10 |
| O.D. O ₂ | ≥7,7 | <7,7 e ≥6,2 | <6,2 e ≥4,5 | <4,5 e ≥4,0 | <4,0 | 10 |
| Cloretos Cl | ≤250 | >250 e ≤600 | >600 | | | 2 |
| DBO/5 O ₂ | ≤5,0 | - | >5,0 e ≤10 | - | >10 | 6 |
| Fluoretos F | ≤1,2 | >1,2 e ≤1,4 | >1,4 e <1,5 | - | >1,5 | 10 |
| Cianetos Cn | N.D. | >N.D. e ≤0,005 | >0,005 e ≤0,01 | >0,01 e ≤0,20 | >0,20 | 10 |
| Sulfatos SO ₄ | ≤250 | >250 e ≤500 | >500 | | | 3 |
| Ferro Fe | ≤0,05 | >0,05 e ≤0,3 | >0,3 e ≤1,0 | - | >1,0 | 2 |
| Manganês Mn | ≤0,01 | >0,01 e ≤0,05 | >0,05 e ≤0,5 | >0,5 | - | 1 |
| Zinco Zn | ≤0,03 | >0,03 e ≤1,00 | >1,00 e ≤5,0 | - | >5,0 | 10 |
| Cobre Cu | ≤0,005 | >0,005 e ≤0,01 | >0,01 e ≤1,0 | - | >1,0 | 10 |
| Cromo VI Cr | N.D. | >N.D. e ≤0,01 | >0,01 e ≤0,05 | - | >0,05 | 10 |
| Chumbo Pb | N.D. | >N.D. e ≤0,01 | >0,01 e ≤0,03 | >0,03 e ≤0,1 | >0,1 | 10 |
| Mercúrio Hg | N.D. | >N.D. e ≤0,2 | >0,2 e ≤2,0 | - | >2,0 | 10 |
| Temperatura °C | | | | | | 5 |

OBS.: Os valores são dados em mg/l; com exceção do Mercúrio que é dado em ug/l;

** CaCO₃

TABELA 2 – Avaliação dos parâmetros bacteriológicos da água, com os respectivos graus de risco ecológico e peso ecológico.

| Parâmetros | GRAUS | | | | | Peso |
|---------------------------------|-------|--------------|----------------|-----------------|--------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Coliformes fecais N.M.P. 100 ml | ≤ 10 | > 10 e ≤ 100 | > 100 e ≤ 1000 | > 1000 e ≤ 4000 | > 4000 | 9 |

TABELA 3 – Avaliação dos parâmetros hidrobiológicos da água (fitoplâncton) com os respectivos graus de risco ecológico e peso ecológico.

| Parâmetros | GRAUS | | | | | Peso |
|--------------|-------|------------|-------------|-------------|--------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Organismo/ml | ≤ 500 | 501 - 1000 | 1001 - 2000 | 2001 - 3000 | > 3000 | 5 |

TABELA 4 – Avaliação da contaminação da água por pesticidas, com os respectivos graus de risco ecológico e peso ecológico.

| Pesticidas (µg/l) | GRAUS | | | | | Pesos |
|----------------------|-------|------|---------|----------------|--------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| BHC | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | 10 |
| DDT | N.D. | N.D. | ≤ 0,003 | > 0,003 e ≤ TR | > 0,4 | 10 |
| LINDANE | N.D. | N.D. | ≤ 0,01 | > 0,01 e ≤ TR | > 5,0 | 10 |
| CHLORDANE | N.D. | N.D. | ≤ 0,01 | > 0,01 e ≤ TR | > 0,4 | 10 |
| ALDRIN | N.D. | N.D. | ≤ 0,001 | > 0,001 e ≤ TR | > 0,3 | 10 |
| DDE | N.S. | N.S. | ≤ 0,003 | > 0,003 e ≤ TR | > 0,1 | 10 |
| ENDRIN | N.D. | N.D. | ≤ 0,003 | > 0,002 e ≤ TH | > 0,02 | 10 |
| DIELDRIN | N.D. | N.D. | ≤ 0,002 | > 0,003 e ≤ TR | > 0,1 | 10 |
| TDE | N.S. | N.S. | ≤ 0,003 | > 0,003 e ≤ TR | > 20,0 | 10 |
| HEPTACHLOR | N.D. | N.D. | ≤ 0,001 | > 0,001 e ≤ TR | > 0,01 | 10 |
| ENDOSULFAN | N.S. | N.S. | ≤ 0,003 | > 0,003 e ≤ TR | > 0,50 | 10 |
| METHOXICOLOR | N.D. | N.D. | ≤ 0,03 | > 0,03 e ≤ TR | > 100 | 10 |
| TOXAPHENE | N.D. | N.D. | ≤ 0,005 | > 0,005 e ≤ TR | > 0,5 | 10 |
| MIREX | N.S. | N.S. | ≤ 0,001 | > 0,001 e ≤ TR | > 10,0 | 10 |

TR – Traços

NS – Não especificado

ND – Não detectado

TABELA 5 – Avaliação dos níveis de sedimentometria na água, com os respectivos graus de risco ecológico e peso ecológico.

| Parâmetros | GRAUS | | | | | Peso |
|----------------------|-------|-------------|-----------|-------------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Concentração mg/l | ≤ 20 | > 20 e ≤ 40 | > 40 ≤ 60 | > 60 e ≤ 80 | > 80 | 5 |

2.4. Estabelecimento da deficiência ecológica.

A deficiência ecológica é calculada através do produto do grau de risco ecológico pelo peso da importância ecológica.

Considerando-se as escalas estabelecidas para medir o grau de risco ecológico e a importância ecológica,

deficiência ecológica poderá variar de zero a quarenta, indicando, progressivamente, nenhuma deficiência até extrema deficiência, de acordo com os seguintes limites:

Valor numérico da deficiência

| | | |
|---------|-------|---------------------|
| 0 | | Nenhuma deficiência |
| 1 - 10 | | Pequena deficiência |
| 11 - 20 | | Deficiência média |
| 21 - 30 | | Grande deficiência |
| 31 - 40 | | Perigo ecológico. |

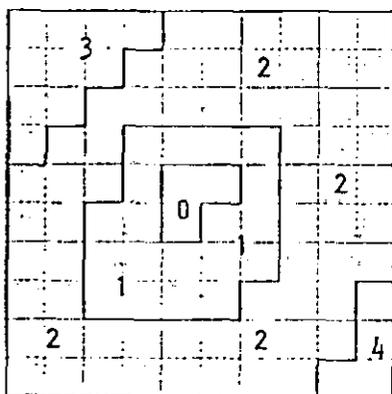
Em uma floresta virgem, por exemplo, considerando-se apenas esse componente, a deficiência ecológica seria 0 (zero), resultado do produto do grau de risco ecológico (0) pelo peso da importância ecológica (7).

Em um outro exemplo extremo, imaginando uma concentração de 0,6mg/l do pesticida Toxaphene na água, a deficiência ecológica da qualidade da água seria 40 (quarenta), calculada pelo produto do grau de risco ecológico (4) pelo peso da importância ecológica (10).

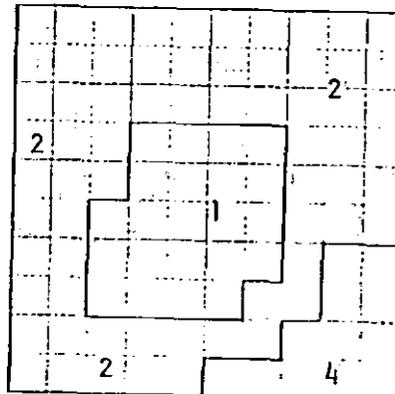
A deficiência ecológica poderá ser apresentada através de mapas, subdividindo-se a área em parcelas de, por exemplo 100 ha (1.000 x 1.000 m), onde são superpostas as informações dos diversos componentes ecológicos analisados.

Em uma parcela onde a vegetação e o tipo de solo sejam amostrados, pode-se ter a seguinte situação:

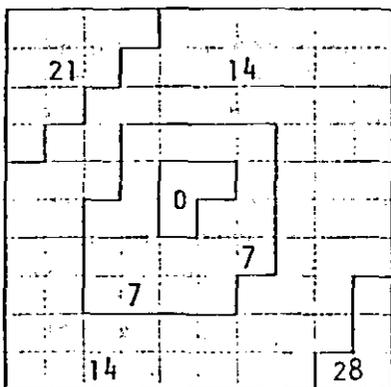
1. "Vegetação"



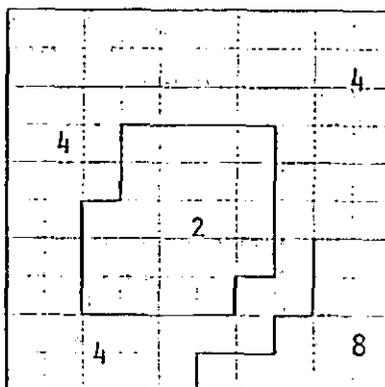
2. "Solos"



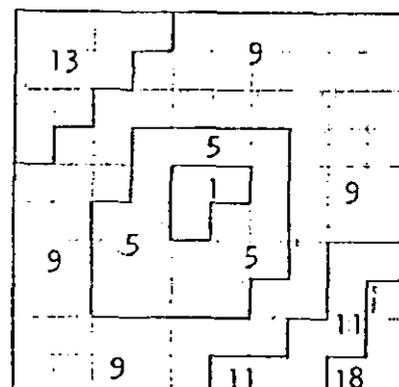
1. "Vegetação" (Peso = 7)



2. "Solos" (Peso = 2)



3. "Vegetação" e "Solos" (Média aritmética)



A determinação da deficiência ecológica poderá ser automatizada, visando a detecção imediata de qualquer problema, através da alimentação de um computador com os dados ecológicos levantados periodicamente. Os resultados processados são comparados com os limites pré-fixados de deficiência ecológica armazenados na memória do

computador. Caso o resultado ultrapasse limites toleráveis de deficiência, o computador poderá dar um alarme, mostrando através de listagem ou mapas, a gravidade da situação e a exata localização do problema.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema de monitoramento de bacias hidrográficas permite uma avaliação contínua e eficiente do complexo ambiental. É também um instrumento útil para administração e tomada de decisões sobre o ambiente, uma vez que está baseado em fatores ecológicos mutáveis.

Após analisados os dados, as unidades de amostra deverão ser classificadas de acordo com a deficiência ecológica que apresentam, para se ter uma idéia, tanto do estado atual da bacia como um todo, como das parcelas em separado. Desta forma, será mais fácil visualizar as decisões mais urgentes a serem tomadas em cada parcela, evitando-se que se chegue a um desequilíbrio catastrófico na área abrangida pela bacia hidrográfica.

Recomenda-se que sejam feitas coletas semestrais, ou em períodos maiores ou menores, de acordo com a experiência adquirida ao longo do tempo, de todos os componentes mensuráveis do ecossistema.

Finalmente, deve-se salientar que as normas estabelecidas nesse sistema de monitoramento, assim como os pesos e limites fixados para os diversos parâmetros não são definitivos. A experiência adquirida através da aplicação do sistema poderá certamente orientar modificações posteriores, visando seu contínuo aperfeiçoamento.

COMENTÁRIOS GERAIS

1. O sistema de monitoramento permite tratar simultaneamente ecossistemas distintos, onde são aplicados conjuntos de parâmetros específicos.
Como exemplo, se for tratada uma região que possua montanhas, vales, planaltos, pântanos, lagos e áreas planas de uso agropecuário, deverão ser aplicados critérios de risco e de importância ecológica diferentes em cada ecossistema. Ter-se-á, assim, uma tabela com ênfase na indicação do terreno e cobertura florestal; quando se tratar de montanhas; outra, com ênfase em características das águas, profundidade e superfície, quando for o ecossistema lacustre; outra, com ênfase em tipos de usos agrícolas, locais de solos frágeis e degradados, em se tratando de áreas agrícolas, etc.
2. Há a maior conveniência em se estabelecer indicadores qualitativos ambientais, permitindo que, com poucos parâmetros, mais significativos, se proceda ao levantamento e à avaliação desejada. Este procedimento, mais caro no início, é sensivelmente mais econômico na continuação.
3. A escala de cada unidade de monitoramento deverá ser estabelecida em função da complexidade do ecossistema tratado. Geralmente, os ecótonos — áreas de transição entre dois ecossistemas distintos — são os mais complicados e ricos de dados, embora sejam, freqüentemente, os locais ecologicamente mais estáveis.
4. Os "Graus de Risco", numerados de 0 (bom) a 4 (perigo) poderiam sê-lo inversamente proporcional e de 0 (perigo) a 10 (bom). O resultado é que se teria índices de deficiência variando de 0 a 100, sendo 100 o índice de situação ecológica excelente, e 0, o de situação de desastre ecológico. A escala centígrada é mais comum e, portanto, de mais rápida assimilação, e as "notas" mais baixas indicariam a necessidade de esforços para melhorar a situação levantada.
5. O índice a ser adotado para demonstrar a situação ecológica de determinado setor não deve ser a média entre os resultados das razões dos graus e pesos de vários parâmetros, mas sim o menor índice (no caso de se adotar a posição do item 4 (acima) encontrado. Isto demonstrará a situação mais crítica. Um dos autores coloca que média não é considerada como representativa de uma situação real. Não obstante, sendo todos os dados subjetivos, pode ser adotada a mediana ou calculada uma média ponderada entre os valores encontrados, chegando-se a um valor que indicaria a tendência.
6. No item 1 do presente comentário, destacou-se o uso de diferentes tabelas, cada qual com ênfases ou pesos de maior ponderação, dependendo do ecossistema. Além daquele critério de ponderação, devem ser considerados

outros, como, no caso de parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos das águas, dependendo dos usos pretendidos (para abastecimento doméstico, industrial, para irrigação, para geração hidrelétrica, ou para diluição de dejetos, etc.), estes serão respectivamente menos rígidos.

7. A frequência das amostragens e o nível de precisão regerão a intensidade do monitoramento. Dependendo dos interesses em jogo, os primeiros mapas de inventário servirão por longo período, pois não há necessidade de refazê-los enquanto não se constatar alterações — para melhor ou para pior — nos macroelementos do ecossistema. Setores problemáticos, entretanto, serão atendidos com a frequência necessária, tanto para avaliar os resultados de medidas adotadas, como para medir o avanço dos problemas ambientais.
8. Finalmente, a forma gráfica de demonstrar os resultados deve explorar todos os recursos disponíveis, sendo mais simples os quadriculados e milimetrados como os indicados no trabalho. Outros meios incluem os traçados com linhas sinuosas que contornam a área considerada, onde podem ser empregados sombreamentos monocromáticos, cores diferentes ou, ainda melhor, matizes de diferentes tonalidades de poucas cores. O emprego destes processos, alguns sofisticados, não podem perder de vista o caráter dinâmico que o processo subten-
de, já que as preferências geralmente recaem sobre processos que apresentem tanto aspecto visual atraente, como um custo de elaboração compatível com os meios disponíveis.

AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO INDIRETO DE PROTEÇÃO FLORESTAL À POTABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS CAPTADAS PARA ABASTECIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA, COM BASE NOS PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO CONVENCIONAL*

Nivaldo Eduardo Rizzi**

RESUMO

O tratamento convencional das águas, objetivando o abastecimento público, é, em grande parte, condicionado pela turbidez das águas. Dessa forma, analisando-se apenas esse fator, o presente trabalho analisa o benefício florestal de proteção concernente à economia dos produtos químicos sulfato de alumínio, cal hidratada e cloro líquido, utilizados no tratamento convencional das águas.

1. INTRODUÇÃO

Além da madeira, que é um benefício direto da florestal, existem outros benefícios chamados indiretos. Estes são conhecidos na economia florestal como *Influências Florestais*, estando em estreita interação com o meio ambiente.

Essas inferências, como por exemplo, proteção à fauna, conservação do solo, regularização e proteção dos mananciais hídricos, controle dos ventos, absorção de ruídos ou substâncias poluentes no ar, apresentam-se de elevada importância para a sociedade.

A avaliação desses benefícios indiretos é de difícil realização, ainda mais quando se quer quantificá-los monetariamente. A dificuldade de quantificação monetária torna-se extrema quando se refere às influências psicofisiológicas do homem, função essa devido à existência de florestas ambientais, parques, reservas ecológicas ou floresta de visualização.

Quando se pode medir os danos fisicamente, é de uso relativamente comum, em países desenvolvidos, que essa avaliação seja feita em função dos prejuízos ou danos que ocorrem, no caso da retirada da floresta de proteção.

A colocação do desenvolvimento como um processo exclusivamente econômico torna inconciliável a curto prazo o aspecto proteção e rendimento econômico. No entanto, em estudos posteriores pôde-se comprovar que o uso racional dos recursos naturais só vem contribuir para uma maior eficiência do aproveitamento econômico do país.

No Brasil, pouco se tem feito sobre a avaliação dos benefícios sociais proporcionados pela floresta. Casos de preocupação quanto ao valor social da floresta são assumidos por ecólogos ou sociedades de combate ao aproveitamento predatório dos recursos naturais, mas nem sempre tal atitude alcança os limites desejáveis de esclarecimentos, em consequência da falta de abordagem científica comprovada.

Acrescente-se, ainda, que a visão imediatista do rendimento econômico adotado no país requer que se use uma linguagem econômica — incoerente para o perfeito desenvolvimento da humanidade — semelhante na persuasão dos planejadores exclusivamente técnicos do desenvolvimento do país.

Dentro desse prisma, qualquer estudo de avaliação dos benefícios indiretos, além de servir de base científica para melhor definir a utilização dos recursos naturais existentes, poderá contribuir, também, para um melhor desenvolvimento dos povos.

Baseando-se na influência que tem a floresta de proteção à potabilidade natural das águas naturais e dada a importância que a água desempenha para o homem, o trabalho científico proposto será quantificar monetariamente essa função-proteção, ou seja:

Avaliar o benefício florestal de proteção dos mananciais hídricos, quanto a potabilidade, nas nascentes do rio Iguaçu, onde se faz a captação das águas superficiais, tendo em vista o abastecimento de água potável para a população da região metropolitana de Curitiba. Tal avaliação se prenderá aos consumos adicionais de produtos químicos básicos no tratamento convencional de purificação das águas.

* Resumo de Tese de pós-graduação em Engenharia Florestal-UFPR

** Engenheiro Florestal M.Sc., Prof. do Departamento de Silvicultura e Manejo da UFPR.

2. AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO INDIRETO DE PROTEÇÃO À POTABILIDADE NATURAL DAS ÁGUAS, COM BASE NO CONSUMO ADICIONAL DE PRODUTOS QUÍMICOS

2.1. Tratamento convencional das águas

O tratamento convencional de purificação das águas consiste na captação, floculação e decantação (sulfato de alumínio), filtração, abrandamento ou correção (cal hidratada), desinfecção (cloro líquido) e profilaxia ou fluoretação (fluossilicato de sódio) (Figura 01).

2.1.1. Sedimentação (floculação, coagulação e decantação).

A sedimentação é o processo pelo qual se verifica a deposição de partículas granulares e material floculante. Nos processos de tratamento da água, a floculação é induzida pela adição de coagulante (AWWA 1964 e AZEVEDO 1966).

A função do coagulante é transformar as impurezas que se encontram em suspensões finas (bactérias, siltes, argilas, algas . . . turbidez) em estado coloidal ou em solução, em partículas que sejam removíveis por sedimentação e filtração.

O coagulante usado é o sulfato de alumínio. A dosagem desse produto é diretamente proporcional ao teor de turbidez (sedimentos) das águas.

2.1.2. Filtração

É o processo pelo qual a matéria em suspensão é separada da água, através de substâncias porosas, isto é, uso de filtros. Um filtro pode ser considerado como um decantador de água aumentado.

2.1.3. Abrandamento

O processo de abrandamento das águas (adição da cal hidratada) tem a finalidade de remover a acidez das águas, devido à adição do sulfato de alumínio, elevando o pH das águas tratadas para $\pm 8,5$, evitando a ocorrência do CO₂ livre que, além de ser tóxico, provoca incrustações nas canalizações, dando gosto agradável às águas.

2.1.4. Desinfecção

A desinfecção das águas filtradas feita pela adição do cloro líquido objetiva a destruição de bactérias entéricas vegetativas, bactérias que formam esporos, protozoários, vermes, vírus e algas que provocam toxidez, gosto, odor e sabor desagradável às águas.

A dosagem do cloro caracteriza a poluição urbana dos mananciais.

2.1.5. Profilaxia

A aplicação do fluor nas águas de abastecimento tem a função de evitar a ocorrência de cáries ou má formação dos dentes e ossos na população abastecida com água tratada.

É usado nas estações de tratamento o fluossilicato de sódio. Como é apenas uma medida profilática, a proteção florestal não exerce influência.

2.2. Floresta de proteção à potabilidade natural das águas

Como é entendido, a turbidez das águas determina a dosagem de sulfato de alumínio, ou seja, quanto maior a turbidez, maior é a dosagem de sulfato necessária para a completa sedimentação das partículas em suspensão.

A floresta intercepta a chuva, evita a ação desestruturalizadora das gotas, propicia condições ótimas de infiltração, reduz o escoamento superficial evitando o fenômeno da erosão, que tem como efeito a sedimentação das águas, isto é, reduz ao mínimo o teor de turbidez.

A floresta nativa é, entretanto, o tipo de vegetação que menores teores de turbidez permite aos rios que a atravessam. Considerando, por exemplo, os dados de erosão fornecidos por JORGE*, citado por BRANCO & ROCHA (1967), que determinaram a perda média anual de solo na região de solos arenosos, roxos e massapé-salmourão no Estado de São Paulo, referente a 15 anos de observações para os tipos de vegetação, como Mata original, 4 kg/ha; Pastagens, 400 kg/ha e cultura de algodão, 16.600 kg/ha, pode-se colocar o seguinte exemplo ilustrativo:

Considerando um reservatório de água de 10.000 m³ de águas captadas dos rios que atravessam uma área de 30 ha de floresta nativa, pastagens ou cultura de algodão, deduz-se que: se 50% das partículas erodidas não são filtráveis e produzem turbidez, o reservatório que capta água do rio que atravessa a mata nativa apresenta águas com 6 ppm de turbidez. As águas do reservatório da área de pastagens, 600 ppm, e águas provindas da área de cultura de algodão, 39.900 ppm.

Pelas condições de funcionamento das estações de tratamento de Curitiba, PR (vazão, efluente de água tratada, tempo de decantação), a dosagem média determinada por jarreste COSSMAN de sulfato de alumínio seria 10 ppm para águas provindas da floresta, e acima de 42 ppm, em águas de pastagens. Para as águas provindas da área de cultura de algodão, a dosagem necessária ultrapassa à condição normal de funcionamento da estação, ou seja, as condições normais não satisfazem as exigidas pelas águas.

Por outro lado, a floresta de proteção reduzindo as partículas em suspensão nas águas propicia condições ótimas de luz para o processo fotossintetizante das algas produtoras de oxigênio. Homogeneiza também as temperaturas das águas evitando variações bruscas, que provocam a morte da flora e fauna natural de purificação.

Proporciona condições de isolamento das águas com microorganismos patogênicos, devido à poluição urbana, que trazem problemas sanitários e consumo adicional de cloro líquido. Além disso, protege as águas de ação de fertilizantes que provocam a eutrofia das águas e conseqüente necessidade de pré-cloração.

A proteção dos mananciais hídricos, portanto, mantém o consumo inicial de produtos químicos exigido pelas águas em seu estado natural.

2.3. Origem dos dados de consumos de produtos químicos

Os consumos de produtos químicos utilizados nesse trabalho provieram das duas estações de tratamento de Curitiba (E.T.A. Tarumã e E.T.A. Iguaçu) e referem-se ao período de 1965—1980 para a E.T.A. Tarumã e 1970—1980 para a E.T.A. Iguaçu (Tabela 1).

A captação das águas é feita nas nascentes do rio Iguaçu, a noroeste de Curitiba. A área apresenta-se em estado crescente de aproveitamento, estando já em condições completamente descaracterizada de sua vegetação original, apresentando, ainda, apenas a região da Serra do Mar com vegetação original, isto é, mata subtropical pluvial (Figura 02).

A evolução da turbidez das águas captadas, também fornecida pela Sanepar, foi obtida através dos boletins diários de análise das qualidades das águas. As médias diárias, e posteriormente médias mensais (Figuras 03, 04) e médias mensais dos anos extremos (Figuras 05, 06), foram obtidas das observações diárias de turbidez tomadas a intervalos de uma hora.

A Sanepar — Companhia de Saneamento do Paraná forneceu os dados de consumo juntamente com o preço dos produtos químicos referentes ao mês de junho de 1981*, necessários na avaliação do benefício indireto.

| | |
|-------------------------------|---------------|
| Sulfato de alumínio | Cr\$ 14,10/kg |
| Cal hidratada | Cr\$ 10,79/kg |
| Cloro líquido | Cr\$ 26,01/kg |

2.4. Princípios de definição dos consumos máximos e mínimos

Considerando que no conjunto de todos os resultados de consumo levantados no período de estudo há um consumo máximo, mínimo e normal (médio), pode-se dizer que eles são mutuamente exclusivos (ocorrem separadamente, nunca juntos) e coletivamente exaustivos (todos podem ocorrer em um ano).

* JORGE, J.A. *Solo Manejo e Adubação*. São Paulo, Melhoramentos, 1969.

** Para atualização dos custos dos produtos químicos para agosto de 1983 usar os seguintes fatores multiplicativos:

| | | |
|---------------------|-------|------------------|
| Sulfato de Alumínio | 5,106 | (Cr\$ 72,00/kg) |
| Cal hidratada | 3,522 | (Cr\$ 38,00/kg) |
| Cloro líquido | 4,003 | (Cr\$ 105,00/kg) |

Assim posto o problema, pode-se aplicar a definição clássica da probabilidade dada por LAPLACE* que diz: "se um experimento aleatório pode resultar em N resultados iguais e mutuamente exclusivos e se n destes tem um atributo A , então a probabilidade de ocorrência do atributo A é igual a:

$$P(A) = \frac{n}{N} "$$

No caso desse trabalho:

N = Resultados possíveis de ocorrer = 3

n = Consumo de produtos químicos = 1, isto é, o atributo ou é máximo, ou é mínimo ou é médio (média ponderada dos consumos).

Dáí tira-se que:

A probabilidade de ocorrência de qualquer um destes consumos em ano qualquer do período é igual, ou seja, tanto pode ocorrer um consumo máximo, mínimo ou normal (médio).

Este princípio tem como objetivo definir que, em um ano qualquer, podem ocorrer as condições mais adversas de funcionamento da estação de tratamento, decorrente do agravamento das qualidades naturais (turbidez) das águas captadas conjuntamente com as condições técnicas do processo de tratamento.

Como foi entendido, aceita-se que durante o período de estudo (1965–1980) sempre (todo ano) têm ocorrido essas condições adversas. Logo, considera-se o consumo máximo observado (Tabela 1) homogêneo para todos os anos. Isso caracteriza o consumo máximo que poderia ter ocorrido durante todo o período (Tabela 2).

Objetiva também, analogamente, caracterizar as condições mais favoráveis de tratamento das águas. O menor consumo observado (Tabela 1), poderia, então, ter ocorrido em todos os anos do período. Define-se, então, o consumo mínimo durante 1965–1980 (Tabela 3).

O consumo normal (média ponderada dos consumos) é definido pelos próprios consumos observados na Tabela 1. Diz-se disso que o atributo A referente ao consumo médio ocorreu em todos os anos (Tabela 4).

2.5. Instrumento de avaliação utilizado

O objetivo desse trabalho é quantificar monetariamente o benefício florestal de proteção à potabilidade natural das águas, referente tão somente, ao custo ou ao consumo de produtos químicos básicos do tratamento convencional das águas.

A floresta proporciona um benefício na medida em que evita o consumo adicional de produtos químicos necessários ao tratamento das águas captadas, pela conservação do mais baixo teor de turbidez das águas naturais e pela proteção ao contacto com resíduos industriais e urbanos.

Esse trabalho adotará o indicador benefício como instrumento de avaliação do benefício indireto, isto é, *o benefício é semelhante aos danos evitados*.

Os benefícios avaliados referem-se ao período passado de 1965–1980, ou seja, são benefícios históricos obtidos da comparação entre consumos máximos, mínimos e médios (normal) e que assumem as seguintes denominações (Figura 07):

Benefício máximo — B_1

Benefício corrente — B_2

Benefício perdido — B_3

Benefício máximo: É a economia máxima de produtos químicos proporcionada pela floresta ao conservar as características naturais das águas.

$$B_1 = X_2 - X_0 \cong C_2 - C_0$$

O benefício máximo permanecerá inalterado se o consumo máximo verificado no período não é ultrapas-

* Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Apostilas da disciplina de Biometria I. Prof. Sylvio Péllico Netto, 1979.

sado.

Para um período de n anos esse benefício é obtido pela fórmula:

$$\sum_i^n (X_2 - X_0) \text{ ou } \sum_i^n (C_2 - C_0)$$

“O cálculo do benefício máximo caracteriza a potencialidade monetária que uma floresta qualquer tem em gerar benefício indireto de proteção à potabilidade natural das águas”.

Benefício corrente: É a economia de produtos químicos que a floresta remanescente proporciona.

$$B_2 = X_2 - X_1 \cong C_2 - C_1$$

O benefício corrente é igual à diferença entre os consumos (ou custos) máximo e médio (normal). Apresenta um valor zero quando coincide com o ano de definição do consumo máximo. No ano em que ocorre o consumo mínimo, o benefício corrente é máximo.

Para um período de n anos esse benefício é obtido pela fórmula:

$$\sum_i^n (X_2 - X_1) \text{ ou } \sum_i^n (C_2 - C_1)$$

“O cálculo do benefício corrente caracteriza o benefício proporcionado pela floresta remanescente”.

Benefício perdido: É a economia de produtos químicos que não se teve, como consequência da exploração da floresta.

$$B_3 = X_1 - X_0 \cong C_1 - C_0$$

O benefício perdido é igual à diferença entre os consumos (ou custos) médio (normal) e mínimo. Apresenta, também, um valor zero quando coincide com o ano de definição do consumo mínimo. No ano em que ocorre o consumo máximo, o benefício perdido é máximo.

Para um período de n anos esse benefício é obtido pela fórmula:

$$\sum_i^n (X_2 - X_0) \text{ ou } \sum_i^n (C_2 - C_0)$$

“O cálculo do benefício perdido caracteriza o prejuízo ocorrido”.

Os benefícios históricos ocorridos no período de 1965–1980, na E.T.A. Tarumã, e no período 1970–1980, na E.T.A. Iguaçu, estão apresentados na Tabela 5.

3. RESULTADOS

3.1. Benefício de proteção máxima do período em estudo

A conservação da floresta de proteção dos mananciais hídricos das nascentes do rio Iguaçu proporcionaria um benefício indireto de Cr\$ 1.111.731.943,24 para um período de 16 anos (1965–1980).

Ora, isso exprime que a floresta de proteção dos mananciais teria proporcionado um benefício indireto médio de Cr\$ 44.503.736,33/ano para a E.T.A. Tarumã, e Cr\$ 36.479.325,26/ano, para a E.T.A. Iguaçu.

Quando se trabalha com benefícios históricos, a potencialidade da floresta gerar benefícios indiretos é considerada constante, uma vez que dentro do próprio período de estudo (1965–1980) se define o máximo benefício em função da diferença entre o máximo e mínimo consumo observado.

3.2. Benefício de proteção corrente do período em estudo

De forma imediata, observando-se a Tabela 5, pode-se concluir que a floresta remanescente após cada ano de exploração durante o período de 1965–1980 tem produzido um benefício de Cr\$ 476.125.491,31 para E.T.A. Tarumã, e para a E.T.A. Iguaçu, um benefício de Cr\$ 188.621.287,67.

No entanto, esses valores merecem maior discussão antes de serem usados para possíveis justificativas de programas de preservação da floresta de proteção, que estariam ocorrendo durante esse mesmo período, objetivando a preservação da mata restante nos mananciais.

Considerando a participação do benefício corrente em termos de percentagens sobre o benefício máximo do período é perfeitamente observável que essa percentagem tem decrescido para os anos mais recentes. E como é entendido, a perda do benefício corrente representa o aumento do benefício perdido (Tabela 5).

3.3. Benefício de Proteção perdido do período em estudo

Considerar a quem atribuir o prejuízo de Cr\$ 106.174.623,33 durante o período de 1965–1980 é uma questão importantíssima. À pouca consciência da sociedade, ou ao aproveitamento irracional da floresta de proteção ou, ainda, à falta de legislação e fiscalização adequada e eficiente, a verdade é que o prejuízo ocorrido somente no consumo adicional de produtos químicos foi de Cr\$ 14.645.955,46/ano, para a E.T.A. Tarumã, e de Cr\$ 19.322.715,65/ano, para a E.T.A. Iguaçu.

O benefício perdido é maior nos anos mais recentes, uma vez que as condições de qualidade das águas têm piorado.

Tomando como referencial o ano de 1980, verifica-se que o prejuízo foi de Cr\$ 88.137.217,52 (Cr\$ 24.177.372,76 na E.T.A. Tarumã e Cr\$ 63.159.843,39 na E.T.A. Iguaçu), representando 19,72% do benefício perdido verificado no período de análise.

4. CONCLUSÕES

A utilização do instrumento benefício, na avaliação do benefício indireto de proteção florestal, não apresentou grandes problemas conceituais.

É evidente a concordância de que o benefício indireto é semelhante ao(s) dano(s) ou prejuízo(s) evitado(s), que a existência da floresta de proteção proporciona.

O grande problema encontrado, entretanto, foi definir o critério de caracterização do prejuízo em produtos químicos ocorrido no processo de tratamento de água para abastecimento público, isto é, a obtenção do parâmetro de definição do consumo máximo e mínimo que, de acordo com a lei clássica de probabilidade, poderia ocorrer durante todo o período.

No entanto, a escolha das dosagens observadas durante o período representaram um custo real de produtos químicos e isso foi fundamental no cálculo dos benefícios indiretos.

A área estudada apresentava três tipos de vegetação primitiva – campos, mata de araucária e floresta subtropical pluvial – que recobriam a região dos mananciais hídricos.

Os mananciais da serra conservam ainda sua vegetação original de recobrimento. A região do planalto de Curitiba sempre esteve condicionada a progressivo crescimento urbano, trazendo consigo as mais variadas formas de influências nos mananciais.

A COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba considera a floresta subtropical dos mananciais da serra como área de preservação natural (Figura 02).

No entanto, considerar a floresta dos mananciais como a única geradora do benefício indireto é incoerente, uma vez que o fenômeno da erosão, que provoca a sedimentação das águas, está condicionado à perfeita proteção dos caudais dos rios contribuintes para as águas de captação.

É importante, portanto, que, além de se evitar novos aproveitamentos da área de influência nos mananciais, se façam, também, programas de reposição da vegetação original de proteção.

5. REFERÊNCIAS:

- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Água: tratamento e qualidade*. 2 ed. Rio de Janeiro, Liv. Técnico, 1964. 465p.
- ANDRAE, F. H. *Ecologia florestal*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1978. 230p.
- AZEVEDO, N. *Tratamento de águas de abastecimento*. São Paulo, Editora Universidade de São Paulo, 1966. 329p.
- BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. *Poluição: proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo, Blucher, 1977. 185p.
- FRANÇOIS, T.; HOOVER, M.F.; KITTREDGE, J.; LINDE, R.J. & WILM, H.G. *La influencia de los montes*. Roma, ORGANIZATION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1962. 263p. (FAO, Estudio de Silvicultura y productos florestales, 15).
- MISHAN, E.J. *Análise de custos-benefícios: uma introdução informal*. Rio de Janeiro, Zahar, 1976. 488p.
- MOLCHANOV, A.A. *Hidrologia florestal*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 595p.
- ROSS, S. *Economia do meio ambiente*. In: ————. *Conservação ambiental: uma missão nacional para a década dos setenta*. 2 ed. Rio de Janeiro, Fortune, 1972. p. 61-78.

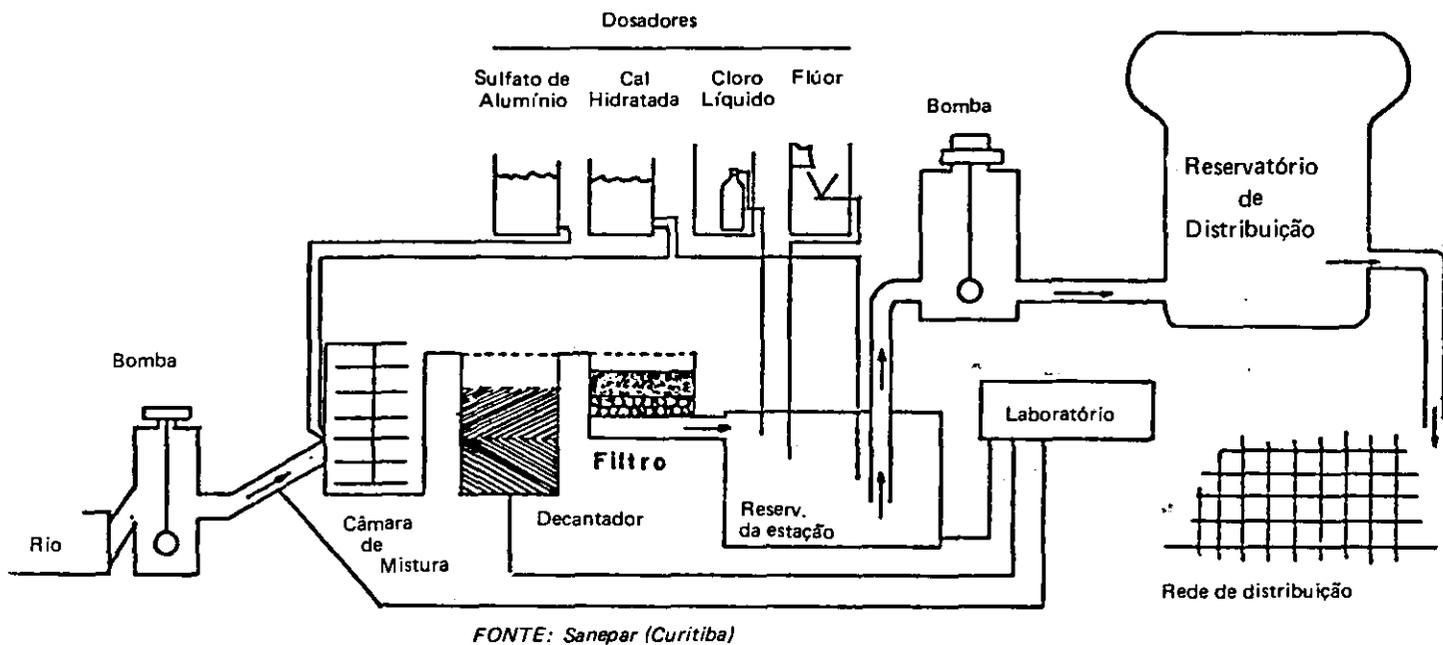


FIGURA 1 – Tratamento convencional das águas

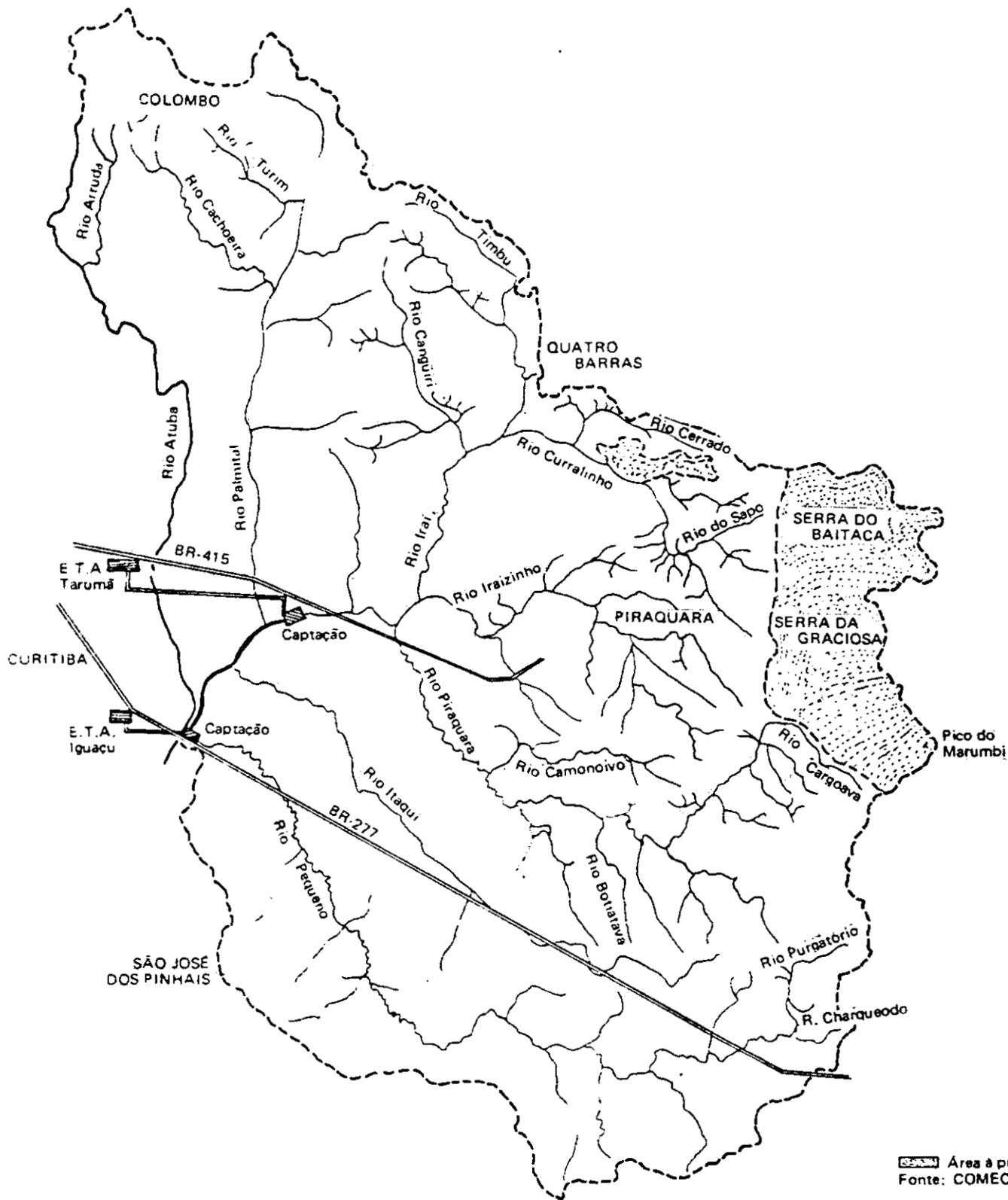


FIGURA 2 – Localização da área de estudo.

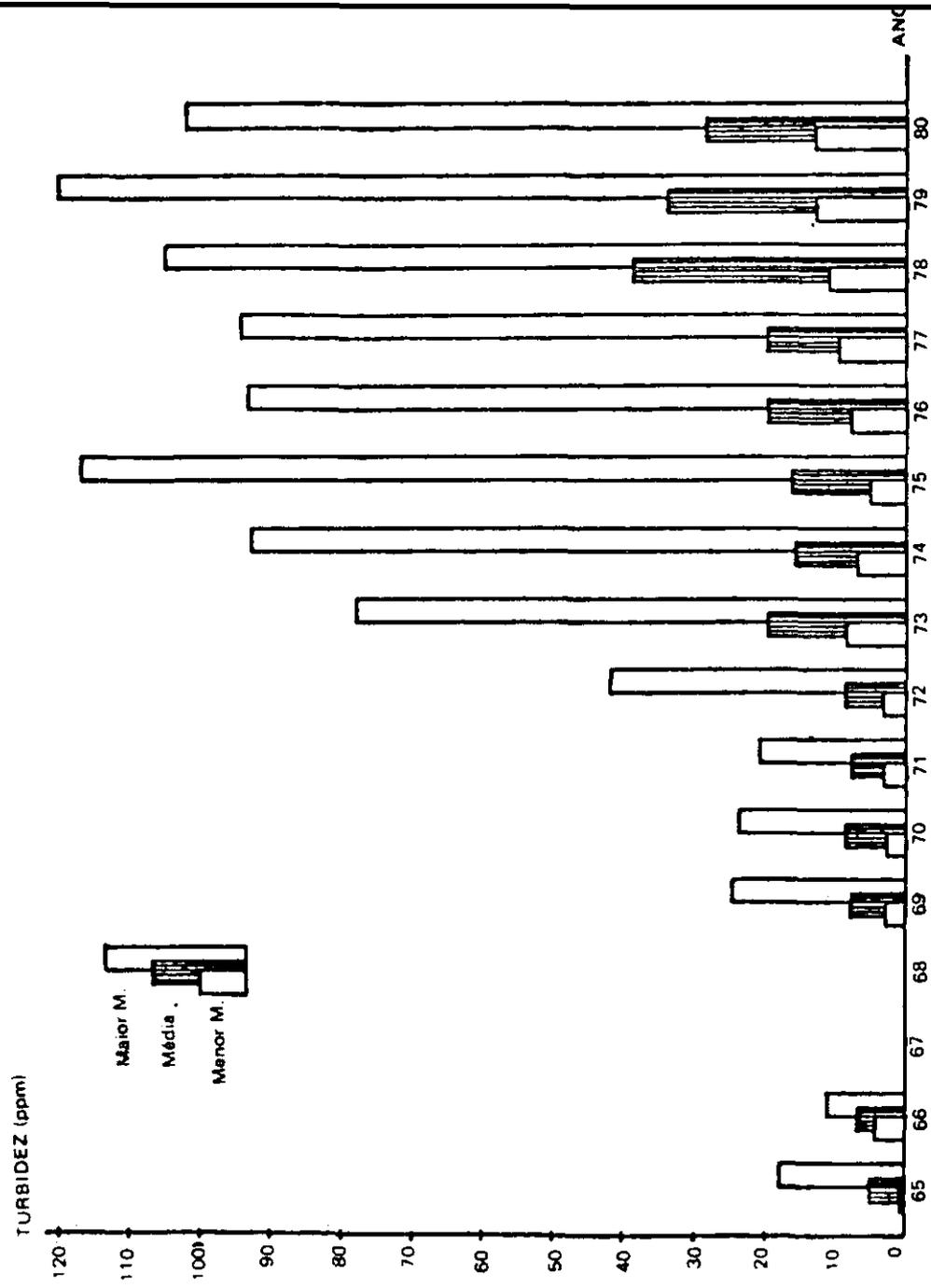


FIGURA 3 - Turbidez média anual - E.T.A. Tarumã.

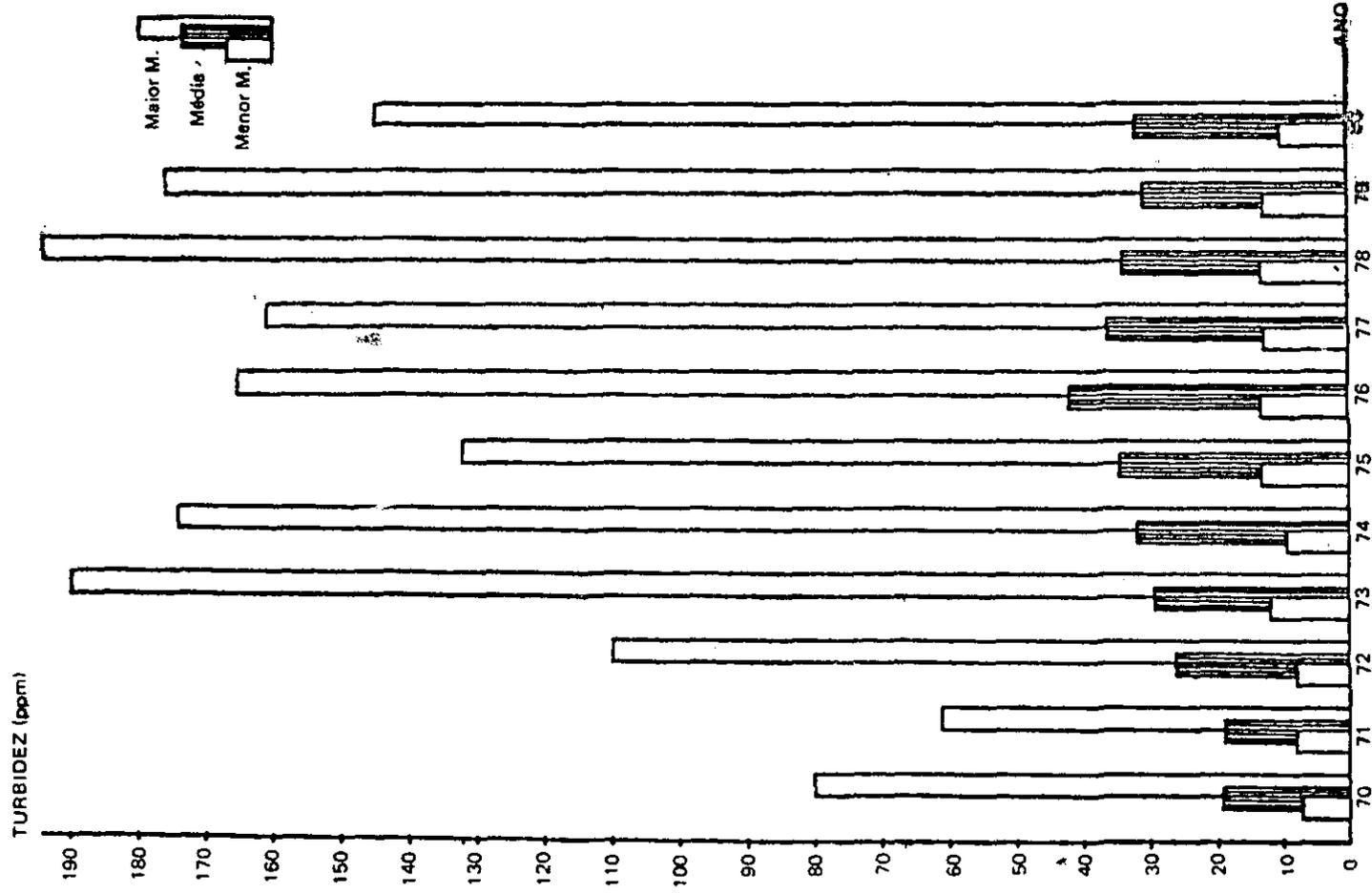


FIGURA 4 -- Turbidez média anual -- E.T.A. Iguazu

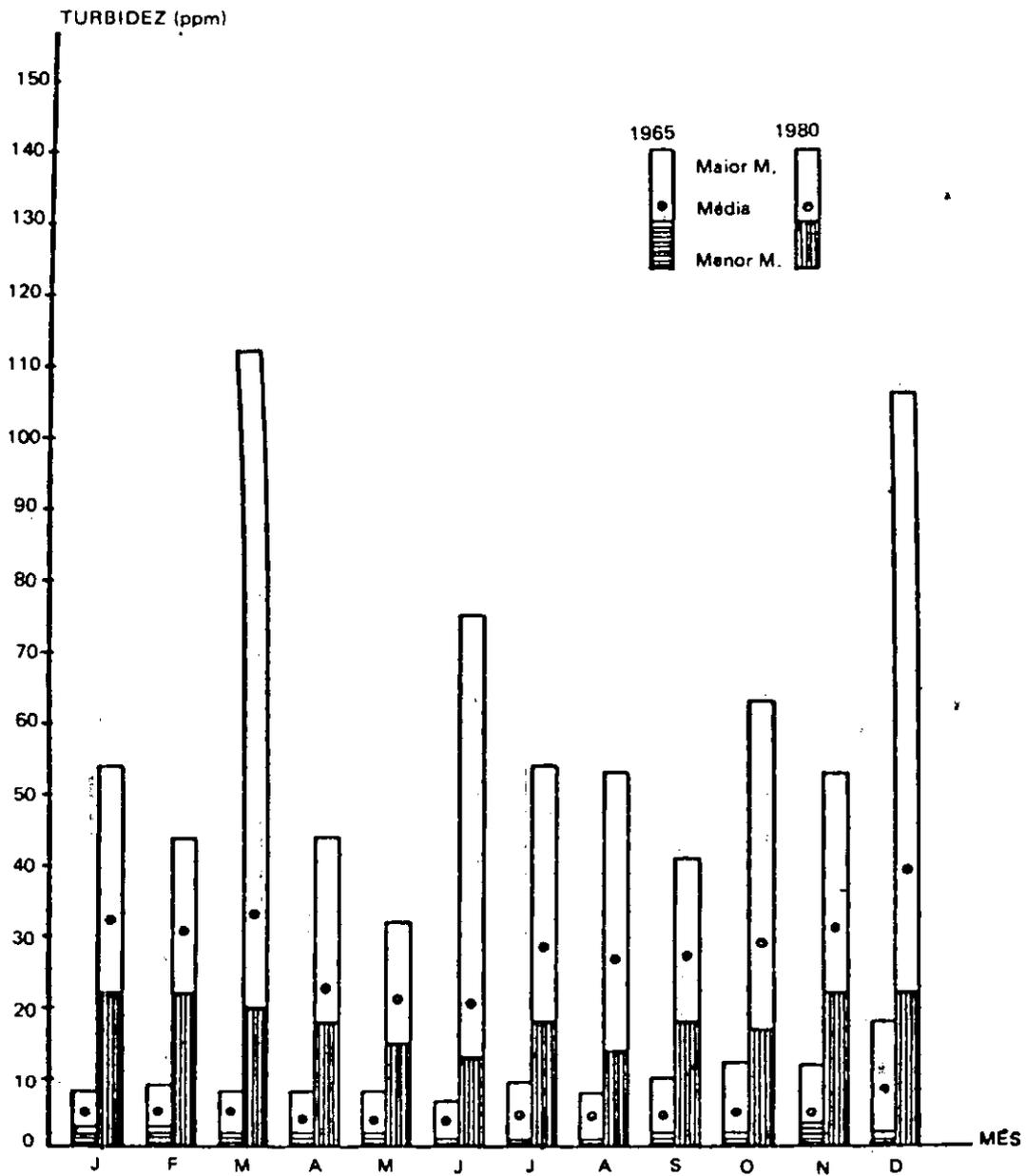


FIGURA 5 – Turbidez média mensal dos anos extremos – E.T.A. Tarumã

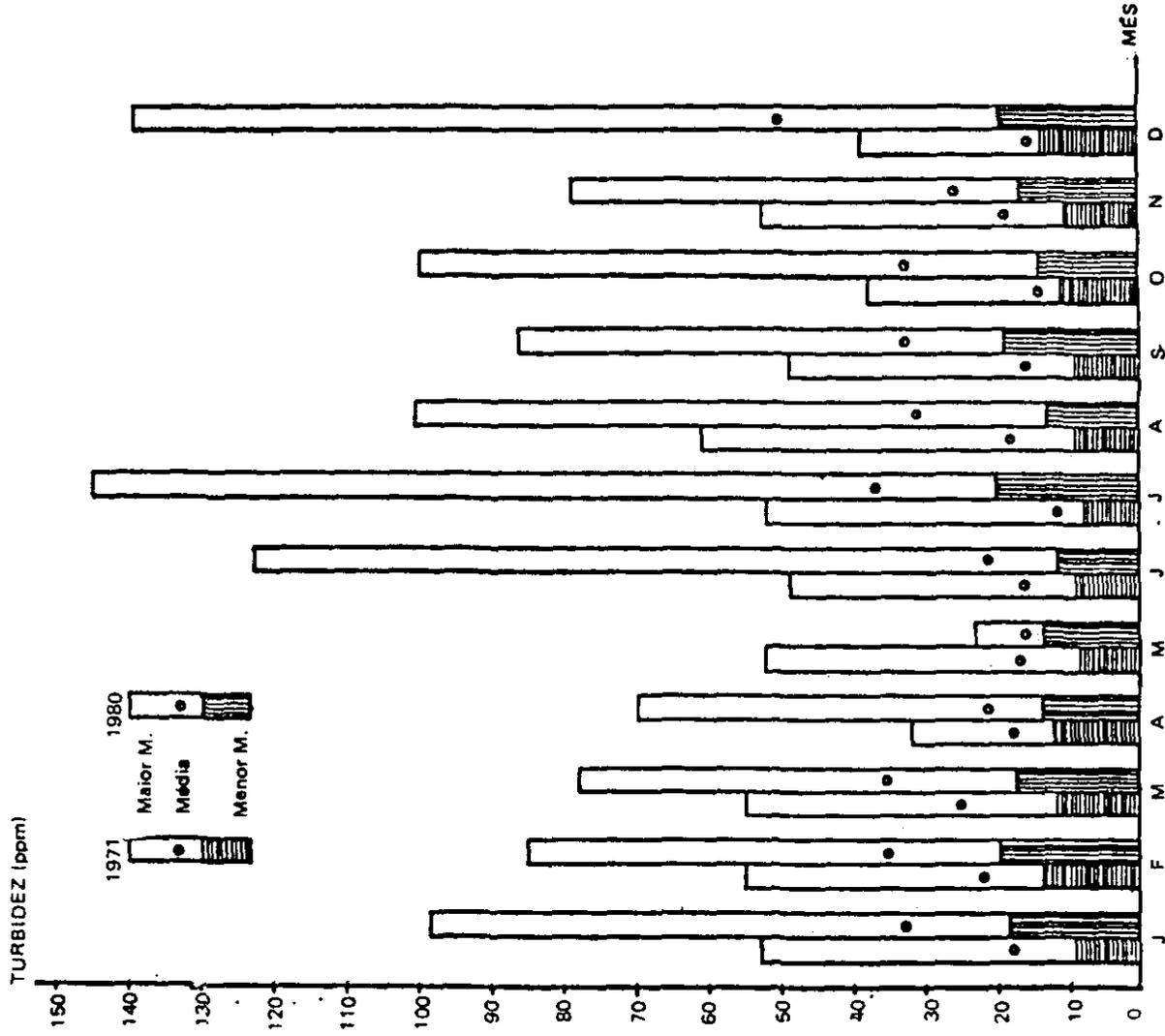


FIGURA 6 - Turbidez média mensal dos anos extremos - E.T.A. Iguaçu

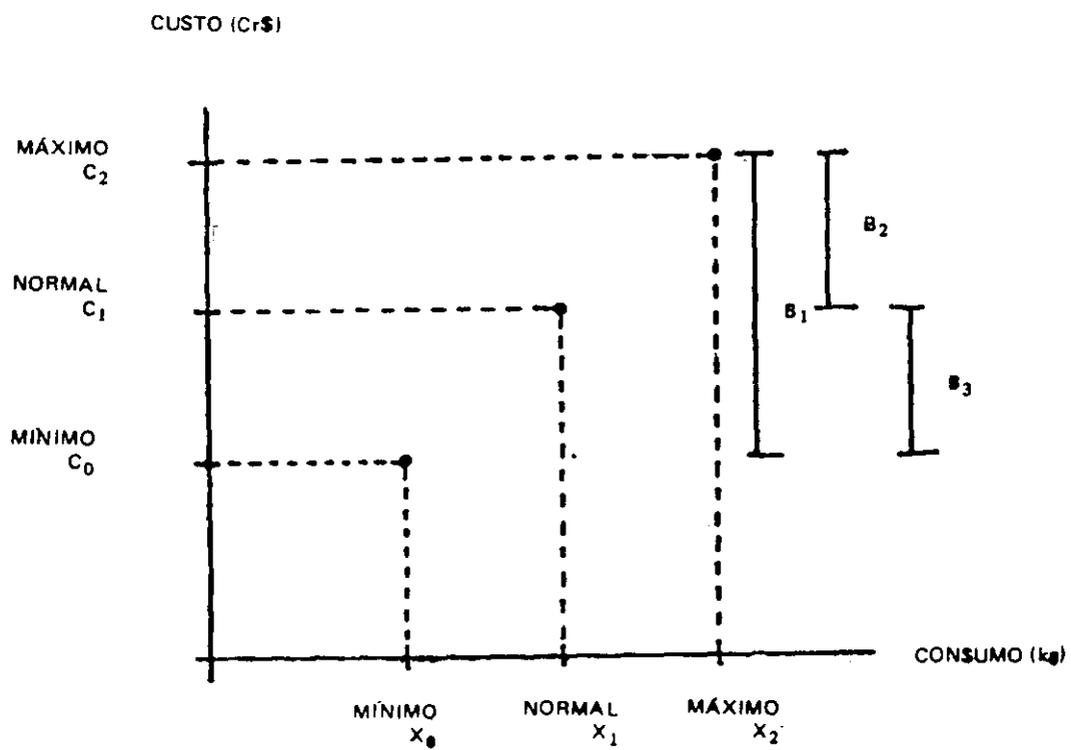


FIGURA 7 - Benefícios indiretos.

TABELA 1 – Consumo de produtos químicos das E.T.As de Curitiba

PERÍODO: 1965 – 1980

| Ano | Volume Tratado (m ³) | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA TARUMÃ | | | | | | | |
|---------|----------------------------------|--------------------------------------|-------|---------------|-------|---------------|------|------------------------|------|
| | | Sulfato de Alumínio | | Cal Hidratada | | Cloro Líquido | | Fluossilicato de Sódio | |
| | | kg | ppm | kg | ppm | kg | ppm | kg | ppm |
| 1965 | 26.583.025,00 | 705.699,593 | 26,55 | 384.230,000 | 14,45 | 20.278,200 | 0,76 | 36.350,000 | 1,37 |
| 1966 *1 | 28.160.268,00 | 717.414,609 | 25,48 | 386.450,000 | 13,72 | 23.424,000 | 0,83 | 33.056,000 | 1,37 |
| 1967 *1 | 29.737.511,00 | 729.129,624 | 24,52 | 388.669,100 | 13,07 | 26.569,800 | 0,89 | — | *0 |
| 1968 | 30.183.057,00 | 817.471,493 | 27,08 | 439.481,880 | 14,56 | 32.065,080 | 1,06 | — | *0 |
| 1969 | 30.189.834,00 | 829.650,700 | 27,48 | 447.124,000 | 14,81 | 33.498,000 | 1,11 | 38.400,000 | 1,27 |
| 1970 | 29.566.349,00 | 684.402,400 | 23,15 | 393.207,000 | 13,30 | 32.750,450 | 1,11 | 40.220,000 | 1,36 |
| 1971 | 31.006.196,00 | 700.129,800 | 22,58 | 410.436,000 | 13,24 | 45.041,500 | 1,45 | 40.000,000 | 1,29 |
| 1972 | 30.751.467,00 | 677.551,900 | 22,03 | 441.322,000 | 14,35 | 37.541,000 | 1,22 | 42.376,900 | 1,38 |
| 1973 | 28.136.161,00 | 535.750,700 | 19,04 | 391.427,600 | 13,91 | 36.559,000 | 1,30 | 39.234,100 | 1,39 |
| 1974 | 25.442.603,00 | 379.694,900 | 22,78 | 370.760,000 | 14,57 | 41.305,000 | 1,62 | 28.065,100 | *2 |
| 1975 | 27.014.456,00 | 707.674,226 | 26,20 | 440.868,500 | 16,32 | 52.723,830 | 1,95 | 13.912,100 | *3 |
| 1976 | 23.705.125,00 | 557.555,800 | 23,52 | 346.326,000 | 14,61 | 47.600,000 | 2,01 | 9.400,000 | *4 |
| 1977 | 24.701.631,00 | 616.283,500 | 24,95 | 369.826,000 | 14,97 | 50.500,000 | 2,04 | 12.146,000 | *5 |
| 1978 | 22.148.187,00 | 661.250,000 | 29,86 | 359.510,000 | 16,23 | 53.132,000 | 2,40 | 5.513,000 | *6 |
| 1979 | 20.050.429,00 | 737.940,700 | 36,80 | 425.590,000 | 21,23 | 56.650,900 | 2,83 | 19.557,000 | 0,95 |
| 1980 | 23.004.049,00 | 721.570,200 | 31,37 | 389.315,000 | 16,93 | 55.162,500 | 2,40 | 14.018,300 | *7 |
| Total | 430.380.334,00 | 10.979.170,145 | | 6.384.543,880 | | 644.799,260 | | | |

| ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA IGUAÇU | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-------|----------------|-------|---------------|------|------------|------|
| 1970 | 6.370.780,00 | 215.545,000 | 33,83 | 80.104,000 | 12,57 | 9.465,500 | 1,49 | — | — |
| 1971 | 5.921.668,00 | 208.956,000 | 35,29 | 69.806,000 | 11,79 | 9.757,000 | 1,65 | — | — |
| 1972 | 9.755.945,00 | 391.034,000 | 40,08 | 134.944,000 | 13,83 | 17.131,000 | 1,76 | — | — |
| 1973 | 13.993.535,00 | 405.131,000 | 28,95 | 184.591,000 | 13,19 | 25.539,000 | 1,83 | — | — |
| 1974 | 25.210.150,00 | 762.227,000 | 30,23 | 285.106,000 | 11,31 | 46.330,000 | 1,83 | — | — |
| 1975 | 38.806.325,00 | 1.225.344,000 | 31,58 | 432.960,000 | 11,16 | 70.298,000 | 1,81 | — | — |
| 1976 | 43.710.410,00 | 1.152.016,000 | 26,36 | 463.642,000 | 10,61 | 74.780,000 | 1,71 | 18.725,000 | *8 |
| 1977 | 42.353.531,90 | 1.490.194,000 | 35,18 | 596.283,000 | 14,08 | 104.393,000 | 2,46 | 32.069,000 | *9 |
| 1978 | 45.036.828,00 | 1.519.709,000 | 33,74 | 582.931,000 | 12,94 | 113.391,000 | 2,52 | 21.248,500 | *10 |
| 1979 | 54.497.789,00 | 1.906.178,000 | 34,98 | 752.912,000 | 13,82 | 141.682,000 | 2,60 | 81.831,000 | 1,50 |
| 1980 | 55.960.248,00 | 2.199.640,000 | 39,31 | 852.876,000 | 15,24 | 159.470,000 | 2,85 | 58.732,000 | *11 |
| Total | 341.617.209,90 | 11.475.974,000 | | 4.436.155,000 | | 772.236,500 | | — | |
| Total Geral | 771.997.557,00 | 22.455.144,145 | | 10.820.698,880 | | 1.417.035,760 | | — | |

*0 – Dados inexistentes

*1 – Dados estimados

*2 – Dosagem paralisada 08/11 a 07/12

*3 – Dosagem paralisada 01/02 a 30/04

*4 – Dosagem paralisada 01/05 a 12/11

*5 – Dosagem paralisada 20/05 a 26/10

*6 – Dosagem paralisada 15/01 a 26/03 e 01/05 a 08/12

*7 – Dosagem paralisada 17/06 a 20/08 e 10/11 a 31/12

*8 – Dosagem paralisada 01/04 a 15/04 e 03/05 a 31/10

*9 – Dosagem paralisada 01/06 a 19/10 e 16/10 a 10/12

*10 – Dosagem paralisada 16/01 a 15/03 e 01/05 a 06/12/1978

*11 – Dosagem paralisada 17/06 a 20/08 e 10/11 a 31/12/1980.

TABELA 2 - Consumo máximo de produtos Químicos (X₂)

(E.T.A. Tarumã e E.T.A. Iguaçú)

| Ano | Volume Tratado (m ³) | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA TARUMÃ | | |
|--------------|--|--|--|---------------------------------------|
| | | Sulfato de Alumínio (kg) (36,8042 ppm) | Cal Hidratada (kg) (21,2259 ppm) | Cloro Líquido (kg) (2,8254 ppm) |
| 1965 | 26.583.025,00 | 978.366,969 | 564.250,730 | 75.107,679 |
| 1966 | 28.160.268,00 | 1.036.416,135 | 597.729,257 | 79.564,021 |
| 1967 | 29.737.511,00 | 1.094.465,302 | 631.207,784 | 84.020,364 |
| 1968 | 30.183.057,00 | 1.110.863,266 | 640.664,934 | 85.279,209 |
| 1969 | 30.189.834,00 | 1.111.112,688 | 640.808,782 | 85.298,357 |
| 1970 | 29.566.349,00 | 1.088.165,821 | 627.574,703 | 83.536,762 |
| 1971 | 31.006.196,00 | 1.141.158,238 | 658.136,865 | 87.604,906 |
| 1972 | 30.751.467,00 | 1.131.783,141 | 652.729,993 | 86.885,195 |
| 1973 | 28.136.161,00 | 1.035.528,896 | 597.217,563 | 79.495,909 |
| 1974 | 25.442.603,00 | 936.394,649 | 540.044,157 | 71.889,531 |
| 1975 | 27.014.456,00 | 994.245,442 | 573.408,276 | 76.326,644 |
| 1976 | 23.705.125,00 | 872.448,162 | 503.164,485 | 66.976,460 |
| 1977 | 24.701.631,00 | 909.123,768 | 524.316,301 | 69.791,988 |
| 1978 | 22.148.187,00 | 815.146,304 | 470.116,952 | 62.577,488 |
| 1979 | 20.050.429,00 | 737.940,000 | 425.589,985 | 56.650,482 |
| 1980 | 23.004.039,00 | 846.645,252 | 488.283,249 | 64.995,612 |
| TOTAL | 430.380.348,00 | 15.839.804,033 | 9.135.244,016 | 1.216.000,607 |

| | Volume Tratado (m ³) | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA IGUAÇU | | |
|--------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | (40,0816 ppm) | (15,2408 ppm) | (2,8497 ppm) |
| 1970 | 6.370.780,00 | 255.351,056 | 97.095,446 | 18.154,812 |
| 1971 | 5.921.668,00 | 237.349,928 | 90.250,644 | 16.874,977 |
| 1972 | 9.759.945,00 | 391.033,885 | 148.687,889 | 27.801,516 |
| 1973 | 13.993.535,00 | 560.883,272 | 213.271,927 | 39.877,377 |
| 1974 | 25.210.150,00 | 1.010.463,148 | 384.221,518 | 71.841,364 |
| 1975 | 38.806.325,00 | 1.555.419,596 | 591.437,381 | 110.586,384 |
| 1976 | 43.710.410,00 | 1.751.983,169 | 666.179,300 | 124.561,555 |
| 1977 | 42.353.531,90 | 1.697.597,324 | 645.499,464 | 120.694,860 |
| 1978 | 45.036.828,00 | 1.805.148,125 | 686.394,901 | 128.341,449 |
| 1979 | 54.497.789,00 | 2.184.358,579 | 830.587,014 | 155.302,349 |
| 1980 | 55.960.248,00 | 2.242.976,276 | 852.875,982 | 159.469,919 |
| TOTAL | 341.617.209,90 | 13.692.564,358 | 5.206.501,466 | 973.506,562 |
| TOTAL GERAL | 771.997.557,90 | 29.532.368,391 | 14.341.745,482 | 2.189.507,169 |

TABELA 3 – Consumo mínimo de produtos químicos (X₀)

(E.T.A. Tarumã e E.T.A. Iguaçú)

| Ano | Volume Tratado (m ³) | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA TARUMÃ | | |
|--------------|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Sulfato de Alumínio (kg) | Cal Hidratada (kg) | Cloro Líquido (kg) |
| | | (19,0414 ppm) | (13,0700 ppm) | (0,7628 ppm) |
| 1965 | 26.583.025,00 | 506.176,949 | 347.439,977 | 20.277,531 |
| 1966 | 28.160.268,00 | 536.209,800 | 368.054,534 | 21.480,652 |
| 1967 | 29.737.511,00 | 566.242,652 | 388.669,090 | 22.683,773 |
| 1968 | 30.183.057,00 | 574.726,454 | 394.492,374 | 23.023,636 |
| 1969 | 30.189.834,00 | 574.855,498 | 394.580,949 | 23.028,805 |
| 1970 | 29.566.349,00 | 562.983,495 | 386.432,004 | 22.553,211 |
| 1971 | 31.006.196,00 | 590.400,140 | 405.250,796 | 23.651,526 |
| 1972 | 30.751.467,00 | 585.549,754 | 401.921,489 | 23.457,219 |
| 1973 | 28.136.161,00 | 535.750,770 | 367.739,455 | 21.462,264 |
| 1974 | 25.442.603,00 | 484.461,763 | 332.534,669 | 19.407,618 |
| 1975 | 27.014.456,00 | 514.391,982 | 353.078,778 | 20.606,627 |
| 1976 | 23.705.125,00 | 451.377,819 | 309.825,842 | 18.082,269 |
| 1977 | 24.701.631,00 | 470.352,648 | 322.850,169 | 18.842,404 |
| 1978 | 22.148.187,00 | 421.731,602 | 289.476,671 | 16.894,637 |
| 1979 | 20.050.429,00 | 381.787,437 | 262.058,987 | 15.294,467 |
| 1980 | 23.004.039,00 | 438.028,188 | 300.662,652 | 17.547,481 |
| TOTAL | 430.380.338,00 | 8.195.026,951 | 5.625.068,435 | 328.294,120 |

| Ano | Volume Tratado (m ³) | ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA IGUAÇU | | |
|--------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Sulfato de Alumínio (kg) | Cal Hidratada (kg) | Cloro Líquido (kg) |
| | | (26,3556 ppm) | (10,60171 ppm) | (1,4858 ppm) |
| 1970 | 6.370.780,00 | 167.905,729 | 67.575,692 | 9.465,705 |
| 1971 | 5.921.668,00 | 156.069,640 | 62.811,902 | 8.798,414 |
| 1972 | 9.755.945,00 | 257.123,784 | 103.482,577 | 14.495,383 |
| 1973 | 13.993.535,00 | 368.808,011 | 148.431,245 | 20.791,594 |
| 1974 | 25.210.150,00 | 664.428,829 | 267.407,338 | 37.457,241 |
| 1975 | 38.806.325,00 | 1.022.763,979 | 411.623,734 | 57.658,438 |
| 1976 | 43.710.410,00 | 1.152.014,081 | 463.642,001 | 64.944,927 |
| 1977 | 42.353.531,90 | 1.116.252,745 | 449.249,419 | 62.928,878 |
| 1978 | 45.036.828,00 | 1.186.972,624 | 477.711,489 | 66.915,719 |
| 1979 | 54.497.789,00 | 1.436.321,927 | 578.065,133 | 80.972,815 |
| 1980 | 55.960.248,00 | 1.474.865,912 | 593.577,625 | 83.145,736 |
| TOTAL | 341.617.209,90 | 9.003.527,061 | 3.623.578,155 | 607.574,850 |
| TOTAL GERAL | 771.977.547,90 | 17.198.554,011 | 9.248.646,590 | 835.868,970 |

TABELA 4 – Consumo médio (observado) de produtos químicos (X₁)

(E.T.A. Tarumã e E.T.A. Iguaçu)

| ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA TARUMÃ | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|
| Ano | Volume Tratado (m ³) | Sulfato de Alumínio (kg) | Cal Hidratada (kg) | Cloro Líquido (kg) |
| 1965 | 26.583.025,00 | 705.699,593 | 384.230,000 | 20.278,200 |
| 1966 | 28.160.268,00 | 717.414,609 | 386.450,000 | 23.424,000 |
| 1967 | 29.737.511,00 | 729.129,624 | 388.669,100 | 26.569,800 |
| 1968 | 30.183.057,00 | 817.471,493 | 439.481,880 | 32.065,080 |
| 1969 | 30.189.834,00 | 829.650,700 | 447.124,000 | 33.498,000 |
| 1970 | 29.566.349,00 | 684.402,400 | 393.207,000 | 32.750,450 |
| 1971 | 31.006.196,00 | 700.129,800 | 410.436,000 | 45.041,500 |
| 1972 | 30.751.467,00 | 677.551,900 | 441.322,000 | 37.541,000 |
| 1973 | 28.136.161,00 | 535.750,700 | 389.397,600 | 36.559,000 |
| 1974 | 25.442.603,00 | 579.694,900 | 370.760,000 | 41.305,000 |
| 1975 | 27.014.456,00 | 707.674,226 | 440.868,500 | 52.723,830 |
| 1976 | 23.705.125,00 | 557.555,800 | 346.326,000 | 47.600,000 |
| 1977 | 24.701.631,00 | 616.283,500 | 369.826,000 | 50.500,000 |
| 1978 | 22.148.187,00 | 661.250,000 | 359.510,000 | 53.132,000 |
| 1979 | 20.050.429,00 | 737.940,700 | 425.590,800 | 56.650,900 |
| 1980 | 23.004.039,00 | 721.570,200 | 389.315,000 | 55.162,500 |
| TOTAL | 430.380.338,00 | 10.979.170,145 | 6.382.513,880 | 644.801,260 |

| ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA IGUAÇU | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1970 | 6.370.780,00 | 215.545,000 | 80.104,000 | 9.465,500 |
| 1971 | 5.921.668,00 | 208.956,000 | 69.806,000 | 9.757,000 |
| 1972 | 9.755.945,00 | 391.034,000 | 134.944,000 | 17.131,000 |
| 1973 | 13.993.535,00 | 405.131,000 | 184.591,000 | 25.539,000 |
| 1974 | 25.210.150,00 | 762.227,000 | 285.106,000 | 46.330,000 |
| 1975 | 38.806.325,00 | 1.225.344,000 | 432.960,000 | 70.298,000 |
| 1976 | 43.710.410,00 | 1.152.016,000 | 463.642,000 | 74.780,000 |
| 1977 | 42.353.531,90 | 1.490.194,000 | 596.283,000 | 104.393,000 |
| 1978 | 45.036.828,00 | 1.519.709,000 | 582.931,000 | 113.391,000 |
| 1979 | 54.497.789,00 | 1.906.178,000 | 752.912,000 | 141.682,000 |
| 1980 | 55.960.248,00 | 2.199.640,000 | 852.876,000 | 159.470,000 |
| TOTAL | 341.617.209,90 | 11.475.974,000 | 4.436.155,000 | 772.236,500 |
| TOTAL GERAL | 771.977.547,90 | 22.455.144,140 | 10.818.668,880 | 1.417.037,760 |

TABELA 5 - Benefícios históricos das E.T.As. Tarumã e Iguaçu (Cr\$) - Preços de junho de 1981*

| VOLUME TRATADO (m ²) | E T A | ANO | SULFATO DE ALUMÍNIO | | | CAL HIDRATADA | | | CLORO LÍQUIDO | | | TOTAL DE BENEFÍCIOS | | |
|--|-------------|------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|----------------|----------------|
| | | | MÁXIMO | CORRENTE | PERDIDO | MÁXIMO | CORRENTE | PERDIDO | MÁXIMO | CORRENTE | PERDIDO | MÁXIMO | CORRENTE | PERDIDO |
| 26.583.025,00 | | 1965 | 6.657.879,28 | 3.844.610,00 | 2.813.269,28 | 2.339.388,02 | 1.942.423,67 | 396.964,35 | 1.426.132,15 | 1.426.132,15 | x x x | 10.423.399,45 | 7.213.165,82 | 3.210.233,63 |
| 28.160.265,00 | | 1966 | 7.032.909,32 | 4.497.921,51 | 2.554.987,81 | 2.478.190,26 | 2.279.708,18 | 198.487,08 | 1.510.748,43 | 1.460.201,95 | 50.546,48 | 11.041.848,01 | 8.237.826,64 | 2.804.021,37 |
| 29.737.511,00 | | 1967 | 7.447.939,37 | 5.151.233,06 | 2.296.706,31 | 2.816.992,51 | 2.610.992,51 | x x x | 1.595.364,73 | 1.494.289,17 | 101.075,56 | 11.660.796,61 | 9.268.514,74 | 2.397.751,87 |
| 30.193.057,03 | | 1968 | 7.559.529,05 | 4.136.824,00 | 3.422.705,05 | 2.656.201,92 | 2.170.765,15 | 485.436,77 | 1.619.267,45 | 1.384.099,49 | 235.167,96 | 11.834.998,42 | 7.691.688,64 | 4.143.399,78 |
| 30.189.834,00 | | 1969 | 7.561.226,38 | 3.968.614,00 | 3.592.612,35 | 2.656.798,32 | 2.089.858,80 | 566.939,52 | 1.619.631,05 | 1.347.327,29 | 272.303,76 | 11.837.655,75 | 7.405.500,99 | 4.431.855,65 |
| 29.506.349,00 | T | 1970 | 7.405.070,80 | 5.693.064,24 | 1.712.006,56 | 2.601.929,72 | 2.528.827,51 | 73.102,21 | 1.586.182,16 | 1.320.951,97 | 265.250,19 | 11.593.182,68 | 9.512.843,72 | 2.850.338,96 |
| 31.306.196,00 | A | 1971 | 7.765.689,18 | 6.218.500,97 | 1.547.188,21 | 2.728.640,68 | 2.672.692,33 | 55.948,35 | 1.663.427,41 | 1.107.074,19 | 556.353,22 | 12.157.752,27 | 9.998.267,49 | 2.159.489,78 |
| 30.751.467,00 | R | 1972 | 7.701.890,76 | 6.404.660,50 | 1.297.230,26 | 2.706.223,76 | 2.281.092,25 | 425.131,51 | 1.649.761,66 | 1.283.442,52 | 366.319,14 | 12.057.876,18 | 9.969.193,27 | 2.088.689,91 |
| 28.136.161,00 | U | 1973 | 7.046.871,58 | 7.046.871,58 | x x x | 2.476.068,79 | 2.242.377,41 | 233.691,38 | 1.509.455,11 | 1.116.789,01 | 392.666,10 | 11.032.395,48 | 10.486.038,00 | 626.337,48 |
| 28.442.608,00 | M | 1974 | 6.372.253,69 | 5.029.466,46 | 1.342.787,23 | 2.239.027,38 | 1.826.576,06 | 412.451,32 | 1.364.950,52 | 795.399,61 | 569.350,91 | 9.976.351,58 | 7.651.442,13 | 2.324.789,46 |
| 27.014.456,00 | Á | 1975 | 6.765.933,79 | 4.040.654,16 | 2.725.279,64 | 2.377.355,28 | 1.480.104,18 | 947.251,10 | 1.448.277,64 | 613.909,19 | 835.368,45 | 10.852.566,71 | 6.084.667,52 | 4.397.999,19 |
| 23.705.125,00 | | 1976 | 5.937.091,84 | 4.439.982,31 | 1.497.109,53 | 2.086.123,96 | 1.692.287,26 | 393.836,70 | 1.271.737,91 | 449.981,73 | 767.756,18 | 9.294.933,71 | 6.582.251,30 | 2.658.702,41 |
| 24.701.631,00 | | 1977 | 6.186.672,79 | 4.129.047,78 | 2.057.625,01 | 2.173.819,56 | 1.666.950,35 | 508.869,21 | 1.325.198,68 | 301.784,61 | 823.414,07 | 9.689.691,03 | 8.355.107,75 | 3.387.938,29 |
| 22.145.187,00 | | 1978 | 5.547.147,30 | 2.169.937,89 | 3.377.209,41 | 1.949.108,63 | 1.193.449,01 | 755.659,62 | 1.188.210,95 | 245.677,14 | 942.533,81 | 8.684.466,88 | 3.609.064,04 | 3.075.402,84 |
| 20.050.429,00 | | 1979 | 5.021.751,14 | x x x | 5.021.751,14 | 1.764.499,47 | x x x | 1.764.499,47 | 1.075.669,95 | x x x | 1.075.669,95 | 7.861.920,36 | x x x | 7.861.920,36 |
| 23.004.919,00 | | 1980 | 5.761.500,60 | 1.763.558,23 | 3.997.942,37 | 2.024.426,24 | 1.067.867,41 | 956.558,83 | 1.234.125,89 | 255.759,25 | 978.366,64 | 9.020.052,73 | 3.087.184,89 | 5.932.867,84 |
| 432.380.339,00 | Total | | 107.791.356,80 | 63.534.936,80 | 39.256.420,03 | 37.874.794,50 | 29.701.958,29 | 8.172.836,21 | 23.089.141,69 | 14.856.808,40 | 8.232.333,29 | 168.755.392,90 | 113.093.703,40 | 55.681.599,53 |
| 6.320.760,00 | | 1970 | 1.232.979,11 | 561.265,39 | 671.713,72 | 318.518,15 | 183.337,71 | 135.180,44 | 226.003,67 | 228.003,67 | x x x | 1.777.500,93 | 970.686,77 | 878.394,16 |
| 5.921.668,00 | | 1971 | 1.146.052,06 | 400.354,38 | 745.697,68 | 296.064,08 | 250.597,71 | 75.466,32 | 210.071,40 | 185.138,58 | 24.932,82 | 1.652.187,49 | 866.099,67 | 786.096,82 |
| 9.755.945,00 | I | 1972 | 1.888.132,43 | x x x | 1.839.134,05 | 487.765,32 | 148.296,57 | 339.468,75 | 346.092,52 | 277.540,12 | 68.552,40 | 2.721.990,26 | 426.836,69 | 2.296.159,00 |
| 13.993.535,00 | G | 1973 | 2.706.261,18 | 2.196.107,04 | 512.154,14 | 699.630,96 | 309.467,20 | 390.163,76 | 496.421,22 | 372.941,19 | 123.480,03 | 3.904.313,36 | 2.578.515,45 | 1.025.797,93 |
| 25.210.150,00 | U | 1974 | 4.879.086,72 | 3.500.129,69 | 1.378.957,03 | 1.260.425,00 | 1.069.456,44 | 190.963,56 | 894.331,04 | 663.550,58 | 230.780,46 | 7.033.542,76 | 5.233.136,71 | 1.800.796,05 |
| 38.536.335,00 | A | 1975 | 7.510.444,20 | 4.654.065,90 | 2.856.378,30 | 1.940.189,25 | 1.709.970,94 | 230.218,31 | 1.376.655,88 | 1.047.900,87 | 328.755,01 | 10.827.269,33 | 7.411.937,71 | 3.415.351,62 |
| 43.710.410,00 | C | 1976 | 8.459.564,14 | 8.459.564,14 | x x x | 2.185.377,46 | 2.185.377,46 | x x x | 1.550.628,49 | 1.294.818,24 | 255.810,25 | 12.195.570,09 | 11.939.759,81 | 255.810,23 |
| 42.353.531,90 | U | 1977 | 8.196.938,56 | 2.924.386,86 | 5.272.571,70 | 2.117.537,99 | 531.046,65 | 1.586.492,34 | 1.302.493,19 | 424.011,38 | 1.078.481,81 | 11.816.939,74 | 3.879.445,99 | 7.937.518,83 |
| 45.036.825,00 | | 1978 | 8.716.274,56 | 4.024.691,66 | 4.691.582,90 | 2.251.694,02 | 1.118.375,50 | 1.135.318,52 | 1.597.683,24 | 370.861,18 | 1.208.822,06 | 12.565.651,82 | 5.511.928,34 | 7.055.723,48 |
| 54.497.739,00 | | 1979 | 10.547.316,79 | 3.922.346,16 | 6.624.970,63 | 2.724.711,10 | 838.113,41 | 1.889.697,69 | 1.933.311,18 | 354.265,28 | 1.579.045,90 | 15.205.339,07 | 5.114.724,85 | 10.099.641,22 |
| 55.960.245,00 | | 1980 | 10.850.356,13 | 611.041,49 | 10.219.314,64 | 2.797.829,27 | x x x | 2.797.829,27 | 1.985.192,00 | x x x | 1.985.194,11 | 15.613.377,40 | 611.041,49 | 15.042.338,22 |
| 341.617.209,90 | Total | | 66.115.425,87 | 31.253.951,08 | 34.861.474,79 | 17.079.742,55 | 8.312.038,39 | 8.767.704,16 | 12.118.883,83 | 5.235.028,98 | 6.833.834,85 | 95.314.052,20 | 44.801.018,45 | 59.515.033,89 |
| 771.997.248,90 | Total | | 173.906.782,67 | 99.788.887,88 | 74.117.894,82 | 54.954.537,05 | 38.013.996,68 | 16.940.640,37 | 35.208.025,52 | 20.091.837,38 | 15.116.188,14 | 264.069.345,20 | 157.894.721,80 | 106.174.623,33 |

x x x Ano de definição dos consumos máximos e mínimos.

*Para atualização dos custos aos preços de agosto de 1983, utilizar os fatores de correção:

Sulfato de Alumínio: 5,106
 Cal Hidratada : 3,522
 Cloro Líquido : 4,003

Na coluna Total de Benefícios, representa a somatória dos benefícios e dessa forma obedece à uma atualização ponderada pela quantidade física.

EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE TURBIDEZ DOS MANANCIAIS DE CAPTAÇÃO

Eduardo Felipe Guidi*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de se conhecer a evolução do índice de turbidez dos mananciais de captação da Companhia de Saneamento do Paraná-SANEPAR.

A turbidez de um curso de água depende muito da natureza da bacia de captação. A água é dita turva, quando contém em suspensão grande quantidade de finíssimas partículas de argila e areia ou, ocasionalmente, organismos microscópicos dando-lhe um aspecto lamacento.

O carreamento de argila e areia pelas águas torrenciais é a principal causa da presença destes materiais na água, embora se deva considerar que a erosão do leito e margens do rio seja também um fator importante.

Unidade de turbidez é considerada como aquela produzida por um miligrama de sílica em um litro de água destilada. O aparelho pelo qual determinamos a turbidez chama-se turbidímetro e a medida é feita por comparação em uma escala padrão.

As variações de turbidez implicam sempre em ajustamento do processo de purificação, a fim de que seja produzida uma água límpida.

A evolução da agropecuária paranaense vem sendo exercida desde o início da colonização do Estado, por sistemas totalmente imediatistas, visando somente o aumento de produção e produtividade que deixaram marcas profundas no ecossistema do Estado.

A falta de manejo do solo, o desmatamento irregular, o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos, criam situações graves nos recursos hídricos disponíveis, pois, no dia-a-dia, presenciemos notícias de rios poluídos, mortandade de peixes, sistemas de abastecimento sendo paralisados, o que traz sérios transtornos para o público consumidor.

As informações dos órgãos oficiais mostram que o Estado possui somente 5,1% da área com cobertura florestal e os lençóis freáticos sofreram um rebaixamento acentuado, atingindo os níveis de 2.000 cm de profundidade e, anualmente, perto de 300 milhões de toneladas de solo do Paraná, são carreados para os rios, alterando as características da água e, o que é mais grave ainda, contaminando-os com agrotóxicos.

Este documento trata somente da evolução do índice de turbidez dos mananciais de captação da COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR, pois à medida que o índice aumenta, a Companhia aumenta seus gastos com sulfato de alumínio e cal hidratada para tratar a água e deixá-la em condições de ser consumida pela população.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para se determinar a turbidez da água "in natura", objeto do presente trabalho, a COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR, através de seus empregados, adota o Método Físico de Determinação de Turbidez:

- a. Coleta-se a água "in natura" no sistema de adução, antes de qualquer tratamento. Essas coletas são feitas e analisadas de hora em hora, perfazendo um total de 24 coletas e análises por dia.
- b. Usa-se o aparelho chamado turbidímetro, com os seguintes procedimentos:
 - amostra da água coletada;
 - ligar o aparelho;
 - calibrar para a faixa desejada;
 - colocar anel de plástico, se for o caso;
 - colocar amostra na cubeta;
 - limpar e secar a cubeta externamente;
 - agitar levemente a amostra na cubeta;

* Eng.º Agr.º Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

- colocar no aparelho;
- cobrir com o protetor de plástico; e
- ler o valor na escala e anotar.

- c. De posse dos dados diários, faz-se a média aritmética das 24 análises e assim temos a média diária de turbidez de um determinado manancial de captação.

Com os dados diários de turbidez de todos os sistemas de captação da SANEPAR, no Estado, fizemos as médias aritméticas mensais e anuais, chegando a uma curva que determina a evolução do índice de turbidez no Estado do Paraná.

A SANEPAR tem uma regionalização administrativa, com unidades chamadas Superintendências Regionais, quais sejam: Superintendência Metropolitana (SME), Superintendência Regional Sul (SRS), Superintendência Regional Nordeste (SRN), Superintendência Regional Noroeste (SNO). Cada uma dessas Superintendências é formada por Escritórios Regionais, que são compostos por Sistemas Polos e estes, por sua vez, integrados por Sistemas Polarizados (ver Anexo 1 – Regionalização da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR).

Para se verificar a evolução do índice de turbidez, fizemos um gráfico para cada uma das Superintendências e um geral do Estado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Evolução do índice de turbidez da Superintendência Metropolitana (SME)

Nota-se, perfeitamente, que o índice de turbidez decresceu a partir do ano de 1980. Esse decréscimo é uma situação inédita, justificado por algumas medidas técnicas adotadas pela Companhia, quais sejam:

- a. construção da Barragem no Rio Piraquara I, que retém as águas da serra, funcionando como dissipadora de energia;
- b. dragagem do rio Iguaçu;
- c. desvio do rio Atuba; e
- d. elevação da cota de adução de água para as adutoras (ver Anexo 2 – Representação Gráfica da Evolução do Índice de Turbidez da Superintendência Metropolitana – SME).

3.2. Evolução do índice de turbidez da Superintendência Regional Sul (SRS)

A tendência do índice é de crescimento acentuado. Basicamente, as regiões responsáveis pelo crescimento desse índice é compreendida pelas regiões de Pato Branco, Cascavel e Toledo.

Na região de Pato Branco, encontramos os problemas mais sérios pela falta de manejo adequado do solo, permitindo um carreamento violento de solo para os mananciais, pois em alguns municípios a média anual chegou a ultrapassar os níveis de 500 unidades. Nesta região é onde encontramos os maiores níveis de contaminação por agrotóxicos.

Já na região de Cascavel e Toledo predomina a agricultura mecanizada, liderada pelo binômio soja-trigo. Da mesma forma, a falta de manejo adequado do solo vem provocando situações gravíssimas em termos de turbidez e assoreamento dos rios.

Na época das estações chuvosas, freqüentemente são paralisadas as captações dessas regiões, dadas as condições dos mananciais, que apresentam turbidez tão elevada, passando a ser verdadeiros rios de lama.

As outras regiões desta Superintendência ainda apresentam boas condições em termos de turbidez, pelo próprio regime de exploração dos solos (ver Anexo 3 – Representação Gráfica da Evolução do Índice de Turbidez da Superintendência Regional Sul – SRS).

3.3. Evolução do índice da turbidez da Superintendência Regional Noroeste (SNO)

As regiões que compõem esta Superintendência são as de Maringá, Campo Mourão, Paranavaí e Umuarama. Nestas regiões, a falta de um manejo adequado do solo, além de provocar um sensível aumento no índice de turbidez com conseqüente assoreamento dos mananciais, são as regiões onde se encontram os mais graves problemas de

erosão rural e urbana, justificando perfeitamente a curva de crescimento do índice de turbidez.

Notamos que a partir de 1981 o índice voltou a crescer novamente, o que é justificado pela inclusão de Sistemas a esta Superintendência, que anteriormente pertenciam à SRN (ver Anexo 4 – Representação Gráfica da Evolução do Índice de Turbidez da Superintendência Regional Noroeste – SNO).

3.4. Evolução do índice de turbidez da Superintendência Regional Nordeste (SRN)

Analisando os índices de turbidez desta região, notamos que até o ano de 1982, ocorreu um crescimento sensível do índice, provocado pela grande quantidade de solo carregado pelas chuvas para os mananciais de captação. A partir do ano acima citado, verificamos que o índice decresceu em 19 unidades graças à estabilidade de alguns mananciais e ao início de operação de novos sistemas de captação, que apresentam ainda razoável proteção de suas bacias hidrográficas com matas ciliares (ver Anexo 5 – Representação Gráfica da Evolução do Índice de Turbidez da Superintendência Regional Nordeste – SRN).

3.5. Evolução do índice de turbidez dos mananciais de captação da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR

A curva mostrada no gráfico em anexo é determinada pela média aritmética dos índices anuais de turbidez das quatro Superintendências Regionais. A tendência do índice é de crescimento, dadas as condições em que se encontram os mananciais de captação, assoreados pelo uso indiscriminado dos solos.

O decréscimo do índice registrado no ano de 1981 é perfeitamente explicado, assim como o crescimento sensível em 1982 e o crescimento menos acentuado ocorrido no ano de 1983, são explicados quando analisados nos gráficos regionais (ver Anexo 6 – Representação Gráfica da Evolução do Índice de Turbidez dos Mananciais de Captação da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR).

4. CONCLUSÃO – RECOMENDAÇÕES

Devido às características geopedológicas dos solos paranaenses, hoje sentimos os problemas causados pelo uso indiscriminado. Os problemas mais graves se verificam na Região Noroeste do Estado, cuja base geológica é o "Arenito Caiuá", que são solos altamente susceptíveis à erosão. Nas regiões com solos derivados da formação basáltica (terras roxas), a forma indisciplinada de aberturas das terras, seguida de um processo de mecanização intensiva, sem se observar as normas conservacionistas, provocaram também problemas gravíssimos.

Face às situações descritas acima os problemas se agravam nos períodos de chuvas intensas, quando, grandes quantidades de solo são carregados para os mananciais de captação e a SANEPAR se vê, muitas vezes, obrigada a interromper o abastecimento de água para cidades. Esses mananciais tornam-se verdadeiros rios de lama, interrompendo o sistema de adução, trazendo sérios prejuízos para a Companhia e também para o público consumidor.

Os órgãos governamentais e a comunidade precisam, urgentemente, adotar medidas corretivas, tais como:

- a. controlar a erosão urbana e rural;
- b. estabelecer as limitações de uso e manejo dos solos, adotando-se as práticas conservacionistas; e
- c. promover a preservação e/ou recuperação de florestas, principalmente, as que protegem as bacias hidrográficas.

Acreditamos que com as medidas anteriormente descritas, consigamos reverter a tendência de crescimento do índice de turbidez e de assoreamento dos rios que formam os mananciais de captação.

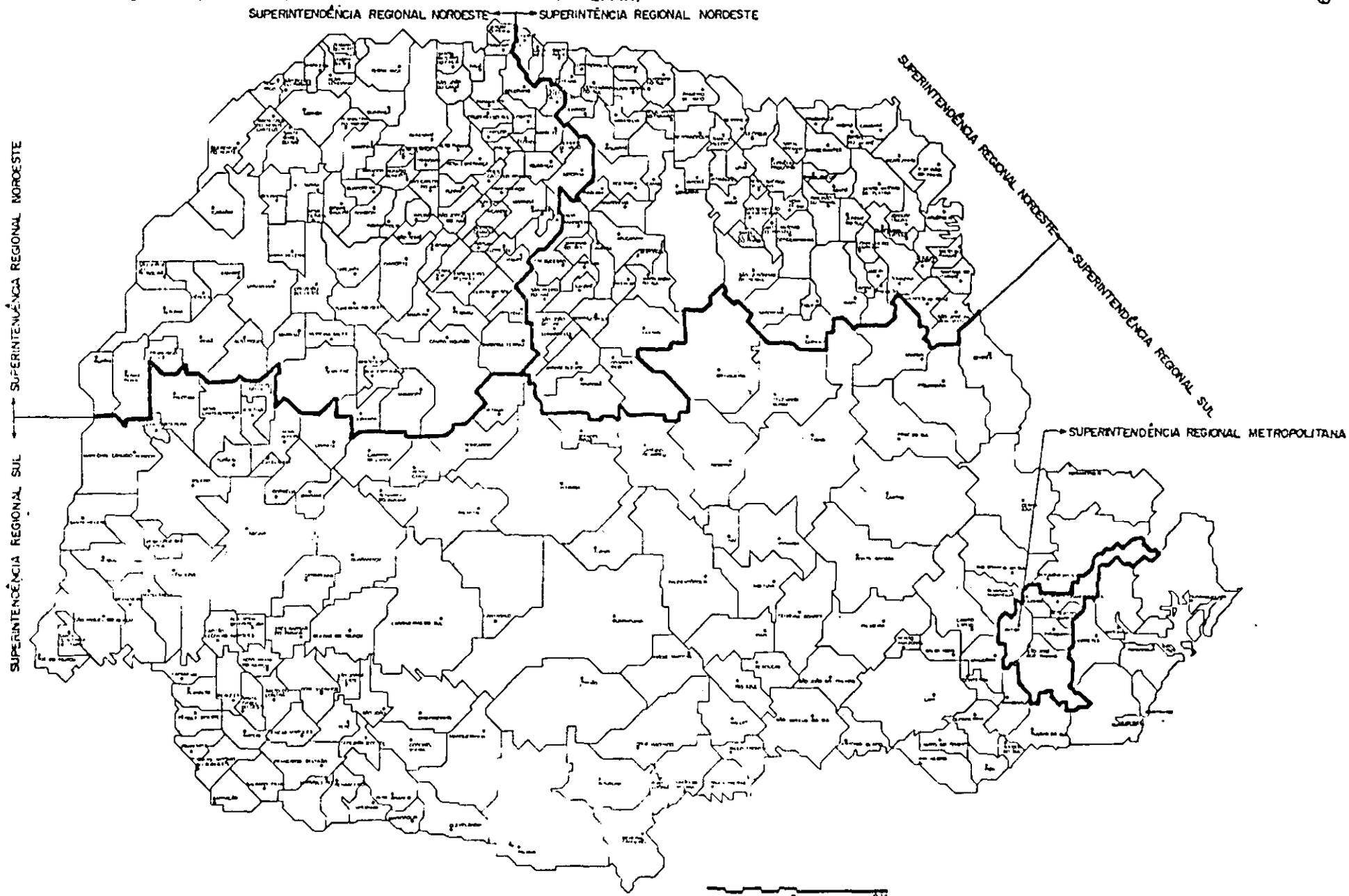
AGRADECIMENTO

Não poderia deixar de agradecer a alta Direção da Companhia pela atenção dedicada a este trabalho e aos empregados que participaram diretamente no fornecimento de subsídios para a conclusão do mesmo

5. REFERÊNCIAS

PARANÁ. Companhia de Saneamento do Paraná. **Boletim Mensal de Tratamento, 1980-1983**. Curitiba, Gerência de Produção da SME e Gerências de Planejamento de Engenharia da SRS, SRN e SNO.

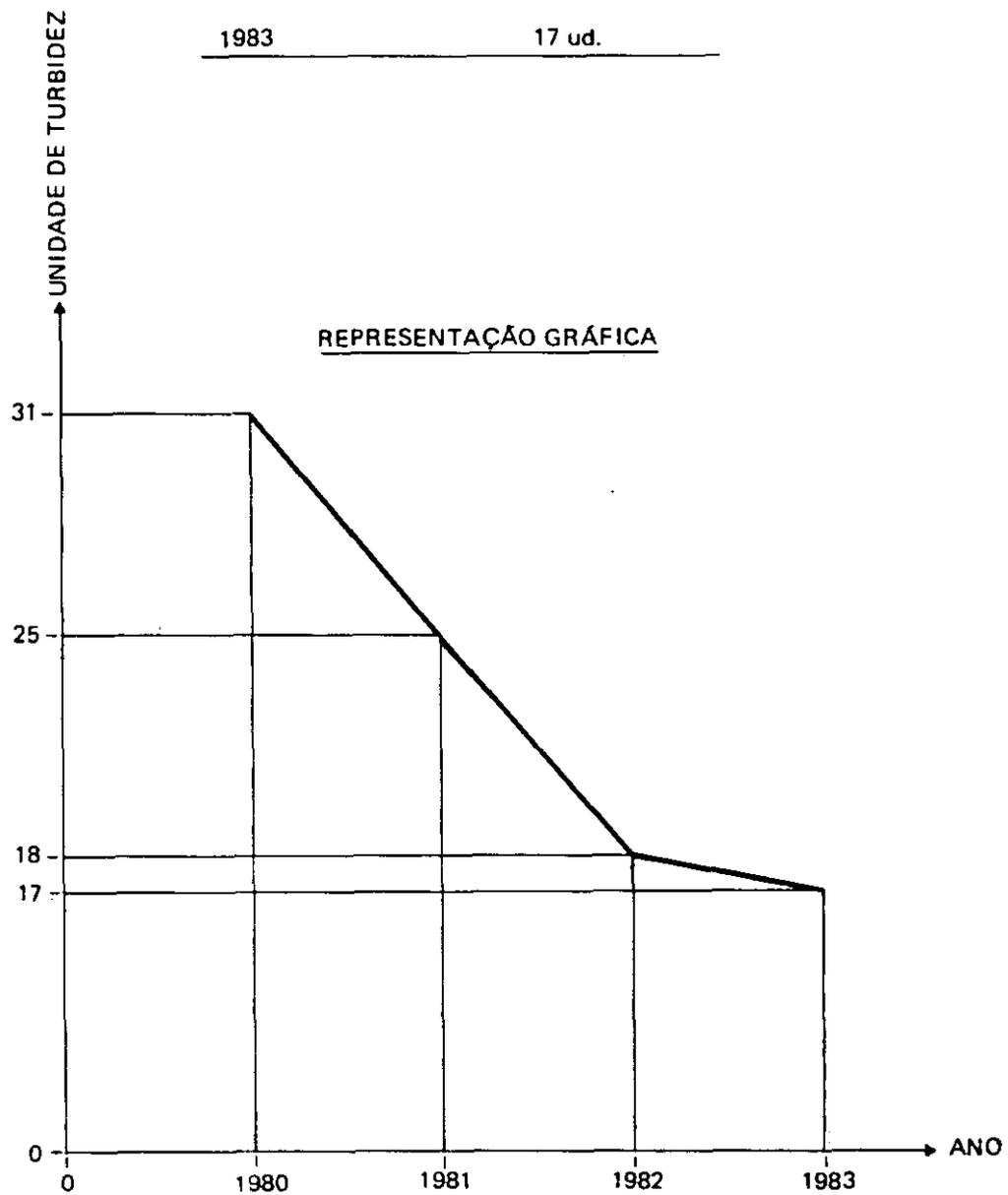
ANEXO 1 – Regionalização da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.



ANEXO 2 – Representação gráfica da evolução do índice de turbidez da Superintendência Metropolitana.

TABELA DE FREQUÊNCIA

| ANO | UNIDADE DE TURBIDEZ |
|------|---------------------|
| 1980 | 31 ud. |
| 1981 | 25 ud. |
| 1982 | 18 ud. |
| 1983 | 17 ud. |

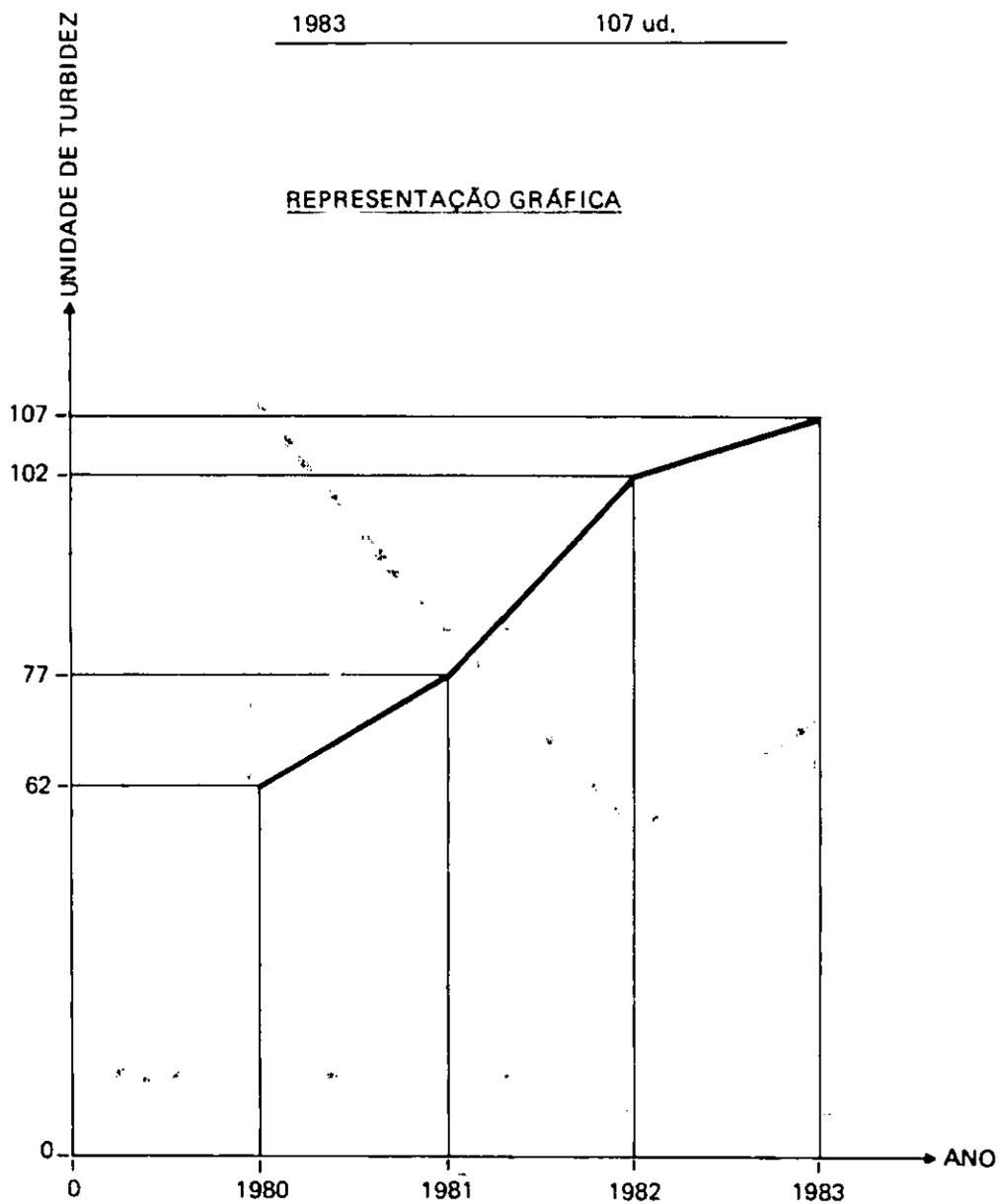


ANEXO 3 – Representação gráfica da evolução do índice de turbidez da Superintendência Regional Sul.

TABELA DE FREQUÊNCIA

| ANO | UNIDADE DE TURBIDEZ |
|------|---------------------|
| 1980 | 62 ud. |
| 1981 | 77 ud. |
| 1982 | 102 ud. |
| 1983 | 107 ud. |

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA



ANEXO 4 – Representação gráfica da evolução do índice de turbidez da Superintendência Regional Noroeste.

TABELA DE FREQUÊNCIA

| ANO | UNIDADE DE TURBIDEZ |
|------|---------------------|
| 1980 | 117 ud. |
| 1981 | 81 ud. |
| 1982 | 145 ud. |
| 1983 | 217 ud. |

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

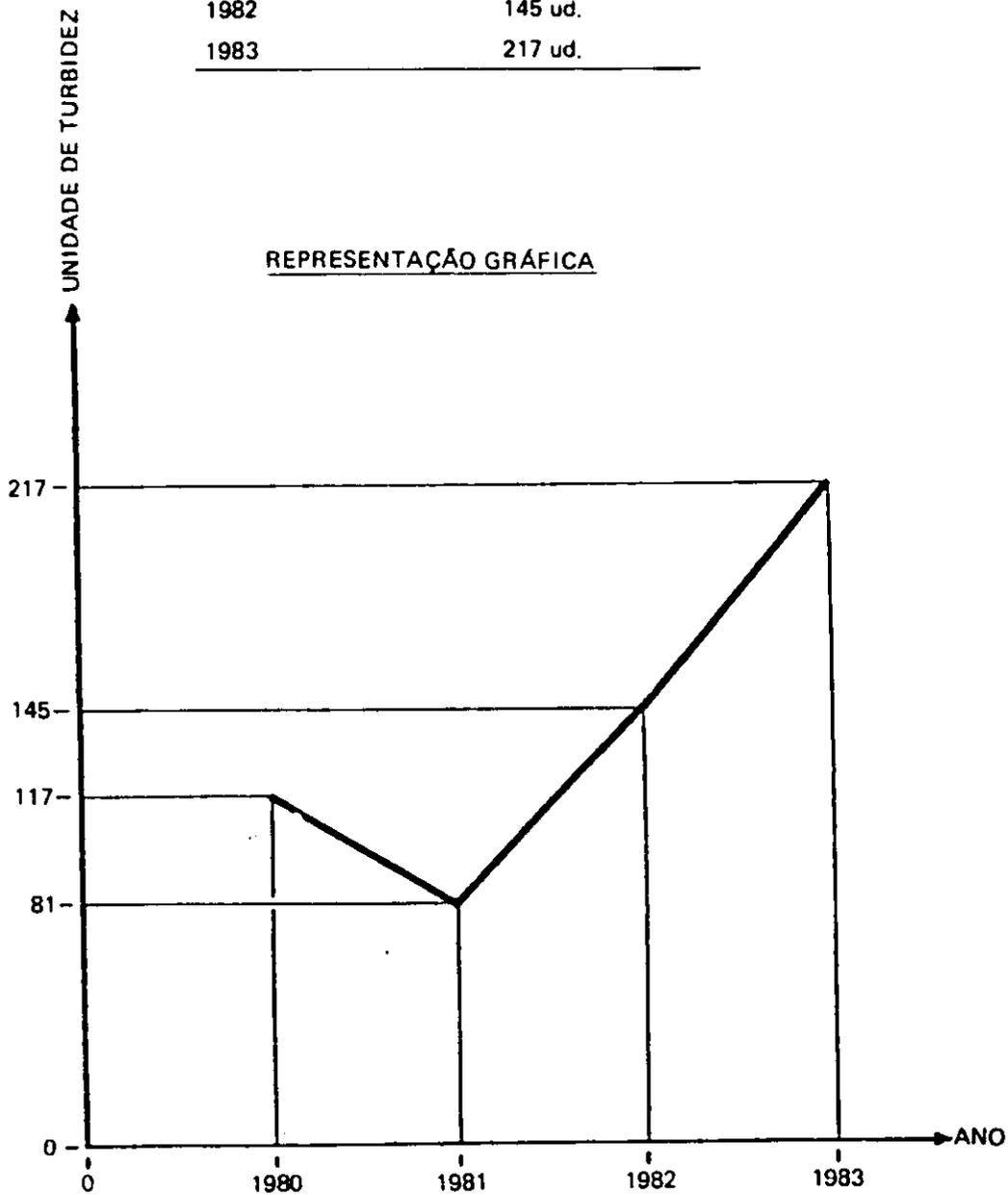
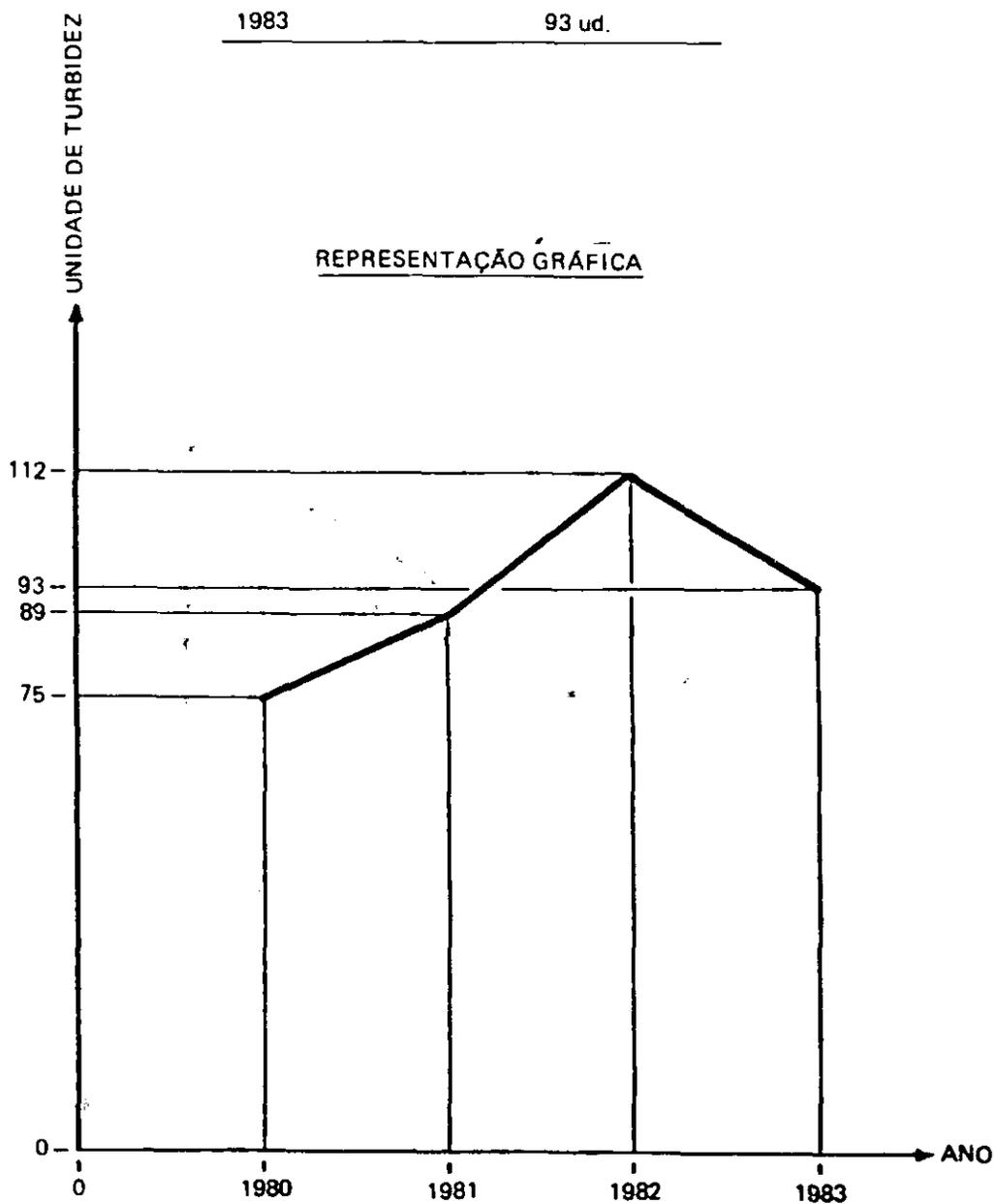


TABELA DE FREQUÊNCIA

| ANO | UNIDADE DE TURBIDEZ |
|------|---------------------|
| 1980 | 75 ud. |
| 1981 | 89 ud. |
| 1982 | 112 ud. |
| 1983 | 93 ud. |

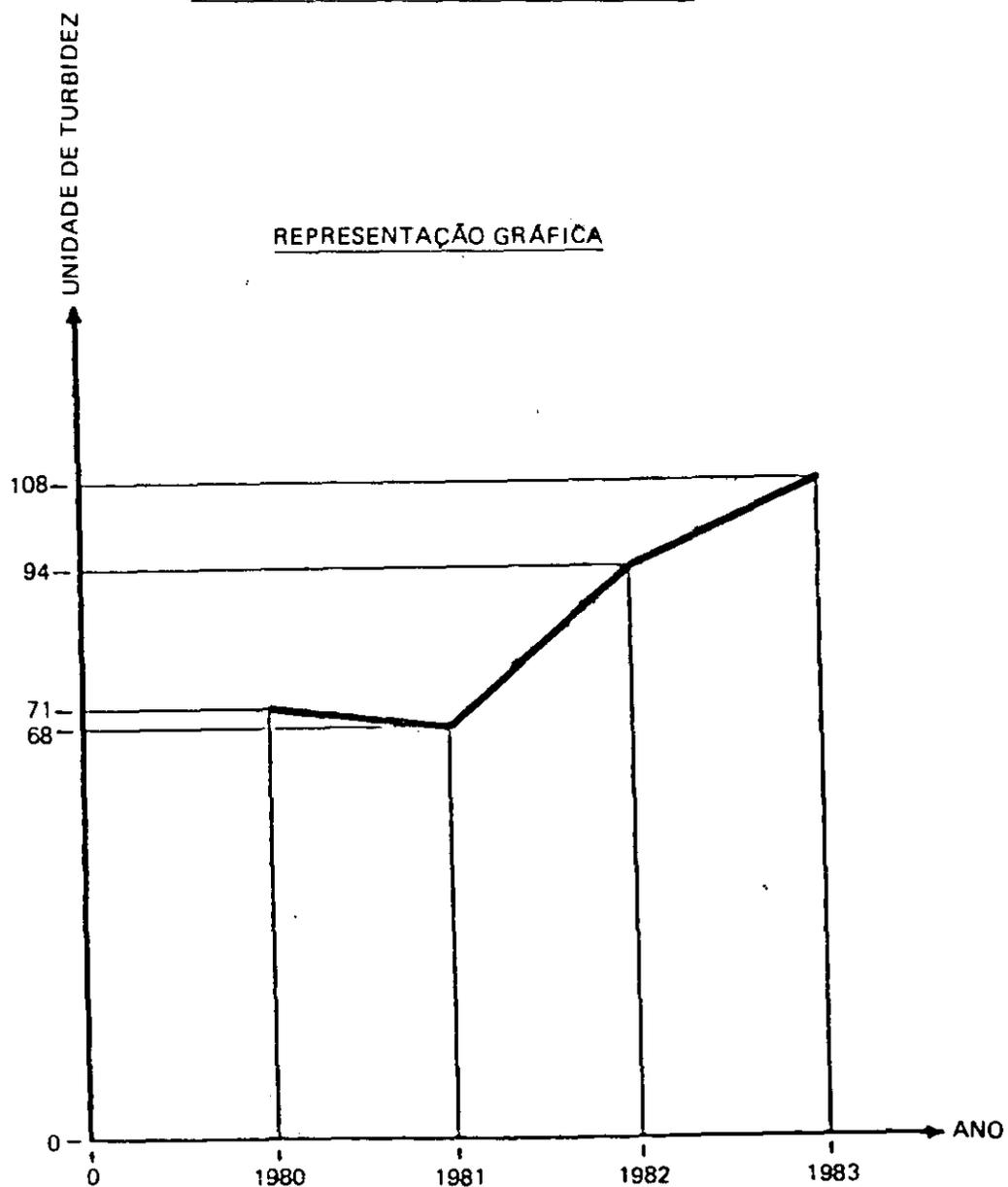
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA



ANEXO 6 – Representação Gráfica da evolução do Índice de turbidez dos mananciais de captação da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

TABELA DE FREQUÊNCIA

| ANO | UNIDADE DE TURBIDEZ |
|------|---------------------|
| 1980 | 71 ud. |
| 1981 | 68 ud. |
| 1982 | 94 ud. |
| 1983 | 108 ud. |



O SETOR FLORESTAL DENTRO DO PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE

Hernán Carmona Atencio*

RESUMO

A atuação do Setor Florestal na Região Nordeste do Brasil deve encaminhar-se no sentido de buscar, não somente benefícios diretos (produção de madeira, carvão, lenha), mas fundamentalmente, no sentido de buscar a integração de benefícios diretos e indiretos, que permitam melhorar outros sistemas de uso dos recursos: agricultura, energia, etc.

Para apoiar o planejamento do setor florestal dentro das bacias hidrográficas do Nordeste, atualmente se elabora um trabalho de zoneamento hidroflorestal orientado para definir áreas de atuação objetivando: USO, PROTEÇÃO e PRODUÇÃO. Um plano hidroflorestal permitirá direcionar o estabelecimento de bosques artificiais e manejar os bosques naturais, dentro de uma ótica de melhoramento do sistema hídrico geral.

1. INTRODUÇÃO

Os bosques naturais do Nordeste há muito vêm suportando uma pressão, no sentido de que deles se extraiem: energia calorífica, energia alimentícia, energia para transporte, materiais de construção, etc. Esta demanda, sempre crescente, vai deteriorando a capacidade de reprodução destes bosques, obrigando o Setor Florestal a estruturar programas de proteção dos bosques naturais remanescentes, e a implantar novas áreas florestadas que satisfaçam as demandas, sem prejudicar aquelas áreas vegetadas selecionadas como protetoras.

Verifica-se, a partir daí, que a ação do Setor Florestal no Nordeste deve ampliar o seu raio de ação, buscando que suas atividades envolvam novos tópicos. Sua capacidade de estabelecer entes biológicos dentro do meio físico não pode limitar-se à produção das matérias-primas provenientes das florestas. Precisa-se adotar uma ótica integral de Manejo, Uso e Proteção. Isto permitirá, por exemplo, a melhoria dos sistemas hídricos que alimentam açudes e represas, otimizando o uso do recurso água, aspecto que deve ser focado como prioritário em qualquer programa de desenvolvimento no Nordeste.

Desde o início do ano de 1983, IBDF/EMBRAPA/FAO estabeleceram ações tendentes a introduzir um programa de manejo HIDROFLORESTAL para o Nordeste. Os trabalhos iniciaram-se no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), em Petrolina, PE, onde, como contraparte do consultor da FAO, atuou o Engenheiro Florestal Tarso Isaia (IBDF). Na atualidade, o projeto está localizado na cidade de Natal, RN, para entrar na fase de implementação de programas pilotos. A equipe se ampliará com pessoal do próprio IBDF e de outras entidades regionais.

O documento apresentado ao "XI Seminário Sobre Atualidades e Perspectivas Florestais" resume os elementos conceituais e metodológicos de um sistema de planejamento hidroflorestal, tendo como unidade de ação uma bacia hidrográfica.

2. CONCEPÇÃO DO PROGRAMA

Dentro do marco geral de desenvolvimento de um país, os diferentes setores produtivos empregam recursos naturais, tanto renováveis quanto não renováveis, para expandir os processos econômicos de produção de bens e prestação de serviços. Estes setores utilizam os recursos naturais, seja como fonte de produção de matérias-primas (setores agrícola, silvicultural, pesqueiro, etc.), seja como base de processos de transformação (setor industrial), ou ainda, como fonte básica para a geração de energia (setor energético).

O setor de serviços precisa fundamentalmente dos recursos hídricos para entregar a outros setores: populacional, industrial, comercial, de água potável e energia hidroelétrica, requisitos primordiais nos processos de urbanização e fomento industrial.

O uso dos recursos naturais gera uma pressão sobre os mesmos, chegando, em determinados casos, a anular as possibilidades de uma fase de recuperação natural dos ecossistemas, fazendo-se indispensável à execução de práticas de controle para evitar a destruição total de algum recurso ou do sistema como um todo.

* Eng^o Florestal - Hidrólogo. Consultor FAO. Programa TCP/2202. IBDF/EMBRAPA/FAO. Natal, RN.

O crescimento vegetativo da população, por um lado, e o crescimento desmesurado dos hábitos de consumo, por outro lado, crescimento este calcado em um sistema econômico no qual o fim lucrativo se antepõe a um sistema ordenado e sustentado de uso dos recursos, faz com que a pressão sobre o meio, em busca de bens e serviços, ultrapasse os limites naturais de recuperação e regeneração dos recursos constituintes de um sistema ecológico.

No Nordeste, as condições climáticas, pedológicas, hidrológicas, biológicas, peculiares da região, definem e caracterizam estruturas ambientais com uma estreita inter-relação entre si, mas com uma débil coesão, facilmente destruída quando sob ações antrópicas desordenadas.

As demandas do morador regional sobre o bosque natural – caatinga – são principalmente em busca de lenha, carvão, área de pastoreio, etc. Estas, já excessivas devido à alta concentração populacional, vêm sendo paulatinamente intensificadas com a busca de novas áreas que permitam a ampliação da fronteira agrícola.

Utilizando-se técnicas consideradas como uma modernização da agricultura, chegam sistemas empregados em regiões com características totalmente distintas das do Nordeste, aumentando as possibilidades de desequilíbrios ecológicos, alguns deles irreparáveis.

O tipo de planos de desenvolvimento definidos para o Nordeste, em busca de um crescimento industrial, agrícola e energético, exige, atualmente, a utilização desmedida dos recursos solo-água-vegetação.

A construção de obras civis visando obter uma regulação artificial dos caudais dos rios, tanto para a geração de energia quanto para uso agrícola e populacional, cresce em relação inversa à proteção dos recursos solo e vegetação. Os bosques nativos suportam uma pressão exógena cujo resultado é a deterioração das características que influíram no cálculo dos aproveitamentos hidráulicos: coeficiente de escoamento, tempo de resposta das bacias hidrográficas, aumento dos volumes de transportes sólidos, etc.

A pressão exógena que os bosques naturais suportaram, suportam e suportarão, provém da capacidade que os mesmos têm de transformar, através de processos químicos (fotossíntese), a energia solar, convertendo-a em energia calorífica e energia alimentícia. Estes dois tipos de energia extraídos das florestas permitem satisfazer a procura por combustível doméstico, desenvolver processos industriais nos quais se requeira grandes quantidades de calor (produção de cimento, gesso, ladrilhos, cal, etc.) e servir de alimento na criação de bovinos, caprinos, e ovinos, que, em forma extensiva, pastam dentro dos bosques nativos.

Esta forte pressão sobre os bosques regionais do Nordeste conduzem ao ROMPIMENTO DO EQUILÍBRIO BIOFÍSICO existente, e seus efeitos se manifestam através da alteração do regime hídrico; da alteração do sistema de produção e transporte de sedimentos; e da alteração da produção total da biomassa.

Dentro de um regime hídrico em equilíbrio, a vegetação nativa do Nordeste atua como fator temperante que tem a capacidade de diminuir a ação do fator ativo (precipitações) sobre o fator passivo (solos).

Ao eliminar-se a vegetação, e conseqüentemente o fator temperante, aumentará em forma quadrática o efeito do fator ativo sobre os solos (passivo), resultando daí um regime hídrico desequilibrado, cujos efeitos são:

- Diminuição do coeficiente de rugosidade do solo, resultando em escoamentos superficiais mais rápidos, o que irá diminuir o tempo de resposta das sub-bacias hidrográficas.
- Diminuição da recarga subterrânea por não haver um tempo de infiltração suficiente, que permita a ação da energia gravitacional sobre os interstícios dos poros do solo.
- Aumento nos picos de crescimento e diminuição dos caudais de base (caudais com probabilidades iguais ou maiores de 80%).
- Aumento da força de transporte de sedimentos, prejudicando vales aluviais e assoreando obras hidráulicas.
- Aumento da evaporação direta do solo.

Dentro de uma concepção de uso integral e intersetorial dos espaços físico-bióticos do Nordeste, fica evidenciada a necessidade de que o Setor Florestal estabeleça PROGRAMAS FLORESTAIS DE USO INTEGRADO, com objetivo de alcançar uma melhoria do sistema total ao restabelecer o efeito temperante da vegetação. USO, PROTEÇÃO E PRODUÇÃO deverão conjugar-se da forma integral e efetiva em qualquer programa florestal para o Nordeste. Isto significa que a função dos bosques dentro do sistema de ECÓTIPOS deverá ser integral e não exclusivamente restrita à produção para comercialização do produto florestal.

Pelo contrário, dentro de uma ótica integral, a produção, proteção e conservação se equilibram para alcançar a estabilização de um sistema que inclua:

- Produção florestal.
- Conservação de solos, vegetação e água.
- Regulação do regime hídrico e diminuição dos sedimentos.

Esta concepção integral da funcionalidade dos bosques no Nordeste exige um planejamento dos espaços com vocação florestal, nos quais serão definidos os programas protecionistas da vegetação nativa, programas de produção, programas conservacionistas de águas e solos.

Estas metas serão atingidas com um ordenamento das bacias hidrográficas dentro de um conceito HIDROLÓGICO-FLORESTAL, no qual os planos de desenvolvimento florestal estejam inter-relacionados com os planos de outros setores: energético, agrícola, etc.

As regiões secas apresentam características especiais, tais como:

- Concentração das precipitações em uma determinada época do ano.
- Solos com recobrimentos vegetais ralos.
- Crescimento e recuperação biológica muito lentos.

Estas características condicionam uma prudência na ordenação dos espaços florestais, de tal forma que se obtenha uma otimização no uso dos espaços, tendo como base de atuação as bacias hidrográficas. Desta forma, o Setor Florestal poderá assumir um papel preponderante no Nordeste, com programas que influam em aspectos prioritários para a região, como o são:

- A criação de fontes de emprego.
- A produção de matérias-primas para processos industriais tradicionais na região (cimento, ladrilhos, carvão, etc.).
- Regulagem do regime hídrico.

Para o Nordeste, vêm se projetando e construindo uma série de obras hidráulicas com o objetivo de criar uma regulação artificial dos fluxos superficiais das bacias hidrográficas da região, bem como para abastecer as necessidades de água para a população.

É interessante incluir dados sobre o número de represas construídas nos Estados nordestinos:

| ESTADO | REPRESAS CONSTRUÍDAS | REPRESAS PROJETADAS |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Piauí | 13 | 11 |
| Ceará | 507 | 27 |
| Rio Grande do Norte | 55 | 04 |
| Paraíba | 102 | 08 |
| Pernambuco | 94 | 07 |
| Alagoas | 35 | - |
| Sergipe | 11 | - |
| Bahia | 32 | 08 |
| Minas Gerais | 24 | - |
| TOTAL | 873 | 65 |

Cabe dizer que no quadro anterior não está indicado o número de represas construídas por particulares ou outras entidades que não sejam o DNOCS, CODEVASF, e Secretarias de Agricultura dos Estados.

O total de obras construídas e por construir, conforme se vê no quadro, alcança a 938, e o volume de armazenamento ultrapassará os 30 bilhões de metros cúbicos anuais.

Tanto o DNOCS quanto a CODEVASF e as Secretarias de Agricultura vêm realizando obras hidráulicas e de engenharia para colocar em produção áreas agrícolas sob sistemas de irrigação. Segundo inventários da SUDENE/CNP1SEMBRAPA, existem atualmente na região cerca de 101.189 ha irrigados.

Também o setor energético tem projetado e construído desenvolvimentos hidroelétricos dentro de várias bacias hidrográficas. As bacias utilizadas para a geração de energia são:

- Rio São Francisco:
 - Em operação: Três Marias, Sobradinho, Moxotó e Paulo Afonso.
 - Em construção: Itaparica
 - Em projeto: Bica Grande, Januária, Bananeiras, Orocó, Xingú, Pão-de-Açúcar.
- Rio Paraíba:
 - Em operação: Boa Esperança

A relação acima mostra que existem, no Nordeste, grandes volumes de dinheiro aplicados em obras que precisam ser protegidas: para isto, há a necessidade de se estabelecer programas de manejo das áreas alimentadoras de tais projetos, visando ampliar a vida útil dos mesmos.

A planificação e ordenamento dos espaços florestais dentro das bacias hidrográficas nas quais o recurso água é utilizado para fins múltiplos (abastecimento de populações, energia, irrigação, etc.) é de grande importância para a economia de um país.

O estabelecimento de programas especiais, tanto de manejo de bosques nativos quanto de criação de novos bosques, permitirá um melhoramento no regime hídrico e uma diminuição do transporte de sedimentos, diminuindo

assim a possibilidade de assoreamento antes que se cumpra o período de vida útil das represas.

Em áreas irrigadas, o Setor Florestal pode atuar em forma linear, estabelecendo bosques quebra-ventos para diminuir o efeito dos ventos sobre os canais e sobre áreas agrícolas, aumentando o rendimento dos sistemas ao diminuir as perdas por evaporação tanto dos canais quanto da água do solo dentro das parcelas agrícolas.

Em resumo, se ao se planificar o estabelecimento de áreas florestais nas bacias hidrográficas do Nordeste se tem em conta o critério de buscar um rendimento hídrico máximo, os efeitos favoráveis se repercutirão também nos setores energéticos, agrícola, industrial e de serviços.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste documento não estão explicitados todas as fases e etapas previstas no processo de planificação do Setor Florestal para o Nordeste. Faremos referência unicamente à fase adiantada em que se encontra o primeiro período do trabalho, cujos objetivos estão assim definidos:

- Assinalar prioridades na seleção dos espaços geográficos nos quais atuará o Setor Florestal.
- Identificar áreas para implantação de florestas espaciais e longitudinais dentro das bacias hidrográficas.

Para desenvolver o trabalho de zoneamento, foi utilizada cartografia topográfica e temática produzida no Nordeste pela SUDENE, IBGE, RADAMBRASIL, etc. Além destes, o trabalho foi apoiado em estudos desenvolvidos pela EMBRAPA e SUDENE, os quais descrevem as características físico-climáticas do Nordeste.

Devido à magnitude da área e pela existência de um "Zoneamento Ecológico para Experimentação Florestal" (Golfari), trabalho este que vem permitindo direcionar a investigação florestal dentro do Nordeste, definiu-se uma escala de trabalho que permitisse correlacionar o trabalho de zoneamento climatológico com o zoneamento de áreas hidroflorestais.

A escala de trabalho foi definida, para esta primeira etapa, em 1:2.500.000, etapa esta que se denominou "Zoneamento Descrito Geral Hidro-Florestal do Nordeste". Para a segunda etapa, "Zoneamento de Reconhecimento", se adotará uma escala de 1:250.000 e a etapa posterior, para a definição de Projetos, será realizada a uma escala de 1.100.000.

A definição dos parâmetros que determinaram a base do zoneamento fundamentou-se no estudo e interpretação da cartografia temática e na correlação da mesma com os objetivos previstos e propostos para o trabalho, de tal forma que o zoneamento permita localizar áreas de estabelecimento florestal, áreas de proteção florestal, áreas de relação intersectorial (reflorestamentos lineares).

Os índices definidos para o mapeamento são:

- T. Clima (envolvendo evaporação e precipitação, segundo Thornthwaite).
- I. Época em que inicia o período úmido.
- D. Duração do período úmido.
- A. Hipsometria (altitude).
- P. Permeabilidade dos solos.
- R. Relevo do terreno.

a) Clima

Adotou-se a classificação climática proposta por Golfari para o Nordeste, resultando, no trabalho, os seguintes sub-índices de clima:

- T.A. Clima Tropical Árido, com precipitações periódicas entre 250 – 550 mm.
- T.S. Tropical Semi-Árido, com precipitações periódicas entre 550 – 1.000 mm.
- T.S.S. Tropical subúmido Seco, com precipitações entre 300 – 800 mm.
- S.S. Subtropical – Subúmido Úmido, com precipitações periódicas entre 1.000 – 1.400 mm.
- T.S.M. Subtropical Moderado Úmido ou subúmido Úmido, com precipitações periódicas entre 1.000 – 1.600 mm.
- T.R. Tropical Subúmido Úmido, com precipitações periódicas entre 1.000 – 1.200 mm.
- T.S.B. Subtropical ou Tropical Úmido ou Subúmido, com precipitações periódicas entre 1.100 e 1.200 mm.
- T.S.U. Tropical Subúmido Úmido, com precipitações periódicas entre 1.200 – 1.500 mm.
- T.M. Tropical Úmido ou Subúmido Úmido, com precipitações periódicas entre 1.200 – 1.700 mm.
- S.M. Subtropical Moderado Úmido, com precipitações periódicas entre 1.500 – 2.400 mm.

b) Início e duração do período úmido.

Para o início do período úmido, foram determinados 12 sub-índices, de acordo com o mês correspondente

ao fato (I 1 a I 12). Para a duração do período úmido, foram determinando 10 subíndices.

- D0 — Duração do período úmido menor do que 1 mês/ano.
- D1 — Duração = 1 mês.
- D2 — Duração = 2 meses.
- D3 — Duração = 3 meses.
- D4 — Duração = 4 meses.
- D5 — Duração = 5 meses.
- D6 — Duração = 6 meses.
- D7 — Duração = 7 meses.
- D8 — Duração do período úmido menor do que 6 meses e maior do que 4 meses.
- D9 — Duração do período úmido menor do que 11 meses e maior do que 7 meses.

Definiu-se como período úmido o mês ou meses nos quais a precipitação é maior ou igual à evapotranspiração potencial.

c) Altitude.

Foram tomados os seguintes índices:

- A1 — Regiões localizadas em altitudes inferiores a 100 m.s.n.m.
- A2 — Regiões entre 100 — 500 m.s.n.m.
- A3 — Regiões entre 500 — 1000 m.s.n.m.
- A4 — Regiões localizadas em altitudes superiores a 1.000 m.s.n.m.

d) Solo.

De acordo com os objetivos do trabalho, adotou-se como índice de solo a PERMEABILIDADE, já que esta indica a possibilidade que tem o mesmo de armazenar as águas das chuvas, orientando sobre a viabilidade ou não da adaptação de alguns vegetais nas áreas analisadas. Além deste motivo, a variabilidade dos solos no Nordeste e a escala do presente trabalho não permitiram tomar outro índice.

Os índices propostos em trabalhos de ORSTOM/SUDENE são:

- P1 — Zona Impermeável.
- P2 — Zona com permeabilidade débil a média.
- P2H — Zona heterogênea com permeabilidade débil a média.
- P3 — Zona com permeabilidade média a elevada.
- P3H — Zona heterogênea com permeabilidade média a elevada.
- P4 — Zona muito permeável.
- P5 — Zona cárstica.

e) Relevo.

O relevo, pendente e longitudinal, define a potencialidade erosiva dos escorrimentos superficiais e sua capacidade de transporte. Por esta razão, o relevo é um fator importante no zoneamento. No presente trabalho, adotou-se o índice de relevo proposto por P. DOUBREI (ORSTOM) e utilizado nos trabalhos da SUDENE:

- R1 — Relevo muito suave, $DS < 10$ m.
- R2 — Relevo bastante suave, $10 < DS < 25$ m.
- R3 — Relevo suave, $25 < DS < 50$ m.
- R4 — Relevo moderado, $50 < DS < 100$ m.
- R5 — Relevo forte, $100 < DS < 250$ m.
- R6 — Relevo bastante forte, $250 < DS < 500$ m.
- R7 — Relevo muito forte, $DS > 500$ m.

Definidos os índices, em um procedimento de superposição de planos por temas, foi possível a obtenção de planos de homogeneização climática e física, buscando consolidar um plano final de zoneamento de unidades para o planejamento hidroflorestal.

Dentro da seqüência do trabalho, atualmente se realiza a homogeneização físico-climática, visando dar início ao zoneamento de áreas homogêneas integrais que irão permitir a definição de áreas prioritárias de manejo e investigação.

4. RESULTADOS E DISCUSÃO

O zoneamento climático, integrando clima e períodos úmidos, tem permitido visualizar áreas nas quais as condições de balanço hídrico não permitem o estabelecimento de vegetações que não possuam um comportamento biológico capaz de adaptar-se às condições deficitárias de umidade. Este é o caso das zonas onde o período úmido não é superior a um mês por ano, as quais ocorrem desde o Tropical Árido até o Tropical Úmido ou Superúmido.

O efeito do relevo dentro das zonas climáticas tem um grande peso com relação à produção de sedimentos, já que em solos com baixa permeabilidade, a inexistência do fator temperante facilita a ação das chuvas, as quais, no Nordeste, geralmente são torrenciais e de grande intensidade, concentrando-se em períodos muito curtos. Estes solos de baixa permeabilidade, de origem cristalina, caracterizam as regiões áridas e semi-áridas e é nestas áreas que se tem desenvolvido a construção de represas e açudes. A evaporação nestas áreas é alta, logo, a evaporação direta dentro destes açudes e represas diminui a capacidade e o uso dos mesmos.

Devido ao desconhecimento do efeito dos bosques nativos e, mais ainda, dos bosques artificiais com espécies exóticas sobre o regime hídrico, não se pode chegar a uma conclusão sobre os benefícios ou não do estabelecimento de florestas apoiadas com sistemas de captação de água "in situ". Dados de parcelas experimentais de dois anos, operadas pela SUDENE, vem demonstrando que, em solos saturados, o desmatamento incrementa de seis a vinte vezes o escoamento superficial e de dez a cem vezes os efeitos da erosão pluvial (impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície causando separação de partículas do solo) e da erosão hídrica (fricção da lâmina d'água sobre a superfície do solo).

Dentro de regiões sedimentares, com permeabilidades altas e relevos fortes, o efeito da erosão é muito grande. Entre regiões como o Alto São Francisco e o Parnaíba, que alimentam os desenvolvimentos hidráulicos de Três Marias, Sobradinho e Boa Esperança, o desmatamento favorece os processos erosivos, aumentando o transporte de grandes volumes de sedimentos nas represas acima mencionadas. Felizmente, as características climáticas destas regiões favorecem o estabelecimento de áreas florestais de proteção e de produção.

No presente trabalho, de acordo com a análise dos zoneamentos climáticos e físico, a Região Nordeste se sub-regionalizou em áreas:

- 01 – Sub-Região NOROESTE.
- 02 – Sub-Região NORDESTE.
- 03 – Sub-Região CENTRAL.
- 04 – Sub-Região SUDESTE.

Pode-se observar, ao se analisar a bacia hidrográfica do Rio São Francisco (sub-região 03), que os primeiros 40% de sua área de drenagem são responsáveis por cerca de 73% dos caudais médios totais do Rio. Um plano de manejo hidroflorestal deverá estabelecer-se nesta porção da área total do rio.

5. CONCLUSÕES

O trabalho de zoneamento descritivo hidroflorestal permite adiantar as seguintes conclusões:

- a – Há deficiência de cartografia específica sobre vegetação. Dada a importância deste aspecto, o IBDF está iniciando um mapeamento da vegetação florestal no Nordeste. Dentro de estudos a nível de cartografia 1:250.000, este fator será estudado com mais detalhes.
- b – Faz-se indispensável o início de investigações que estudem o efeito da vegetação dentro do regime hidrológico em solos impermeáveis pouco profundos.
- c – A conciliação entre a necessidade de se alcançar um volume de escoamento superficial que permita armazenar maiores volumes de água e a necessidade de se controlar as perdas de solo pela erosão, através do estabelecimento de vegetação arbustiva, será alcançada se as espécies a serem utilizadas forem produtoras de energia alimentícia para a pecuária bovina e caprina. Isto minimizará as possí-

veis perdas pelo aumento da evapotranspiração, ainda que as perdas por evaporação direta dentro das represas possa ser igual ou quase igual às perdas por evaporação.

- d — A ação da vegetação, como fator temperante dentro das áreas impermeáveis, tem efeito depois de vários anos após o estabelecimento da plantação. Portanto, em menor prazo se faz indispensável a execução de obras mecânicas de proteção e captação d'água. Os custos de realização deste tipo de trabalho não estão incluídos dentro do sistema atual de incentivos fiscais, logo, é indispensável procurar estabelecer um sistema de financiamento para tal.
- e — Os sistemas atuais de desmatamento no Nordeste, que consistem na derrubada de um bosque natural, de pouco valor comercial mas de inquantificável valor protecionista, para estabelecer um bosque artificial que resulte em rendimentos econômicos, poderão acarretar graves problemas ao permitir a ação da erosão pluvial (impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície causando separação de partículas do solo) e da erosão hídrica (fricção da lâmina d'água sobre a superfície do solo). Faz-se necessário pesquisar um procedimento mais racional que envolva tanto a parte do manejo quanto a parte jurídica de aplicação das normas.

6. REFERÊNCIAS

- CADIER, B.J.F. & LEPRUN, J.C. *Bacia experimental de Sumé; instalações e primeiros resultados*. Recife, SUDENE, 1983. (Série Hidrologia, 16).
- CARMONA, H. *Aproximaciones a la definición de un plan integral hidroflorestal para el Nordeste Brasileiro*. Petrolina, IBDF/EMBRAPA/FAO.
- CODEVASF. *Cadastro dos levantamentos básicos da bacia do São Francisco*. Recife.
- FAO. *Techniques hydrologiques de conservation des terres et les eaux en montagne*. Rome, 1980. (Cahier FAO: Conservation des sols, 2).
- FAO. *Conservation des ressources naturelles en zones arides e semi-arides*. (Rome, 1980. Cahier FAO: Conservation des sols, 3).
- FAO. *Aménagement de bassins versants*. Rome, 1977. (Cahier FAO: Conservations de sols, 1).
- FAO. *Seminário latinoamericano de ordenación de cuencas hidrográficas*. La Plata, 1972.
- FASSY, A.S. *O Brasil e o dilema energético*. Rio de Janeiro. (Coleção Retratos do Brasil, 148).
- GOLFARI, L. & CASER, L.R. *Zoneamento ecológico da Região Nordeste para experimentação florestal*. Belo Horizonte, PNUD/FAO/IBDF, 1977.
- GUICHARD, E. *Les sols du bassin du Rio Jaguaribe*. Paris, 1970. (Memoires ORSTON, 40).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Aproveitamento da água e do solo da região semi-árida de Sergipe*. São Paulo, 1983.
- MACEDO, M.V.A. de. *Aproveitamento hídrico das bacias fluviais do Ceará*. Fortaleza, DNOCS.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR. *Barragens no Nordeste do Brasil; experiência do DNOCS em barragens na região Semi-árida*. Fortaleza, 1982.
- PAVIA, M.P. *Grandes represas do Brasil*. Brasília, Editerra, 1982.
- ROCHE, M.M. *Interpretation et utilisation des donnés Hydrologiques*. Paris, Editions Scientifiques Riber, 1966.

ROCHE, M.M. **Hydrologie de surface**. Paris, ORSTON; Guáthier Villars Ed., 1963.

ROCHE, M.A. **Comportaments hydrologiques compares et erosion de l'écosystème forestier amazonien à Ecfrey en Guayane**. Paris, 1982. (Cahier ORSTON. Serie Hydrologie).

SUDENE. **Planificação para a implementação de bacias hidrográficas representativas na área da SUDENE**. Recife.

CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIAIS DE CAPTAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ

Eduardo Felipe Guidi*

1. INTRODUÇÃO

Este documento foi elaborado com a finalidade de orientar o Governo do Estado do Paraná, quando do lançamento do Programa de Manejo Integrado dos Solos.

Tendo em vista que o Programa visa a atuação nas microbacias hidrográficas, a SANEPAR estabeleceu prioridades para que as ações dos demais órgãos sejam concentradas nos mananciais de captação operados pela Companhia.

Existem vários fatores que promovem a degradação dos nossos mananciais, quais sejam:

- a. expansão urbana;
- b. resíduos domésticos e industriais;
- c. monoculturas;
- d. uso indiscriminado de agrotóxicos;
- e. erosão urbana e rural;
- f. assoreamento;
- g. desmatamento;
- h. galerias de águas pluviais e esgoto;
- i. depósitos de lixo;
- j. sistema viário;
- l. divisão fundiária; e
- m. produção animal (suínos, principalmente).

Todos estes fatores estão intimamente ligados, sendo que os mais graves e de soluções mais difíceis, originam-se da agricultura.

Enfatizamos que a gravidade da questão está na agricultura, dada a característica de utilização dos solos paranaenses nas diferentes regiões; pois, desde o início da colonização implementaram-se sistemas agrícolas imediatistas, decorrentes quase sempre da ação de estímulos econômicos e políticos, facilitadores da exploração cíclica, migratória e o que é mais grave, predatória.

Concentramos nossos esforços para elaborar a classificação dos mananciais em três parâmetros, que ao nosso ver, são os que dimensionam as ações do homem na degradação do meio ambiente.

Estes parâmetros são:

- assoreamento;
- turbidez; e
- pesticidas.

O desmatamento indiscriminado e a falta de manejo adequado dos solos provocam o assoreamento dos rios, sendo estes os responsáveis pela turbidez e ocorrência de pesticidas na água.

A turbidez, com o passar dos anos, vem atingindo níveis elevados a ponto de, nas estações mais chuvosas, em vez de encontrarmos rios de água, nos deparamos com rios de lama.

Quanto à presença de pesticidas na água, podemos afirmar que em todos os mananciais de captação, foi encontrado o princípio ativo de pesticidas clorados, que não são eliminados em sua totalidade pelas estações de tratamento de água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Juntamente com as Gerências de Planejamento das Superintendências Regionais, definimos os critérios e os parâmetros para classificar os mananciais, obedecendo à tabela disposta no Anexo 1 (Critérios para classificação dos mananciais).

Como mencionamos anteriormente, os critérios utilizados para a classificação foram: turbidez, pesticidas e assoreamento. Abaixo definimos cada um deles:

* Eng.º Agr. Companhia de Saneamento do Paraná — SANEPAR.

2.1. Turbidez

Unidade de turbidez é considerada como aquela produzida por um miligrama de sílica em um litro de água destilada. A água é dita turva quando contém em suspensão grande quantidade de finíssimas partículas de argila e areia ou, ocasionalmente, organismos microscópicos, dando-lhe um aspecto lamacento. O aparelho pelo qual determinamos a turbidez chama-se turbidímetro e a medida é feita por comparação em escala padrão.

Para se determinar a turbidez da água "in natura" a SANEPAR adota o Método Físico de Determinação da Turbidez.

- a. Coleta-se a água "in natura" no sistema de adução, antes de qualquer tratamento. Estas coletas são feitas e analisadas de hora em hora, perfazendo um total de 24 coletas e análises por dia. Por média aritmética conseguimos a média diária de um determinado sistema.
- b. Leva-se a amostra para o turbidímetro e procede-se da seguinte forma:
 - amostra da água coletada;
 - liga-se o aparelho;
 - calibra-se para a faixa desejada;
 - se for o caso, coloca-se anel de plástico;
 - colocar a amostra na cubeta;
 - limpar e secar a cubeta externamente;
 - agitar levemente a amostra na cubeta;
 - colocar no aparelho;
 - cobrir com o protetor de plástico; e
 - ler o valor na escala e anotar.

Consideramos turbidez alta quando ela ultrapassar os níveis de 90 unidades.

2.2. Pesticidas

A presença de pesticidas na água é determinada por meio de análises cromatográficas, elaboradas por cromatógrafos a gás modelo CG 3537, existentes na Companhia.

Procedimento:

De cada amostra de 1 litro de água são feitas três extrações de 60 ml cada, com um solvente orgânico (clorato de metileno 15% em hexano). Elimina-se a água e filtra-se o solvente em sulfato de sódio (grau pesticida), evapora-se a amostra em nitrogênio super-seco, até a secura. Coloca-se 5 ml de N hexano e injetamos no cromatógrafo um volume de 5 microlitros.

O resultado é obtido em função da área e do tempo de retenção, comparando-se com resultados anteriormente conhecidos por amostras padrão.

A ocorrência de pesticidas é considerada alta quando ultrapassar os limites de tolerância estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (ver Anexo 2).

Finalmente, diz-se que o assoreamento é alto quando verificamos que o leito do rio acumula grandes quantidades de argila e areia.

Diz-se que um manancial é de:

- Prioridade I - quando aparecerem 3 parâmetros A
- Prioridade II - quando aparecerem 2 parâmetros A
- Prioridade III - quando aparecer 1 parâmetro A, ou nenhum A, mas ocorrência de parâmetros B

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se cada um dos mananciais de captação da SANEPAR, encontramos os seguintes resultados: nove mananciais como de prioridade I; quarenta e um mananciais de prioridade II e cinquenta e nove mananciais como prioridade III (ver Anexo 3 - Classificação dos mananciais).

4 CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Dos 323 sistemas de tratamento em que a SANEPAR opera, com: captação de poços, minas e rios, 109 mananciais superficiais enquadram-se dentro dos níveis de prioridade da ação governamental, para que se evite, em futuro próximo, o comprometimento da qualidade de água através do mau uso do solo. A recomendação estende-se também a outros mananciais que se apresentam como solução viável para captação.

Medidas urgentes precisam ser desencadeadas no sentido de paralisar a degradação da qualidade desses mananciais. Todos os sistemas, hoje operados pela SANEPAR, ainda oferecem à população água de boa qualidade, dentro dos padrões da Organização Mundial da Saúde. Não podemos, porém, ignorar que a mecanização intensiva da lavoura, a exploração agrícola imediatista e outros fatores continuam a provocar o empobrecimento gradativo dos nossos recursos hídricos. É preciso, portanto, deter este avanço com medidas práticas, como as propostas pelo Programa de Manejo Integrado dos Solos do Estado do Paraná, quais sejam:

- a) Conscientizar o produtor rural para que ele conheça o potencial e as limitações de uso e manejo dos solos, bem como sua interação com os demais fatores de produção, para o correto planejamento da unidade produtiva.
- b) Viabilizar alternativas tecnológicas adequadas ao solo e apropriadas às condições sócio-econômicas da unidade produtiva, através de estudos e pesquisas, para o incremento da produtividade e da renda do produtor rural.
- c) Melhorar e preservar a fertilidade dos solos, mediante a racionalização do uso de corretivos e adubos (orgânicos e minerais), considerando as características edáficas e sócio-econômicas das unidades produtivas.
- d) Controlar a erosão dos solos, através da implantação de práticas conservacionistas, biológicas, vegetativas ou mecânicas, para a manutenção e/ou melhoria da capacidade produtiva do solo paranaense, bem como para o manejo e armazenamento hídrico.
- e) Racionalizar a mecanização agrícola, de acordo com a aptidão agrícola dos solos, para o seu manejo adequado e redução dos custos de produção, bem como o uso racional de máquinas, equipamentos e implementos, aliados à regulação a nível de produtor.
- f) Implementar a recuperação e/ou preservação de reservas florestais de espécies nativas, notadamente às margens de mananciais de água e nas áreas de preservação permanente.
- g) Implementar o zoneamento agroecológico e o zoneamento agrícola a nível da política de desenvolvimento do Estado.

AGRADECIMENTO

Não poderia deixar de agradecer a alta Direção da Companhia pela atenção dedicada a este trabalho e aos empregados que participaram diretamente no fornecimento de subsídios para o levantamento dos dados e a definição dos critérios do presente trabalho, elaborados juntamente com os Engenheiros Abílio Santos B. de Azevedo, Cláudio Waldir Nunes, Fernando Vellozo Roderjan, Wilmar Weigert e Wandir Nogueira Rocha, das Divisões de Tratamento das Superintendências Regionais.

5. REFERÊNCIAS

PARANÁ. Secretaria da Agricultura. Programa de Manejo Integrado dos Solos. Curitiba, 1983.

PARANÁ. Companhia de Saneamento do Paraná. Boletim Mensal de Tratamento, 1980—1983. Curitiba, Gerência de Produção da SME e Gerências de Planejamento de Engenharia da SRS, SRN e SNO.

PARANÁ. Companhia de Saneamento do Paraná. Boletim de Resultados de Análises Cromatográficas. Curitiba, SANEPAR-Divisão de Tratamento, 1983.

ANEXO I

CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIAIS

| TURBIDEZ | | PESTICIDAS | | ASSOREAMENTO | | PRIORIDADES | | |
|----------|---|------------|---|--------------|---|-------------|----|-----|
| A | B | A | B | A | B | I | II | III |
| X | | X | | X | | X | | |
| X | | | X | | X | | | X |
| | X | X | | X | | | X | |
| | X | | X | | X | | | X |
| X | | X | | | X | | X | |
| X | | | X | X | | | X | |
| | X | X | | | X | | | X |
| | X | | X | X | | | | X |
| | X | | X | | X | | | X |

LEGENDA:

CRITÉRIO

A – alta
B – baixa

Prioridade I – três parâmetros A
Prioridade II – dois parâmetros A
Prioridade III – um parâmetro A ou nenhum A, mas ocorrência de parâmetros B

ANEXO II

VALORES MÁXIMOS DESEJÁVEIS E PERMISSÍVEIS DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE QUÍMICA DA ÁGUA POTÁVEL DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE

| <u>Características</u> | <u>VMP em ppb</u> |
|-----------------------------|-------------------|
| Aldrin | 1,00 |
| Clordano | 3,0 |
| DDT | 50,0 |
| Dieldrin | 1,0 |
| Endrin | 0,2 |
| Heptacloro | 0,1 |
| Lindano | 4,0 |
| Metoxicloro | 100,0 |
| Texafeno | 5,0 |
| Compostos Organo Fosforados | 100,0 |
| Herbicidas-Clorofenoxi | |
| 2, 4 - D | 20,0 |
| 2, 4, 5 - TP | 30,0 |
| 2, 4, 5 - T | 2,0 |

ANEXO III

CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIASIS

| Município | Manancial | Pesticidas | Assoreamento | Turbidez |
|--------------------------|-----------------------|------------|--------------|----------|
| Bela Vista do Paraíso | Ribeirão Guará | B | A | A |
| Londrina | Ribeirão Cafezal | B | A | A |
| Primeiro de Maio | Represa Capivara | — | A | A |
| Rolândia | Ribeirão Bandeirantes | B | A | A |
| Apucarana | Rio Caiúna | A | A | A |
| Apucarana | Rio Pirapó | A | A | A |
| Arapongas | Rio Apertados | A | A | A |
| Borrazópolis | Córrego Carpinteiro | B | A | A |
| Califórnia | Rio Sete | B | A | A |
| Faxinal | Rio São Pedro | B | A | A |
| São João do Ivaí | Rio Milton | — | B | B |
| Ivaiporã | Rio Pindaúva | B | A | A |
| Mandaguari | Ribeirão Caitu | B | A | A |
| Mandaguari | Ribeirão Tupiniquins | B | A | A |
| Jandaia do Sul | Rio Marumbizinho | B | A | A |
| Grandes Rios | Rio Escrita | B | A | A |
| Andirá | Rio das Cinzas | B | A | A |
| Assaí | Rio Jataizinho | B | A | A |
| Cambará | Rio Alambari | B | B | A |
| Carlópolis | Rio Jaboticabal | B | B | B |
| Congonhinhas | Rio Congonhinhas | B | B | A |
| Conselheiro Mairink | Ribeirão Vermelho | B | B | A |
| Cornélio Procópio | Rio Congonhas | B | A | A |
| Curiúva | Córrego Curiúva | — | B | B |
| Ibaiti | Rio Café | B | A | B |
| Jacarezinho | Rio Jacaré | B | A | B |
| Quatiguá | Rio Escrita | — | B | A |
| Santa Mariana | Córrego das Araras | B | A | A |
| Santo Antonio da Platina | Ribeirão das Bicas | B | B | A |
| São José da Boa Vista | Ribeirão Pescaria | — | B | A |
| Siqueira Campos | Ribeirão Gramado | — | B | B |
| Tomazina | Rio das Cinzas | B | A | A |
| Guarapuava | Rio das Pedras | B | B | B |
| Uraí | Rio Congonhas | B | B | A |
| Wenceslau Braz | Ribeirão Bonito | — | B | A |
| Maringá | Rio Pirapó | B | B | A |
| Campo Mourão | Rio do Campo | B | A | A |
| Cianorte | Ribeirão Bolívar | B | A | A |
| Terra Boa | Ribeirão Figueira | B | A | A |
| Paranavai | Ribeirão das Araras | B | A | B |
| Nova Esperança | Ribeirão Porecatu | B | A | A |
| Paraíso do Norte | Ribeirão Palmital | B | A | B |
| Umuarama | Rio Piava | B | A | B |
| Cruzeiro do Oeste | Rio Koterba | B | A | A |
| Alto Piquiri | Rio Jacaré | B | A | B |
| Iporã | Rio Xâmbre | B | A | A |
| Terra Roxa | Rio Taturi | B | A | A |
| Realeza | Rio Sarandi | A | A | A |
| Capenema | Rio Siemens | A | A | A |
| Chopinzinho | Rio Chopinzinho | A | A | A |

A — alto

B — baixo

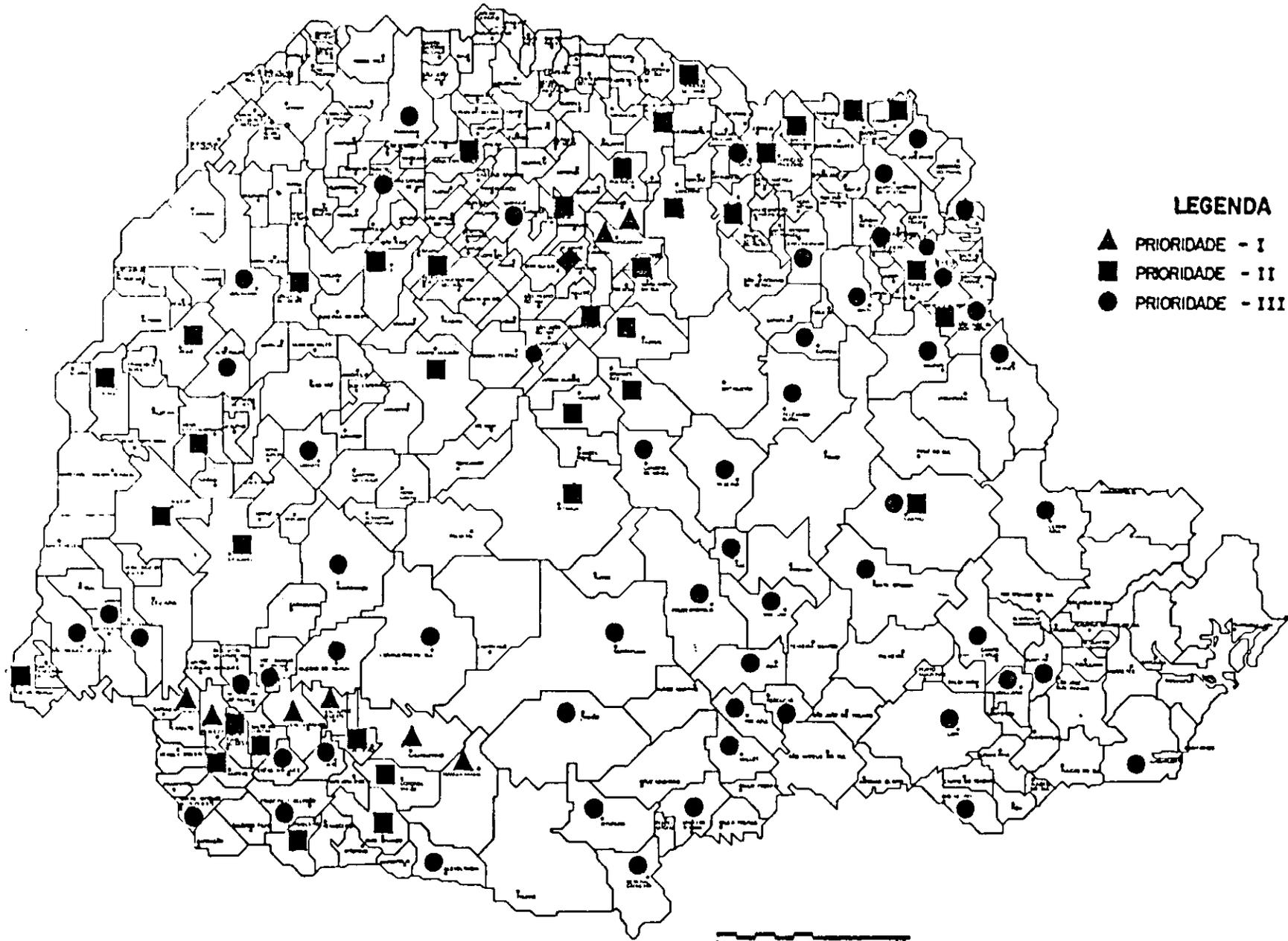
ANEXO III
CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIASIS
(Continuação)

| Município | Manancial | Pesticidas | Assoreamento | Turbidez |
|---------------------------|------------------------|------------|--------------|----------|
| São Jorge do Oeste | Rio Faxinal | A | A | A |
| Mangueirinha | Rio Vila Nova | A | A | A |
| Dois Vizinhos | Rio Girau Alto | A | A | A |
| Santa Izabel do Oeste | Rio Cedro | B | A | A |
| Toledo | Arroio Toledo | B | A | A |
| Ampére | Rio Ampére | B | A | A |
| Assis Chateaubriand | Rio Alívio | A | B | A |
| Pato Branco | Rio Pato Branco | B | A | A |
| Medianeira | Rio Alegria | B | B | A |
| Coronel Vivida | Rio Barro Preto | B | A | A |
| Foz do Iguacu | Rio Tamanduá | B | B | A |
| Salto do Lontra | Rio do Lontra | A | B | A |
| São João | Rio Capivari | B | B | A |
| Marmeleiro | Rio Marmeleiro | A | A | B |
| Pitanga | Rio Ernesto | B | A | B |
| Castro | Rio Iapó | A | B | B |
| Cascavel | Rio Peroba | B | A | A |
| Cascavel | Rio Saltinho | B | A | A |
| Cascavel | Rio Cascavel | B | A | A |
| Matelândia | Rio Ocoy | B | B | A |
| Santo Antonio do Sudoeste | Rio das Antas | B | B | A |
| Lapa | Rio Piripau | B | B | A |
| Ubiratã | Rio Água Grande | B | B | A |
| Francisco Beltrão | Rio Marrecas | B | A | B |
| Três Barras | Rio Trigolândia | B | B | B |
| Telêmaco Borba | Rio Tibagi | B | B | B |
| Cândido de Abreu | Rio Barreiro | B | A | B |
| Quedas do Iguacu | Rio Campo Novo | B | A | B |
| Campo Largo | Rio Itaqui | B | B | B |
| Enéas Marques | Rio Jacaratia | A | B | B |
| São Mateus do Sul | Rio Taquaral | B | B | B |
| Mallet | Rio Xarqueada | B | B | B |
| Ivaí | Rio Barreiro | B | B | B |
| Nova Prata | Rio Lageado Santa Cruz | B | A | B |
| Verê | Rio Tigre | B | B | B |
| Prudentópolis | Rio dos Patos | B | B | B |
| Imbituva | Rio Ribeiro | B | A | B |
| Araucária | Rio Passaúna | A | B | B |
| Irati | Rio Imbituvão | B | B | B |
| Rio Negro | Rio Negro | B | B | B |
| Laranjeiras do Sul | Rio do Leão | B | A | B |
| União da Vitória | Rio Iguacu | B | B | B |
| Rebouças | Rio Barreiro | B | B | B |
| Cerro Azul | Rio Ponta Grossa | B | B | B |
| Rio Azul | Rio Faxinal | B | B | B |
| Guaraniacu | Rio Fivela | B | B | B |
| Guaratuba | Rio Morro Grande | B | B | B |
| São Miguel do Iguacu | Arroio Pinto | B | B | A |
| São Miguel do Iguacu | Rio Leão | B | B | A |
| Clevelândia | Arroio Brinco | B | B | B |
| Ponta Grossa | Rio Alagados | B | B | B |
| Bituruna | Rio Herval | B | B | B |
| Carambei | Rio São João | B | B | B |

ANEXO III
CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIAIS
(Continuação)

| Município | Manancial | Pesticidas | Assoreamento | Turbidez |
|------------------|----------------------------|------------|--------------|----------|
| Reserva | Rio Reserva | B | B | B |
| Sengés | Rio do Salto, Barr. Sengés | B | B | B |
| Calógeras | Rio Natureza | B | B | B |
| General Carneiro | Rio Avestruz | B | B | B |
| Pinhão | Arroio Invernada | B | B | B |
| Palmas | Rio Caldeira | A | B | B |

ANEXO III - CLASSIFICAÇÃO DOS MANANCIASIS (Continuação)



A ATUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS DA CESP - TRABALHOS EM DESENVOLVIMENTO E PROGRAMAS FUTUROS

Fernando Bidegain Neto*

RESUMO

O presente trabalho constitui uma rápida visão das atividades que vêm sendo desenvolvidas pelo Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais, na tentativa de atenuar os impactos decorrentes da construção de grandes barragens, bem como possibilitar um melhor aproveitamento das condições criadas com a formação dos reservatórios.

Está constituído pelas seguintes seções

Introdução conceitual

Onde se sintetiza a posição da empresa frente à questão ambiental na área de influência de seus reservatórios

Estrutura e competências

Onde se apresenta estrutura organizacional do Departamento e atribuições dos seus diversos órgãos

Atividades em andamento e programadas

Onde são listados os trabalhos em desenvolvimento e as futuras atividades

Anexos

Trata-se de tabelas e gráficos, ilustrativos do texto

1 INTRODUÇÃO CONCEITUAL

A construção de grandes barragens, com sua conseqüente ação modificadora das condições físicas biológicas e sociais dos ambientes envolvidos, necessariamente exige a consideração de dois aspectos estreitamente relacionados:

riscos de sério deterioramento do meio ambiente, cujo custo de correção é muito elevado quando comparado com o de sua apropriada prevenção;

a adoção de medidas tendentes a lograr um ótimo aproveitamento das novas condições criadas, as quais, convenientemente compatibilizadas com as demandas de água para produção energética, possibilitam um efeito multiplicador dos benefícios inicialmente projetados.

O primeiro aspecto implica, evidentemente, em uma avaliação do impacto ambiental, ou seja, uma análise das inter-relações do reservatório com o meio que o circunda, na qual se deve atentar, não só para os efeitos por ele provocados sobre o meio, mas também para as respostas decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais existentes em sua bacia hidrográfica. Tal característica de inter-relação do reservatório com o meio tem reflexos jurídico-institucionais de grande significado e cuja análise deve ser feita, agora, não mais no plano físico ou biológico, mas sim no sócio-econômico, tratando-se, portanto, de mais uma forma de impacto.

* Eng^o Agr^o Companhia Energética de São Paulo - CESP

Relativamente ao segundo aspecto, é claro que a construção de obras hidráulicas com fins específicos, como geração de energia elétrica, sugere uma análise mais ampla das possibilidades de exploração de outras potencialidades. Assim, o uso de reservatórios para outros fins, tais como navegação, pesca, irrigação, turismo, recreação, etc., é uma demonstração do interesse despertado para a melhor utilização dos recursos econômicos aplicados com determinados objetivos.

A CESP – Companhia Energética de São Paulo, de há muito já vem atuando efetivamente na tentativa de neutralizar ou mitigar vários dos impactos decorrentes da formação de grandes reservatórios, assim como na exploração das diversas potencialidades criadas. Essa atitude é uma demonstração de que a empresa compreende que a aplicação tecnológica, decorrente do desenvolvimento científico, deve adequar-se às condições ecológicas, ou seja, que a apropriação que o homem faz da natureza deve levar em conta as relações de equilíbrio do meio ambiente e as intervenções antrópicas já existentes.

Desse interesse pela análise, de forma mais precisa e sistemática, do impacto ambiental provocado pela construção de barragens e formação de reservatórios, assim como das possibilidades do aproveitamento das potencialidades que surgem com os empreendimentos, resultou, numa primeira etapa, a elaboração do trabalho “Reservatórios: Modelo Piloto do Projeto Integral”, cujo conteúdo constitui uma tentativa pioneira de estabelecer uma metodologia apropriada ao tratamento dos problemas ecológicos resultantes da formação de grandes lagos artificiais.

O referido modelo foi testado nos estudos de controle ambiental e aproveitamento múltiplo de cinco grandes reservatórios (Porto Primavera, Rosana, Taquaruçu, Nova Avanhandava e Três Irmãos), mas todos esses estudos foram desenvolvidos por empresas de consultoria especializadas, no período 1979/80.

Mais recentemente, no início da nova gestão, e reafirmando suas preocupações com o meio ambiente, a CESP decidiu pela reformulação total de suas atividades na área de recursos naturais, resultando desse processo a reestruturação do Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais, onde as atividades relacionadas com esses aspectos, nas áreas sob responsabilidade da Companhia e naquelas de influência de seus reservatórios, foram agrupadas sob um comando único. Objetiva-se, com essa decisão, que a CESP efetivamente assuma o planejamento e execução de todas as medidas tendentes ao controle de impactos ambientais e aproveitamento múltiplo de seus reservatórios.

Para que se tenha uma idéia da grandeza da área de atuação do Departamento, apresenta-se uma série de dados, relativos à distribuição geográfica (Anexo I), e às áreas inundadas, volumes máximos acumulados, perímetro e áreas de influência dos 17 reservatórios da CESP (Anexo II).

2. ESTRUTURAS E COMPETÊNCIAS

A estrutura organizacional do Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais está apresentada no Anexo III, onde se constata que ele está constituído por três divisões, oito setores técnicos e um setor administrativo.

A seguir, são apresentadas as competências de cada um desses órgãos:

2.1. Departamento

- estudar, propor e implantar políticas e normas destinadas a conservar e recuperar o meio ambiente, bem como a utilizar os recursos naturais, tanto em áreas da Companhia como na área de influência de seus reservatórios;
- responder pelos estudos, planos e projetos referentes à conservação ambiental e aproveitamento integrado dos recursos naturais, tanto em áreas da Companhia como na área de influência de seus reservatórios;
- estudar, coordenar e desenvolver os processos de produção, manejo e exploração racional e econômica da biomassa, como fonte energética, bem como avaliar os impactos dessa exploração sobre o meio ambiente;
- realizar o monitoramento ambiental, tanto em áreas da Companhia como na área de influência de seus reservatórios;
- analisar propostas provenientes de outras áreas da Companhia, bem como de entidades externas, nos assuntos referentes ao meio ambiente, encaminhando-as com alternativas, quando necessário, à decisão superior;
- normalizar e acompanhar todas as atividades da Companhia que interfiram no meio ambiente;

- propor, estabelecer e administrar convênios e contratos com entidades públicas e privadas, visando à conservação do meio ambiente e à utilização racional dos recursos naturais, tanto em áreas da Companhia como na área de influência de seus reservatórios;
- coordenar estudos para a determinação das áreas a serem desapropriadas, especificamente daquelas de interesse para a conservação e recuperação do meio ambiente, para a utilização racional dos recursos naturais e para outros usos, como recreação, lazer, etc.;
- acionar órgãos e instituições oficiais, quando necessário, de forma a assegurar o cumprimento das disposições legais no trato do meio ambiente;
- estudar e propor alterações na legislação de meio ambiente e recursos naturais, quando necessário, como ação complementar às atividades do Departamento;
- estimular e incentivar a prática de medidas conservacionistas e de controle de poluição nos reservatórios da CESP, em suas áreas marginais e em suas áreas de influência;
- assessorar tecnicamente aos interessados, em práticas conservacionistas, fornecendo orientação, projetos e acompanhamento, bem como outros elementos necessários à consecução das mesmas;
- elaborar e administrar o orçamento do Departamento de Meio Ambiente e Recursos Naturais.

2.2. Divisão de Controle Ambiental

- estudar e propor políticas, normas e diretrizes para a conservação do meio ambiente, no âmbito dos reservatórios da CESP e de suas áreas de influência;
- planejar, coordenar e executar os estudos e levantamentos referentes à conservação do meio ambiente, no âmbito dos reservatórios da CESP e de suas áreas de influência;
- planejar, coordenar e executar estudos e projetos de uso múltiplo, no âmbito dos reservatórios da CESP e de suas áreas de influência;
- realizar a avaliação do impacto ambiental dos projetos implantados pela CESP;
- responder pela elaboração e implantação de normas ambientais na Companhia;
- elaborar programas de educação ambiental e divulgar trabalhos técnicos de sua área de atuação;
- acionar órgãos e instituições oficiais, de forma a assegurar o cumprimento das disposições legais no trato do meio ambiente;
- promover e coordenar convênios e contratos de assistência técnica e assessoria, tanto com instituições oficiais como particulares;
- definir as características técnicas e a dimensão de seu quadro de pessoal;
- elaborar o programa de trabalho da Divisão e fornecer informações para o preparo do orçamento do Departamento;
- executar as atividades previstas no orçamento, de acordo com o programa de trabalho aprovado.

2.3. Setor de Levantamentos Ambientais

- proceder, nas bacias de contribuição e áreas de influência de reservatórios da CESP, ao levantamento das características do meio biofísico e das atividades sócio-econômicas e culturais;

- caracterizar e quantificar as interferências nos reservatórios e as alterações por eles provocadas no meio circundante;
- levantar e cadastrar sítios especialmente críticos, cuja recuperação e/ou conservação seja necessária à proteção do reservatório;
- levantar e cadastrar áreas de interesse para a conservação da flora e da fauna;
- levantar e cadastrar sítios de especial interesse para a implantação de atividades culturais, turísticas e de lazer;
- levantar e cadastrar locais de interesse para a implantação de projetos comunitários;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.4. Setor de Normalização

- elaborar normas e procedimentos relativos à conservação ambiental, para aplicação a nível da Companhia;
- estudar a adequação do trabalho geral do Departamento ao conjunto da legislação e práticas conservacionistas vigentes;
- propor modificações na legislação sobre meio ambiente e recursos naturais, quando necessário;
- elaborar e desenvolver planos de educação ambiental na região de influência dos reservatórios da CESP;
- organizar e preparar o material técnico a ser utilizado na divulgação das atividades do Departamento;
- organizar e codificar o arquivo técnico do Departamento, de acordo com os padrões estabelecidos pela empresa;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.5. Setor de Uso e Ocupação

- estabelecer diretrizes para os usos e ocupações possíveis para os reservatórios, bacias de contribuição e áreas de influência;
- elaborar o plano diretor de uso e ocupação dos reservatórios e áreas de propriedade da Companhia;
- elaborar os projetos de uso múltiplo nos reservatórios da CESP e em suas áreas de influência;
- supervisionar e fiscalizar projetos e interesses de terceiros nos reservatórios e áreas de propriedades da Companhia;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.6. Divisão de Ecossistemas Terrestres

- viabilizar políticas e diretrizes destinadas a conservar, recuperar e utilizar os recursos naturais em áreas da Companhia e, quando necessário, em áreas de influência dos reservatórios;
- desenvolver planos e projetos para viabilizar as políticas de proteção, recuperação, utilização e conservação dos recursos naturais em áreas pertencentes à Companhia e, quando necessário, em áreas de influência dos reservatórios;
- implantar e supervisionar a implantação de planos, projetos, convênios e acordos para a utilização, recuperação e conservação de ecossistemas terrestres, conforme as políticas e diretrizes estabelecidas pela Companhia;

- acionar a área do Departamento responsável pelas políticas e diretrizes sobre os assuntos de meio ambiente, de forma a cobrir ocorrências não previstas nas competências desta Divisão;
- analisar e dar parecer sobre propostas de utilização de ecossistemas terrestres em áreas pertencentes à Companhia;
- supervisionar a conservação e utilização dos recursos naturais, em áreas da Companhia e nas áreas de influência dos reservatórios;
- promover, analisar e dar pareceres sobre convênios, intercâmbios e acordos com entidades públicas ou privadas, que envolvem a utilização de ecossistemas terrestres em áreas pertencentes à Companhia e, quando necessário, em áreas de influência dos reservatórios;
- elaborar estudos para a conservação de espécies raras ou endêmicas, em perigo e ameaçadas de extinção, da fauna e flora, em áreas da Companhia e em áreas de influência dos reservatórios;
- incentivar a promoção de campanhas de conscientização pública e divulgar trabalhos técnicos de sua área de atuação;
- elaborar o programa de trabalho da Divisão e fornecer informações para o preparo do orçamento do Departamento;
- executar as atividades previstas no orçamento, de acordo com o programa de trabalho aprovado;
- definir as características técnicas e a dimensão do quadro de pessoal à disposição das Unidades Descentralizadas, de acordo com os programas aprovados.

2.7. Setor de Estudos e Projetos

- elaborar projetos de implantação e manutenção de florestas e de outras formas de cobertura vegetal;
- elaborar projetos de implantação e manutenção de parques turísticos e áreas reservadas;
- elaborar projetos de paisagismo, interpretação ambiental e uso público;
- elaborar projetos de proteção de taludes;
- elaborar estudos e projetos para conservação do solo;
- elaborar projetos de viveiros e estruturas de apoio;
- prestar assessoria e assistência técnica a terceiros;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.8. Setor de Implantação de Projetos

- implantar e manter os projetos de:
 - florestas e demais formas de cobertura vegetal;
 - parques turísticos;
 - paisagismo, interpretação ambiental e uso público;
 - proteção de taludes;
 - conservação do solo;
 - viveiros e estruturas de apoio;
 - extensão florestal.

- coordenar a produção de mudas e atividades correlatas;
- coordenar as atividades e práticas conservacionistas em áreas de influência dos reservatórios;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.9. Setor de Flora e Fauna

- acompanhar o desenvolvimento de florestas implantadas e de outras formas de cobertura vegetal;
- realizar estudos de defesa fitossanitária;
- realizar ou promover estudos de fenologia e melhoramento de espécies;
- desenvolver novos métodos de produção de mudas;
- implantar áreas reservadas;
- realizar estudos e implantar projetos de manejo de fauna;
- realizar estudos de determinação de áreas para refúgio particular de fauna;
- desenvolver e acompanhar operações de salvamento da fauna;
- promover estudos sobre restauração e repovoamento natural ou artificialmente induzido, relativos à fauna;
- promover estudos de regeneração e enriquecimento da flora;
- promover a conservação de espécies raras ou endêmicas, em perigo e ameaçadas de extinção, de fauna e flora;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.10. Divisão de Ecossistemas Aquáticos

- desenvolver planos e projetos para a viabilização das políticas e diretrizes de recuperação, conservação e utilização dos ecossistemas aquáticos, tanto nos reservatórios da Companhia como em suas áreas de influência;
- implantar e supervisionar a implantação de planos, projetos, convênios, protocolos de intenção e acordos para a recuperação, conservação e utilização dos ecossistemas aquáticos, conforme as políticas e diretrizes estabelecidas pela Companhia;
- analisar e dar pareceres sobre propostas de utilização dos ecossistemas aquáticos nos reservatórios da Companhia;
- supervisionar a conservação e a utilização dos ecossistemas aquáticos;
- analisar e dar pareceres, em termos de ecossistemas aquáticos, sobre convênios, intercâmbios, protocolos de intenção e acordos com entidades públicas ou privadas, que envolvam a sua utilização em reservatórios da Companhia;
- incentivar a difusão de trabalhos técnicos e de divulgação, em sua área de atuação;
- definir as características técnicas e a dimensão do quadro de pessoal à disposição das Unidades Descentralizadas, de acordo com os programas aprovados;
- elaborar o programa de trabalho da Divisão e fornecer informações para o preparo do orçamento do Departamento;
- executar as atividades previstas no orçamento, de acordo com o programa de trabalho aprovado.

2.11. Setor de Tecnologia e Biologia Pesqueira

- realizar estudos sobre biologia e etologia de peixes e de outros animais aquáticos, visando sua introdução nos reservatórios da CESP;
- desenvolver estudos sobre espécies aquáticas raras ou endêmicas, em perigo e ameaçadas de extinção;
- pesquisar métodos e processos de reprodução natural, artificial ou induzida, de espécies utilizadas em aquicultura;
- pesquisar métodos e processos de alimentação natural e/ou artificial de espécies utilizadas em aquicultura;
- estudar e implantar novas técnicas de cultivo, para obtenção de maiores e melhores produções nas estações de aquicultura;
- pesquisar a incidência e o tratamento de doenças nas espécies cultivadas;
- realizar estudos cíclicos e estabelecer parâmetros das condições físico-químicas e biológicas das águas dos reservatórios;
- pesquisar a dinâmica das populações de peixes;
- proceder ao salvamento de espécies aquáticas quando do fechamento de comportas de usinas hidrelétricas da Companhia;
- colaborar com outras empresas, responsáveis por represamentos, no salvamento de animais terrestres e aquáticos, quando do início de formação do lago;
- fornecer subsídios para a elaboração do programa de trabalho da Divisão.

2.12. Setor de Produção e Fomento

- administrar as estações de aquicultura;
- produzir peixes e outras espécies aquáticas, para povoamento e repovoamento dos reservatórios;
- aplicar resultados das pesquisas, integrando-as com o Setor de Tecnologia e Biologia Pesqueira;
- programar, em conjunto com a área de tecnologia e biologia pesqueira, a produção qualitativa e quantitativa de alevinos e de outras espécies aquáticas e sua distribuição, para o povoamento e repovoamento dos reservatórios;
- executar os programas de povoamento e repovoamento estabelecidos;
- estudar equipamentos, sistemas e processos de preparo, coleta e transporte de espécie de cultivo, para povoamento e repovoamento de reservatórios, bem como atendimento ao fomento;
- estimular a aquicultura nas regiões de influência dos reservatórios da Companhia, fornecendo instruções e elementos para o início de criações de peixes e de outros animais aquáticos, dentro das possibilidades de cada Estação;
- fornecer subsídios para a elaboração de programa de trabalho da Divisão.

2.13. Setor de Coordenação Administrativa

- coordenar e centralizar a coleta de dados para fins de elaboração dos orçamentos anuais e plurianuais do Departamento; elaborar os orçamentos, acompanhar as realizações físicas e financeiras; analisar os desvios orçamentários e propor soluções;

- controlar os contratos e convênios, no que se refere às disposições contratuais, previsões de verba, liberações de pagamentos e necessidade de aditivos;
- prestar apoio às Unidades Descentralizadas, no que se refere ao fornecimento de materiais, serviços de terceiros, transportes e manutenção de veículos e equipamentos, contando, inclusive, com um Almoxarifado e um Serviço de Contas a Pagar, em Promissão;
- efetuar licitações para a contratação de serviços e obras, dentro do limite de aprovação do Departamento; elaborar minutas de contrato e convênios; emitir requisições de contratação;
- verificar a necessidade, emitir e controlar Ordem de Obra e Relatórios de Encerramento;
- atualizar e padronizar os procedimentos administrativos internos ao Departamento;
- controlar o quadro de pessoal;
- promover a necessária integração técnico-administrativa no Escritório Central e nas Unidades Descentralizadas;
- prestar apoio aos empregados do Escritório Central e das Unidades Descentralizadas, no que se refere a requisições de veículos, requisições de numerários e autorizações de viagens, requisições de passagens aéreas, serviços de datilografia e questões relativas à área de pessoal da Empresa.

3. ATIVIDADES EM ANDAMENTO E PROGRAMADAS

3.1. Divisão de Controle Ambiental

- Atividades em andamento:
 - levantamento e caracterização do meio físico, da flora e fauna, e das atividades sócio-econômicas e culturais, da bacia e áreas de influência do reservatório de Paraibuna;
 - elaboração de estudos de usos alternativos nas áreas de influência das pequenas usinas da CESP;
 - elaboração do projeto do cinturão verde de Ilha Solteira;
 - elaboração do projeto do cinturão verde de Primavera;
 - elaboração de diretrizes preliminares para uso e ocupação da área de influência do Reservatório de Paraibuna;
 - organização e codificação do arquivo técnico do Departamento;
 - organização e preparo de material técnico a ser utilizado na divulgação do Departamento. Ex.: Coletânea de Legislação Ambiental Brasileira (CESP – F.B.C.N.);
 - estudos de normas e procedimentos ambientais;
 - elaboração do plano de conservação de solo para o Projeto de Reassentamento Populacional Lagoa São Paulo;
 - elaboração e desenvolvimento de plano de educação ambiental na região de influência do reservatório de Capivara (Área piloto: Município de Sertaneja - PR);
 - implantação de projetos de controle à erosão nas margens do reservatório de Paraibuna.
- Atividades programadas:
 - desenvolvimento do plano de educação ambiental na região de influência do reservatório de Capivara;
 - estudos de normas e procedimentos ambientais;
 - acompanhamento da implantação do plano de conservação de solos do Projeto Lagoa São Paulo;
 - conclusão do projeto do cinturão verde de Ilha Solteira;
 - conclusão do projeto do cinturão verde do núcleo de Primavera;
 - continuação dos levantamentos e caracterização do meio físico, da fauna e flora, e atividades sócio-econômicas e culturais, do reservatório de Paraibuna e suas áreas de influência;
 - levantamentos e caracterização do meio físico, da fauna e flora, e atividades sócio-econômicas e culturais, do reservatório de Três Irmãos;
 - elaboração do plano diretor do reservatório de Paraibuna;
 - desenvolvimento de projetos de usos múltiplos para as pequenas usinas da CESP;
 - determinação das prioridades e diretrizes gerais para recuperação das áreas de empréstimo dos reservatórios da CESP;

- colaboração no projeto de reflorestamento das margens do reservatório de Capivara, situadas no município de Sertaneja;
- convênio com o CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, visando ao controle biológico do aguapé, seu uso como biomassa e como despoluidor;
- avaliação dos projetos de controle de erosão implantados e introdução de outros, no reservatório de Paraibuna.

3.2. Divisão de Ecossistemas Terrestres

- Atividades em andamento:
 - manutenção das áreas reflorestadas em anos anteriores nas UHE Souza Dias (Jupiá), Paraibuna, Mário Lopes Leão (Promissão), Caconde e José Ermírio de Moraes (Água Vermelha), totalizando 1.014 ha;
 - manutenção da área experimental com florestas de rápido crescimento, para produção de madeira (Programa Metanol), na UHE Souza Dias;
 - convênio com IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – do DS–ESALQ–USP – Piracicaba, para estudo e avaliação de florestas de rápido crescimento, com a finalidade de produção de biomassa, e de seus impactos ao meio ambiente;
 - projeto piloto de arborização urbana, atendendo às necessidades da Gerência Regional de Distribuição de Votuporanga;
 - produção de mudas de espécies nativas, em especial daquelas em vias de extinção (Anexo IV);
 - manutenção dos entornos da Estação de Aqüicultura e Viveiro de Mudas da UHE Mário Lopes Leão (Promissão), com área de 20 ha;
 - manutenção de aceiros nos projetos de reflorestamento das UHE Mário Lopes Leão (Promissão) e Ibitinga, os quais abrangem áreas de 392 ha de essências nativas e 316 ha de essências exóticas;
 - manutenção de 8.530 m de cercas nas áreas recuperadas das UHE de Ibitinga e Mário Lopes Leão (Promissão);
 - implantação de reflorestamento com essências nativas numa área de 60 ha, na área de segurança da UHE Mário Lopes Leão (Promissão);
 - programa de extensão florestal, com a finalidade de despertar o interesse conservacionista nos proprietários lindeiros aos reservatórios da CESP;
 - convênio com a FBCN – Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, sobre estudos e projetos de pesquisa e conservação do meio ambiente, com ênfase especial à preservação do *Leontopithecus chrysopygus* – o mico-leão-preto, espécie no limiar da extinção e encontrado na bacia de inundação do futuro lago da UHE de Rosana (parte a ser inundada da Reserva Estadual do Morro do Diabo);
 - curso teórico-prático, ministrado pelo CEMAVE – Centro de Estudos de Migrações de Aves, do IBDF-MA, de observação e anilhamento de aves, especialmente das espécies aquáticas migratórias, realizado em outubro/83, na UHE Mário Lopes Leão. Este trabalho terá continuidade nos demais reservatórios da CESP, com o objetivo final de conservação desta avifauna e seus benefícios;
 - salvamento de primatas em áreas inundadas da futura UHE de Porto Primavera, os quais encontram-se ilhados e impossibilitados de um deslocamento natural; até o momento, foram resgatados 32 *Cebus apella*, enviados a instituições científicas, e 76 *Alouatta caraya*, reassentados em áreas reflorestadas da Companhia;
 - coordenação técnica-administrativa do Parque Zoológico de Ilha Solteira, que promove a interação entre a fauna silvestre nativa e a população e possibilita a criação de animais em cativeiro, visando futuros repovoamentos em áreas reflorestadas da Companhia;
 - coleta, beneficiamento e armazenamento de sementes de essências nativas, possibilitando o atendimento do programa de produção de mudas necessárias aos projetos em andamento.
- Atividades programadas:
 - implantação de reflorestamento em áreas críticas nas UHE de Paraibuna, Souza Dias (Jupiá), Corumbataí, Armando A. Laydner (Jurumirim) e Capivara, em uma área de 573 ha;
 - implantação de enriquecimento vegetal em áreas reflorestadas nas UHE de Caconde e José Ermírio de Moraes (Água Vermelha), em uma área de 180 ha;
 - projetos de revestimento vegetal em áreas de empréstimo das UHE de Ilha Solteira, Souza Dias (Jupiá) e Jaguari, totalizando 372 ha;
 - projetos de manutenção e ampliação dos paisagismos das Estações de Aqüicultura de Paraibuna, Souza Dias (Jupiá) e Mário Lopes Leão (Promissão);
 - projetos de paisagismo e reflorestamento cicliar nas áreas de entorno das pequenas usinas do Lobo, Emas,

São Valentim e Jacaré, totalizando 40 ha;

dar continuidade às pesquisas com espécies de rápido crescimento, nos aspectos de manejo e exploração para a produção de biomassa (Programa Metanol), através do Convênio CESP–IPEF

produção de mudas de essências nativas e exóticas para atender às atividades programadas em termos de florestamento, reflorestamento, paisagismo e projetos comunitários,

promover campanhas de divulgação e conscientização da população frente aos problemas de meio ambiente e recursos naturais, em áreas de influência da Companhia;

elaboração de estudos e projetos visando à criação de animais silvestres em regime de semi-liberdade e/ou em cativeiro, principalmente as espécies ameaçadas de extinção, nas UHE de Paraibuna e Mário Lopes Leão e no Parque Zoológico de Ilha Solteira

estudos de comportamento de algumas espécies florestais nativas, visando ao reflorestamento ciliar em áreas sujeitas a inundações periódicas (áreas de depleção dos reservatórios),

dar continuidade ao convênio CESP–FBCN, implantando-se os projetos e estudos necessários à conservação e manejo racional dos recursos naturais em áreas da Companhia

3.3. Divisão de Ecossistemas Aquáticos

Atividades em andamento

desenvolvimento do programa de produção de alevinos nas 5 Estações de Aqüicultura (Anexo VI)

povoamento e repovoamento dos reservatórios (Anexo VI),

fomento produção de alevinos para venda a agricultores (Anexo VII)

exploração racional da ictiofauna dos reservatórios;

desenvolvimento de programa de incentivo à piscicultura, mediante convênio de cooperação CESP/SUDEPE CATI–SA

desenvolvimento de cooperação técnico-científica em programas de aqüicultura, através de acordo CESP Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola, da UNESP;

desenvolvimento de estudos de biologia pesqueira no reservatório de Promissão (UHE Mário Lopes Leão) através de acordo de cooperação com o Departamento de Ciências Biológicas da Universidade de São Carlos;

desenvolvimento de tecnologia em aqüicultura, através de acordo de cooperação com a Divisão de Pesca Interior, do Instituto de Pesca da Secretaria da Agricultura,

Atividades programadas

continuação do programa de produção de alevinos;

continuação do programa de povoamento e repovoamento dos reservatórios da CESP

continuação do programa de fomento à piscicultura, ao nível de propriedades rurais;

desenvolvimento dos convênios, termos de cooperação e acordos.

4. ANEXOS

ANEXO II

ALGUNS DADOS NUMÉRICOS SOBRE OS RESERVATÓRIOS DA CESP

ÁREAS INUNDADAS: (ha)

| | |
|------------------|----------------|
| Rio Paraná | 383.300 |
| Rio Tietê | 214.105 |
| Rio Paranapanema | 199.960 |
| Rio Pardo | 4.120 |
| Rio Paraíba | 32.356 |
| Rio Grande | 64.400 |
| TOTAL | 898.241 |

VOLUMES MÁXIMOS: (m³)

| | |
|------------------|------------------------|
| Rio Paraná | 44.846.000.000 |
| Rio Tietê | 29.389.000.000 |
| Rio Paranapanema | 28.440.000.000 |
| Rio Pardo | 596.000.000 |
| Rio Paraíba | 5.986.000.000 |
| Rio Grande | 11.000.000.000 |
| TOTAL | 120.257.000.000 |

PERÍMETROS: (km)

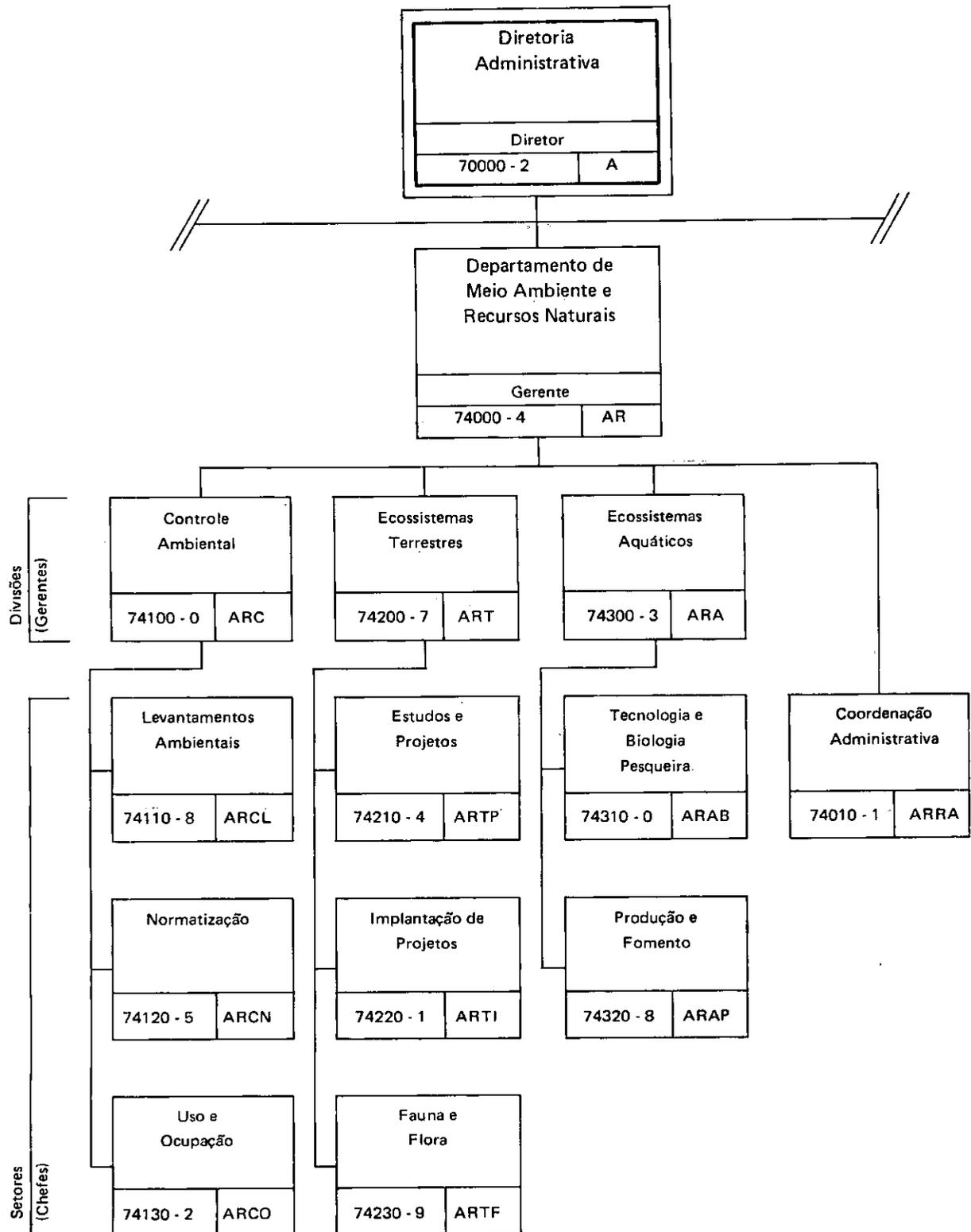
| | |
|------------------|---------------|
| Rio Paraná | 1.425 |
| Rio Tietê | 3.592 |
| Rio Paranapanema | 3.802 |
| Rio Pardo | 303 |
| Rio Paraíba | 1.150 |
| Rio Grande | 700 |
| TOTAL | 10.972 |

ÁREAS DE INFLUÊNCIA: (km²)

| | <u>BACIAS</u> | | <u>ESTADOS (km²)</u> |
|------------------|----------------|--------------------|---------------------------------|
| Rio Paraná | 67.927 | São Paulo | 73.781 |
| Rio Tietê | 29.476 | Minas Gerais | 18.380 |
| Rio Paranapanema | 27.368 | Mato Grosso do Sul | 42.473 |
| Rio Pardo | 2.992 | Paraná | 8.664 |
| Rio Paraíba | 4.119 | | |
| Rio Grande | 11.416 | TOTAL | 143.298 |
| TOTAL | 143.298 | | |

ANEXO III

ORGANOGRAMA
DO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS



ANEXO IV

PRODUÇÃO DE MUDAS NOS VIVEIROS DA CESP – 1983

| Viveiro | Reflorestamento | Paisagismo | Fomento | Sub-Total |
|-----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| Paraibuna | 257.000 | 6.000 | 50.000 | 313.000 |
| Promissão | 250.000 | 12.500 | 30.000 | 292.500 |
| Porto Primavera | 7.000 | 33.000 | – | 40.000 |
| Ilha Solteira | 8.000 | 58.000 | – | 66.000 |
| Indiaporã | 110.000 | 20.000 | 5.000 | 135.000 |
| TOTAL | 632.000 | 129.500 | 85.000 | 846.500 |

ANEXO V

PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ALEVINOS NAS ESTAÇÕES DE PSCICULTURA DA CESP

PERÍODO: 04/83 a 03/84

| Espécie | Jupιά | S. Grande | Promissão | Paraibuna | Barra Bonita | Total |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Tilápia-do-nylo (<u>Urchromis niloticus</u>) | 3.200.000 | 1.600.000 | 1.080.000 | 880.000 | 1.250.000 | 8.010.000 |
| Curimbatá (<u>Prochilodus scrofa</u>) | 1.500.000 | 1.050.000 | 800.000 | 700.000 | 100.000 | 4.150.000 |
| Piavas (<u>Leporinus spp</u>) | 50.000 | 80.000 | 100.000 | 50.000 | | 280.000 |
| Lambaris (<u>Astyanax spp</u>) | 430.000 | 500.000 | 300.000 | 150.000 | 100.000 | 1.480.000 |
| Bagre (<u>Rhandia spp</u>) | | 60.000 | 30.000 | 50.000 | | 140.000 |
| Piapara (<u>Leporinus obtusidens</u>) | 50.000 | | 50.000 | | | 100.000 |
| Pacu-guaçu (<u>Colossoma mitrei</u>) | 50.000 | | 50.000 | | | 100.000 |
| Pirapitinga-do-sul (<u>Bycon spp</u>) | | | | 50.000 | | 50.000 |
| Piau-palhaço (<u>Leporinus copelandii</u>) | | | | 50.000 | | 50.000 |
| Apaiari (<u>Astronotus ocellatus</u>) | | | 100.000 | | | 100.000 |
| Trairão (<u>Hoplias lacerdae</u>) | 50.000 | 150.000 | | | | 200.000 |
| Dourado (<u>Salminus maxillosus</u>) | 20.000 | | 20.000 | | | 40.000 |
| Tucunaré (<u>Cichla ocellaris</u>) | | | 20.000 | | | 20.000 |
| Black-bass (<u>Micropterus salmoides</u>) | | 10.000 | | 20.000 | | 30.000 |
| Carpa (<u>Cyprinus carpio</u>) | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 250.000 |
| TOTAL | 5.500.000 | 3.500.000 | 2.500.000 | 2.000.000 | 1.500.000 | 15.000.000 |

ANEXO VI
PROGRAMA GERAL DE POVOAMENTO E REPOVOAMENTO NOS RESERVATÓRIOS DA CESP
PERÍODO: 04/83 a 03/84

| RESERVATÓRIO | ÁREA (ha) | ESPÉCIES | | | | | | | | | | | TOTAL | |
|-------------------|--------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|-----------------|----------------|---------------|-------------------|
| | | TILÁPIA- DO-MILO | CORIMBATÁ | PIAVA | PIAVA BICUDA | LAMBARI | BAGRE | PIAPARA | PACU- GUAÇU | PIRAPI- TINGA DO SUL | PIAU PALHAÇO | TRAIRÃO | | DOURADO |
| Ilha Solteira | 123.100 | 1.130.000 | 500.000 | 30.000 | — | 100.000 | — | 20.000 | 20.000 | — | — | 20.000 | 10.000 | 1.830.000 |
| Jupiá | 35.200 | 400.000 | 300.000 | 10.000 | — | 50.000 | — | 10.000 | 10.000 | — | — | 10.000 | 10.000 | 800.000 |
| Água Vermelha | 64.400 | 800.000 | 400.000 | 10.000 | — | 200.000 | — | 10.000 | 10.000 | — | — | 10.000 | — | 1.440.000 |
| Barra Bonita | 33.430 | 1.180.000 | 100.000 | 20.000 | — | 100.000 | — | 10.000 | 10.000 | — | — | — | 10.000 | 1.430.000 |
| Bariri | 5.461 | 110.000 | 150.000 | 10.000 | — | 50.000 | — | — | — | — | — | — | — | 320.000 |
| Ibitinga | 12.216 | 200.000 | 150.000 | 10.000 | — | 50.000 | — | 10.000 | — | — | — | — | — | 420.000 |
| Promissão | 58.548 | 400.000 | 300.000 | 20.000 | — | 80.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | — | — | — | 10.000 | 870.000 |
| Nova Avanhandava | 21.700 | 300.000 | 200.000 | 20.000 | — | 70.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | — | — | — | — | 620.000 |
| Jurumirim | 54.648 | 800.000 | 600.000 | 25.000 | — | 200.000 | 20.000 | — | — | — | — | — | — | 1.645.000 |
| Xavantes | 42.760 | 430.000 | 400.000 | 20.000 | — | 200.000 | 10.000 | — | — | — | — | — | — | 1.060.000 |
| Salto Grande | 1.587 | 300.000 | 50.000 | 10.000 | — | 100.000 | 10.000 | — | — | — | — | 20.000 | — | 490.000 |
| Capivara | 64.405 | 800.000 | 300.000 | 25.000 | — | 80.000 | 20.000 | 10.000 | 10.000 | — | — | 120.000 | — | 1.365.000 |
| Caconde | 3.737 | 50.000 | 70.000 | 20.000 | — | 50.000 | — | — | — | — | — | — | — | 190.000 |
| Euclides da Cunha | 144 | 50.000 | 50.000 | — | — | 25.000 | — | — | — | — | — | — | — | 125.000 |
| Limoeiro | 269 | 80.000 | 80.000 | — | — | 25.000 | — | — | 10.000 | — | — | — | — | 195.000 |
| Jaguarí | 7.000 | 300.000 | 200.000 | — | 25.000 | 50.000 | 25.000 | — | — | 25.000 | 25.000 | — | — | 650.000 |
| Paraibuna | 25.356 | 340.000 | 300.000 | — | 25.000 | 50.000 | 25.000 | — | — | 25.000 | 25.000 | — | — | 790.000 |
| TOTAL | | 7.670.000 | 4.150.000 | 230.000 | 50.000 | 1.480.000 | 140.000 | 100.000 | 100.000 | 50.000 | 50.000 | 180.000 | 40.000 | 14.240.000 |

ANEXO VII

PROGRAMA DE FOMENTO À PISCICULTURA EM PROPRIEDADES RURAIS

PERÍODO: 04/82 a 03/83

| AQUICULTURA | | | | | | |
|--|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Espécies | Jupia | Promissão | S. Grande | Paraibuna | Barra Bonita | Total |
| Tilápia-do-nylo (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 12.415 | 62.929 | 90.995 | 27.520 | 26.807 | 220.666 |
| Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>) | 23.397 | 12.544 | 33.685 | 21.135 | 55.275 | 146.036 |
| Curimbatá (<i>Prochilodus scrofa</i>) | 16.758 | 10.419 | 125.475 | 3.625 | 3.900 | 160.177 |
| Apaiari (<i>Astronotus ocellatus</i>) | 2.865 | 4.030 | — | — | — | 6.895 |
| Sardinha (<i>Triportheus a. anzulatus</i>) | 8.450 | 9.621 | — | — | — | 18.071 |
| Lambari (<i>Astyanax spp</i>) | — | — | 650 | 1.600 | — | 2.250 |
| Trairão (<i>Hoplias lacerdae</i>) | 185 | — | 15.631 | — | — | 15.816 |
| Black-bass (<i>Micropterus salmoides</i>) | — | — | 4.100 | — | — | 4.100 |
| Piava (<i>Leporinus spp</i>) | — | 9.560 | — | — | — | 9.560 |
| Piapara (<i>Leporinus obtusidens</i>) | — | 14 | — | — | — | 14 |
| Bagre (<i>Rlundia spp</i>) | — | 10 | 1.311 | — | — | 1.321 |
| Tucunará (<i>Cichla ocellaris</i>) | — | 8 | — | — | — | 8 |
| Pacu-guaçu (<i>Colossoma mitrei</i>) | — | 1.634 | — | — | — | 1.634 |
| Dourado (<i>Salminus marillosus</i>) | — | 4 | — | — | — | 4 |
| TOTAL | 64.070 | 110.773 | 271.847 | 53.880 | 85.982 | 586.552 |

ATUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA DA COPEL EM PROL DO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Frederico Reichmann Neto*
Luiz Carlos Freitas**
Luiz Benedito Xavier da Silva***

RESUMO

O presente trabalho faz uma descrição sumária das atividades e objetivos básicos do Departamento de Ecologia da COPEL, relacionando os trabalhos técnicos publicados ou em fase de publicação.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de os empreendimentos hidrelétricos e termoeletricos causarem impactos ambientais de proporções diversas, somente agora estão sendo estudadas normas de ações padronizadas que amenizem os problemas causados por essas obras de engenharia. Em decorrência deste fato, as estruturas de ecologia do setor energético brasileiro sofrem restrições financeiras, limitando suas ações no cumprimento da legislação vigente, que é farta mas não é cumprida, devido à displicência das sanções previstas.

Numa retrospectiva do Setor, enumeram-se sete empresas de energia elétrica que executam atividades de meio ambiente centralizadas numa única estrutura; quatro, em que as atividades são realizadas por mais de um órgão; três, que executam trabalhos de ecologia, porém não possuem estrutura em seus organogramas, e dezenove, nas quais essa atividade ainda não existe.

Segundo documento que está sendo elaborado pela ELETROBRÁS, com o apoio de suas concessionárias, o inventário de uma bacia hidrográfica deverá considerar os seguintes aspectos de meio ambiente:

- Estudos integrados de geossistemas
 - Geologia;
 - Geomorfologia;
 - Clima;
 - Solo;
 - Qualidade da água.
- Elementos bióticos do meio ambiente
 - Flora;
 - Fauna.
- Elementos sócio-econômicos e culturais
 - População urbana e rural;
 - Reservas indígenas;
 - Atividades econômicas;
 - Infra-estrutura regional;
 - Patrimônios paisagísticos, culturais, arqueológicos e históricos;
 - Saúde pública e educação;
 - Áreas especiais de preservação permanente.

* Eng^o Florestal (Ms.C) Gerente do Departamento de Ecologia — COPEL.

** Médico Veterinário — Gerente do Setor de Aqüicultura do Departamento de Ecologia — COPEL.

*** Eng^o Florestal (Ms.C) — Gerente da Divisão Florestal do Departamento de Ecologia — COPEL.

Contudo, a análise desses fatores na fase de inventário de uma bacia hidrográfica não implica, necessariamente, em providências adequadas das concessionárias. Muitas soluções ecológicas requerem pesquisas devido à carência de conhecimentos técnicos, para as condições geográficas regionais. Esse fato e a inexistência de recursos específicos para o setor têm sido os pontos críticos para a evolução normal desta atividade no setor energético.

A COPEL mantém um Departamento de Ecologia, com estrutura organizacional pequena, que tem procurado desenvolver um trabalho sério, em vista das limitações existentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Objetivos do Departamento de Ecologia da Copel.

A Companhia Paranaense de Energia – COPEL começou as atividades de meio ambiente no final da década de sessenta, quando elaborou dois projetos de reflorestamento para usufruir de incentivos fiscais. Esses projetos foram bloqueados pela Portaria nº 2.139/69 do MME, que delegou à ELETROBRÁS a coordenação dos incentivos fiscais de suas concessionárias, canalizando-os para as áreas da SUDAM e SUDENE.

No entanto, para atender aos projetos, foi montado um viveiro florestal na Hidrelétrica Júlio de Mesquita Filho, que em 1973 deu origem à Divisão Florestal. Em 1974, incorporou as atividades de aquicultura, passando a denominar-se Setor de Controle Ecológico. Posteriormente, Assessoria de Ecologia, Núcleo de Ecologia e, atualmente, Departamento de Ecologia, vinculado à Superintendência de Geração da Diretoria de Operações. (Fig. 1).

2.2. Estrutura Executiva.

Além de pessoal próprio, o Departamento de Ecologia da COPEL conta com três estruturas de vínculo técnico, respectivamente, nas Hidrelétricas Governador Bento Munhoz da Rocha Netto, Júlio de Mesquita Filho e Salto Segredo.

No seu quadro de pessoal, o Departamento de Ecologia mantém 3 engenheiros florestais, 1 médico veterinário, 1 biólogo, 3 técnicos florestais, 2 auxiliares de subsistência e uma estrutura administrativa de apoio, com 3 pessoas. (Fig. 2).

2.2.1. Divisão florestal.

Devido à sua estrutura reduzida, mantendo basicamente pessoal de supervisão e fiscalização, a Divisão Florestal normalmente utiliza a infra-estrutura de equipamentos, pessoal e empreiteiros dos órgãos para os quais presta serviços, seja em obras, hidrelétricas em operação ou em superintendências regionais.

Para o atendimento às necessidades de mudas florestais ou ornamentais, há dois viveiros, um na Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto e outro em Júlio de Mesquita Filho.

2.2.2. Setor de Aquicultura.

O Setor de Aquicultura centraliza suas atividades basicamente no Posto de Piscicultura da Hidrelétrica Governador Parigot de Souza.

Considerada uma unidade piloto, o Posto está dimensionado para atender aos reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba: Capivari (Hidrelétrica Governador Parigot de Souza), Guaricana e Vossoroca.

Em suas instalações, são estudadas e produzidas espécies de peixes para povoamentos de reservatórios, atendendo assim à Portaria da SUDEPE 001/77, que regulamenta essa atividade para entidades que exploram o potencial hídrico dos grandes rios brasileiros.

Os objetivos básicos do Departamento de Ecologia da COPEL podem ser resumidos no seguinte:

- Assessoramento às Unidades da COPEL com problemas de envolvimento ecológico no âmbito de influência de suas instalações.

- Projetos e execução de pesquisas voltadas à ecologia de bacias hidrográficas, fornecendo subsídios para inovar ou aprimorar soluções corretivas de obras hidrelétricas e outras instalações.

- Acompanhamento dos ecossistemas de reservatórios e suas áreas de influência, com vistas à racionalização de seus usos múltiplos, sem prejuízo da hidroeletricidade.
- Planejamento e execução de programas de florestamento ou reflorestamento ciliares nos reservatórios da COPEL.
- Planejamento e execução de programas de piscicultura nos reservatórios da COPEL e rios em que este se encontram, estudo da ictiofauna e seleção de espécies recomendadas para peixamentos.
- Estudo da fauna e flora silvestres nas regiões de influência das grandes instalações da COPEL, fornecimento de alternativas preservacionistas.
- Estudo de biomassa florestal, seleção de espécies adequadas e utilização deste energético em substituição aos derivados de petróleo.

Apesar de a COPEL ter sido cadastrada na ELETROBRÁS como tendo apenas um único órgão executor de sua política ambiental, as atividades pertinentes às populações, infra-estrutura regional, saúde pública e educação, geologia e geomorfologia, são de responsabilidade de outros departamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Síntese das principais atividades.

O trabalho de maior relevância do Departamento de Ecologia foi realizado na Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia), onde a preservação ambiental iniciou-se na mesma época em que tiveram início as obras civis. Desta forma, o impacto da construção foi sendo amenizado paulatinamente, em consonância com o cronograma construtivo. Como resultado desta metodologia, destaca-se a recuperação e reintegração paisagística de toda a área do canteiro de obras, arborização e paisagismo da vila residencial, no período construtivo, e sua reorganização para a fase operativa, além de várias pesquisas florestais.

Foi realizada a Operação de Salvamento da Fauna, no período de enchimento, inclusive com o traslado dos peixes que ficaram confinados nas locas do rio, a jusante da barragem para montagem, no reservatório em formação.

Na hidrelétrica Governador Parigot de Souza foi realizado, durante dois anos, o levantamento estatístico da ictiofauna do reservatório. Posteriormente, foram feitos peixamentos anuais, atendendo à Portaria 001/77, da SUDEPE.

Foi recuperada a "área de empréstimo" próxima à barragem, pelo processo de revegetalização com espécies florestais e rastejantes apropriadas.

Na Hidrelétrica Júlio de Mesquita Filho, todo o canteiro de obras foi reintegrado à paisagem regional. Foram concluídas pesquisas florestais, e outras estão em fase de observação de campo.

3.2. TRABALHOS TÉCNICOS PUBLICADOS

REICHMANN NETO, F. Bicuiba (*Virola oleifera*); aspectos dendrológicos da espécie e descrição macro e microscópica da madeira. *Floresta*, 6(1):36-42, 1975.

XAVIER DA SILVA, L.B. Parcelas permanentes e análises comparativas para espécies nativas e exóticas implantadas no Sudoeste Paranaense. *Floresta*, 6(1):54-66, 1975.

MEIO AMBIENTE. FOZ DO AREIA. *Construção Pesada*, 9(102):102-5, 1979.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. *Relatório de Atividades* (documento interno), 1972–1980.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. *Energia e Meio Ambiente. Brasil Madeira*, 1977.

- REICHMANN NETO, F. Revegetação de áreas marginais a reservatórios de hidrelétricas. PRINTEC 03/79 – COPEL. In: Anais do III Congresso Florestal Brasileiro e Anais do IV Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais.
- XAVIER DA SILVA, L.B. Avaliação do comportamento inicial de diversas essências nativas e exóticas. Fundação Cultural de Curitiba, 1978 (Trabalho classificado no Concurso de monografias. Prêmio de Ecologia Cidade Curitiba).
- REICHMANN NETO, F. Recomposição vegetal com espécies florestais e forrageiras em “áreas de empréstimo” da Hidrelétrica Governador Parigot de Souza. Universidade Federal do Paraná, 1981.
- XAVIER DA SILVA, L.B.; REICHMANN NETO, F. & VIRMOND TORRES, M.A. Espécies florestais nativas e exóticas pesquisadas pela COPEL em povoamentos plantados no Estado do Paraná. In: Anais do IV Congresso Florestal Brasileiro, 1982.
- XAVIER DA SILVA, L.B.; & REICHMANN NETO, F. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. In: Anais do IV Congresso Florestal Brasileiro, 1982.
- REICHMANN NETO, F.; & XAVIER DA SILVA, L.B. Aproveitamento de áreas marginais a reservatórios de hidrelétricas. In: Anais do IV Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais “bracatinga, uma alternativa para reflorestamento”.
- REICHMANN NETO, F.; & SANTOS FILHO, A. Desenvolvimento de solos em “áreas de empréstimo”, resultante do plantio de gramíneas e bracatinga. Anais do Congresso Nacional sobre essências nativas, 1982. *Paraná Florestal*, 1(1):10-11, 1982.
- REICHMANN NETO, F. Recomposição vegetal com espécies florestais e rastejantes em “áreas de empréstimo” da Hidrelétrica Governador Parigot de Souza (complementar). In: Anais do Congresso Nacional sobre essências nativas, 1982.

3.3. TRABALHOS TÉCNICOS A SEREM PUBLICADOS

- FREITAS, L.C. Aclimação de truta arco-íris (*Salmo irideus*) Gibbons. Criação por reprodução artificial. Trabalho concorrente no Concurso de Monografias. Prêmio de Ecologia Cidade de Curitiba, 1978.
- TOMASELLI, I; XAVIER DA SILVA, L.B.; & REICHMANN NETO, F. Estudo comparativo para energia entre 23 espécies florestais (estudo complementar), 1982. Anais de IUFRO – All Division Five Conference, Madison Wisc. USA, jul. 1983.
- FREITAS, L.C.; & LUDWIG, L.A.M. Cultivo da truta arco-íris (*Salmo irideus*) Gibbons, em diferentes níveis de concentração em tanques, 1982.
- REICHMANN NETO, F.; & FREITAS, L.C. Operação de Salvamento da Fauna (Projeto e relatório final), 1980.

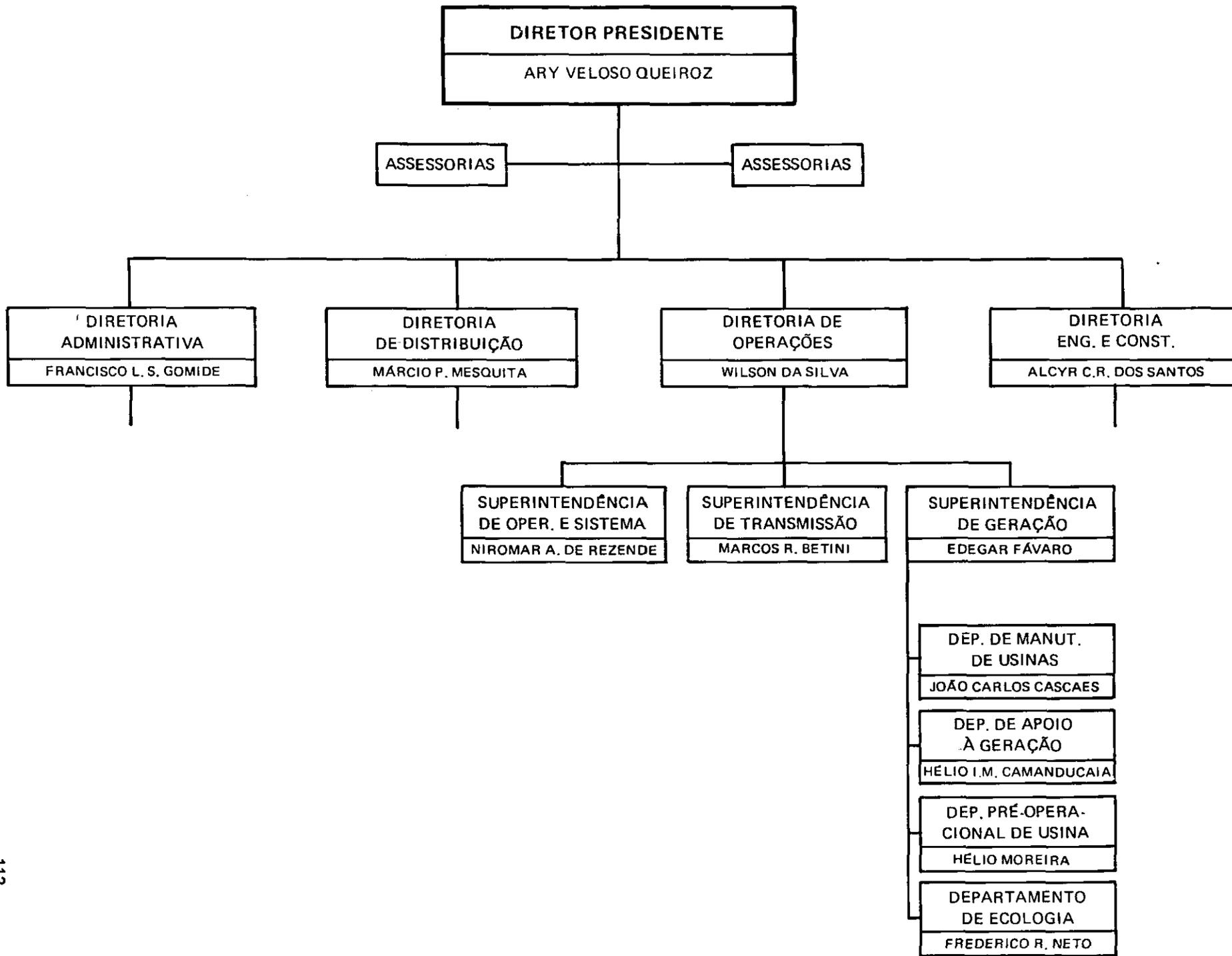
4. CONCLUSÃO

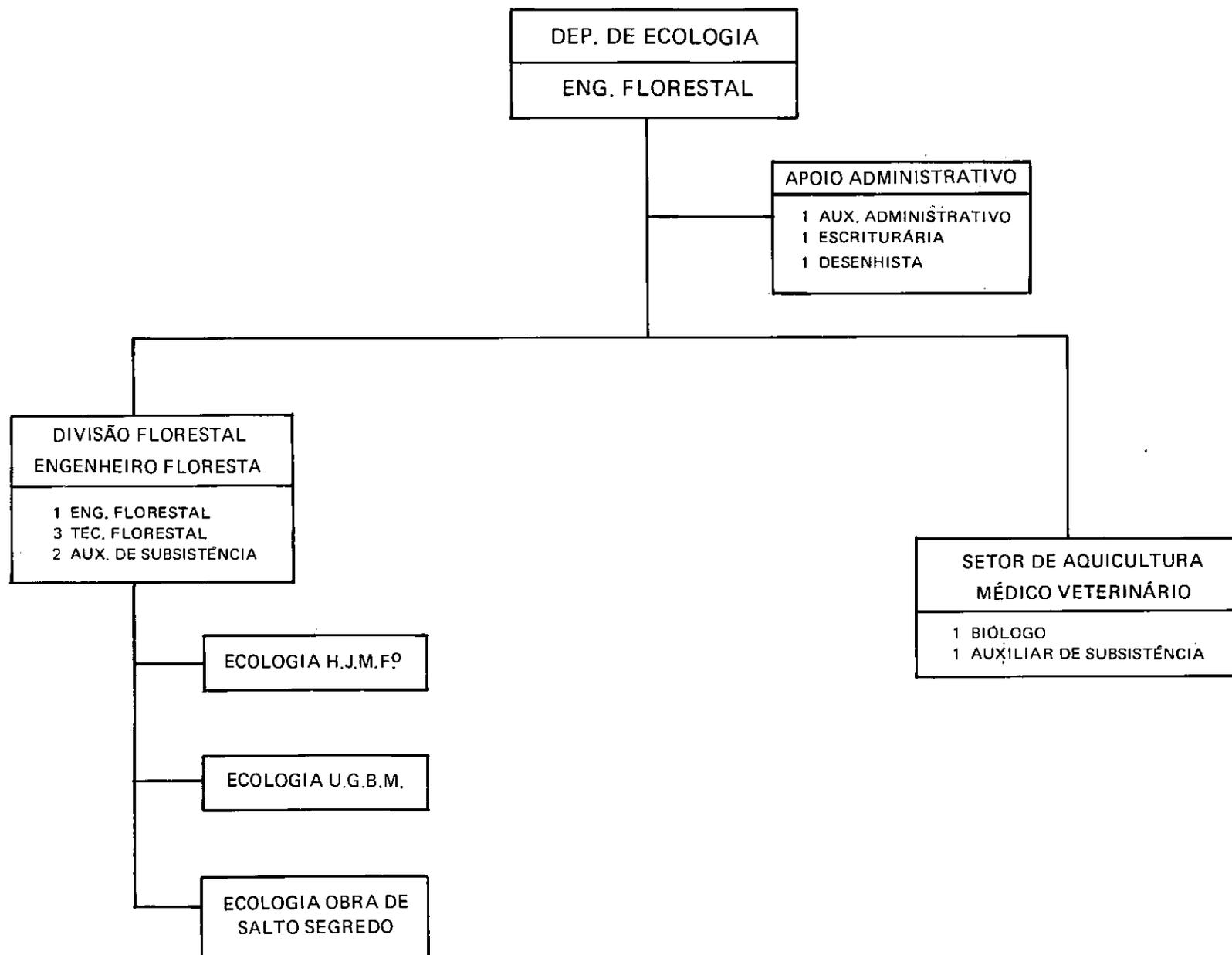
A atividade de ecologia no setor energético brasileiro ainda está incipiente e não conta com padrões definidos. Prova disto é o esforço da ELETROBRÁS para desenvolver o “Manual de Estudos Ambientais dos Sistemas Elétricos”, que regulamentará as providências necessárias ao aproveitamento do potencial hídrico brasileiro, a partir das primeiras avaliações das bacias hidrográficas.

Os trabalhos conservacionistas feitos atualmente pelas concessionárias de energia normalmente não abrangem todos os itens relacionados pela ELETROBRÁS. Pelo contrário, restringem-se a poucas as atividades para onde são centralizadas os esforços. Exemplo disto é a ênfase dada pela CEMIG, FURNAS, CEEE e CESP para a piscicultura.

A COPEL tem por norma cuidar das áreas circunvizinhas às obras de engenharia, onde o impacto ambiental é

mais acentuado e, também, canaliza esforços na aqüicultura basicamente na Região Metropolitana de Curitiba. Nesta filosofia, desenvolveram-se vários estudos que poderão fornecer subsídios no futuro, quando o manejo das bacias hidrográficas deverá ser feito de forma integrada pelas entidades responsáveis.





R. Fendrich*
O. Bizzoni**
E. S. Nagashima***

RESUMO

A Universidade Católica do Paraná, através do Instituto de Saneamento Ambiental - ISAM, instalará, em convênio de cooperação técnica com o DNAEE, na Região Metropolitana de Curitiba, a Bacia Hidrográfica Experimental do Rio Passaúna, que deverá cumprir dois objetivos principais: O primeiro, no plano didático, e o segundo, no plano de pesquisas aplicadas. O didático, para atender os cursos de Engenharia Civil, Biologia e Química da UCP através de aulas práticas de campo e no laboratório de análises. O de pesquisas, para fomentar o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de Hidrologia e Saneamento no ISAM, visando a quantificação e qualificação dos recursos hídricos da Bacia.

1. INTRODUÇÃO

O Acordo de Cooperação Técnica entre a Universidade Católica do Paraná e o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – 2º Distrito para a instalação da Bacia Hidrográfica Experimental do Rio Passaúna, na Região Metropolitana de Curitiba, se reveste de importância para as duas entidades, uma vez que vem de encontro aos objetivos de cada uma delas.

Para a UCP, destacam-se as atividades de ensino e de pesquisa, definindo, desta maneira, dois planos de atuação por parte da Universidade:

- Plano didático;
- Plano de pesquisas aplicadas.

Através destes dois planos, a UCP atingirá um de seus objetivos, que é estender à comunidade, sob a forma de atividades de ensino e de pesquisa, o desenvolvimento do País.

O DNAEE, responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos em todo Território Nacional, atenderá um dos seus objetivos, que é fomentar as pesquisas hídricas no campo científico e tecnológico.

2. OBJETIVOS DA INSTALAÇÃO

Os objetivos de tal empreendimento podem ser enumerados de acordo com as metas a serem atingidas a médio e longo prazos, uma vez que a implantação de uma bacia hidrográfica experimental é feita de forma gradativa ao longo do tempo, devido à complexidade dos fatores que a envolvem.

O principal desses fatores é a obtenção de uma série histórica de dados, com vários anos de observação para podermos traçar comparativos entre bacias hidrográficas e daí, possuir consistência nos dados a serem utilizados no desenvolvimento de pesquisas nas áreas de Hidrologia e Saneamento.

Nas atividades de pesquisa na Bacia do Rio Passaúna os objetivos a serem atingidos são os seguintes:

- 1) Coleta, processamento e análise de dados hidrológicos;

* *Chefe do Núcleo de Hidrologia do Instituto de Saneamento Ambiental e Professor Assistente dos Departamentos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR.*

** *Engenheiro Civil, Chefe do Setor de Hidrologia do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – 2º Distrito, Curitiba - PR.*

*** *Engenheiro Civil, SUREHMA, Curitiba - PR.*

- 2) Estudo de fases do ciclo hidrológico;
- 3) Difusão das informações hidrológicas;
- 4) Caracterização e controle da qualidade da água;
- 5) Preservação dos mananciais;
- 6) Desenvolvimento de pesquisas científicas e aplicadas;
- 7) Divulgação dos resultados obtidos nas pesquisas.

3. HISTÓRICO

Sob a ótica dos problemas envolvidos no domínio dos recursos hídricos e fundamentando-se nas indicações recomendadas no "Representative and Experimental Basins — An International Guide for Research and Practice", de que a escolha de uma Bacia Hidrográfica Experimental seja de tamanho médio, 200—250 km², a fim de que posteriormente a mesma possa ser transformada em Representativa da Região, levou a escolha da Bacia do Rio Passaúna, afluente da margem direita do Rio Iguaçu, com área de drenagem igual a 213,85 km². A localização da Bacia está indicada na Figura 1.

Analisando todas as informações disponíveis sobre várias bacias no Alto Rio Iguaçu para servirem como Experimental, a Bacia do Rio Passaúna apresentou-se como a melhor e mais indicada, pelos seguintes aspectos principais:

- a) Facilidade de acesso por estar situada próxima à cidade de Curitiba;
- b) Menos sujeita a enchentes;
- c) Propiciar estudos de qualidade da água, uma vez que está sofrendo uma ocupação gradativa de sua área por indústrias e pela expansão urbana das cidades de Curitiba e Araucária;
- d) Futuro manancial abastecedor da Cidade Industrial de Curitiba — CIC e da região Oeste de Curitiba;
- e) Propiciar estudos hidrológicos, principalmente no que se refere à precipitação sobre a bacia e escoamento superficial, porque a topografia da Bacia mostra que as cabeceiras estão a altitudes de 1.000 m aproximadamente, enquanto que nas proximidades da foz as altitudes situam-se na faixa de 860 m, portanto um desnível de 240 m em uma extensão relativamente pequena, seguindo-se o talvegue do rio principal da Bacia e também estudos de propagação de cheias e transporte de sedimentos no futuro reservatório da SANEPAR;
- f) Presença do aterro sanitário atual da Cidade de Curitiba nas suas cabeceiras, propiciando estudos sobre a destinação final de resíduos sólidos, assim como as influências provocadas pelo chorume na qualidade de suas águas.

Estes aspectos principais conduzem à conclusão de que a Bacia do Rio Passaúna oferece condições amplas e favoráveis ao desenvolvimento de pesquisas científicas e aplicadas, nos campos de recursos hídricos e saneamento. Deste modo, as duas entidades envolvidas no Acordo de Cooperação Técnica, UCP—DNAEE, propõe a Bacia do Rio Passaúna para servir de Bacia Hidrográfica Experimental da Região Metropolitana de Curitiba.

4. INSTRUMENTAÇÃO

As estações hidrométricas a serem instaladas na Bacia do Rio Passaúna estão resumidas na Tabela 1 e a localização das mesmas na Figura 2.

Além das estações indicadas na Tabela 1, pretende-se a instalação de uma estação climatológica completa, três sedimentométricas e seis piezométricas.

Os dez pontos de coleta para determinação da qualidade da água estão indicados na Figura 2.

As estações a serem instaladas na Bacia do Rio Passaúna, em resumo são:

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| — Pluviométrica | — 6 |
| — Pluviográfica | — 2 |
| — Fluviométrica | — 6 (+ 2 R _{máx}) |
| — Fluviográfica | — 5 |
| — Sedimentométrica | — 3 |
| — Piezométrica | — 6 |
| — Climatológica | — 1 |
| — Qualidade da água | — 10 |

5. ESTUDOS REALIZADOS

Até o presente momento, o único estudo realizado na Bacia do Rio Passaúna foi o da determinação das características físicas.

Segundo Villela e Mattos (1975), podemos definir Bacia Hidrográfica como sendo uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, tal que, toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída.

5.1. Características Físicas

Para o estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna contou-se com o apoio do mapa na escala 1:50.000 obtido na Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC – Folhas: (SG-22-X, D-1-3; SG-22-X, D-IV-1).

O Rio Passaúna é afluente do Rio Iguazu pela margem direita, nascendo entre as Serras de São Luiz e Bocaína a uma altitude de 1.040 m. Sua bacia até a confluência no Rio Iguazu abrange uma área de 213,85 km² e está compreendida entre os meridianos 49°19'30" e 49°31'30" de Longitude Oeste e os paralelos 25°18'30" e 25°35'00" de Latitude Sul.

A Bacia do Rio Passaúna possui como vizinhas a do Rio Barigüi pela esquerda, e do Rio Verde, pela direita. O Rio Passaúna apresenta pequenos tributários, entre os quais se destacam pela margem direita: Rio Taquarova, Rio da Ferraria, Rio Cachoeirinha e Rio Juruqui; sendo que a margem esquerda por se aproximar bastante do divisor não apresenta afluentes significativos.

5.1.1. Área de Drenagem

A área de drenagem de uma bacia é a área plana (projeção horizontal) inclusa entre os seus divisores topográficos.

A área da bacia em estudo foi determinada por planimetria no mapa na escala 1:50.000, resultando em 213,85 km².

5.1.2. Coeficiente de Compacidade

É a relação entre o perímetro e a circunferência de um círculo de área equivalente à da bacia, que dá o índice indicativo de maior ou menor tendência para enchentes em uma bacia.

Para se determinar o perímetro da bacia em estudo, utilizou-se curvímeter, obtendo-se o valor de P = 90,5 km.

Sabendo-se que:

$$A = \pi R^2 \quad (1)$$

$$K_c = \frac{P}{2 \pi R} \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2), temos:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

Onde:

P = perímetro da bacia, em km

A = área da bacia em km²

$$K_c = 0,28 \times \frac{90,50}{\sqrt{213,85}}$$

$$K_c = 1,733$$

5.1.3. Fator de forma

Fator de forma, K_f , é a relação entre a largura média (\bar{L}) e o comprimento axial da bacia (L), que fornece também um índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia.

Para se determinar o comprimento da bacia (L), segue-se o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia, obtendo-se o valor: $L = 49$ km.

O Fator de forma é expresso por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} \tag{4}$$

mas

$$\bar{L} = \frac{A}{L} \tag{5}$$

logo

$$K_f = \frac{A}{L^2} \tag{6}$$

O fator de forma da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna é obtido por:

$$K_f = \frac{213,85}{49^2}$$

$$K_f = 0,089$$

Os valores do coeficiente de compactidade e do fator de forma indicam que se trata de uma bacia estreita e alongada, portanto com menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo toda sua extensão, podendo-se concluir que a Bacia não é muito sujeita a enchentes.

5.1.4. Ordem dos Cursos D'Água

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários. O estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois indica a maior ou a menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

A ordem dos rios reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. Utilizando-se do mapa detalhado da bacia e seguindo o critério de Strahler elabora-se a ordenação dos rios. Foram consideradas de 1ª ordem as correntes que não possuem tributários; na junção de 2 canais de 1ª ordem é formado um segmento de 2ª ordem, e assim sucessivamente: dois rios de ordem n darão lugar a um rio de ordem $n + 1$. Na Figura 3, apresenta-se o mapa da bacia, com os rios ordenados.

5.1.5. Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Este índice é expresso

pela relação entre o comprimento total dos cursos de água da bacia (L) e a sua área total (A), através da expressão.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (7)$$

No caso da Bacia do Rio Passaúna, obteve-se o comprimento total dos cursos d'água igual a 335 km. De posse deste dado, e da área 213,85 km², obtemos:

$$D_d = \frac{335}{213,85}$$

$$D_d = 1,57 \frac{\text{km}}{\text{km}^2}$$

Como o índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas, pode-se concluir que a Bacia do Rio Passaúna está num termo médio, podendo ser considerada como relativamente bem drenada.

5 1 6 Extensão Média do escoamento Superficial

Este índice é definido como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia. Ele é expresso pela equação:

$$l = \frac{A}{4L_c} \quad (8)$$

ou seja, a extensão do escoamento superficial é igual a um quarto do recíproco da densidade de drenagem, portanto:

$$l = \frac{1}{D_d} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4 \times 1,57} = \frac{1}{6,28}$$

$$l = 0,159 \text{ km}$$

5 1 7 Sinuosidade do Rio Principal

A relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento do seu talvegue (L_t) é denominado sinuosidade do curso d'água (Sin), que é um fator controlador da velocidade de escoamento e é dado pela fórmula:

$$\text{Sin} = \frac{L}{L_t} \quad (9)$$

No caso da Bacia do Rio Passaúna, temos:

$$\text{Sin} = \frac{49}{39}$$

$$\text{Sin} = 1,256$$

5.1.8. Declividade da Bacia

O relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação, a evaporação, etc., são afetadas pela altitude da bacia.

Para se determinar a distribuição porcentual das declividades dos terrenos da bacia do Rio Passaúna, utilizou-se o método das quadrículas associadas a um vetor, ou seja, obteve-se uma amostragem estatística de declividades normais às curvas de nível em um grande número de pontos da bacia. Estes pontos foram locados no mapa, na escala 1:50.000, por meio de um quadriculado de um quilômetro de lado. Em cada um dos pontos de intersecção do quadriculado fez-se uma determinação da declividade, obtendo-se então a série de valores apresentada na Tabela 2.

O gráfico da Figura 4 mostra a curva de distribuição de declividade da bacia, obtida com valores da Tabela 2, plotando-se as declividades (limites inferiores), coluna 1, em função das porcentagens acumuladas, coluna 4, obtendo-se uma declividade média da bacia igual a 0,00832 m/m.

5.1.9. Curva Hipsométrica

É a representação gráfica do relevo médio de uma bacia. Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar.

Para determinação da curva hipsométrica da bacia foram planimetradas as áreas entre as curvas de nível, de 20 em 20 m, cujos valores estão indicados na Tabela 3 e o gráfico da curva, na Figura 5.

5.1.10. Altitude Média da Bacia

Através dos dados da Tabela 3, determinou-se o valor da altitude média da bacia pela equação:

$$E = \frac{\sum e a}{A} \quad (10)$$

onde:

E = altitude média

e = altitude média entre duas curvas de nível consecutivas

a = área entre as curvas de nível

A = área total da bacia = 213,85 km²

Da Tabela 3:

$$\sum e a = 204.285,50$$

$$E = \frac{204.285,50}{213,85}$$

$$E = 955,27 \text{ m}$$

As demais altitudes foram determinadas através do mapa da COMEC, obtendo-se:

– Altitude máxima: máxima cota do divisor da bacia = 1.112 m

– Altitude mínima: mínima cota do divisor da bacia = 865 m

A altitude mediana determinou-se com o auxílio do gráfico da curva hipsométrica, em 50%, obtendo-se um valor igual a 936,00 m.

5.1.11. Declividade do Álveo

A declividade de um curso d'água, entre dois pontos, é obtida dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água entre esses dois pontos.

Para o Rio Passaúna tem-se uma elevação máxima de 1.040 m, na cabeceira do rio e uma elevação mínima de 865 m, na desembocadura do Rio Iguacu.

Se chamarmos de S₁ a declividade do Rio Passaúna entre a Foz e a nascente teremos:

$$S_1 = \frac{1040 - 865}{49.000} = 0,00357 \text{ m/m}$$

Para se obter a declividade S_2 , montou-se o gráfico do perfil longitudinal do Rio Passanúna, Figura 6, retirando-se as distâncias entre cotas de nível de 20 em 20 m do curso do rio do mapa na escala 1:50.000, obtendo-se os valores constantes na Tabela 4.

Com o gráfico determinou-se o valor de S_2 que é dado pela igualdade da área compreendida entre a curva do perfil e a abcissa e entre a linha S_2 e a abcissa, ou seja:

$$- \text{Área entre a curva do perfil e a abcissa} = 1.608.625,00 \text{ m}^2$$

$$- \text{Área entre a linha } S_2 \text{ e a abcissa} = (49.000 \times y) \cdot \frac{1}{2}$$

$$1.608.625,00 = (49.000 \times y) \cdot \frac{1}{2}$$

$$y = 65,65 \text{ m}$$

$$\text{Cota por onde passa } S_2 : 865,00 + 65,65 = 930,65 \text{ m}$$

$$S_2 = \frac{65,65}{49.000} = 0,00134 \text{ m/m}$$

Outro índice representativo do perfil longitudinal de um curso d'água recebe o nome de declividade equivalente constante, representada pela Linha S_3 , que dá a idéia sobre o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal.

Para determinação deste índice, retiraram-se os dados da Tabela 4, (somatório da Coluna 8) e (somatório da Coluna 2):

$$S_3 = \frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{S_i} \right)} \quad (11)$$

$$S_3 = \left(\frac{49.000}{1.204.465} \right)^2$$

$$S_3 = 0,00165 \text{ m/m}$$

com esta declividade obtém-se a cota por onde passa a linha S_3 :

$$S_3 = \frac{49.000 \times 0,165}{100} = 80,85 + 865,00 = 945,85 \text{ m}$$

5.1.12. Retângulo Equivalente

Foi introduzido por hidrólogos franceses com o intuito de melhor comparar a influência das características da bacia sobre o escoamento.

Constrói-se um retângulo de área igual à da bacia, tal que o lado menor seja ℓ e o lado maior L . Situam-se as curvas de nível paralelas a ℓ , respeitando-se a hipsometria natural da bacia.

Para o cálculo dos lados utilizam-se as equações:

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (12)$$

$$\ell = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (13)$$

onde:

A = área da bacia

K_C = coeficiente de compacidade

Para a bacia do Rio Passaúna temos

A = 213,85 km³ e K_C = 1,733, portanto:

$$L = \frac{1,733 \sqrt{213,85}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,733} \right)^2} \right]$$

$$L = 39,893 \text{ km}$$

$$l = \frac{1,733 \sqrt{213,85}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,733} \right)^2} \right]$$

$$l = 5,385 \text{ km}$$

O gráfico do retângulo equivalente está indicado na Figura 7.

5.1.13. Resumo das Características Físicas

Na Tabela 5, apresentam-se resumidamente as características físicas da Bacia Hidrográfica Experimental do Rio Passaúna.

6. REFERÊNCIAS

MATTOS, A. & VILLELA, S.M. Hidrologia aplicada. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

TABELA 1 – Estações Hidrométricas

| Nº | Nome da estação | Rio ou município | Equipamentos |
|----|------------------------------|---------------------|--|
| 1 | Campo Novo | Almirante Tamandaré | Pluviômetro Pluviógrafo |
| 2 | Mato Limpo | R. Cachoeirinha | Pluviômetro Régua linimétrica Linígrafo |
| 3 | Passaúna de Santa Felicidade | R. Passaúna | Pluviômetro Régua linimétrica Linígrafo |
| 4 | BR - 277 - Campo Largo | R. Passaúna | Pluviômetro Régua linimétrica Linígrafo Régua de máxima |
| 5 | Olaria Pioli | R. Passaúna | Pluviômetro Pluviógrafo Régua linimétrica Linígrafo |
| 6 | Moinho Furman | R. Taquarova | Régua linimétrica |
| 7 | Campina das Pedras | R. Passaúna | Pluviômetro Régua linimétrica Linígrafo Régua de máxima |

TABELA 2 – Distribuição de declividade

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Declividade | Número de ocorrências | Porcentagem do total (%) | Porcentagem acumulada (%) | Declividade média do intervalo | Coluna 2 x Coluna 5 |
| 0,0000 – 0,0080 | 280 | 70,38 | 100,00 | 0,00400 | 1,1200 |
| 0,0081 – 0,0160 | 62 | 15,57 | 29,62 | 0,01205 | 0,7471 |
| 0,0161 – 0,0240 | 33 | 8,27 | 14,05 | 0,02005 | 0,6616 |
| 0,0241 – 0,0320 | 12 | 3,02 | 5,78 | 0,02805 | 0,3366 |
| 0,0321 – 0,0400 | 9 | 2,26 | 2,76 | 0,03605 | 0,3244 |
| 0,0401 – 0,0480 | 1 | 0,25 | 0,50 | 0,04405 | 0,0440 |
| 0,0481 – 0,0560 | 0 | 0 | 0,25 | 0,05205 | 0,0000 |
| 0,0561 – 0,0640 | 0 | 0 | 0,25 | 0,06005 | 0,0000 |
| 0,0641 – 0,0720 | 0 | 0 | 0,25 | 0,06805 | 0,0000 |
| 0,0721 – 0,0800 | 1 | 0,25 | 0,25 | 0,07605 | 0,07605 |
| TOTAL | 398 | 100,00 | | | 3,3097 |
| Declividade média | $= \frac{3,3097}{398} = 0,00832 \text{ m/m}$ | | | | |

TABELA 3 – Curva hipsométrica.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------|-----------------------|----------------------------|---|----------------|----------------|---------------------------|
| Cotas (m) | Ponto médio (m) | Área (km ²) | Área acumulada (km ²) | % Parcial | % Acumulada | Coluna 2 x Coluna 3 |
| 1100 – 1080 | 1090 | 0,15 | 0,15 | 0,069 | 0,069 | 163,50 |
| 1080 – 1060 | 1070 | 0,45 | 0,60 | 0,207 | 0,276 | 481,50 |
| 1060 – 1040 | 1050 | 1,25 | 1,85 | 0,574 | 0,850 | 1.312,50 |
| 1040 – 1020 | 1030 | 3,50 | 5,35 | 1,608 | 2,458 | 3.605,00 |
| 1020 – 1000 | 1010 | 12,30 | 17,65 | 5,651 | 8,109 | 12.423,00 |
| 1000 – 980 | 990 | 20,70 | 38,35 | 9,511 | 17,620 | 20.493,00 |
| 980 – 960 | 970 | 31,30 | 69,65 | 14,381 | 32,001 | 30.361,00 |
| 960 – 940 | 950 | 32,50 | 102,15 | 14,932 | 46,933 | 30.875,00 |
| 940 – 920 | 930 | 33,70 | 135,85 | 15,484 | 62,417 | 31.341,00 |
| 920 – 900 | 910 | 37,35 | 173,20 | 17,161 | 79,578 | 33.988,50 |
| 900 – 880 | 890 | 28,50 | 201,70 | 13,094 | 92,672 | 25.365,00 |
| 880 – 860 | 870 | 15,95 | 213,85 | 7,328 | 100,000 | 13.876,00 |
| TOTAL | | 217,65 | | 100,000 | | 204.285,00 |

TABELA 4 – Perfil longitudinal do rio.

| Cotas (m) | Distância (m) | Distância L (km) | Distância acumulada (km) | Declividade por seg. x20/(2) | $\sqrt{(5)}$ (S _i) | L _{real} (L _i) (km) | L _i /S _i (km) |
|--------------|------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| 1040 | 150 | 0,15 | 0,15 | 0,1333 | 0,3651 | 0,15 | 0,4109 |
| 1020 | 300 | 0,30 | 0,45 | 0,0666 | 0,2581 | 0,30 | 1,1623 |
| 1000 | 1.000 | 1,00 | 1,45 | 0,0200 | 0,1414 | 1,00 | 7,0721 |
| 980 | 1.650 | 1,65 | 3,10 | 0,0121 | 0,1100 | 1,65 | 15,0000 |
| 960 | 2.150 | 2,15 | 5,25 | 0,0093 | 0,0964 | 2,15 | 22,3029 |
| 940 | 4.450 | 4,45 | 9,70 | 0,0045 | 0,0671 | 4,45 | 66,3189 |
| 920 | 5.000 | 5,00 | 14,70 | 0,0040 | 0,0632 | 5,00 | 79,1140 |
| 900 | 16.450 | 16,45 | 31,15 | 0,0012 | 0,0346 | 16,45 | 475,4335 |
| 880 | 17.850 | 17,85 | 49,00 | 0,0011 | 0,0332 | 17,85 | 537,6505 |
| TOTAL | 49.000 | 49,00 | | | | 49,00 | 1.204,4651 |

TABELA 5 – Resumo das características físicas.

| | |
|--|-------------------------|
| Área de drenagem (A): | 213,85 km ² |
| Coefficiente de compactidade (K _c): | 1,733 |
| Fator de forma (K _f): | 0,089 |
| Ordem da bacia: | 5ª Ordem |
| Densidade de drenagem (D _d): | 1,57 km/km ² |
| Extensão média do escoamento superficial (ℓ): | 0,159 km |
| Sinuosidade do rio principal (S _{in}): | 1,256 |
| Declividade média da bacia: | 0,00832 m/m |
| Altitude máxima: | 1 112,00 m |
| Altitude mínima: | 865,00 m |
| Altitude média: | 938,60 m |
| Altitude mediana: | 936,00 m |
| Declividade S ₁ : | 0,00357 m/m |
| Declividade S ₂ : | 0,00134 m/m |
| Declividade S ₃ : | 0,00165 m/m |
| Retângulo equivalente (L): | 39,893 km |
| (ℓ): | 5,385 km |

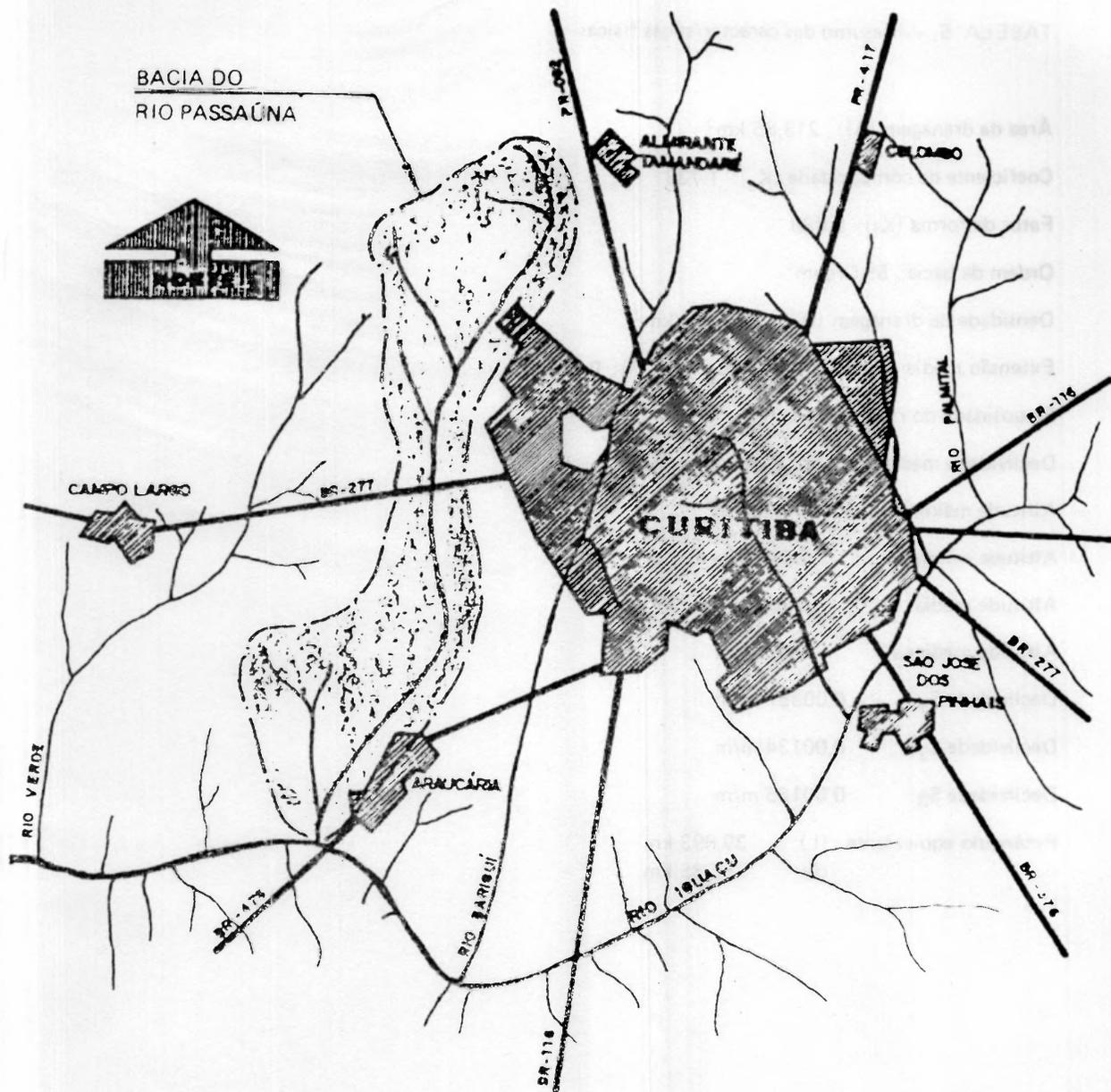


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna

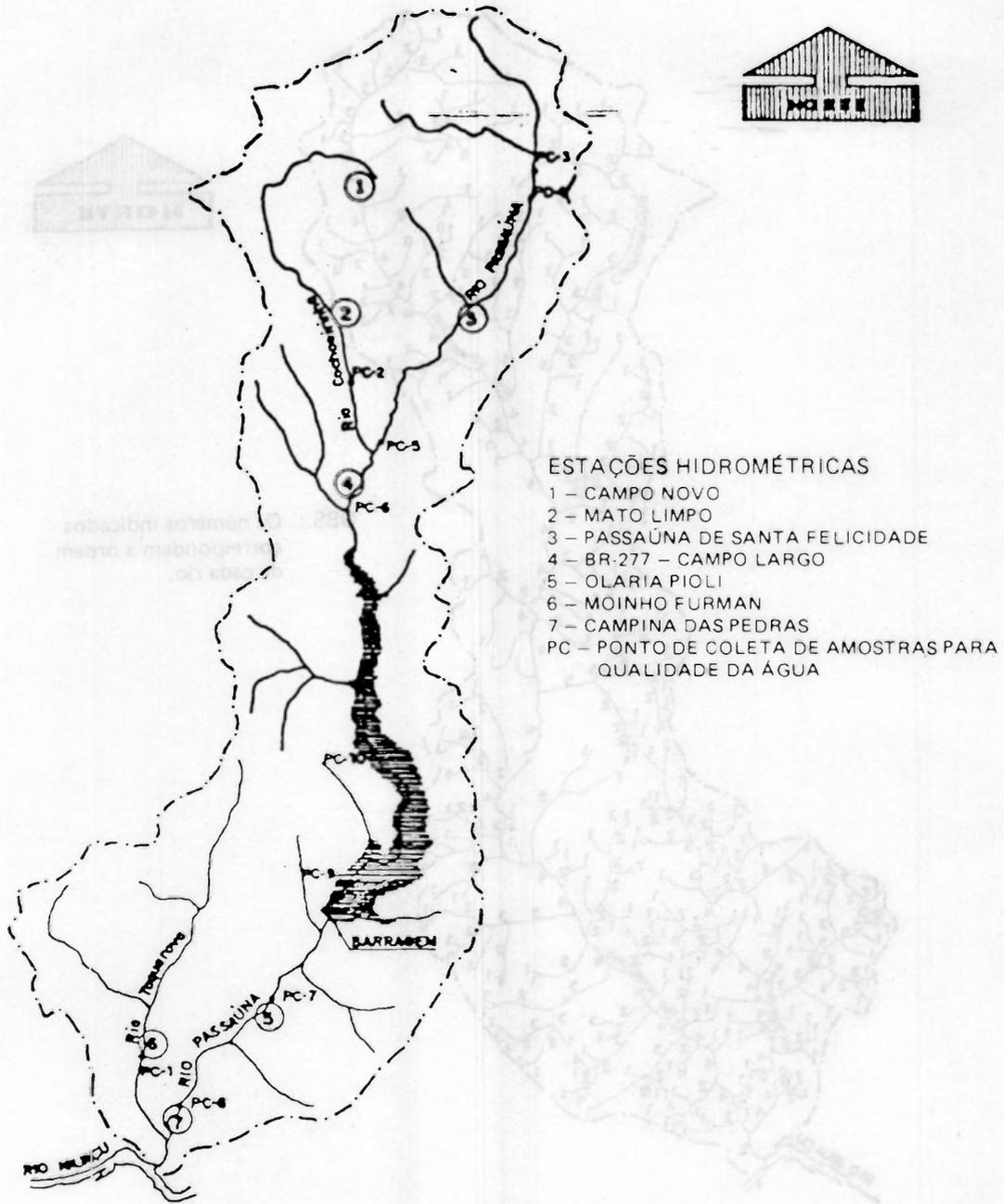


FIGURA 2 - Estações Hidrométricas na Bacia do Rio Passaúna.

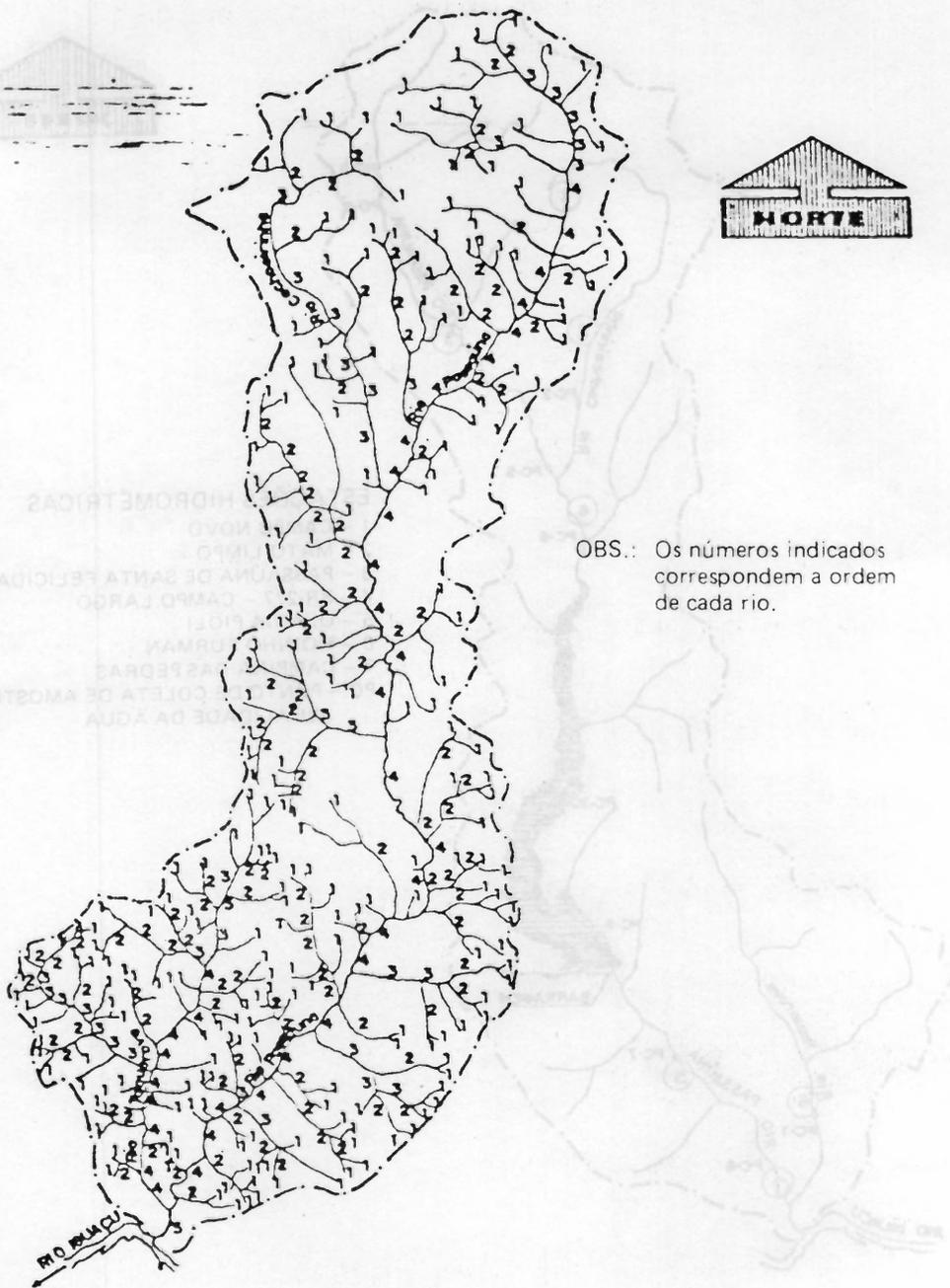


FIGURA 3 — Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna - 5ª Ordem

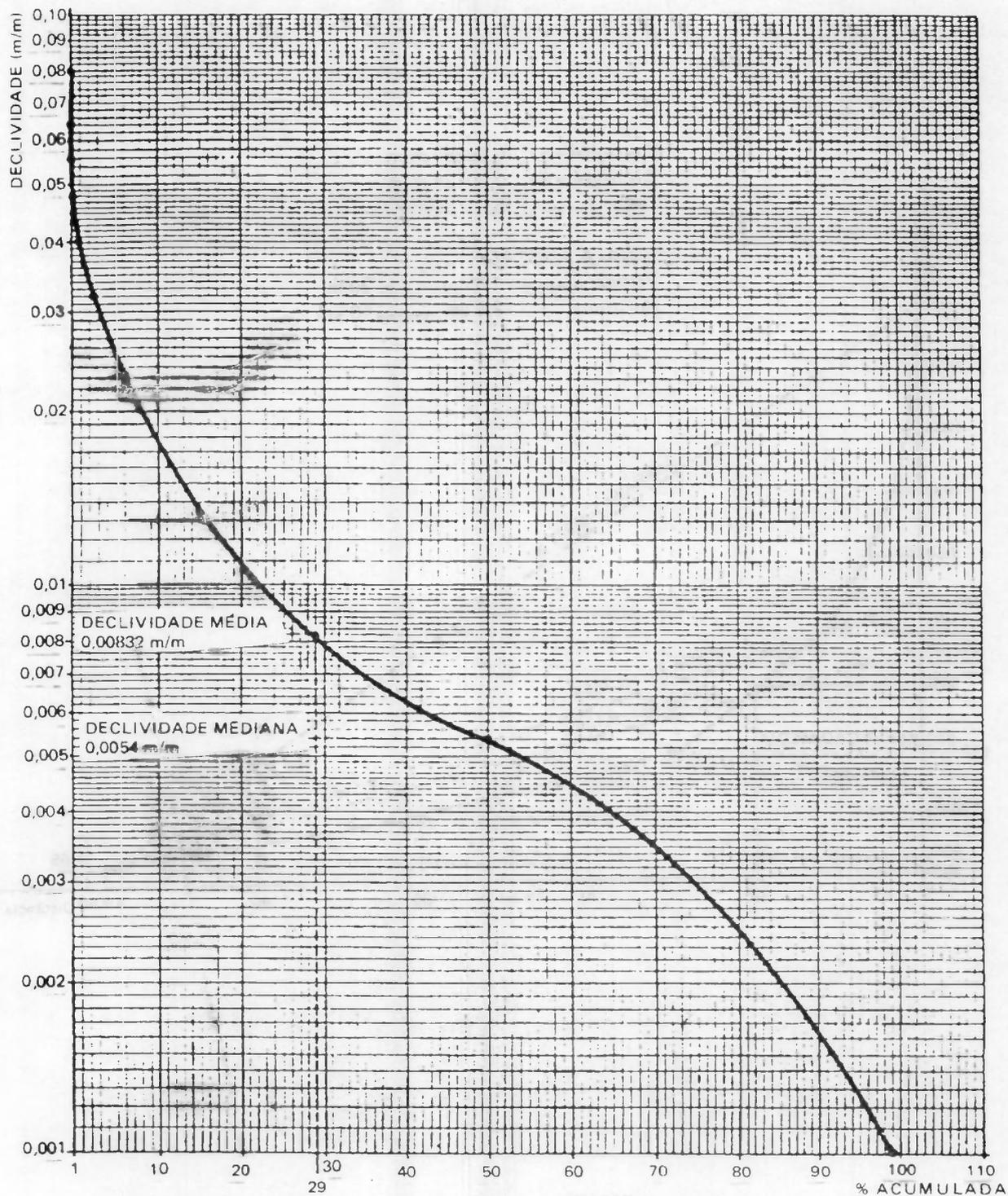


FIGURA 4 – Curva de Distribuição de Declividade da Bacia do Rio Passaúna.

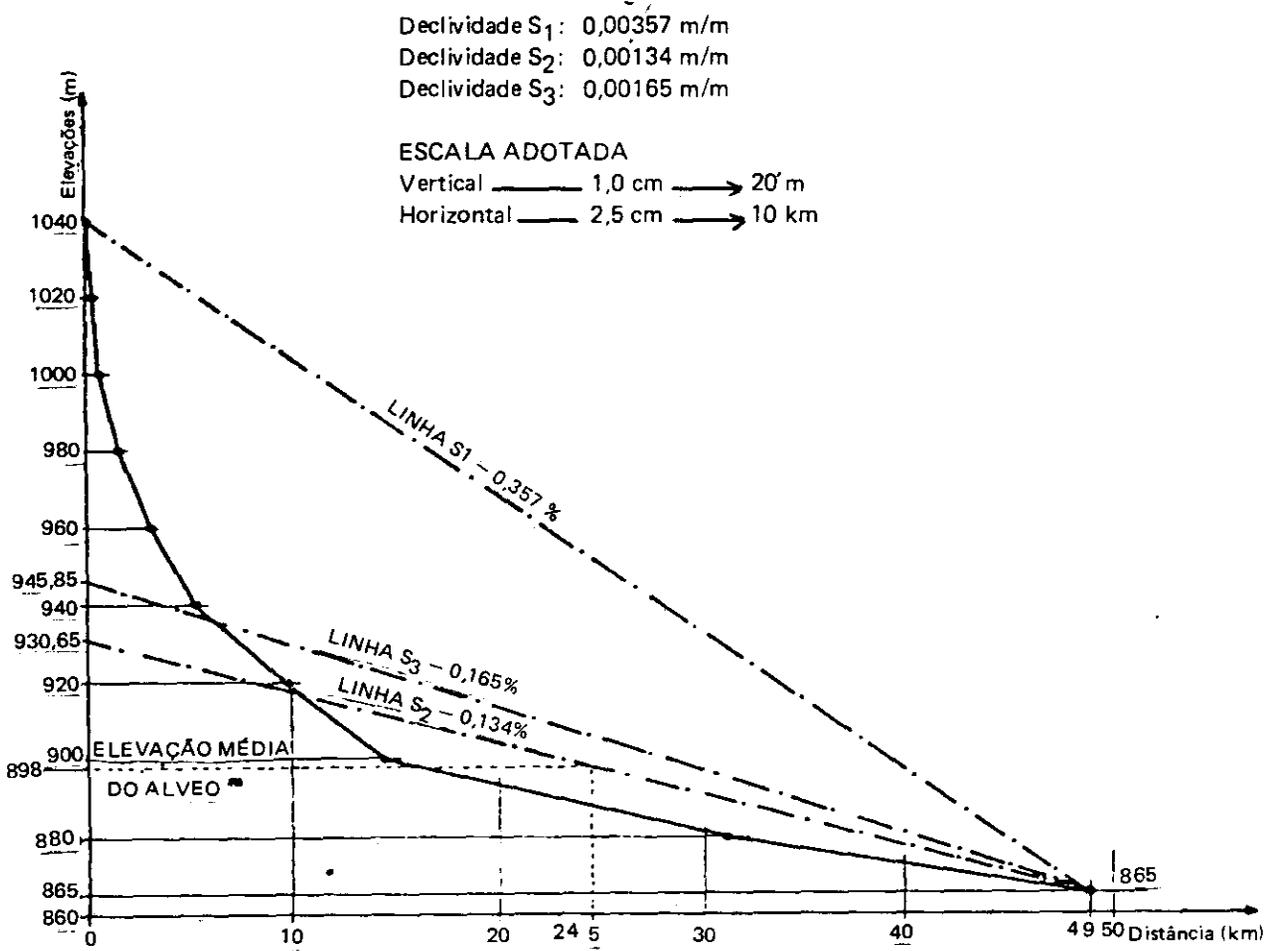


FIGURA 6 – Perfil Longitudinal do Rio Passaúna.

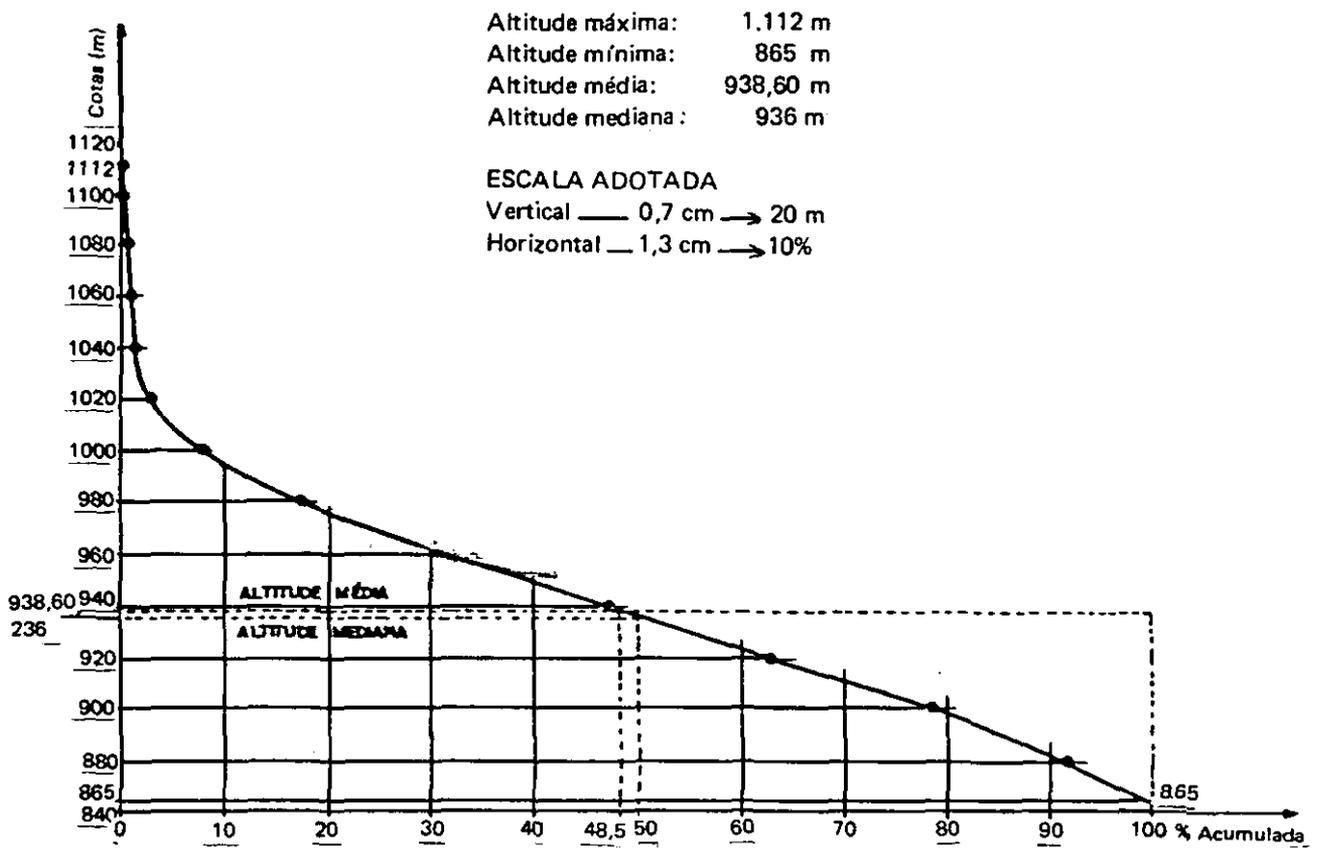


FIGURA 5 – Curva Hipsométrica da Bacia do Rio Passaúna

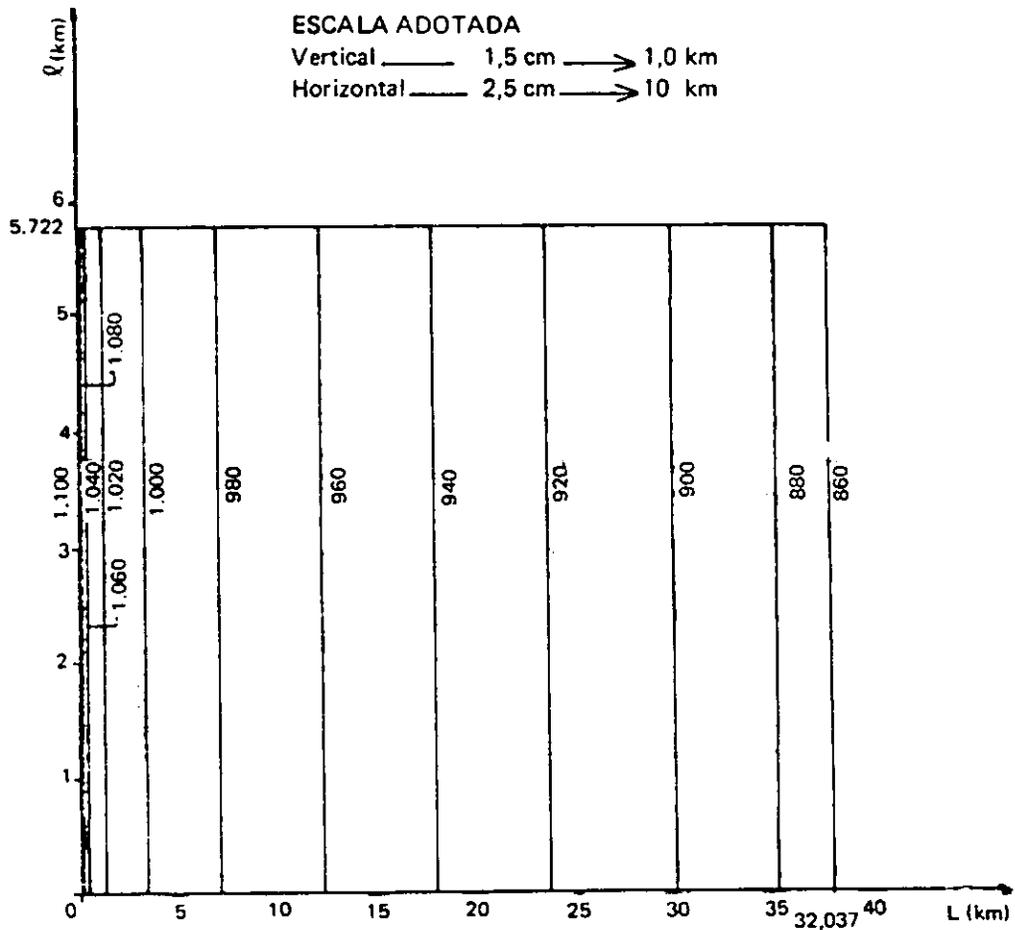


FIGURA 7 – Retângulo Equivalente da Bacia do Rio Passaúna

PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE SOLOS – REFLORESTAMENTO EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

PLANO DE TRABALHO EM 1984

Valdemar Hugo Zelazowski*

1. INTRODUÇÃO

A presente proposta de trabalho, já em execução, foi idealizada para atender às diversas necessidades encontradas nas diferentes regiões do Estado do Paraná, em nível de microbacias hidrográficas.

Tem, ainda, como objetivo geral, implantar o uso e manejo adequado do solo, segundo sua aptidão agrossilvipastoril, visando a otimização da renda do produtor rural e a preservação permanente do solo.

No setor especificamente florestal, tem como objetivo implantar a recuperação e/ou preservação das reservas florestais de espécies nativas, notadamente nas margens de mananciais d'água e nas áreas de preservação permanente, assim como espécies exóticas, com fins energéticos e uso múltiplo.

2. MÉTODOS:

O programa foi iniciado através dos técnicos do SEAGRI (Sistema Estadual de Agricultura), onde estabeleceram, em nível de região, as microbacias hidrográficas prioritárias, em função das necessidades apresentadas, como mananciais de captação para consumo humano, em especial, aquelas que apresentam maior grau de turbidez, assoreamento e contaminação por agrotóxicos.

Após o trabalho de identificação das microbacias, cabe ao ITC a sua restituição para compatibilização dos técnicos com a realidade de campo, buscando a implantação de técnicas de manejo, assim como reposição de florestas conforme as necessidades localizadas. Assim, será possível estabelecer o planejamento da propriedade em harmonia ao conjunto que forma a bacia hidrográfica.

Caberá, ainda, ao ITC, por delegação do IBDF, a fiscalização dos recursos naturais que compõem a bacia: Floresta, fauna silvestre e aquática.

3. MATERIAL:

Para desenvolver este programa, o ITC deverá contar com parte considerável de pessoal, veículos, bens imóveis e outros materiais já existentes, assim como sua adequação, conforme às necessidades já detectadas, ou seja:

13 técnicos de nível superior

08 técnicos de nível médio

15 veículos – Toyota pick-up

A produção de mudas será distribuída conforme estimativa regional nas 23 Unidades de Produção de Mudas Florestais, que contam, atualmente, com capacidade produtiva/ano de 20 milhões de mudas.

4. METAS:

Produzir 10,6 milhões de mudas, sendo 4,6 de nativas e 6,0 de exóticas. A distribuição para ser produzida será regionalizada conforme estimativa de necessidade levantada (tabela 1).

Com esta produção, será possível o reflorestamento de 3.600 ha com espécies exóticas e 4.100 ha com espécies nativas.

* Eng^o Flor. – ITC – Instituto de Terras e Cartografia.

TABELA 1 — Produção de mudas de espécies exóticas para reflorestamento e de espécies nativas para reposição e/ou preservação de florestas, conforme estimativa das necessidades levantadas, por região.

| REGIÃO | EXÓTICAS | NATIVAS |
|-------------------|------------|-----------|
| CURITIBA | 500.000 | 550.000 |
| MORRETES | 38.000 | 19.800 |
| PONTA GROSSA | 60.000 | 40.000 |
| UNIÃO DA VITÓRIA | 700.000 | 800.000 |
| FRANCISCO BELTRÃO | 817.400 | 341.400 |
| PATO BRANCO | 100.000 | 100.000 |
| CASCADEL | 490.000 | 490.000 |
| TOLEDO | 365.000 | 365.000 |
| UMUARAMA | 250.000 | 180.000 |
| PARANAVAÍ | 750.000 | 450.000 |
| MARINGÁ | 275.000 | 275.000 |
| CAMPO MOURÃO | 192.000 | 192.000 |
| GUARAPUAVA | 900.000 | 400.000 |
| IVAIPORÃ | 30.000 | 30.000 |
| LONDRINA | 200.000 | 200.000 |
| CORNÉLIO PROCÓPIO | 280.000 | 120.000 |
| JACAREZINHO | 72.500 | 77.500 |
| TOTAL | 6.019.900 | 4.630.700 |
| TOTAL GERAL | 10.650.600 | |

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

Valdir de Cicco*
Walter Emmerich**
Alceu Jonas Faria**
Motohisa Fujieda***

RESUMO

O Instituto Florestal de São Paulo e a Japan International Cooperation Agency (J.I.C.A.) vêm 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 emprego da Bacia Hidrográfica Experimental "D".

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

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 ha, e suas coordenadas geográficas são Latitudes 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 Paraíba, um dos tributários do rio Paraíba. A região é montanhosa e está localizada no planalto da Serra do Mar. A vegetação é de Floresta Perenifólia Higrófila 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.

* Engenheiro Florestal - Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza - Bolsista do CNPq - Cx. Postal, 1322 - São Paulo - SP

** Pesquisadores Científicos - Instituto Florestal - Cx. Postal, 1322 - São Paulo - SP.

*** Pesquisador Científico - Japan International Cooperation Agency - Cx. Postal, 1322 - São Paulo - SP

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 linógrafo 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 pluviógrafos foram instalados, a fim de se determinar a precipitação média da mesma. Adotou-se o método aritmético, através dos pluviógrafos nºs 01, 02 e 03, cujo valor se apresenta aproximadamente o mesmo do pluviógrafo 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 m² na Bacia Hidrográfica Experimental.

As medições de precipitação em aberto foram realizadas através de um pluviômetro instalado em uma clareira próxima à área em estudo. A precipitação interna foi avaliada através de 16 pluviômetros instalados dentro da parcela. Para o escoamento pelo tronco, foram selecionadas aleatoriamente oito árvores, sendo que em cada árvore instalaram-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 médias são realizadas e alguns dados já estão sendo coletados.

3.1. 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 três 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 m de altitude) recebeu 2.768,5 mm de precipitação, enquanto que o nº 01 (1.050 m de altitude) recebeu 2.377 mm, isto no ano hidrológico de 1982. Contudo, o pluviógrafo nº 04 (1.170 m 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.

3.2. 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 400m², 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 2.291,8 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 m (18,7%).

3.3. 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 doze meses, a partir de outubro de 1982 a setembro de 1983, devem representar a flutuação anual.

A precipitação anual e o escoamento do ano 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 mm. A temperatura utilizada foi a 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 seja apenas 29,3%.

O escoamento anual é composto principalmente do escoamento superficial direto e do escoamento 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 do escoamento subsuperficial demorado 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 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 básico e o escoamento superficial anual, e uma baixa evapotranspiração anual é desejável para a Bacia Hidrográfica em favor da reserva de água.

Dos resultados acima estimados, o balanço hídrico da Bacia Hidrográfica Experimental "D", embora seja necessário continuar a calibração por mais alguns anos.

A figura 2 mostra um exemplo de balanço hídrico.

Após as medidas de descarga nas Bacias Hidrográficas Experimentais "A" e "B", teremos condições para obter balanços hídricos mais completos na cabeceira do rio Paraíba.

AGRADECIMENTOS

Para realização 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 dedicação prestada na tabulação dos dados.

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

5. REFERÊNCIAS

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

EMMERICH, W. et alii. 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. *Silv. S. Paulo*, São Paulo, 16 A: 1738-44, 1982.

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

MOLCHANOV, A.A. *Hidrologia florestal*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkean, 1963. 419p.

MOTA, F.S. *Meteorologia agrícola*. 5. ed. São Paulo, Nobel, 1981. 376p.

NAKANO, H. 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. *Silv. S. Paulo*, São Paulo, 16 A: 160-77, 1982.

PINTO, N.L. de S. et alii. *Hidrologia básica*. São Paulo, E. Blücher, 1980. 278 p.

VALENTE, O.F. Manejo de Bacias hidrográficas. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, 5(18):14-22, 1974.

VILLELA, S.M. et alii. *Hidrologia aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245 p.

TABELA 1 – Características físicas da Bacia Hidrográfica Experimental "D".

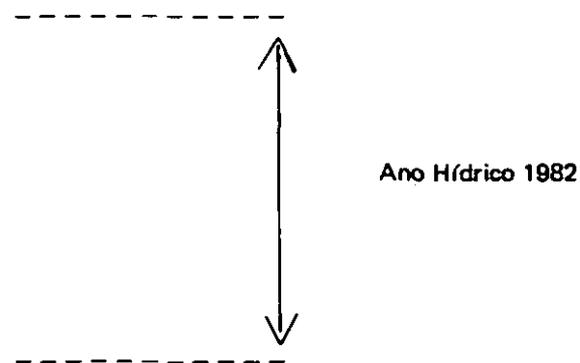
- 1 – Área = 56,04 ha
- 2 – Elevação máxima e mínima = 1.222,0 m e 1.048,0 m
- 3 – Altitude média = 1.125,10 m
- 4 – Declividade média = 25°10'
- 5 – Comprimento do rio principal = 1.260,0 m
- 6 – Altura relativa = 174,0 m
- 7 – Razão da declividade = 0,138 = 7°52'
- 8 – Largura média da bacia = 444,76 m
- 9 – Fator de forma = 0,353
- 10 – Razão da forma = 2,83
- 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 = 2ª ordem, segundo Strahler

TABELA 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 % |

TABELA 3 – Precipitação e escoamento total mensal na Bacia Hidrográfica Experimental "D".

| Mês | Precipitação (mm) | Escoamento (mm) |
|---------|----------------------|--------------------|
| Maio/82 | 35,8 | 147,98 |
| Jun. | 123,3 | 98,13 |
| Jul. | 72,5 | 80,20 |
| Ago. | 129,7 | 82,84 |
| Set. | 164,2 | 76,71 |
| Out. | 243,8 | 99,01 |
| Nov. | 223,3 | 108,80 |
| Dez. | 399,5 | 186,85 |
| Jan./83 | 209,3 | 177,70 |
| Fev. | 179,2 | 145,82 |
| Mar. | 361,3 | 187,76 |
| Abr. | 230,3 | 201,63 |
| Maio | 168,5 | 168,14 |
| Jun. | 192,0 | 172,60 |
| Jul. | 52,2 | 134,66 |
| Ago: | 40,8 | 109,28 |
| Set. | 287,5 | 136,03 |
| Out. | 169,0 | 116,01 |
| Nov. | 139,8 | 101,70 |
| Dez. | 456,2 | 189,69 |



Ano Hídrico 1982 – outubro de 1982 a setembro de 1983

| | |
|--------------------------|-------------|
| Precipitação total | 2.587,70 mm |
| Escoamento total | 1.828,28 mm |
| Total de perdas | 759,42 mm |

(Assumindo não haver vazamentos ou infiltração de água na rocha, o total de perdas é igual a evapotranspiração).

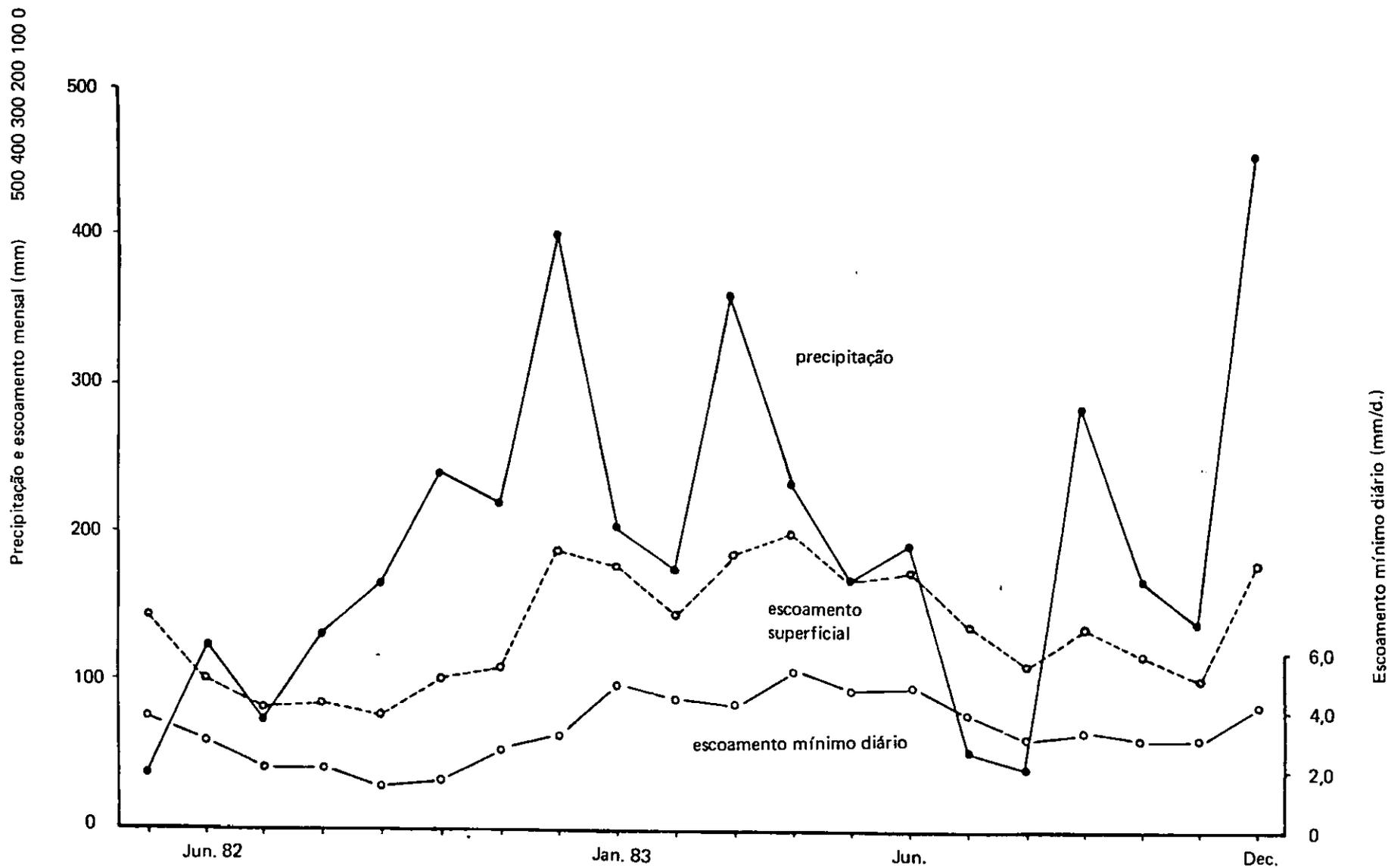


FIGURA 1 — Precipitação e escoamento total na Bacia Hidrográfica "D".

TABELA 4 – Dados de Temperatura e Umidade.

| N | 1 LOCAL | 2 3 ME/AN | 4 TMAX | 5 TMIN | 6 TMED | 7 MAABS | 8 DI | 9 MIABS | 10 DI | 11 UMAX | 12 UMIN | 13 UMED |
|----|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|---------|------------|----------|------------|------------|------------|
| 1 | R.F. CUNHA | 9/80 | 18.7 | 8.2 | 13.4 | 28.1 | 9 | 1.4 | 23 | 99.4 | 71.1 | 88.5 |
| 2 | R.F. CUNHA | 10/80 | 21.8 | 10.8 | 16.1 | 31.9 | 22 | 4.4 | 4 | 99.1 | 67.8 | 87.6 |
| 3 | R.F. CUNHA | 11/80 | 21.6 | 13.3 | 17.2 | 29.5 | 7 | 7.1 | 17 | 98.5 | 65.3 | 87.7 |
| 4 | R.F. CUNHA | 12/80 | 26.0 | 15.4 | 20.0 | 29.1 | 19 | 11.4 | 8 | 97.7 | 58.0 | 84.1 |
| N | 1 LOCAL | 2 3 ME/AN | 4 TMAX | 5 TMIN | 6 TMED | 7 MAABS | 8 DI | 9 MIABS | 10 DI | 11 UMAX | 12 UMIN | 13 UMED |
| 6 | R.F. CUNHA | 1/81 | 22.7 | 13.9 | 18.3 | 29.1 | 13 | 8.0 | 30 | 96.0 | 62.3 | 84.2 |
| 7 | R.F. CUNHA | 2/81 | 26.6 | 13.4 | 20.0 | 31.4 | 4 | 10.2 | 1 | 98.2 | 52.8 | 80.5 |
| 8 | R.F. CUNHA | 3/81 | 24.4 | 14.8 | 19.4 | 32.5 | 3 | 9.6 | 1 | 97.7 | 61.8 | 85.4 |
| 9 | R.F. CUNHA | 4/81 | 21.7 | 11.3 | 16.2 | 27.6 | 4 | 5.0 | 21 | 98.4 | 62.7 | 84.4 |
| 10 | R.F. CUNHA | 5/81 | 22.3 | 8.2 | 15.0 | 26.7 | 13 | 3.1 | 24 | 97.4 | 53.8 | 80.4 |
| 11 | R.F. CUNHA | 6/81 | 20.8 | 5.8 | 12.7 | 24.8 | 29 | -0.1 | 20 | 96.4 | 48.7 | 76.4 |
| 12 | R.F. CUNHA | 7/81 | 18.6 | 5.0 | 11.5 | 26.0 | 17 | -0.9 | 22 | 96.9 | 50.5 | 76.8 |
| 13 | R.F. CUNHA | 8/81 | 21.2 | 6.3 | 13.3 | 28.1 | 27 | 1.0 | 2 | 96.6 | 49.6 | 77.1 |
| 14 | R.F. CUNHA | 9/81 | 24.3 | 8.4 | 15.6 | 32.7 | 20 | 0.7 | 8 | 96.1 | 42.7 | 74.0 |
| 15 | R.F. CUNHA | 10/81 | 20.8 | 11.9 | 16.1 | 29.0 | 26 | 4.5 | 21 | 95.1 | 66.7 | 84.6 |
| 16 | R.F. CUNHA | 11/81 | 24.1 | 14.9 | 19.2 | 30.0 | 10 | 7.9 | 23 | 94.7 | 64.0 | 83.2 |
| 17 | R.F. CUNHA | 12/81 | 23.8 | 14.9 | 19.2 | 31.4 | 21 | 9.3 | 30 | 95.6 | 63.6 | 82.2 |
| N | 1 LOCAL | 2 3 ME/AN | 4 TMAX | 5 TMIN | 6 TMED | 7 MAABS | 8 DI | 9 MIABS | 10 DI | 11 UMAX | 12 UMIN | 13 UMED |
| 43 | R.F. CUNHA | 1/82 | 22.1 | 13.6 | 17.6 | 27.7 | 8 | 6.4 | 13 | 91.5 | 61.7 | 81.4 |
| 44 | R.F. CUNHA | 2/82 | 26.6 | 14.7 | 20.1 | 29.8 | 21 | 11.5 | 1 | 76.9 | 32.9 | 59.8 |
| 45 | R.F. CUNHA | 3/82 | 22.8 | 15.8 | 18.7 | 27.7 | 30 | 11.0 | 20 | 93.4 | 70.9 | 86.0 |
| 46 | R.F. CUNHA | 4/82 | 20.0 | 11.2 | 15.8 | 24.3 | 21 | 4.5 | 30 | 93.2 | 63.9 | 82.1 |
| 47 | R.F. CUNHA | 5/82 | 19.7 | 7.1 | 13.1 | 26.3 | 18 | 0.3 | 6 | 94.8 | 54.9 | 80.5 |
| 48 | R.F. CUNHA | 6/82 | 22.1 | 9.9 | 15.5 | 27.2 | 15 | 4.6 | 1 | 94.0 | 53.9 | 78.1 |
| 49 | R.F. CUNHA | 7/82 | 21.3 | 7.3 | 13.5 | 25.3 | 29 | 2.2 | 27 | 94.4 | 51.0 | 77.5 |
| 50 | R.F. CUNHA | 8/82 | 22.5 | 8.7 | 15.2 | 28.8 | 25 | 3.5 | 1 | 94.5 | 52.3 | 78.5 |
| 52 | R.F. CUNHA | 9/82 | 21.3 | 9.4 | 14.9 | 29.6 | 18 | 2.0 | 10 | 91.4 | 52.3 | 76.5 |
| 54 | R.F. CUNHA | 10/82 | 23.7 | 13.6 | 18.2 | 31.2 | 25 | 5.7 | 12 | 86.1 | 53.1 | 73.8 |
| 44 | R.F. CUNHA | 11/82 | 25.4 | 16.7 | 20.6 | 28.8 | 19 | 11.7 | 18 | 89.2 | 57.7 | 76.7 |
| 56 | R.F. CUNHA | 12/82 | 23.5 | 16.2 | 19.3 | 28.1 | 19 | 10.9 | 4 | 90.4 | 63.0 | 80.9 |
| N | 1 LOCAL | 2 3 ME/AN | 4 TMAX | 5 TMIN | 6 TMED | 7 MAABS | 8 DI | 9 MIABS | 10 DI | 11 UMAX | 12 UMIN | 13 UMED |
| 57 | R.F. CUNHA | 1/83 | 25.1 | 17.0 | 20.6 | 30.3 | 30 | 14.2 | 23 | 89.8 | 61.1 | 79.7 |
| 58 | R.F. CUNHA | 2/83 | 26.2 | 16.0 | 20.5 | 32.0 | 17 | 12.2 | 20 | 90.2 | 56.0 | 78.0 |
| 59 | R.F. CUNHA | 3/83 | 27.5 | 17.3 | 21.7 | 32.0 | 13 | 13.3 | 11 | 88.9 | 52.9 | 75.6 |
| 60 | R.F. CUNHA | 6/83 | 20.5 | 9.5 | 14.2 | 24.5 | 13 | 2.0 | 19 | 88.5 | 53.0 | 75.9 |
| 61 | R.F. CUNHA | 7/83 | 21.3 | 7.3 | 13.6 | 28.4 | 11 | 0.3 | 4 | 91.6 | 46.1 | 73.4 |
| 62 | R.F. CUNHA | 8/83 | 20.2 | 5.9 | 12.3 | 28.2 | 29 | -0.9 | 6 | 94.3 | 46.6 | 76.2 |
| 63 | R.F. CUNHA | 9/83 | 17.9 | 10.0 | 13.5 | 26.8 | 1 | 6.5 | 10 | 92.7 | 65.8 | 83.6 |
| 64 | R.F. CUNHA | 10/83 | 19.4 | 11.5 | 15.3 | 27.9 | 9 | 7.3 | 24 | 92.4 | 65.4 | 82.7 |
| 65 | R.F. CUNHA | 11/83 | 23.2 | 11.5 | 17.1 | 28.1 | 19 | 5.1 | 26 | 93.0 | 50.6 | 77.8 |
| 66 | R.F. CUNHA | 12/83 | 23.0 | 15.0 | 18.4 | 27.3 | 20 | 9.6 | 1 | 93.0 | 61.8 | 82.0 |
| 67 | R.F. CUNHA | 4/83 | 20.8 | 11.2 | 16.0 | 25.9 | 12 | 3.8 | 2 | 95.8 | 63.4 | 83.2 |
| 68 | R.F. CUNHA | 5/83 | 21.0 | 7.6 | 14.0 | 26.5 | 7 | 2.2 | 10 | 96.1 | 54.3 | 80.4 |

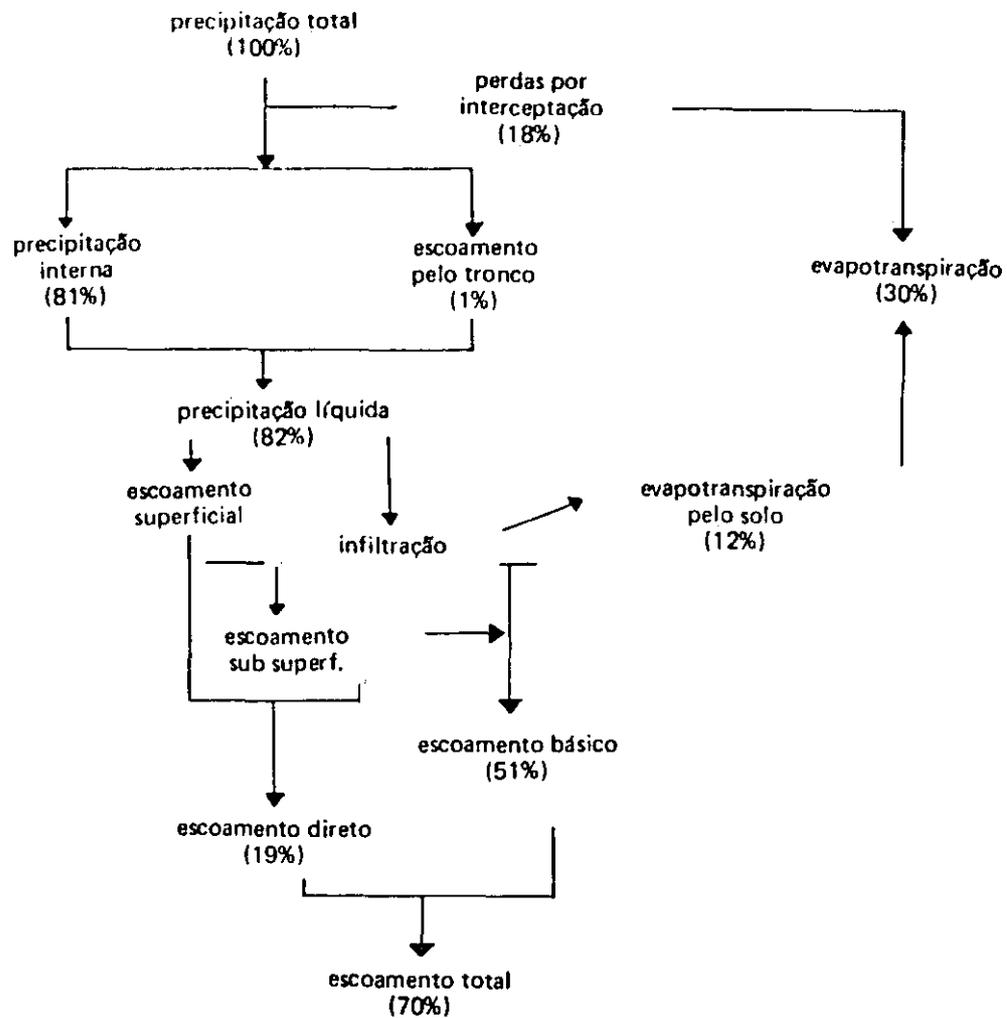


FIGURA 2 – Um exemplo do balanço hídrico na bacia hidrográfica experimental "D".

AGRADECIMENTOS

Para a impressão gráfica desse trabalho colaboraram:

- Aracruz Florestal S/A.
- Champion Papel e Celulose S/A
- Indústrias Klabin do Paraná de Celulose S/A
- Ripasa S/A - Celulose e Papel