

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

MUSEU NACIONAL

ECOLOGIA E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Biomphalaria tenagophila* (MOLLUSCA, GASTROPODA) EM CULTURA DE AGRIÃO (*Nasturtium Officinale*) NO ALTO DA BOA VISTA, RIO DE JANEIRO.

DARCILIO FERNANDES BAPTISTA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zoologia do Forum de Ciência e Cultura da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito à obtenção do grau de Mestre.

Professor Arnaldo Campos dos Santos Coelho
(Presidente da Banca)

Professor José Rabelo de Freitas

Professor Ricardo Iglesias

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 1991

Trabalho realizado no Departamento de Biologia,
Instituto Oswaldo Cruz (IOC), Fundação Oswaldo Cruz
(FIOCRUZ), Rio de Janeiro.

Orientador:

Prof. Dr. Pedro Jurberg

AGRADECIMENTOS

A Pedro Jurberg, Pesquisador Titular do Instituto Oswaldo Cruz, orientador deste trabalho, pela amizade e oportunidade que me deu de crescer e caminhar na ciência.

A Virgínia Torres Schall, Pesquisadora Associada do Instituto Oswaldo Cruz, cuja amizade, apoio e participação ativa neste trabalho, tornou-o possível de ser realizado.

Ao Maurício C. Vasconcellos, Pesquisador Auxiliar do Instituto Oswaldo Cruz, pelo companheirismo e participação ativa nos trabalhos de campo.

Aos Senhores Manoel, Francisco, Antonio e Delfino, proprietários das hortas de agrião, pela compreensão e facilidades oferecidas para a realização deste trabalho.

A Marisa Silveira Soares, Pesquisadora Assistente do Instituto Oswaldo Cruz, pela amizade, discussões enriquecedoras e leitura crítica do texto.

A Otávio Sarmento Pieri, Pesquisador Associado do Instituto Oswaldo Cruz, pela leitura crítica do texto.

A Valdinei Valin e José Augusto A. dos Santos, Técnicos de Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz, pela amizade e apoio técnico na realização das análises físico-químicas da água.

À Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento, Laboratório de Análises de Solos e Adubos, pela realização das análises dos parâmetros físico-químicos do sedimento.

Minha gratidão eterna a todos os amigos do Departamento de Biologia da Fundação Oswaldo Cruz.

A Danielle Grynspan e Ricardo Dannemam pela tradução do resumo para o inglês.

Aos amigos do Mestrado pela convivência antes, durante e depois do curso.

A Otilia M.F. Sarquis e Adriana Lustosa, pelo auxílio no trabalho final de datilografia.

A Rodolfo Cunha pela amizade e capricho na elaboração dos gráficos.

A Marli Maria Lima, pela leitura crítica do texto.

Aos amigos Beto, Filipe, Bia, Didu, André e Jackeline, por todos os momentos divididos entre a realização desta tese e a vibração criativa do CATUICÓ - EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia, pelo fornecimento dos dados climáticos da estação do Alto da Boa Vista.

A Magali minha querida companheira.

*A minha mãe Maria de lourdes pela luz
que me traz.*

"Quando o homem deixou de encarar com supersticioso terror as forças da natureza e passou o seu destino, das mãos dos deuses para as suas próprias mãos mortais; quando principiou a subjugar, sistematicamente, as forças de sua ambiência em seu próprio benefício, em vez de rezar cegamente por um milagre; quando afirmou a sua própria vontade de viver ao invés de depender da vontade dos deuses para deixá-los viver, principiou então, a maior rebelião da história do mundo".

Niestche

"As primeiras leis da humanidade, fixadas por escrito, são códigos que regulam o uso da água. Hoje, final do século XX, a sociedade ainda não as respeita"

Baptista, D.F., 1991

BAPTISTA, Darcilio Fernandes

Ecologia e Dinâmica Populacional de *Biomphalaria tenagophila* (Orbigny, 1835) (Mollusca, Gastropoda) em Cultura de Agrião (*Nasturtium officinale*) no Alto da Boa Vista, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, UFRJ, Museu Nacional, 1991.

X, 86 pg.

Tese: Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia)

1. *Biomphalaria tenagophila*
2. Dinâmica Populacional
3. Horta de Agrião
4. Esquistossomose
5. Teses

I . Universidade Federal do Rio de Janeiro - Museu Nacional

II. Título

RESUMO

No sudeste brasileiro, as culturas irrigadas de cana-de-açúcar, arroz e agrião são particularmente importantes para a transmissão da esquistossomose. No entanto, pouco é conhecido sobre as interações ecológicas dos caramujos vetores desta endemia nesses ambientes lóticos modificados, especialmente sobre a biologia da espécie **Biomphalaria tenagophila**.

O presente trabalho foi realizado em um complexo de hortas de agrião, na região do Alto da Boa Vista, foco isolado de esquistossomose na cidade do Rio de Janeiro.

A investigação foi realizada em três etapas. A primeira envolveu a coleta de **B. tenagophila** em campo para determinar sua densidade populacional relativa. Os resultados mostram que este parâmetro pode ser plotado graficamente como uma curva de crescimento logística de forma sigmóide, com a população apresentando diminuição da densidade no início da estação chuvosa e sendo constituída, no final desta estação, principalmente de adultos (92,8% maio/85 e 82,9% abril/86). Após obtidos os dados populacionais, verificamos os índices de infecção natural pelo **Schistosoma mansoni** e outros trematódeos. A emissão de cercárias de **S. mansoni** e outras furcocercárias está relacionada aos limites térmicos da região, que chegou a uma amplitude diária de até 13°C em junho/85 (máxima 24,4°C; mínima 10,3°C). Com a liberação de cercárias de **S. mansoni** ocorrendo apenas durante os meses de março, abril e maio.

Na segunda etapa, avaliou-se os fatores ecológicos-chave que determinam o estabelecimento de **B. tenagophila** no habitat, através da mensuração comparativa entre áreas colonizadas e não colonizadas por este planorbídeo, para os parâmetros físico-químicos da água, sedimento, hidrológicos do sistema de irrigação e da biomassa de plantas aquáticas. Dentre as variáveis considera-

das, os resultados mostram que alterações das condições normais das características físico-químicas da água e do sedimento, produtos da prática inadequada de fertilização da cultura com águas poluídas e do aproveitamento de dejetos orgânicos de pocilgas adjacentes às hortas, geram condições favoráveis para o estabelecimento de *B. tenagophila*. Os parâmetros hidrológicos e as plantas aquáticas aparentemente apresentam importância secundária nesta análise comparativa.

A terceira etapa envolveu a realização de uma manipulação ambiental, visando controlar as populações de *B. tenagophila* na horta de agrião, fundamentadas nos resultados obtidos sobre o papel dos fatores ambientais sobre a dinâmica populacional de *B. tenagophila*. Dentre as medidas necessárias para o controle da população malacológica nas hortas, realizamos a única manipulação viável perante as condições deste trabalho. Esta envolveu uma manipulação ambiental nas pocilgas através da interrupção de despejo orgânico para o interior dos criadouros das hortas. Os resultados demonstram que o decréscimo da população na área experimental após 8 meses, não foi devido a causas ambientais, provendo suporte quantitativo para aceitarmos a generalização de que é possível controlar, a longo prazo, as colônias de *B. tenagophila* das hortas do complexo, a um custo reduzido, por meio de obras de engenharia sanitária, com a construção de fossas sépticas para as pocilgas, bem como através de medidas de saneamento básico que protejam os mananciais que abastecem as hortas.

Concluimos que o controle bem sucedido dos caramujos vetores em áreas irrigadas deve envolver maior compreensão sobre a utilização de manipulações múltiplas e combinadas no habitat.

ABSTRACT

Irrigated cultures of sugar cane, rice and water cress play an important role in the transmission of schistosomiasis in south-east Brazil. However, little is known about the ecological interactions of the vector snails of schistosomiasis in these modified lotic environments, and especially about the biology of *Biomphalaria tenagophila*.

This work was done in a water cress garden in Alto da Boa Vista, an isolated focus of schistosomiasis in the city of Rio de Janeiro.

The investigation was carried out in three steps. The first step involved collecting *B. tenagophila* in the field and determining its relative populational density. The results show that this parameter may be plotted on a graph as a logistic growth curve with a sigmoid shape, with a decrease in the beginning of the rainy season. At the end of the same season the population is formed mainly by adults (92,8% in March, 1985 and 82,9% in April, 1986). The collection of populational data was followed by the determination of natural infection rates by *Schistosoma mansoni* and other trematodes among snails. Emission of *S. mansoni* and other furcocercariae is related to the thermal limits of the study area, which included a daily amplitude of up to 13°C, in June, 1985 (maximum 24.4°C; minimum 10.3°C). Emission of *S. mansoni* cercariae took place only in the months of March, April and May, 1985.

In the second step the key ecological factors determining the establishment of *B. tenagophila* in the study area were assessed through a comparative analysis of measurements done in colonized patches and in those patches where it does not occur. In this analysis hydrological parameters, physico-chemistry of the water, type of sediment and biomass of aquatic

plants were considered. Among these variables alterations of the water physico-chemistry and of the type of sediment, both due to inadequate fertilization practices, involving the use of polluted waters and organic waste originating from a pig pen nearby, provided favorable conditions to the establishment of *B. tenagophila*. Hydrological parameters and aquatic plants apparently play a secondary role in this comparative analysis.

The third step of the investigation involved an environmental manipulation aiming to control the *B. tenagophila* population in the watercress garden. This manipulation was based on previous results dealing with the effects of environmental factors on the population dynamics of *B. tenagophila*. Among the necessary measures to control the malacological population in the garden, the only viable environmental manipulation was employed, considering the conditions of this study. This manipulation involved the interruption of organic waste dumping from the pig pen into the watercress garden. The results show that the population decrease after 8 months in the study area was not due to environmental factors, lending quantitative support to the generalization that a long term control of *B. tenagophila* in watercress gardens is possible. This could be attained at a low cost by using sanitary engineering devices such as septic tanks, as well as through basic sanitation measures which protect the watershed that supplies the garden. It may be concluded that successful snail control in irrigated areas should involve a wider understanding of the utilization of multiple and combined manipulations in the habitat.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Esquistossomose	1
1.2. Caramujos hospedeiros intermediários	3
1.3. Medidas de controle da doença	5
1.4. Aspectos da ecologia populacional dos caramujos vetores	7
1.4.1. Fatores climáticos	8
1.4.2. Fatores químicos da água	10
1.4.3. Plantas aquáticas	12
1.4.4. Luz	12
1.4.5. Natureza do substrato	13
1.4.6. Turbidez	13
1.4.7. Velocidade da corrente	14
 CAPÍTULO 2. DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>Biomphalaria tenagophila</i> EM UMA CULTURA DE AGRIÃO NO ALTO DA BOA VISTA, RIO DE JANEIRO	 17
2.1. Aspectos gerais da área de estudo	17
2.1.1. Topografia, geomorfologia e clima	17
2.1.2. Descrição das hortas de agrião	20
2.1.3. Aspectos epidemiológicos	22
2.2. Metodologia	22
2.2.1. Áreas amostrais	22
2.2.2. Coleta, avaliação populacional e infectividade dos caramujos	24
2.2.3. Avaliação dos fatores ambientais	26
2.3. Resultados	27
2.3.1. Aspectos populacionais dos moluscos	27
2.3.2. Infectividade dos caramujos	31
2.3.3. Fatores ambientais	36
2.4. Discussão	41
2.4.1. Aspectos populacionais dos moluscos	41
2.4.2. Infectividade dos caramujos	44
2.4.3. Fatores ambientais	46

CAPÍTULO 3. MANIPULAÇÕES AMBIENTAIS VISANDO CONTROLAR AS POPULAÇÕES DE <i>Biomphalaria tenagophila</i> NA HORTA DE AGRIÃO: UM EXEMPLO	55
3.1. Justificativa	55
3.2. Metodologia empregada	57
3.3. Resultados	59
3.4. Discussão	63
3.5. Conclusões gerais	64
3.6. Referências bibliográficas	66

FIGURAS E PRANCHAS

FIGURA 1	2
FIGURA 2	4
FIGURA 3	18
FIGURA 4	19
FIGURA 5	21
FIGURA 6	25
FIGURA 7	29
FIGURA 8	32
FIGURA 9	33
FIGURA 10	34
FIGURA 11	58
FIGURA 12	61
 PRANCHA 1	 23

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

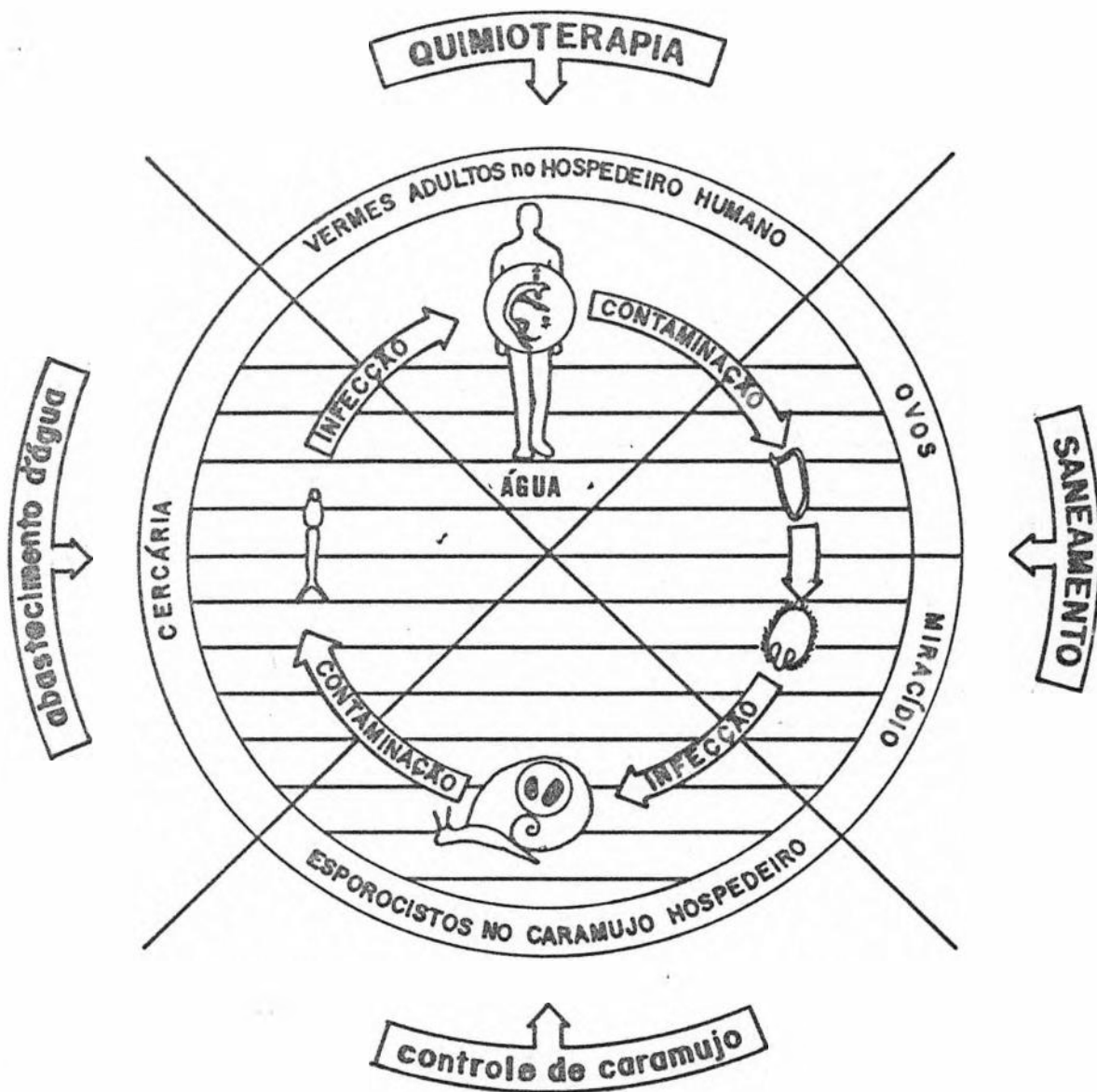
1.1. ESQUISTOSSOMOSE

A esquistossomose é uma doença parasitária debilitante, algumas vezes fatal ao homem, que se distribui por 76 países tropicais e sub-tropicais. Estima-se que cerca de 500 milhões de pessoas estejam sob risco de infecção (DOUMENGE & MOTT, 1987). Além disso, é considerada a única doença parasitária grave ainda em expansão no mundo (HOFFMAN, 1979; WEBBE, 1981; KORTE et al., 1986).

No Brasil o parasito responsável pela esquistossomose é o **Schistosoma mansoni** (SAY, 1818). O ciclo de vida deste verme inicia-se quando pares de machos e fêmeas, vivendo parasiticamente dentro de seu hospedeiro definitivo, produzem ovos que irão se alojar no tecido. Cerca de 80% dos ovos produzidos são eliminados com as fezes e o restante permanece no hospedeiro, causando-lhe danos. Os ovos viáveis que alcançam a água, eclodem liberando uma larva livre natante conhecida como miracídio. Ao achar o seu hospedeiro intermediário, no caso, algumas espécies do gênero **Biomphalaria**, o miracídio desenvolve-se nos seus tecidos até atingir o estado de cercária, que, ao ser liberada, passam novamente para a forma livre natante. Esta penetra a pele do hospedeiro humano e, via sistema circulatório, atinge as veias mesentéricas, sofrendo então maturação até o estágio adulto (Figura 1) (PESSOA, 1978).

FIGURA 1

Ciclo de vida do *Schistosoma mansoni* e apresentação das quatro principais medidas de controle da esquistossomose e suas formas de atuação. Assim sendo, a quimioterapia elimina o parasito no estagio adulto no interior do hospedeiro humano; o saneamento previne que os ovos alcacem a água, impedindo a infecção dos caramujos hospedeiros; o controle dos caramujos previne a contaminação da água pelas cercárias e finalmente, o suprimento de água potável que previne das cercárias infectarem o hospedeiro humano (Segundo, PIERI, 1985).



1.2. CARAMUJOS HOSPEDEIROS INTERMEDIÁRIOS

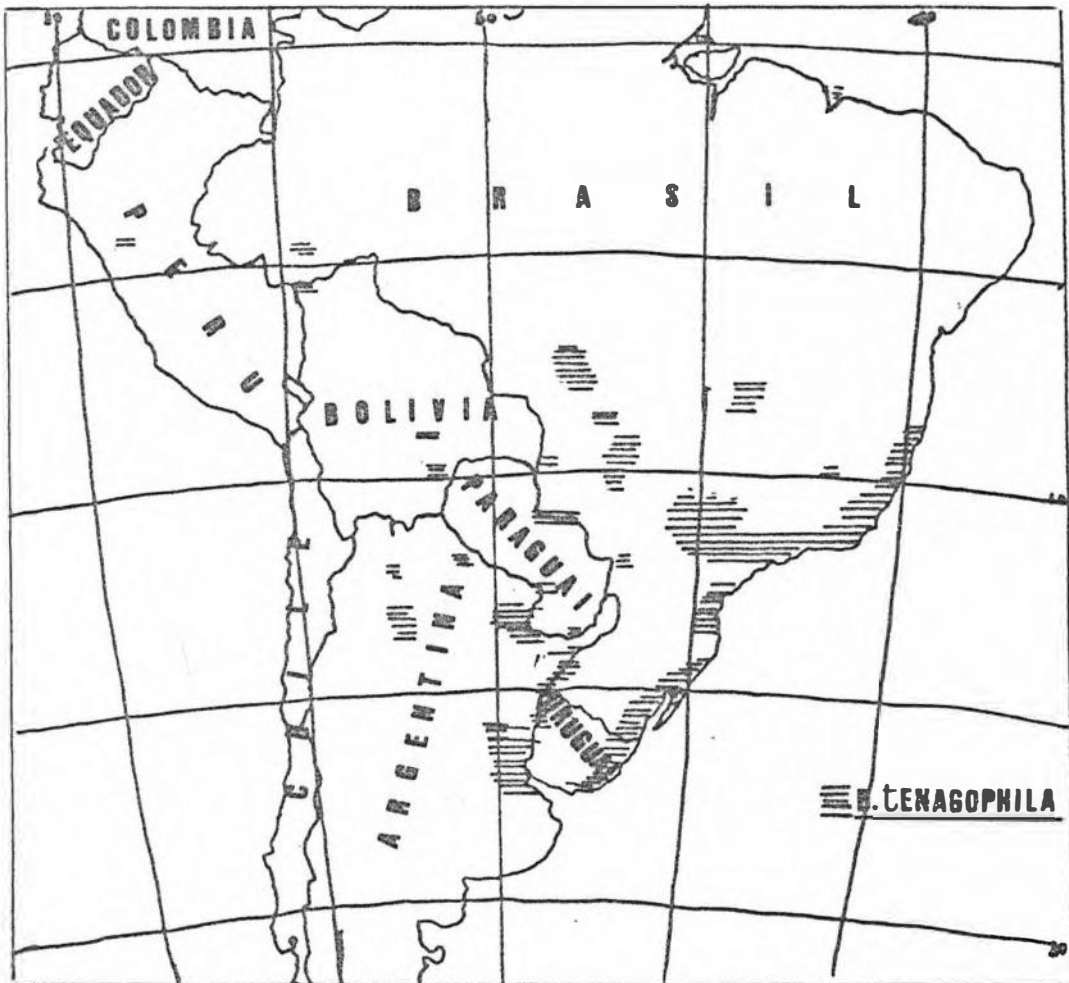
Os caramujos do gênero *Biomphalaria*, vetores da esquistossomose mansônica, estão sistematicamente classificados dentro da família Planorbidae, que apresenta tipicamente uma concha discóide ou plano-espiral. Dentre as diversas espécies de *Biomphalaria* já descritas no Brasil (PARAENSE, 1981), três são comprovadamente hospedeiras do *S. mansoni*: *Biomphalaria tenagophila*, *Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria straminea*. Além dessas, a *Biomphalaria amazonica* e a *Biomphalaria peregrina* mostraram-se suscetíveis à infecção experimental, podendo ser consideradas vetoras potenciais (PARAENSE, 1972; WHO, 1980).

A *B. tenagophila*, objeto deste estudo, tem ampla distribuição geográfica que abrange grande parte do território brasileiro, do sul do Estado da Bahia para o sul do continente, desdobrando-se para os países vizinhos (Figura 2) (PARAENSE, 1972; PARAENSE & CORRÊA, 1978).

Embora, a *B. tenagophila* seja pouco receptiva ao parasitismo pelo *S. mansoni* e encontrada com reduzidas taxas de infecção natural, (PARAENSE & CORRÊA, 1978), focos desta espécie no Rio de Janeiro (DEANE, MARTINS & LOBO, 1953; COURA et al., 1970) e em Santos, no Estado de São Paulo, (PARAENSE & DESANDES, 1956), foram capazes de desenvolver formas agudas da esquistossomose. Este fato sugere a possibilidade de expansão da esquistossomose para o sul do país, principalmente no vale do rio Paraíba, graças às modificações do panorama epidemiológico decorrentes das migrações humanas e do potencial de adaptação cada vez maior entre a espécie hospedeira e as diversas amostras locais do parasita (SILVA, 1980).

FIGURA 2

Mapa da distribuição geográfica de *Biomphalaria tenagophila*
(segundo, PARAENSE & CORREA, 1978)



1.3. MEDIDAS DE CONTROLE DA DOENÇA

A partir do conhecimento preciso do ciclo de vida dos parasitas da esquistossomose humana, a redução e prevenção da transmissão da doença passaram a ser perseguidas por meio de medidas que alterassem as chances de sobrevivência do helminto em suas várias fases. Tais medidas incluem quimioterapia, abastecimento de água potável, saneamento e controle dos caramujos.

Quimioterapia - O recente aparecimento de drogas esquistossomicidas não tóxicas e de fácil aplicação possibilitou a interferência nas chances de sobrevivência do parasito em sua forma adulta. Esta medida de controle surte maior efeito sobre a morbidade, porém apresenta alguns problemas associados à sua aplicação, tais como: alto custo, dificuldades no tratamento devido à mobilidade populacional humana, recusa ao tratamento, necessidade de repetidos tratamentos devido à reinfecção e desenvolvimento de resistência à droga, além do fato de não poder ser ministrada a mulheres grávidas, bem como, a portadores de alguns casos clínicos.

Abastecimento de água e Saneamento - Medidas desta natureza têm como objetivo principal interferir na fase larvar do parasita, seja por meio da prevenção da contaminação da água pelos excretas humanos, através da provisão de latrinas ou pela redução do contato com águas infectadas, mediada pelo suprimento de água livre de cercárias. Tais medidas possuem a vantagem de trazer benefícios não só em relação à esquistossomose, mas também a outras doenças de veiculação hídrica. Entretanto, o sucesso de tais empreendimentos depende de uma comunidade participativa e da instalação e manutenção de obras de engenharia sanitária de baixo custo, além de um programa auxiliar de educação sanitária.

Controle do Caramujo - Evidências de campo, obtidas em programas de controle em pequena e em larga escalas, demonstram que o declínio no número de caramujos é seguido pela redução nas taxas de prevalência da doença

(STURROCK, 1973; BARBOSA, COSTA & ARRUDA, 1981). Tais resultados conferem grande importância epidemiológica para o controle da transmissão, através do combate aos caramujos vetores. Embora o suprimento de água potável e o uso de latrina e quimioterapia diminuam o risco de infecção de banhista e trabalhadores que lidam diretamente com as águas contaminadas, essas medidas não eliminam o risco de manutenção da transmissão através da contaminação da água por pessoas itinerantes ou outros hospedeiros mamíferos, tais como roedores, primatas e animais domésticos (PESSOA, 1978). Apenas o controle dos caramujos seria uma medida efetiva nesses casos.

A redução da densidade populacional dos caramujos hospedeiros abaixo do nível crítico tem sido implementada principalmente através do uso de moluscidas sintéticos. Na atualidade, o moluscida mais utilizado é o Niclosamida, porém, este apresenta problemas associados à sua aplicação, tais como o alto custo e a falta de especificidade aos organismos alvos.

Alternativas têm sido propostas com a investigação de novos compostos de origem vegetal ou de formulações de liberação controlada.

Medidas complementares, porém de praticabilidade reduzida, têm sido avaliadas. Estas incluem o controle biológico produzido por outros organismos (parasitas, predadores, competidores) ou o controle ambiental envolvendo mudanças físicas que tornem os habitats dos caramujos desfavoráveis ao seu estabelecimento.

É recomendação da WHO (1980) que a aplicação de medidas de controle sejam precedidas por estudos ecológicos dos habitats dos caramujos vetores e sua interação com os fatores ambientais. Assim, segue-se um breve resumo sobre os principais fatores que determinam a presença ou ausência dos planorbídeos e sua influência sobre as flutuações e densidade populacional.

1.4. ASPECTOS DA ECOLOGIA POPULACIONAL DOS CARAMUJOS VETORES

Os estudos ecológicos das espécies de moluscos vetores da esquistossomose têm como objetivo fundamental, gerar conhecimento sobre as características populacionais dos caramujos, de forma que se possam aperfeiçoar os métodos, a frequência de aplicação desses métodos para a erradicação dos caramujos em uma grande variedade de habitats, que incluem pequenas poças (permanentes ou semi-permanentes), charcos, pântanos, rios perenes e sazonais, grandes corpos d'água tais como lagos naturais ou feitos pelo homem, canais de irrigação, valas de drenagem e campos inundáveis para utilização na agricultura. Além disso, estudos desta natureza devem abordar aspectos da bionomia e dinâmica populacional dos caramujos hospedeiros, procurando direcionar seus objetivos para a obtenção de dados que revelem, quantitativamente, em primeiro lugar, o processo dinâmico que resulte no aumento ou decréscimo da abundância dos caramujos e, em segundo lugar, características populacionais, tais como densidade, taxas de natalidade e mortalidade, estrutura etária, dispersão e taxa de crescimento intrínseco (WEBBE, 1965). O estabelecimento quantitativo acurado destas características populacionais pode ser utilizado para otimizar o planejamento do momento ideal e a redução do esforço e custos necessários para a aplicação de medidas de controle da transmissão da esquistossomose.

A partir da década de 1950, estudos ecológicos em campo foram realizados de modo generalizado, de forma que fossem examinados os fatores bióticos e abióticos do meio que governam as populações dos moluscos hospedeiros. Tais fatores incluem: plantas aquáticas, natureza do substrato, luminosidade, temperatura da água, aspectos climáticos, propriedades físico-químicas da água, velocidade da corrente, turbidez, entre outros.

Como, na verdade, os limites de cada fator ambiental variam de acordo com o sinergismo de todos os fatores, um exato estabelecimento da influência de um determinado fator não pode ser, normalmente, visto individualmente. No

entanto, com base em testes de laboratório e algumas manipulações experimentais em campo, podemos analisar convenientemente alguns dos principais fatores em separado. Neste trabalho esta análise em separado foi realizada de forma que, informações sobre cada fator pudessem ser consideradas posteriormente em um contexto holístico.

A seguir, analisaremos alguns desses fatores.

1.4.1. FATORES CLIMÁTICOS

a) Precipitação - A estratégia generalista (r) dos planorbídeos vetores, predominante sobre a especialista (K), faz com que sua distribuição e dinâmica populacional sejam provavelmente governadas mais por fatores abióticos do que pelos bióticos. Em função disto, APPLETON (1978) relaciona a precipitação e a temperatura como sendo os mais importantes fatores abióticos que influenciam a dinâmica populacional e a distribuição dos caramujos hospedeiros.

Numerosas observações de campo têm mostrado a existência de uma definitiva relação entre o padrão de precipitação anual e a flutuação populacional dos caramujos hospedeiros (BARBOSA & DOBBIN, 1952; OLIVIER & BARBOSA, 1955; CRIDLAND, 1957; 1958; WEBBE & MSANG, 1958; MCCULLOUGH, 1956; ROWAN, 1959; PINOTTI et al., 1960; BLAS et al., 1989). Ao que tudo indica, a precipitação, de uma forma geral, influencia na distribuição temporal e no número de caramujos devido ao seu efeito catastrófico sobre a população, através do impacto de arraste das enchentes. Uma vez que a precipitação é um forte regulador da densidade populacional, informações precisas sobre épocas de grande aumento das populações malacológicas, frente às características climáticas de uma determinada área, podem ser um indicador da existência de maior transmissão da esquistossomose em certos meses do ano. Podem ainda sugerir medidas de controle em consonância com tal periodicidade (STURROCK, 1986).

b) Temperatura - Observações de campo e laboratório indicam que a temperatura ambiental afeta diretamente a atividade metabólica dos caramujos. Entre outros efeitos, existe uma relação inversa entre fecundidade e os limites de tolerância à temperatura, principalmente nos habitats sujeitos à flutuação sazonal e diurna deste fator ambiental (STURROCK & STURROCK, 1972).

Além deste efeito direto, a temperatura também afeta indiretamente os caramujos hospedeiros, através dos efeitos pronunciados tanto sobre a taxa fotossintética das plantas aquáticas a eles associadas positivamente, como sobre a taxa de decomposição bacteriana que influencia fortemente as condições de oxigênio do habitat. Outra influência indireta da temperatura é o grau de densidade da água que se reflete na estratificação da distribuição dos caramujos em lagos (MADSEN, 1982).

As implicações mais evidentes das variações da temperatura sobre a biologia dos caramujos são as alterações da taxa de crescimento, postura de ovos, sobrevivência e taxa intrínseca de crescimento natural (SCHIFF, 1964; JORDAN & WEBBE, 1969; STURROCK & STURROCK, 1972).

As relações entre os fenômenos climáticos e a dinâmica populacional dos caramujos podem não ser estabelecidas de modo direto, devendo mediar, na sequência causal, fatores como o volume da água nos criadouros, variações do teor de substâncias orgânicas e inorgânicas da água, riqueza nutritiva do meio, etc. Apesar de numerosos estudos demonstrarem os efeitos dos fenômenos climáticos sobre as oscilações das populações malacológicas, pouco se conhece a respeito da relação entre a variação da estrutura etária e as taxas de infecção dos caramujos frente às flutuações populacionais. Assim sendo, torna-se necessário investir em pesquisas que colham informações sobre a composição etária das populações de moluscos e o grau de infestação pelo *S. mansoni*, relacionando-os com a abundância de caramujos.

1.4.2. FATORES QUÍMICOS DA ÁGUA

Muitos estudos têm sido realizados com a finalidade de correlacionar a presença ou ausência dos caramujos hospedeiros com certos componentes químicos da água. Dentre os muitos elementos e compostos encontrados na água, alguns possuem especial importância para os caramujos hospedeiros, afetando-os fisiologicamente em sua auto-ecologia, bem como influenciando na macro e micro-distribuição das populações. Entre estes se destacam: as concentrações de cálcio, salinidade, oxigênio dissolvido e os compostos nitrogenados.

a) Cálcio - O cálcio, principal elemento constituinte estrutural das conchas dos planorbídeos, faz com que a ocorrência dos caramujos hospedeiros seja correlacionada, positivamente, com as concentrações do ion Ca^{++} e a dureza de cálcio do meio. Os caramujos tendem a não ocorrer em habitats com baixas concentrações de Ca^{++} (menor do que 20 mg/l) (MALEK, 1985). Embora MCKILLOP; HARRISON & RANHIN (1981) tenham encontrado *B. glabrata* em criadouros com até 2,4 mg/l de cálcio.

Os caramujos hospedeiros obtêm a maior parte de seu suprimento de cálcio diretamente do meio, através da absorção pela parede corporal. Porém, com algumas reservas, baixas concentrações de cálcio do meio podem ser supridas com a obtenção deste elemento de outras fontes, principalmente pela ingestão de macrófitas aquáticas (MCMAHON, 1983).

Evidências de campo demonstram que altas concentrações de Mg encontradas no meio produzem efeitos adversos sobre os caramujos, uma vez que tal ion compete com o cálcio por locais de assimilação (NDUKU & HARRISSON, 1976).

b) Salinidade - Segundo MADSEN (1982), a salinidade age como importante fator ecológico sobre a distribuição dos caramujos hospedeiros. No entanto, apesar dos valores limites para condutividade terem sido bastante verificados nos habitats dos caramujos hospedeiros, (117) $\mu\text{mhos/cm}$ FREITAS (1978) e

6000 μ nhos/cm ANDRADE et al. (1955) com valores mínimo e máximo respectivamente. Além disso, pouco é conhecido acerca do modo de atuação deste fator, sendo, em geral, relacionado ao sistema osmoregulador dos moluscos (WEBBE & MSANG, 1958; SCHUTTE & FRANK, 1964; DEGREMONT, 1973; APPLETON, 1978; FREITAS, 1978; STURROCK, 1974).

c) Oxigênio Dissolvido - Certas evidências indicam que a quantidade de oxigênio dissolvido nos habitats aquáticos limitam a distribuição e abundância dos caramujos hospedeiros (THOMAS & TAIT, 1984), cujos limites de tolerância encontram-se aproximadamente entre 30 e 130 quando transformados para percentagem de saturação do oxigênio no meio. Entretanto, em condições particulares os moluscos são capazes de sobreviver em valores de saturação de oxigênio baixa, através da regulação do consumo de oxigênio ou pelo armazenamento na cavidade do manto.

d) Compostos Nitrogenados - Dentre os compostos da série nitrogenada, o nitrogênio amoniacal apresenta uma propriedade potencialmente limitante na distribuição dos planorbídeos, atuando como inibidor do crescimento quando sua concentração no meio é igual ou acima de 25 mg/l (THOMAS, POWLES & LODGE, 1976).

Embora se encontrem altas concentrações de compostos nitrogenados em condições normais em águas naturais, estas geralmente são encontradas em coleções hídricas sujeitas a poluição por esgotos domésticos ou resíduos industriais, criando novas condições de interações ecológicas para os moluscos. E, dependendo do grau e natureza da poluição, podem constituir importantes características dos criadouros de caramujos, já que uma poluição moderada por excretas orgânicos favorece o desenvolvimento de populações de moluscos vetores (THOMAS & TAIT, 1984).

1.4.3. PLANTAS AQUÁTICAS

A relação das plantas aquáticas com a ecologia dos caramujos está associada, em geral, à utilização dessas plantas como fonte alimentar, substrato para postura, proteção contra luz ultravioleta, formação de micro-habitat favorável, agente dispersor e remoção parcial de fatores tóxicos, tais como CO_2 e NH_3 . Os caramujos beneficiam as plantas por meio da remoção do excesso de epífitas e do tecido senescente, reduzindo, assim, os riscos de invasão dos tecidos por organismos patogênicos. Ainda, facilitam a liberação e reciclagem de nutrientes vegetais, como Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Cl^- . Com base em tais interrelações, o resultado é uma associação positiva entre caramujo-planta (THOMAS, 1987).

São encontradas também na natureza associações negativas entre plantas aquáticas e os caramujos, sendo atribuídas às substâncias alelopáticas produzidas pelas plantas a responsabilidade por tal associação. Tais substâncias atuam como reepelentes ou tóxicos, agindo como sistema protetor contra a ingestão pelos caramujos (THOMAS & TAIT, 1984; THOMAS, 1987).

Além disso, não apenas a presença ou ausência de plantas influenciam na distribuição e abundância dos caramujos, sendo também a biomassa das plantas e eles associadas um importante fator regulador das populações de moluscos (KRECKER, 1939).

1.4.4. LUZ

Em condições de campo não é possível distinguir entre os efeitos da radiação solar direta e a temperatura. Entretanto, estudos de laboratório evidenciam que a luz pode afetar diretamente a biologia reprodutiva dos caramujos, bem como os padrões comportamentais relacionados à locomoção (SCHALL, et al., 1985). Empiricamente podemos também distinguir o efeito indireto da luz

sobre os caramujos, principalmente pela sua influência na atividade fotossintética das plantas aquáticas e algas que servem como alimento para os moluscos. Efeitos negativos sobre a biologia reprodutiva dos caramujos se fazem presentes quando expostos à luz vermelha (JOY, 1971), bem como, ao componente ultra-violeta do espectro que tem se mostrado fatal para albinos de *B. glabrata*, após exposição de aproximadamente 1-6 Jm mim (THOMAS & TAIT, 1984). Assim sendo, a qualidade e a intensidade de luz que chega aos corpos d'água, são importantes fatores ecológicos determinantes da distribuição e abundância dos caramujos hospedeiros.

1.4.5. NATUREZA DO SUBSTRATO

Muitas evidências de campo e de laboratório confirmam a preferência dos caramujos hospedeiros por substratos constituídos de sedimentos finos, lodo e detritos (PIMENTEL & WHITE, 1959; ANDRADE, 1959; THOMAS & TAIT, 1984; PIERI, 1985). A origem desta preferência está associada à interação dos caramujos com os diversos componentes físicos, químicos e biológicos que constituem os substratos. Dentre estes, destacam-se a influência do tamanho das partículas minerais (componente físico) no auxílio da digestão e aderência ao meio; detritos orgânicos de origem vegetal e animal (componente biológico) que servem como importante fonte alimentar (THOMAS & TAIT, 1984), e os componentes químicos de origem geológica e biológica que influenciam na qualidade da água e substrato, alterando as condições físicas e parâmetros químicos do meio.

1.4.6. TURBIDEZ

A turbidez é causada pela suspensão de partículas inorgânicas e orgânicas bem como microorganismos, na água. Os corpos d'água com alta turbidez, em geral, são desfavoráveis para os caramujos hospedeiros (MADSEN, 1982). Esta

influencia diretamente na ecologia dos caramujos por meio de um processo físico, onde o atrito provocado pelas partículas em suspensão age contra a superfície da concha, fazendo com que os caramujos sejam mais facilmente carregados em velocidades de corrente menores, uma vez que, os força a despendem um maior gasto de energia para mantê-los fixos ao substrato (MALEK, 1985).

Outros efeitos ecologicamente secundários são evidenciados. Entre eles destaca-se a diminuição da produtividade primária dos habitats dos caramujos, reduzindo desta forma a disponibilidade alimentar.

Os valores limites de tolerância encontram-se entre 3.7 FTU (FREITAS, 1978) e 230 FTU (STURROCK, 1974), para a espécie *B. glabrata*.

1.4.7. VELOCIDADE DA CORRENTE

Os planorbídeos possuem um estreito limite de tolerância em relação à velocidade da corrente. Apesar de ocorrerem em ambientes lênticos e lóticos, mostram preferência marcante pelos habitats lóticos, em regiões protegidas, formadas por reentrâncias da margem ou pela vegetação marginal.

Uma correlação linear negativa entre a densidade populacional dos caramujos e a velocidade da corrente tem sido bem estabelecida, com limites superiores de tolerância entre 0,25 a 0,30 m/s (SCORZA et al., 1961; NDIFON, 1979). Várias hipóteses são levantadas para explicar tal fenômeno. Uma delas está relacionada ao gasto de energia despendido para mantê-los fixos ao substrato, comprometendo, assim, a energia do metabolismo basal e de crescimento. THOMAS et al. (1975) demonstraram que as taxas de crescimento são significativamente menores em ambiente de fluxo do que em locais protegidos. Outra hipótese se relaciona a aspectos puramente morfológicos. Segundo esta, a anatomia da concha na forma discoidal criaria uma acentuada resistência provocada pelo atrito. Uma terceira hipótese, entre outras relacionadas a efeitos indi-

retos da velocidade da corrente, seria a influência da corrente sobre a ecologia alimentar dos caramujos, onde os detritos e algas epífitas tenderiam a não ocorrer em águas com fluxo muito rápido. Além desses efeitos, JURBERG et al. (1988) demonstraram que *B. glabrata* responde à corrente de água, apresentando reotaxia.

1.5. OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

A proposta do presente trabalho foi fundamentada a partir da constatação de que, no sudeste brasileiro, principalmente Rio de Janeiro e São Paulo, a transmissão da esquistossomose está parcialmente associada à prática da agricultura por culturas irrigadas, em larga e em pequena escalas, tais como cana-de-açúcar, arroz e agrião (PIZA et al., 1960; PESSOA, 1978). Em particular, as hortas de agrião são comprovadamente importantes focos de transmissão da esquistossomose (PINTO, 1945; COUTINHO, 1950; ANTUNES, 1953; ANDRADE, SANTOS & OLIVEIRA, 1955; REY, 1958; RUIZ, 1957; BRADLEY, 1968; PAES, MENEZES & CAMARGO, 1970; SUASSUANA & COURA, 1969; COURA et al., 1970; SCHALL et al., 1985).

No entanto, apesar de sua importância epidemiológica, apenas os trabalhos de PINTO (1945) e BRADLEY (1968) abordam sistematicamente as características ecológicas deste ecossistema quando relacionados à esquistossomose. Os autores mencionados acima tratam dos problemas do aproveitamento dos recursos hídricos para o abastecimento das culturas de agrião e da sua influência na dinâmica de transmissão da esquistossomose, em áreas de periferia urbana em fase de urbanização. Tais autores relacionam ainda o aproveitamento de águas poluídas com esgotos domésticos e a adubação das culturas com fezes humanas e de outros animais, como importantes fatores determinantes para o estabelecimento dos moluscos intermediários do *S. mansoni* em tais habitats. Entretanto, outros fatores ecológicos, além dos já citados, podem estar governando o es-

tabelecimento e a distribuição das colônias de caramujos no interior dessas culturas. Entre tais fatores destacam-se: plantas aquáticas, regime hidrológico do sistema de irrigação, natureza do substrato, outros moluscos.

Assim sendo, considerando as poucas informações de campo sobre **B. tenagophila** em hortas de agrião, propomo-nos a estudar um foco isolado de esquistossomose na cidade do Rio de Janeiro, cuja epidemiologia está intimamente relacionada à ocorrência de **B. tenagophila** em esquemas de irrigação de cultura de agrião, situado na região do Alto da Boa Vista. Nesta área, a transmissão da esquistossomose é conhecida desde o final da década de 60 (SUASSUNA & COURA, 1969; COURA et al., 1970; PAES, MENEZES & CAMARGO, 1970) e recentemente comprovada por SCHALL et al. (1985) e SILVA et al. (1986).

Assumimos como objetivo:

1) Estudar a dinâmica populacional de **B. tenagophila** e aspectos epidemiológicos da esquistossomose na região do Alto da Boa Vista.

1.1) acompanhar a variação da densidade populacional e a mudança de sua estrutura etária.

1.2) verificar os índices de infecção natural pelo **S. mansoni** e outros trematódeos.

2) Caracterizar ecologicamente o habitat de **B. tenagophila** nas hortas de agrião da região, visando a identificação e avaliação dos fatores ambientais passíveis de serem manipulados para exclusão ou controle da população malacológica.

2.1) quantificar e analisar comparativamente as variáveis bióticas e abióticas que influenciam no estabelecimento de **B. tenagophila** no habitat.

2.2) controlar as populações de **B. tenagophila** em horta de agrião através da manipulação de fatores ecológicos chaves.

CAPÍTULO 2

DINÂMICA POPULACIONAL DE BIOMPHALARIA TENAGOPHILA EM UMA CULTURA DE AGRIÃO NO ALTO DA BOA VISTA, RIO DE JANEIRO

2.1. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

2.1.1. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E CLIMA

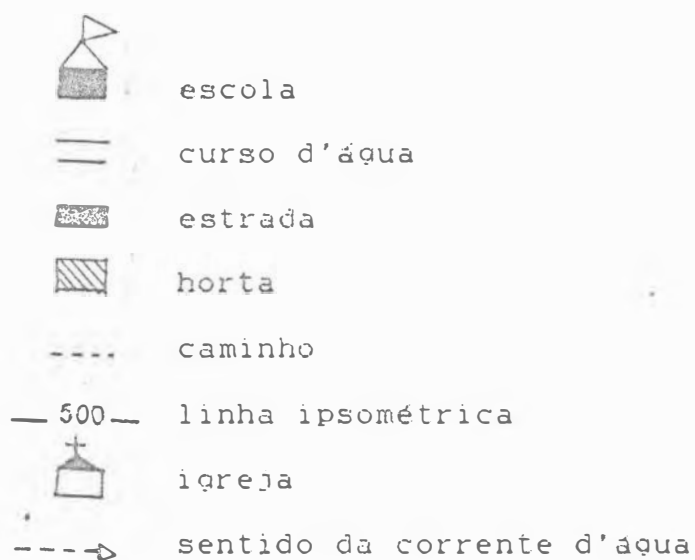
A região do Alto da Boa Vista fica localizada no Maciço da Tijuca, área metropolitana do município do Rio de Janeiro, RJ, a uma altitude de aproximadamente 300 metros (Figura 3). Segundo o relatório do DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS (1976) o Maciço que fica na Serra do Mar, é constituído basicamente de gnaisses granitóides. Os gnaisses granitóides apresentam, normalmente, estrutura nebulítica, granulação média e grosseira, e textura granoblástica. Os solos desta rocha são normalmente claros e amarelados, sempre com grande quantidade de fragmentos milimétricos de feldspato branco.

A região do Alto da Boa Vista não está sujeita a períodos de seca (Figura 4). Os maiores índices pluviométricos são registrados entre os meses de novembro e fevereiro.

O regime térmico é caracterizado por grandes variações anuais, de 18,8°C para a menor temperatura máxima e de 35,6°C para a maior, enquanto que para a maior e menor das temperaturas mínimas foram registrados, 24,0°C, 10,8°C respectivamente. As variações diárias chegam a 13°C nos meses mais frios (junho e julho).

FIGURA 3

Mapa esquemático da região do Alto da Boa Vista, long. $43^{\circ}/17'$ - lat. $22^{\circ}/58'$ indicando a localização do complexo de hortas de agrião (A a D).



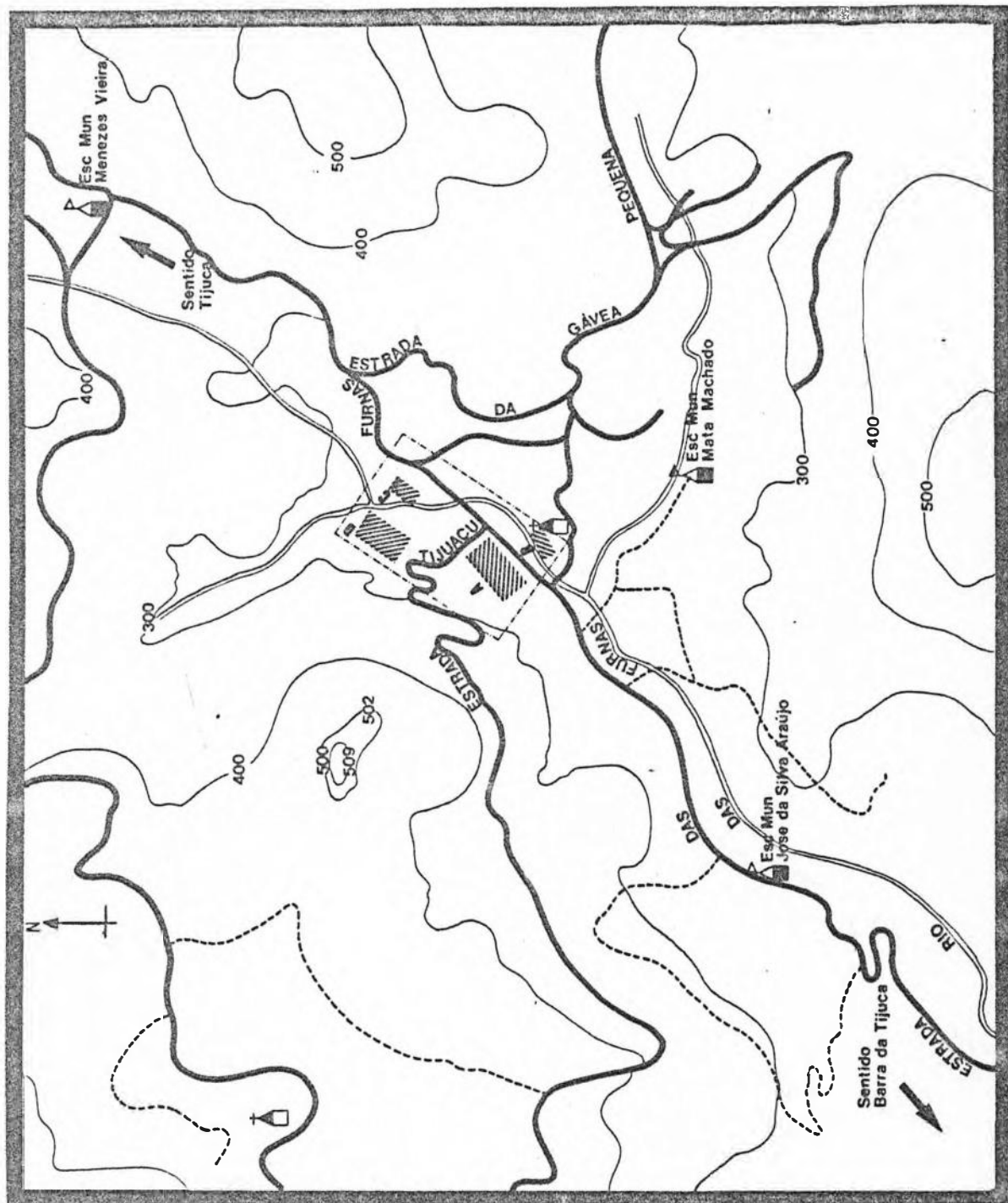
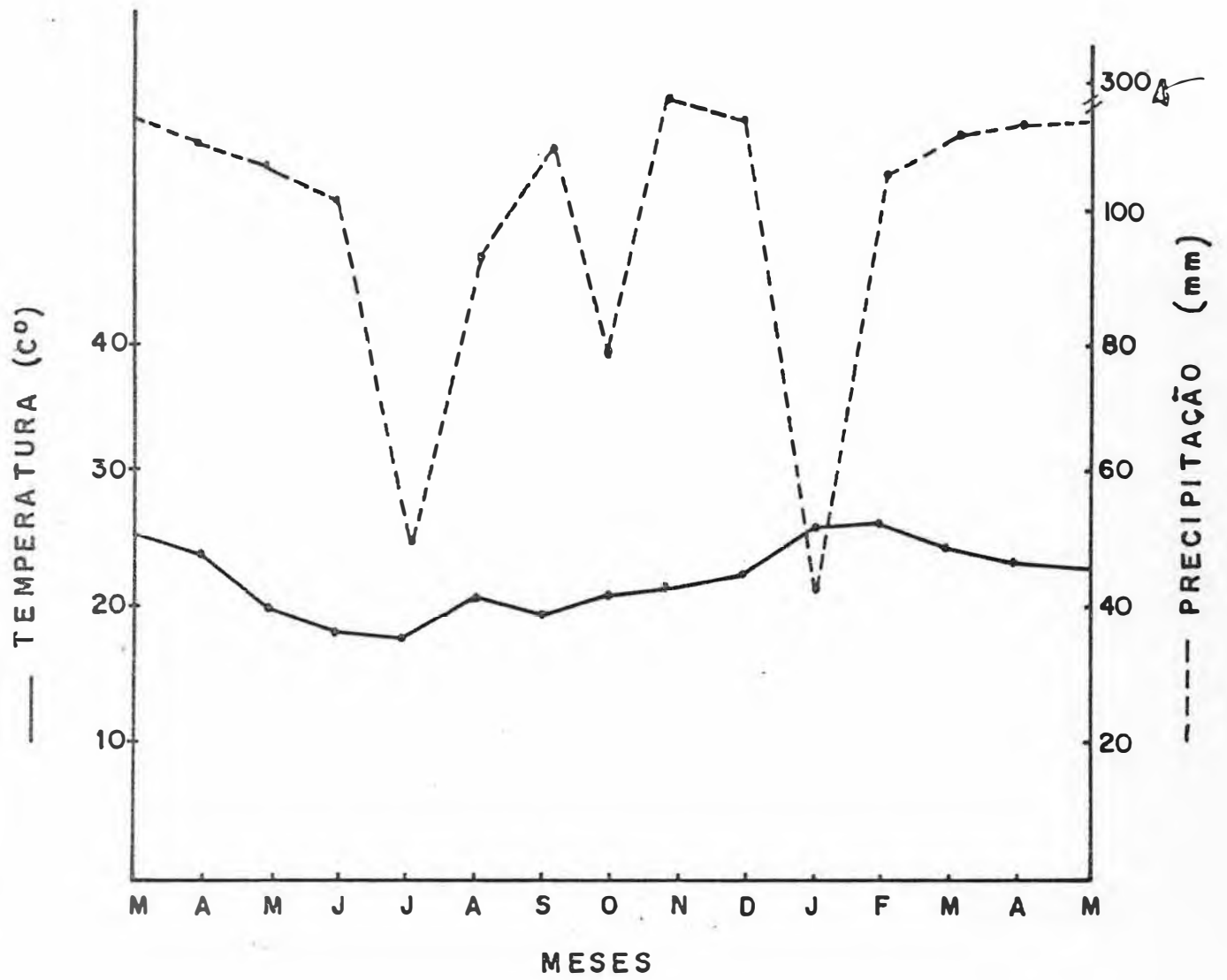


FIGURA 4

Domínio climático na região do Alto da Boa Vista, apresentando a média mensal da temperatura e precipitação durante o período de março de 1985 a maio de 1986, correspondente ao período do presente estudo, (segundo fonte do Instituto Nacional de Meteorologia).



2.1.2. DESCRIÇÃO DAS HORTAS DE AGRIÃO

Uma amostragem preliminar na bacia hidrográfica do principal rio da região (rio das Furnas) indicou a presença de **B. tenagophila** apenas no limite de um complexo de hortas de agrião. O complexo é formado por quatro hortas principais (A,B,C,D) (Figura 5), com **B. tenagophila** distribuída por todas elas, porém, apresentando uma distribuição heterogênea entre os canteiros de plantio, existindo canteiros que sustentam alta densidade populacional e canteiros com ausência completa de caramujos.







A captação da água para a irrigação do complexo de hortas se dá pelo sistema de barragem do rio das Furnas. A irrigação interna das hortas se processa por canais abertos, em condutos nos quais o líquido escoar sobre uma superfície livre, sujeita a pressão atmosférica. O escoamento é causado pela inclinação natural do terreno, formando um fluxo d'água contínuo e unidirecional, através de canais primários e secundários. Das quatro hortas do complexo apenas a D não é abastecida com as águas do rio das Furnas, função atribuída a um pequeno tributário do rio principal.

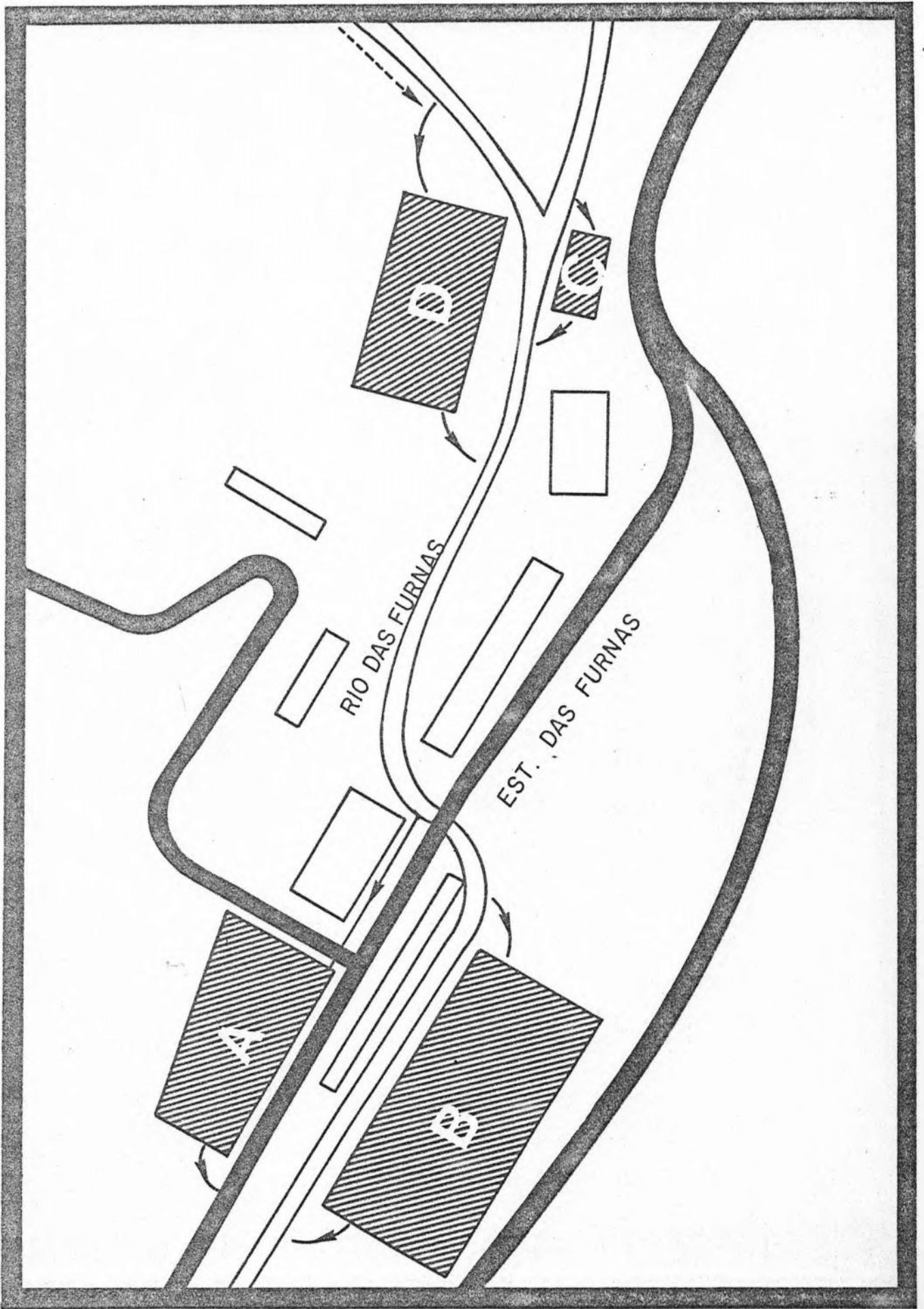
Duas espécies de plantas aquáticas são encontradas vivendo associadas ao cultivo de *Nasturtium officinale* (agrião) na região, nominalmente, *Potamogeton striatus* (uma macrófita submersa), e *Spirogyra sp* (uma alga filamentosa).

As hortas do complexo utilizam duas formas tradicionais de adubação. A primeira baseia-se em um preparado de esterco de galinha ou porco, conhecido como "chorume". Em geral o hortelão prepara em um tambor de 200 l, preenchendo até dois terços de seu volume com esterco fresco, completando o restante com água. O caldo após um mês de estabilização é aplicado nas hortas na entrada d'água do sistema de irrigação. O chorume é caracterizado como matéria orgânica no estágio final de degradação, principalmente na forma de nitratos. A segunda forma é caracterizada pelo aproveitamento de restos de material or-

FIGURA 5

Diagrama apresentando esquematicamente a localização do complexo de hortas de acrião (A, B, C e D), com suas respectivas entradas e saídas de abastecimento de água do sistema de irrigação.

-  hortas
-  Rio das Furnas
-  Estrada das Furnas
-  redidências
-  entrada e saída d'água do sistema de abastecimento
-  direção do fluxo d'água



gânico oriundos de pocilgas adjacentes às hortas que são desviados para o interior dos canais de irrigação e estão em fase inicial de redução, apresentando ainda uma grande quantidade de substrato orgânico a ser degradado.

2.1.3. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

A ocorrência da esquistossomose no Alto da Boa Vista foi apontada por SUASSUNA e COURA (1969) através do estudo de pacientes procedentes da região entre o período de 1960 a 1968. Os registros mais graves da doença na região foram assinalados por COURA et al. (1970) em 22 casos da forma aguda autóctone contraída no rio das Furnas em banho único. PAES e cols. (1970) através de um levantamento coproscópico em 1968, registraram um índice de até 13,44% de infecção por *S. mansoni* em escolares da região. Pelo inquérito malacológico registraram 0,05% de caramujos positivos. Em 1969 esses mesmos autores encontraram índices de infecção ainda mais altos, sendo de até 21,03% de positividade entre escolares e 0,96% entre os caramujos. Observações sistemáticas feitas pelos autores anteriores ao trabalho revelaram que as mulheres têm por hábito lavar roupas no rio das Furnas e as crianças têm freqüente contato com as águas do rio para o banho recreativo e pescaria, bem como o hábito de brincar no interior das hortas.

2.2. METODOLOGIA

2.2.1. ÁREAS AMOSTRAIS

Das quatro hortas do complexo, a horta A (Prancha 1) foi escolhida como estação amostral. Sua área cultivada é de aproximadamente 2.700 m², sendo distribuída entre 33 canteiros de plantio dispostos em plataformas sucessivamente mais baixas e interligados por canais de irrigação.

PRANCHA 1

Vista geral da estação amostral, horta A, voltada para sudoeste.



Considerando a distribuição interna de *B. tenagophila* e as fontes de abastecimento de água na estação amostral (A), foram selecionadas três áreas (canteiros de plantio), sendo duas colonizadas por *B. tenagophila* (C1,C2) e uma não colonizada (C3) (Figura 6).

Para os estudos populacionais de *B. tenagophila*, foram realizadas coletas quinzenais de caramujos, na área C1, entre o período de março 1985 a maio de 1986, perfazendo um total de 15 meses.

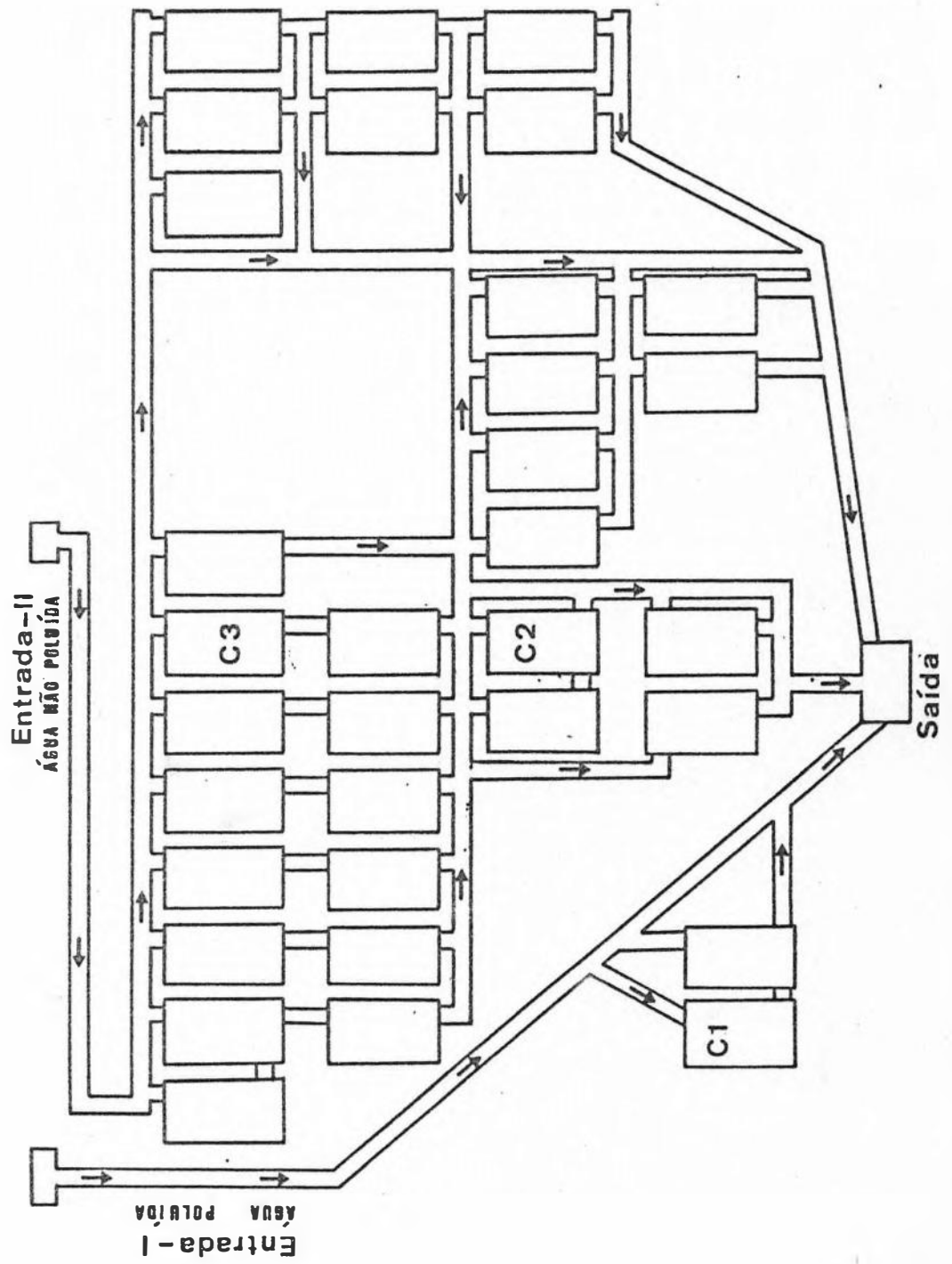
Foi realizada uma avaliação comparativa de quatro fatores ambientais entre áreas colonizadas (C1 e C2) e não colonizadas (C3) por *B. tenagophila*, ao longo de um período de 12 meses. São eles: 1) hidrologia do sistema de irrigação; 2) plantas aquáticas; 3) qualidade da água; 4) natureza do substrato.

2.2.2. COLETA, AVALIAÇÃO POPULACIONAL E INFECTIVIDADE DOS CARAMUJOS

Para coleta dos caramujos foi utilizado um quadrat de 5 m², subdividido em 80 parcelas, das quais 40 eram sorteadas através de uma tabela de números aleatórios, perfazendo 2,5 m² o que corresponde a 5% da área total do canteiro. Nestas 40 parcelas eram coletados por meio de pinça todos os caramujos encontrados a nível superficial do sedimento ou sobre o agrião, para avaliação da densidade populacional dos animais e teste de infecção. Os caramujos coletados eram transportados para o laboratório em placas de Petri em contato com papel de filtro molhado, sendo então contados e medidos. Para investigação da presença de caramujos infectados com cercárias de *S. mansoni* e outras furcocercárias, os animais eram posicionados a 30 cm de uma fonte luminosa (lâmpada incandescente de 200 W) em recipientes de vidro contendo 20 ml de água (3 a 5 animais por frasco), por um período de 2 a 3 horas, entre 12:00 e 15:00 horas.

FIGURA 6

Diagrama esquemático do sistema de irrigação da estação amostral (horta A), localizando os pontos amostrais C1, C2 e C3 (canteiro de plantio), com suas respectivas fontes de abastecimento d'água (entrada I e entrada II), e com as direções do fluxo d'água indicadas por setas



2.2.3. AVALIAÇÃO DOS FATORES AMBIENTAIS

Parâmetros físico-químicos da água - Como pode ser visto na Figura 6, C1 é abastecida pelas águas da entrada - I e mantém uma população permanente de *B. tenagophila*; já as áreas C2 e C3 são abastecidas pela entrada - II que capta água diretamente do rio das Furnas, porém diferem quanto a presença de *B. tenagophila*; C2 apresenta uma população permanente de molusco e C3 é completamente ausente de *B. tenagophila*. Visto isto; C1, C2 e C3 foram comparadas em termos dos seguintes parâmetros físico-químicos da água: pH, condutividade, cloretos, oxigênio dissolvido, concentração de Ca e Mg, dureza total de Ca em CaCO_3 , dureza total de CaCO_3 , alcalinidade total, concentração HCO_3^- , temperatura da água, nitratos, nitrogênio orgânico, nitrogênio keldhal e nitrogênio amoniacal. Os 11 primeiros foram obtidos entre março de 1985 a maio de 1986 e os 4 restantes, correspondentes aos compostos nitrogenados, foram medidos entre setembro de 1988 a março de 1989. As análises foram realizadas segundo o manual técnico da FEEMA (1979).

a) Hidrologia do Sistema de Irrigação - Foram examinados três parâmetros hidrodinâmicos do sistema de irrigação interno das áreas amostrais: vazões, volume e tempo de drenagem. As vazões foram mensuradas empregando-se um balão plástico, com capacidade de armazenamento para 50 l, posicionado na entrada de água de cada canteiro; a unidade amostral foi expressa em litros por segundo. O volume de água interno dos canteiros foi estabelecido como sendo o produto da multiplicação entre o tempo de drenagem e vazão. Tempo de drenagem foi definido pelo autor como o tempo gasto para a total renovação da água dos canteiros após a interrupção do sistema de abastecimento.

b) Plantas Aquáticas - Uma vez que, dentre as três áreas amostrais, apenas C2 e C3 sustentavam populações de *Potamogeton striatus* e *Spirogyra sp.*, a comparação da biomassa vegetal se limitou a tais áreas. O material vegetal foi coletado na faixa interna dos canteiros que é desprovida de agrião (en-

trada de água dos canteiros), por meio do método de quadrats, com o tamanho dos quadrats selecionado por uma pré-amostragem aleatória com quadrats de 20x20 cm e 10x10 cm (PIP & SUTHERLAND-GUY, 1987). Os quadrats de 10x10 cm mostraram-se eficientes. Desta forma, amostragens aleatórias mensais de 10 quadrats de 10x10 cm, para as duas áreas foram realizadas por um período de 3 meses (Jan/Fev/Mar-1988). O material vegetal era levado para o laboratório, posto para secar em estufa até a manutenção constante do peso a uma temperatura de 60°C.

c) Natureza do Substrato - As amostras do sedimento foram coletadas nas áreas C1, C2 e C3. As amostras eram coletadas sempre na parte anterior dos canteiros, uma vez que o sedimento nesta região caracteriza globalmente cada canteiro, devido à tendência normal de sedimentação sempre nas regiões mais profundas, originárias do efeito do caimento de água do sistema interno de abastecimento. O aparelho utilizado para coleta foi um coletor plástico com mecanismo de pressão vertical. Em cada área eram coletadas 3 amostras com frações de 15 cm de profundidade. Esta fração foi selecionada por ser a zona mais ativamente envolvida na transferência de nutrientes da interface sedimento-água. Em seguida as amostras eram mantidas congelada a, aproximadamente, -10°C e transportada para o laboratório, onde uma primeira etapa de secagem era realizada a 60°C durante 72 horas. Após esta fase, as amostras eram encaminhadas para o Serviço de Análise de Solo da Secretaria de Agricultura do Estado do Rio de Janeiro, para serem examinados os seguintes parâmetros: pH, concentração de cálcio + magnésio, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), matéria orgânica total e textura do solo.

2.3. RESULTADOS

2.3.1. ASPECTOS POPULACIONAIS DOS MOLUSCOS

Considerando a falta de referência sobre o tamanho de *B. tenagophila* por ocasião da primeira desova, utilizamos como referência o tamanho médio de

B. glabrata que gira em torno de 7,5 mm, segundo REY (1956). Assim sendo, com relação aos dados sobre composição etária, serão referidos como jovens os indivíduos de até 8 mm e adultos aqueles acima deste diâmetro, porém ocasionalmente serão divididos em classes apenas no sentido de apresentar com clareza a análise da estrutura etária.

As amostras mensais correspondem à soma de duas amostras quinzenais.

Durante o transcorrer do período estudado, houve uma nítida mudança na estrutura etária da população. Em março de 1985 a população apresentou um diâmetro médio de $11,19 \text{ mm} \pm 1,88 \text{ mm}$ sendo composta basicamente de indivíduos adultos (92,8%) (Figura 7, Tabela I).

A Tabela I apresentando a distribuição de frequência por diâmetro da concha, indica claramente que a população tende a crescer a partir de abril mantendo-se alta desde então até outubro.

Em abril de 1985 iniciaram-se mudanças nas estruturas etárias decorrentes do aparecimento de indivíduos jovens, cujo percentual subiu de 7,14% para 32,2% em relação ao mês anterior. Em maio esta mudança se acentuou, constituindo os jovens 60,1% da população. Nos meses subseqüentes até outubro o percentual de jovens continuou crescendo chegando a 80,1%.

Apesar de ocorrer grande entrada de jovens na população (dentro do limite de diâmetro aqui considerado) entre os meses de junho a outubro, havendo uma concentração de indivíduos de 7 e 8 mm neste período (correspondendo de 45 a 50% da população), a frequência de indivíduos adultos manteve-se constante, com a exceção do mês de setembro, quando a frequência de adultos aumentou e a de jovens decresceu.

Novembro foi marcado pela mudança desse quadro geral apresentado acima, ocorrendo uma diminuição de outubro para novembro de 80,1% para 44,2% em re-

FIGURA 7

Distribuição mensal (%) de caramujos jovens e adultos entre março de 1985 a maio de 1986

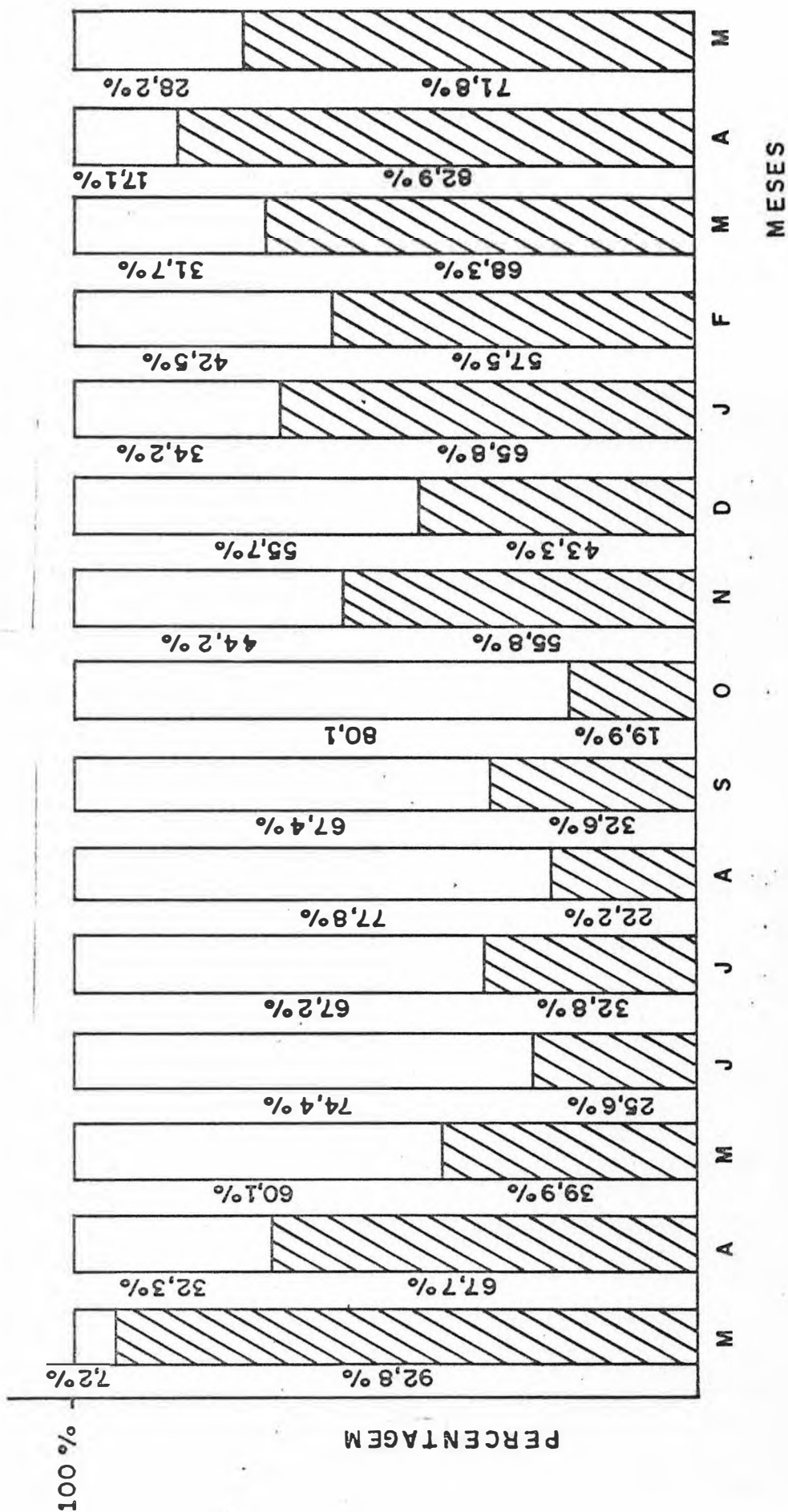


Tabela I. Número de exemplares de *Bionostictaria fenestralis* de diferentes diâmetros coletados mensalmente numa área amostral em horta de agrição no Alto da Boa Vista, Rio de Janeiro, março/85 a maio/86.

MES	DIÂMETRO DA CONCHA (mm)																	TOTAL
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Março	1	2	3	1	6	19	31	67	132	89	62	18	12	2	3	-	448	
Abril	16	26	45	77	71	143	196	246	142	90	64	41	12	2	-	1	1172	
Maio	18	61	104	109	161	167	188	113	59	26	19	6	6	-	-	-	1046	
Junho	23	69	156	245	331	204	144	105	59	24	14	6	1	-	1	-	1382	
Julho	3	25	61	139	262	236	140	109	58	27	14	2	-	-	-	-	1066	
Agosto	34	48	82	209	342	331	162	87	25	10	8	1	-	-	-	-	1331	
Setembro	14	32	55	149	247	252	190	113	39	14	5	1	-	-	-	-	1111	
Outubro	25	42	144	220	286	234	105	85	35	6	2	-	-	-	-	-	1174	
Novembro	-	-	5	49	107	185	159	124	98	20	13	6	2	2	1	-	762	
Dezembro	-	-	-	5	7	17	9	5	2	4	2	1	-	-	-	-	52	
Janeiro	-	6	31	29	64	118	112	135	117	65	37	9	9	2	-	-	725	
Fevereiro	1	15	89	57	90	152	100	83	75	64	91	50	13	2	-	-	832	
Março	-	4	21	24	42	105	131	105	83	33	33	24	8	2	1	1	617	
Abril	-	1	6	15	27	93	124	106	165	102	115	48	20	5	1	1	829	
Maio	5	36	106	109	89	158	224	221	303	154	219	122	36	8	2	-	1805	

lação aos jovens e um aumento de 19,9% para 55,8% em relação aos adultos. Desde então verificou-se um aumento dos adultos na população, atingindo 82,9% em abril de 1986.

A Figura 8, apresentando a variação mensal do diâmetro médio das conchas de *B. tenagophila*, mostra uma situação incomum, em que praticamente não há sobreposição no tamanho dos caramujos entre os meses nos quais o diâmetro médio ficou acima de 8 mm (março de 1985 e abril e maio de 1986).

A sobreposição entre a curva ajustada da variação mensal do diâmetro médio da concha e a curva ajustada da densidade populacional, evidencia uma relação inversa entre densidade e diâmetro médio da população, devido ao aumento da taxa de crescimento da população em decorrência da entrada de novos indivíduos. Desta forma, interpretamos este fenômeno como sendo um reflexo do tipo de curva de crescimento logística de configuração sigmóide da população (Figura 9).

Neste ambiente artificial criado para horticultura, mesmo havendo a diminuição do impacto das fortes chuvas devido à manipulação do abastecimento de água dentro dos canteiros de plantios, evidenciamos uma nítida relação inversa entre densidade e pluviosidade (Figura 10).

2.3.2. INFECTIVIDADE DOS CARAMUJOS

O acompanhamento mensal do índice de caramujos infectados por *S. mansoni* evidenciou que a liberação de cercárias deste parasito se dá aproximadamente entre os meses de março, abril e maio. Quanto à liberação de outros furco-cercárias, verificou-se que esta apenas não ocorre nos meses de junho, julho, agosto e setembro (Tabela II).

FIGURA 8

Variação mensal do diâmetro da concha de *Biomphalaria tenagophila* coletada de março de 1985 a maio de 1986 na região do Alto da Boa Vista. Os pontos indicam as médias e as linhas verticais, os desvios padrões.

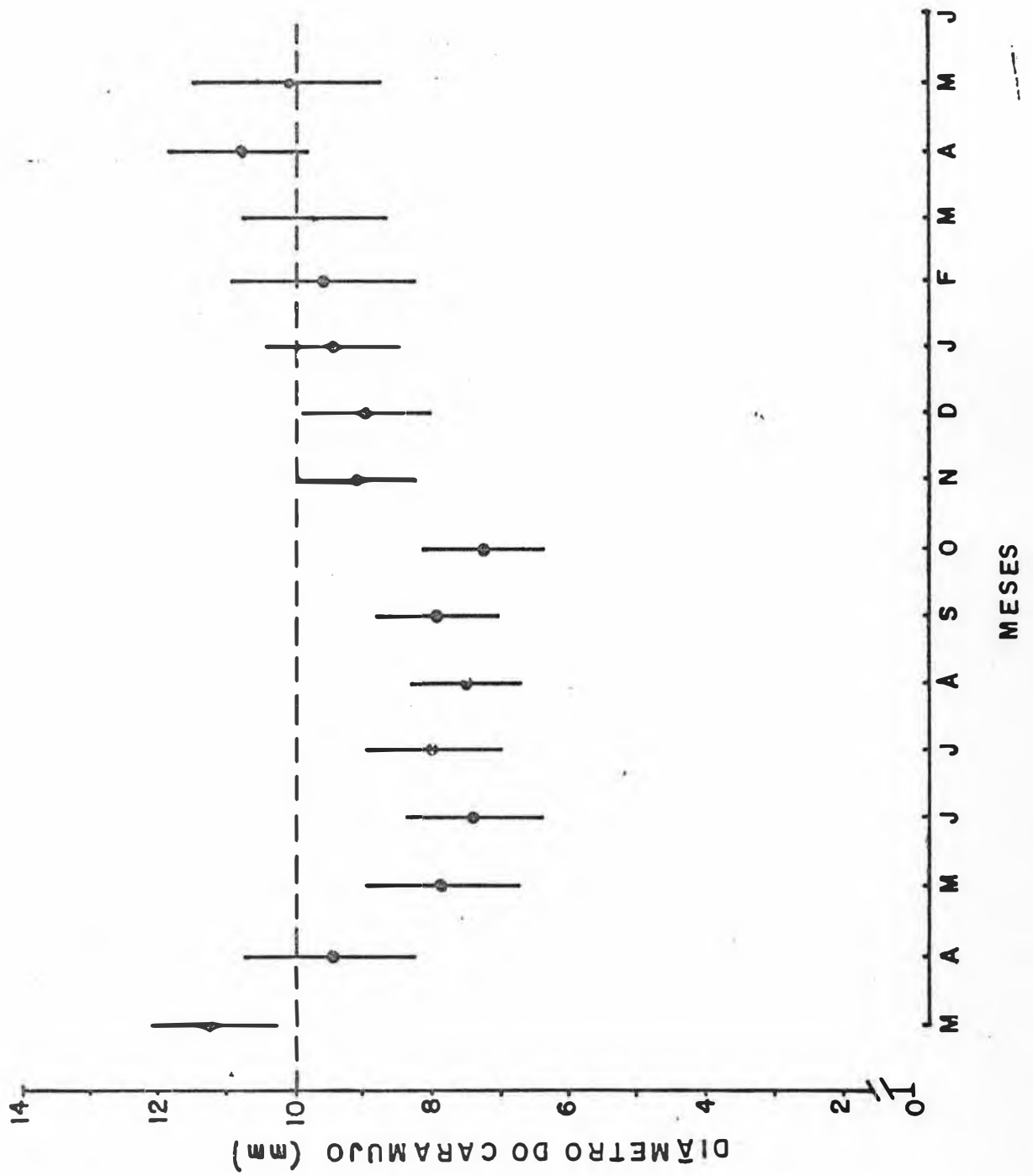


FIGURA 9

Curva ajustada da densidade populacional (-----) e do diâmetro médio da concha de *Biomphalaria tenagophila* (———). Sendo a densidade expressa como número de caramujos por $2,5 \text{ m}^2$ de área amostral e o diâmetro médio expresso em mm

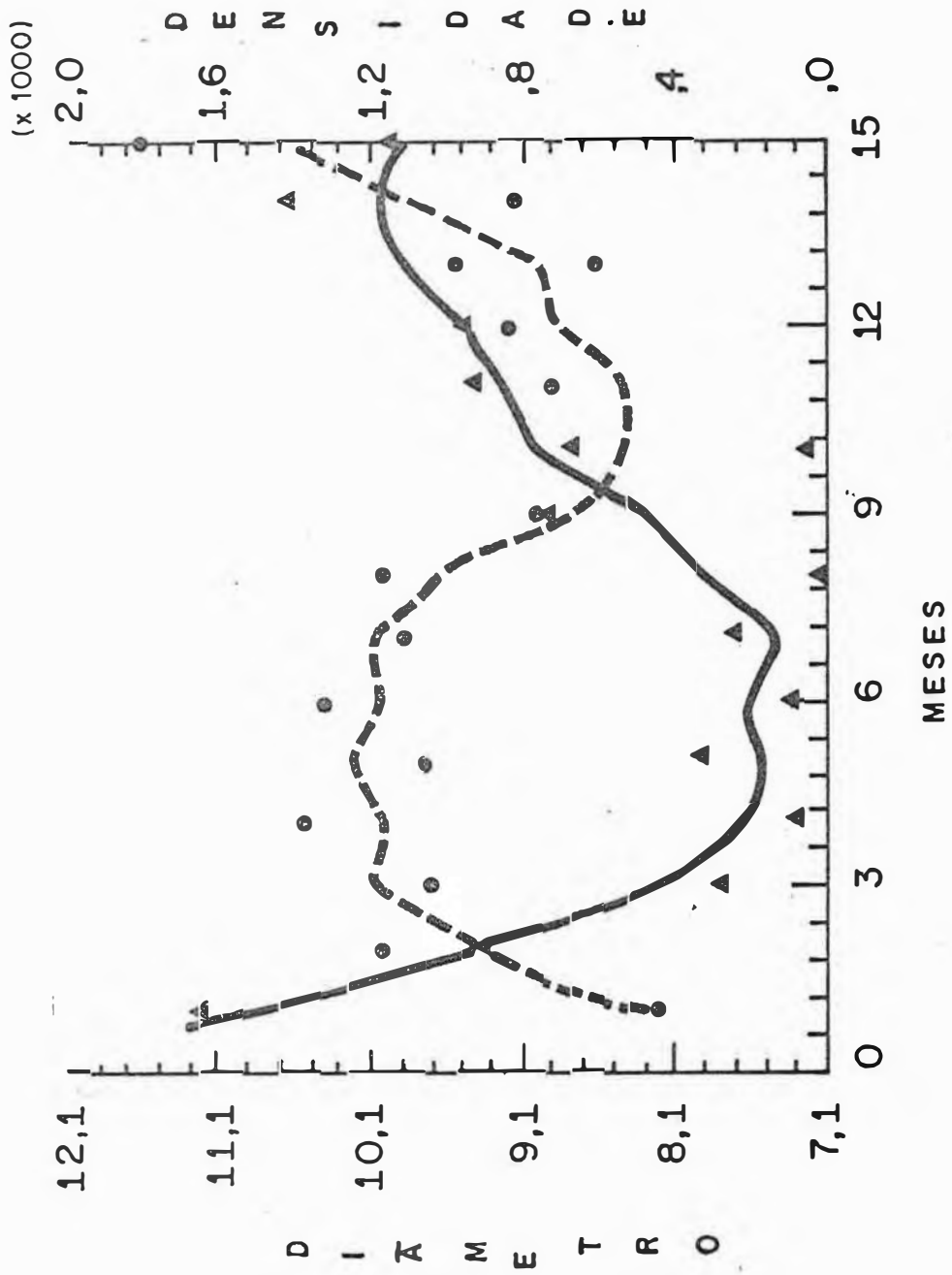


FIGURA 10

Variação mensal da densidade de caramujo (número de caramujo por $2,5 \text{ m}^2$ da área amostral) e da precipitação (total em mm) de março de 1985 a maio de 1986 na região do Alto da Boa Vista.

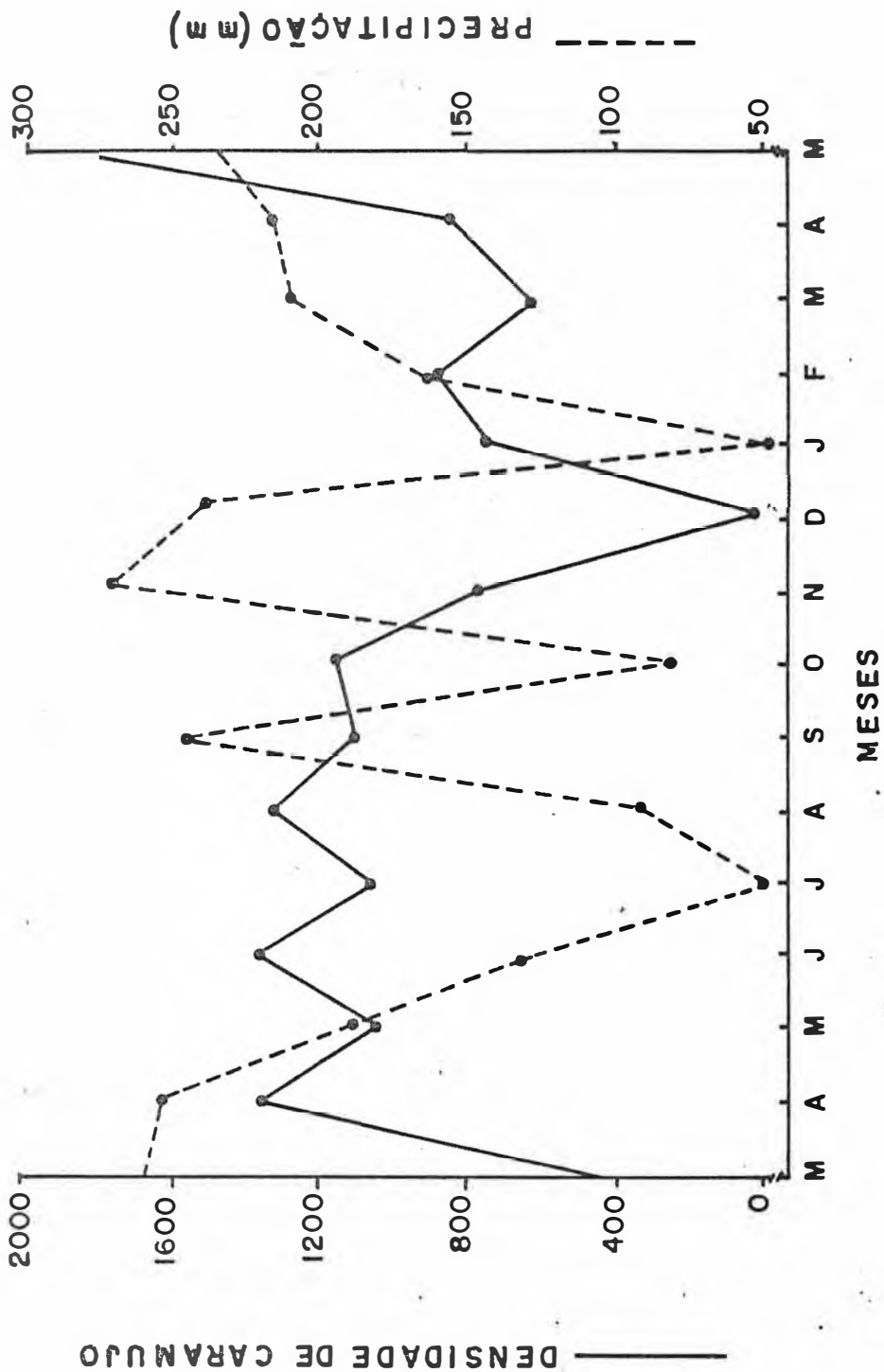


Tabela II. Distribuição mensal (março/85 a maio/86) de caramujos infectados (%) em relação ao total de caramujos coletados.

MES	Nº TOTAL DE CARAMUJOS	NÚMERO DE CARAMUJO INFECTADO (*)	%	NÚMERO DE CARAMUJO INFECTADO (**)	%
Março	448	1	0,22	-	-
Abril	1172	6	0,51	2	0,17
Maio	1046	4	0,38	1	0,10
Junho	1382	-	-	-	-
Julho	1066	-	-	-	-
Agosto	1331	-	-	-	-
Setembro	1111	-	-	-	-
Outubro	1174	-	-	1	0,09
Novembro	762	-	-	-	-
Dezembro	52	-	-	1	1,92
Janeiro	725	-	-	3	0,41
Fevereiro	832	-	-	9	1,08
Março	617	-	-	2	0,32
Abril	829	2	0,24	18	2,17
Maio	1805	-	-	39	2,16

(*) Caramujo emitindo cercária de *Schistosoma mansoni*

(**) Caramujo emitindo outras furcocercárias.

2.3.3. FATORES AMBIENTAIS

a) Qualidade da água - Os resultados das comparações entre as áreas C1, C2 e C3, no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos, foram avaliados pelo teste de análise de variância e são apresentados na Tabela III.

Foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as 3 áreas para os seguintes parâmetros: pH, condutividade, cloretos, alcalinidade, nitrogênio orgânico, nitrogênio kjeldhal, nitrogênio amoniacal e nitratos. A avaliação múltipla entre (C1-C2, C1-C3 e C2-C3) (Tabela IV) identificou que a condutividade não é significativamente diferente entre C2 e C3, mas seguramente é maior em C1; o mesmo ocorre com os cloretos e toda a série nitrogenada.

b) Hidrologia do sistema de irrigação - Embora, teoricamente a inclinação natural do terreno possa modificar a força do escoamento da água no sistema de abastecimento podendo provocar um aumento ou diminuição dos parâmetros hidrológicos examinados, a avaliação comparativa através de teste de variância dos parâmetros vazão, volume e tempo de drenagem não apresentou diferença significativa (Tabela V).

c) Plantas aquáticas - A amostragem comparativa da biomassa vegetal entre C2 e C3 não indicou diferença significativa (Tabela VI). No entanto, cabe aqui ressaltar que ambas as espécies *P. striatus* e *Spirogyra* sp apresentaram um ciclo sazonal de crescimento, sendo observado maior abundância de plantas no interior das hortas no período de verão e outono (época de maior disponibilidade de tecido vegetal vivo) e desaparecendo quase por completo no inverno (época de maior disponibilidade de tecido vegetal senescente). Na primavera, ocorreu o repovoamento das hortas, atingindo as plantas, novamente no verão, sua maior abundância.

Tabela III. Análise de parâmetros físico-químicos da água em horta de agrião no Alto da Boa Vista.
x. média; s. desvio padrão; F. razão F; P. probabilidade

PARÂMETROS	ÁREA				ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
	C ₁	S	X	C ₂	S	X	C ₃	F
Dureza Total ^x (mg/l em CaCO ₃)	28.74	4.63	25.57	4.19	27.5	3.71	2.71	> 0.05
Dureza de Ca ^x (mg/l em CaCO ₃)	14.14	1.67	12.69	2.54	13.3	0.82	1.44	> 0.05
Dureza de Mg ^x (mg/l em CaCO ₃)	15.80	3.67	15.58	3.71	15.5	5.01	0.014	> 0.05
Concentração de Ca ^x (mg/l)	5.72	6.64	4.98	1.00	5.0	1.02	2.25	> 0.05
Concentração de Mg ^x (mg/l)	3.73	0.85	3.38	1.30	3.32	1.13	0.71	> 0.05
Clorretos ^x (mg/l)	17.58	2.31	13.27	1.68	13.11	1.62	25.95	< 0.001
pH ^x	6.43	0.31	6.51	0.45	6.56	0.38	0.51	> 0.05
Condutividade ^x (μmho/cm)	103.00	9.48	85.00	10.54	84.10	11.69	17.45	< 0.001
Alcalinidade ^x (mg/l)	22.10	4.90	13.18	3.85	13.12	3.89	19.73	< 0.001
Nitratos (mg/l)	0.063	0.02	0.015	0.003	0.02	0.011	62.59	< 0.001
Concentração de HCO ⁻ (mg/l)	24.47	3.65	15.96	3.73	15.46	3.50	17.27	< 0.001
Nitrogênio Orgânico (mg/l)	273.98	82.31	78.65	4.73	84.43	7.32	34.15	< 0.001
Nitrogênio Kjeldhal (mg/l)	284.33	85.18	89.30	25.35	131.28	32.29	21.21	< 0.001
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	4.66	3.25	0.11	0.04	0.12	0.06	10.53	< 0.001

* Data de coleta: março de 1985 à maio de 1986.

Obs: Os demais parâmetros datam de setembro de 1988 à março de 1989.

Tabela IV. Análise de parâmetros físico-químicos da água entre canteiros colonizados (C_1) e não colonizados (C_2 e C_3) por *Bionophalaria tenagophila* em horta de agrão no Alto da Boa Vista. F. razão; P, probabilidade.

PARÂMETROS	ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE ÁREAS					
	(F)	($C_1 - C_2$)	P	(F)	($C_1 - C_3$)	P
Dureza total (mg/l em $CaCO_3$)	1,21	>0,05		0,98	>0,05	>0,05
Dureza de Ca (mg/l em $CaCO_3$)	2,25	>0,05		1,96	>0,05	>0,05
Dureza de Mg (mg/l em $CaCO_3$)	1,70	>0,05		1,40	>0,05	>0,05
Concentração de Ca (mg/l)	0,75	>0,05		2,26	>0,05	>0,05
Concentração de Mg (mg/l)	0,25	>0,05		0,70	>0,05	>0,05
Clorretos (mg/l)	18,28	<0,001		25,9	<0,001	>0,05
pH	0,12	>0,05		0,51	>0,05	>0,05
Condutividade ($\mu mho/cm$)	14,02	<0,001		17,43	<0,001	>0,05
Alcalinidade (mg/l)	14,6	<0,001		11,50	<0,001	>0,05
Nitratos (mg/l)	33,7	<0,001		32,50	<0,001	>0,05
Concentração de HCO_3 (mg/l)	14,18	<0,001		15,30	<0,001	>0,05
Nitrogênio Orgânico (mg/l)	29,47	<0,001		17,42	<0,001	>0,05
Nitrogênio Kjeldhal (mg/l)	18,8	<0,001		13,70	<0,001	>0,05
Nitrogênio Amônia (mg/l)	20,15	<0,001		15,60	<0,001	>0,05

Tabela U. Parâmetros hidrológicos do sistema de irrigação em horta de agrião no Alto da Boa Vista.
x, média; s, desvio padrão; Min, mínimo; Max, máximo; (F), razão F; P, probabilidade.

PARAMETROS	AREA												ANALISE DE VARIANCIA	
	C ₁						C ₂							
	x	s	Min	Max	x	s	Min	Max	x	s	Min	Max	(F)	P
URSAO (1/10 seg.)	18.2	4.13	10	30	17	3.74	9	26	17.4	8.2	10	28	1.63	>0.05
VOLUME (l)	670.0	86.00	456	864	634	84.00	412	736	640.0	76.0	440	762	2.98	>0.05
TEMPO DE DRENAGEM (min)	6.21	0.71	4.8	7.8	6.24	0.71	5.1	7.9	6.5	0.8	5.2	7.6	0.02	>0.05

Tabela UI. Biomassa vegetal de *Potamogeton striatus* e *Spirogyra* sp. em canteiros de agrião com (C₁) e sem (C₃) *Bionophalaria tenagophila* no Alto da Boa Vista. x, média; s, desvio padrão; (F), razão F; P, probabilidade.

PARÂMETRO	ÁREAS				ANÁLISE DE VARIÂNCIA		
	C ₁		C ₃				
	x	s	x	s	(F)		P
Peso seco (g)	10.32	0.10	10.29	0.06	0.853		>0.05

d) Natureza do substrato - A composição química do sedimento das estações amostrais refletiu um alto grau de variabilidade. O resultado da análise de variância dos constituintes químicos do sedimento indicou diferenças significativas nos três canteiros para pH, concentração de Ca+Mg, K, Na. A análise de variância dos constituintes de origem biológica indicou que o teor de matéria orgânica foi significativamente maior nas áreas C1 e C2, ambas colonizadas por *B. tenagophila*, do que na área não colonizada C3. Com relação ao componente físico do substrato, todas as áreas apresentam uma textura do solo areno argilosa (Tabela VII).

2.4. DISCUSSÃO

2.4.1. ASPECTOS PÓPULACIONAIS DOS MOLUSCOS

Existem cinco variáveis principais que afetam o potencial de um organismo com sistema de herança mendeliano, que dizem respeito à fase juvenil e de adulto na população. São elas: 1) idade da primeira reprodução (quanto menor a idade, maior o número de gerações possíveis de serem produzidas no mesmo intervalo de tempo); 2) sobrevivência até este período (representa a viabilização da prole, isto é, somente os indivíduos que atingirem a maturidade serão capazes de transmitir o seu genoma); 3) fecundidade (número de ovos férteis gerados por prole); 4) tempo de duração entre as estações de reprodução (quanto menor o intervalo entre estações de reprodução maior o número de gerações); 5) sobrevivência neste período (aumento do número de prole por indivíduo) COLE (1954). Deste modo, assumimos que existem apenas duas classes de indivíduos na população: juvenis e adultos, pois as variáveis que influenciam no potencial do organismo diferem entre ambas, porém não dentro de classes.

Analisando a tabela de frequência, verificamos que o padrão de crescimento da população está de acordo com alguns princípios básicos de ecologia de populações, tais como: 1) que uma população em expansão contém maior pro-

Tabela VII. Análise de parâmetros químicos do sedimento em horta de
agrição na região do Alto da Boa Vista. \bar{x} , média; s, desvio padrão; (F),
razão F; P, probabilidade.

PARÂMETROS	ÁREA				ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
	\bar{x}	C_1	s	\bar{x}	C_2	s	(F)	P
pH	6.00	0.53		5.6	0.32	0.17	5.41	<0.05
Concentração de $Ca+Mg$	2.71	0.71		1.93	0.46	0.64	4.22	<0.05
Fósforo	50.70	17.23		51.40	14.28	20.75	0.34	>0.05
Potássio	99.20	19.90		55.10	11.77	18.08	19.23	<0.001
Matéria Orgânica	2.01	0.59		1.34	0.22	0.31	13.01	<0.001
Sódio	43.00	9.27		29.46	8.04	6.93	10.28	<0.001

porção de indivíduos jovens, situação observada pela mudança gradual na proporção de jovens com aumento da densidade nos períodos de março e abril/85 e abril e maio/86; 2) que uma população, quando estacionária, mantém a proporção da distribuição entre jovens e adultos bem como a da densidade, princípio demonstrado entre o período de abril a setembro de 1985; 3) a predominância de adultos com a queda da densidade no mês de novembro corrobora a predição de que em uma população em declínio há uma maior proporção de adultos (ALLEE et al., 1949).

Apesar da entrada maciça de jovens na população, nos meses de junho a outubro, mantendo uma alta concentração de indivíduos até 8 mm (60%), não registramos um aumento proporcional da frequência de animais acima deste tamanho, a qual se manteve constante e muito inferior à frequência do diâmetro acima referido.

Três hipóteses podem ser levantadas para explicar tal fenômeno, cujas causas poderão estar atuando em conjunto ou isoladamente. Duas delas serão sustentadas por evidências indiretas. São elas: 1) estaria ocorrendo divisão de micro-habitat entre jovens e adultos, onde os jovens, ao atingirem a maturidade, mudariam suas exigências eco-fisiológicas e migrariam para estratos inferiores do sedimento. MCMAHON (1983) afirma que os planorbídeos são os únicos basomatóforos que se enterram rotineiramente. Em relação às bionfalárias, PARAENSE, PEREIRA & PINTO (1955) observaram que *B. glabrata* é capaz de enterrar-se na lama, relacionando este comportamento à nutrição e proteção. THOMAS & ASSEFA (1979); PIERI, RAYMUNDO & JURBERG (1980) e THOMAS, NWANKO & STERRY (1985) demonstraram que existem diferenças qualitativas e quantitativas marcantes entre o nicho alimentar de jovens e adultos de *B. glabrata*, bem como no comportamento em resposta a diversos aminoácidos. Tal hipótese não pode ser verificada no presente estudo, pois as amostras coletadas dizem respeito a animais na superfície; 2) taxas de crescimento diferencial rela-

cionadas à maturação e temperatura. REY (1956) demonstrou que após as primeiras semanas da eclosão de *B. glabrata*, o ritmo de crescimento é lento, seguido de um rápido aumento até a chegada da maturidade sexual, quando novamente verifica-se uma diminuição na taxa de crescimento, tornando-se lenta e regular.

Além desta característica biológica, tem sido demonstrado que as taxas de crescimento estão diretamente relacionadas à temperatura (STURROCK, 1966; STURROCK & STURROCK, 1972). Por exemplo STURROCK & STURROCK (1972), através de manipulações experimentais com *B. glabrata* em diferentes temperaturas, demonstraram a diminuição das taxas de crescimento com a diminuição da temperatura. Assim, é possível que no Alto da Boa Vista onde a temperatura média mensal fica em torno de 19°C neste período, haja uma tendência de concentração de indivíduos na faixa de 7 e 8 mm, já que até este tamanho a curva de crescimento é acentuada, entrando em deflexão por volta destes diâmetros. Auxiliando esta hipótese, verificamos uma ligeira elevação na frequência dos adultos e diminuição na de jovens no mês de setembro. Sugerimos que esta elevação tenha sido decorrente do aumento da temperatura média no mês anterior (agosto), que elevou-se de 19°C ocorridas em maio, junho e julho, para 21°C em agosto, produzindo uma aceleração na taxa de crescimento de um mês para outro, culminando assim na elevação da frequência de adultos e diminuição na de jovens no mês de setembro; 3) é de caráter empírico, onde a taxa de mortalidade dos adultos seria crescente, havendo entrada proporcional de jovens na fase adulta.

2.4.2. INFECTIVIDADE DOS CARAMUJOS

Os exames coproscópicos para verificação da taxa de infecção pelo *S. mansoni* podem, algumas vezes, indicar resultados falsos negativos. Assim, é ideal usar a prova sorológica comparativamente, embora tendo-se em conta que

este exame aponta resultados falsos positivos ou positividade de pessoas que já tiveram a doença e se trataram. SILVA e cols. (1986), através de exames coproscópicos, encontraram um percentual de 5,5% de indivíduos de 13 a 59 anos infectados pelo *S. mansoni* no Alto da Boa Vista. Já a prova sorológica apontou 51% de pessoas infectadas. Os autores discutem a possibilidade de infecção por parasito de um único sexo, sem reprodução do ciclo no homem.

PARAENSE & SANTOS (1953) comentam que em época de baixa infecção dos planorbídeos, a tendência é de cada molusco emitir cercárias de um único sexo, o que pode explicar em parte os altos índices apontados pela prova sorológica e os baixos índices nas provas coprológicas observados por SILVA e cols. (1986), pois verificamos que durante a maior parte do ano ocorre baixa infecção dos caramujos. Além disso, apenas foram identificadas cercárias de um único sexo na reprodução do ciclo em camundongos a partir das amostras coletadas neste trabalho (Corrêa, inf. pes.).

Muitos autores têm demonstrado que os regimes térmicos de habitats de águas pouco profundas geralmente refletem a temperatura ambiente do ar (BURKY, 1969; EVERSOLE, 1974; MCMAHON, 1975). No Alto da Boa Vista, quando correlaciona-se a temperatura média mensal do ar com a média da temperatura mensal da água, encontra-se um $r = 0,91$ (p de 0,005). Logo quando registramos uma média das temperaturas máximas do ar nos meses de junho e julho de $23,4^{\circ}\text{C}$ e $14,04^{\circ}\text{C}$ respectivamente e uma amplitude diária que chega a até 13°C , é de se esperar que haja amplitude correspondente nas flutuações diárias na temperatura da água. Assim, os limites térmicos registrados para a região se aproximam do limite no qual se desenvolve o *Schistosoma* nos caramujos (PFLUGH, 1981) e do impedimento da motilidade dos miracídeos (DEWITT, 1955). Além disso, UPATHAN (1973) demonstra claramente que o período de maturação de *S. mansoni* aumenta e o número de esporocistos decresce em *B. glabrata* mantidas em temperaturas sub-ótimas. Tais evidências podem esclarecer os períodos nos

quais não foram observadas emissões de cercárias de *S. mansoni* nas amostras coletadas.

Os registros de COURA et al. (1970) sobre os casos de infecções graves ocorridos na região indicam que o período de contaminação coincide com os meses de liberação de cercárias pelos caramujos (março, abril e maio) apresentados em nossos resultados.

2.4.3. FATORES AMBIENTAIS

a) Fatores físico-químicos da água - Historicamente, os estudos sobre distribuição e densidade dos caramujos hospedeiros da esquistossomose têm se concentrado sobre a análise dos constituintes dissolvidos presentes na água. Como resultado, as correlações entre qualidade da água e os padrões de distribuição e densidade dos moluscos hospedeiros têm sido avaliadas com base nos tipos e concentrações dos vários constituintes inorgânicos e orgânicos encontrados em solução (ANDRADE et al., 1955; APPLETON, 1978; SCHUTTE & FRANK, 1964; PIERI, 1985).

Dentro da horta de agrião estudada, as condições gerais do habitat são aparentemente homogêneas, no entanto entre os canteiros de plantio ocorrem diferenças quanto à densidade de caramujos, observando-se completa ausência desse molusco em alguns canteiros. Assim procuramos investigar as causas deste fenômeno. No momento, discutimos os resultados das análises comparativas dos parâmetros físico-químicos da água entre as 3 áreas C1, C2 e C3.

O pH apresentou valores estatisticamente diferentes, porém valores de pH encontrados em outros criadouros desta espécie e *B. glabrata* mostraram uma variação de 5,6 a 9,1 (PIERI, 1985) mostrando que tal diferença não é relevante em termos biológicos (Tabela I).

Quanto aos cloretos, foram observadas diferenças significativas entre as três áreas, sendo o maior valor encontrado em C1 (15,2 mg/l). Entretanto, tais variações de 12,0 mg/l (C2) e 14,8 mg/l (C3) observadas não representam valores críticos para a espécie, já que são encontradas em locais com concentrações de 10,0 mg/l para o valor mínimo e até 2.562 mg/l (valor máximo). Enquanto para *B. glabrata* os valores extremos estão entre 1 a 3.500 mg/l.

Embora tenham sido encontradas diferenças significativas entre as áreas para o oxigênio dissolvido (OD), os valores médios de C2 (5,74 mg/l) são muito próximos de C3 (5,38 mg/l) e estão na faixa encontrada para a espécie em outras localidades. Além disso, quando os valores médios das concentrações de OD são transformados em percentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água, verificamos que nas três áreas o valor ultrapassa os 120% de saturação, logo a disponibilidade de oxigênio não é um fator biologicamente limitante para os caramujos nas três áreas.

As elevadas concentrações dos compostos da série nitrogenada encontradas em C1, estão de acordo com as observações de que a poluição orgânica frequentemente beneficia os caramujos (NIDFON, 1979; THOMAS & TAIT, 1984). No entanto, uma vez que C2 é colonizada por *B. tenagophila* porém não é abastecida com águas poluídas, podemos supor que a presença de caramujos no interior das hortas está sendo influenciada por mais de um fator, ou que esta espécie não depende tanto da presença de depósitos orgânicos no habitat.

Os valores médios encontrados para os outros parâmetros (concentração de Ca e Mg, dureza total de Ca em CaCO_3 e de CaCO_3) não apresentaram diferenças estatísticas e são comparáveis aos observados em criadouros de *B. tenagophila* em outras localidades referidas por ANDRADE et al. (1955); GRISOLIA & FREITAS (1985). Com base nas observações acima, podemos concluir que os fatores físico-químicos da água não foram um fator importante na determinação do estabelecimento dos moluscos no interior das hortas, com exceção da concentração de

compostos nitrogenados. Observamos aqui uma relação positiva entre o grau de poluição da água e a abundância e vigor das colônias de caramujos, conforme já referido por PINTO (1945) e BRADLEY (1968).

b) Plantas aquáticas - As primeiras referências sobre a importância das macrófitas aquáticas na ecologia dos gastrópodos, foram as de BAKER (1911; 1928), porém foi KRECKER (1939) o pioneiro na elaboração da hipótese de que diferenças na densidade dos gastrópodos dentro de um mesmo corpo de água podiam ser devidas a diferenças da biomassa vegetal das plantas com as quais os caramujos estivessem associados.

Quanto aos caramujos pulmonados hospedeiros do *S. mansonii*, geralmente é aceito que eles se associem positivamente com macrófitas aquáticas, subaquáticas e algas, embora haja também evidências quantitativas de associações negativas (THOMAS & TAIT, 1984; THOMAS, 1987).

O fato de não terem sido encontradas diferenças significativas da biomassa vegetal das plantas aquáticas entre as áreas C2 (CP/CB-Com Planta/Com *Biomphalaria*) e C3 (CP/SB-Com Planta/Sem *Biomphalaria*) indica que a presença e abundância das plantas aquáticas associadas ao cultivo de *Nasturtium officinale* não são essenciais para o estabelecimento de *B. tenagophila* no interior das hortas, podendo a relação caramujo-planta ser compreendida como sendo neutra.

Além disso, evidencia-se que *B. tenagophila* não é um consumidor direto do tecido vegetal vivo das plantas em questão, uma vez que nos períodos de verão e outono, onde ambas as espécies de plantas aquáticas tenderam a alcançar a densidade máxima (período em que foram determinadas quantitativamente suas biomassas), não foi observada a presença de caramujos na área C3 (CP/SB) nem em outros canteiros da mesma categoria. Além disso, no período de menor densidade de plantas aquáticas (inverno), quando havia maior disponibilidade

de material vegetal em decomposição, também não foi detectada a presença de *B. tenagophila* em C3, bem como em outros canteiros desta categoria. Assim sendo, a biomassa vegetal como fonte de recurso energético na forma de material vegetal vivo e senescente, proveniente de ambas as espécies, não favoreceu o estabelecimento de *B. tenagophila* no interior dos canteiros, apesar do tecido vegetal decaído ser considerado juntamente com as algas em geral e particularmente as diatomáceas, um dos principais itens alimentares dos caramujos hospedeiros da esquistossomose (THOMAS, 1987; FREITAS, 1987).

Embora, SANTOS & FREITAS (1988) tenham demonstrado que *B. tenagophila* não apresenta preferência alimentar por perifíton de diferentes espécies de macrófitas aquáticas, consideramos que o estabelecimento de *B. tenagophila* entre as áreas C2 e C3 possa também estar sendo influenciado por uma variação quantitativa e qualitativa do perifíton associado às plantas aquáticas no interior dos canteiros. Essa hipótese é admitida porque, apesar destas áreas estarem sujeitas à influência de uma única fonte de abastecimento de água (Entrada II), C2 encontra-se enriquecida com nutrientes oriundos do material orgânico proveniente das pocilgas adjacentes à horta, possibilitando assim um crescimento diferencial qualitativo e quantitativo do perifíton com relação ao canteiro C3.

Cabe salientar que os detalhes de como os caramujos obtêm seus requerimentos metabólicos do material vegetal ainda não estão solucionados, havendo controvérsias sobre se os caramujos obtêm seus nutrientes do detrito na forma de matéria orgânica dissolvida (MOD) ou apenas na digestão do protoplasma bacteriano no interior do qual a MOD é convertida (THOMAS, 1987).

O fato de o agrião (*Nasturtium officinale*) não ter influenciado diretamente o estabelecimento de *B. tenagophila*, está de acordo com experiências realizadas com *B. glabrata* em que se observou uma baixa percentagem de consu-

mo, bem como baixas taxas de crescimento, demonstradas tanto para a forma juvenil quanto para a adulta (CEDENO-LEON & THOMAS, 1982; THOMAS 1987).

c) Natureza do substrato - Sendo os caramujos vetores animais essencialmente bentônicos de hábitos detritívoros, a natureza do substrato é um fator que tem sido intensamente investigado. Admite-se que uma modificação na natureza dos sedimentos leve à uma mudança na composição e abundância dos moluscos. Entretanto, estudos de correlação entre substrato e densidade populacional tem falhado em demonstrar de maneira inequívoca este relacionamento (ANDRADE, 1959). No entanto, há estudos que mostram uma presença significativamente menor de planorbídeos nos substratos erodidos (THOMAS & TAIT, 1984; PIERI, 1985).

O entendimento da influência da natureza do substrato sobre a distribuição e abundância dos caramujos hospedeiros tem como base a compreensão sobre a origem e utilização das partes constituintes do sedimento pelos moluscos. Na composição geral dos sedimentos distinguem-se três componentes principais: 1) os componentes químicos de origem biológica e geológica; 2) o material mineral particulado e 3) a matéria orgânica em distintas fases de decomposição (WETZEL, 1981).

As variações presentes nos componentes químicos entre as áreas C1, C2 e C3 para as concentrações de Ca+Mg, Potássio e Sódio podem ser atribuídas à influência das águas poluídas que abastecem a área C1 com elevada carga orgânica rica em elementos de origem biológica, gerando assim alterações nas concentrações normais dos elementos de origem geológica, fenômeno reconhecidamente comum em valas de irrigação em hortas (ANDRADE, 1959). No entanto, as variações encontradas parecem não ter significado biológico, uma vez que existe completa sobreposição com os valores encontrados por outros autores para espécies de moluscos hospedeiros em outras localidades (ANDRADE, SANTOS & OLIVIER, 1955; ANDRADE, 1959).

A análise comparativa do componente mineral particulado do sedimento entre as estações amostrais demonstrou claramente que as propriedades físicas do substrato não possuem influência direta sobre a distribuição de *B. tenagophila* no interior dos canteiros de plantio, pois o suporte físico do sedimento para o crescimento seletivo de micro-algas e bactérias utilizadas como alimento, o tamanho das partículas para auxílio na digestão, bem como a textura do substrato que confere aderência dos moluscos ao meio, estão presentes igualmente tanto nas áreas livres quanto nas colonizadas por *B. tenagophila*.

Os maiores valores do componente orgânico do sedimento encontrados nas áreas colonizadas por *B. tenagophila* (C1, C2) estão de acordo com os dados de correlação entre o aumento da abundância dos planorbídeos com o acréscimo de matéria orgânica no meio (MALEK, 1958; ANDRADE, 1959; MCMULLEN, 1973; THOMAS, 1987).

O complexo de hortas em questão tem nos constituintes alóctones a principal fonte de matéria orgânica, restando aos constituintes autóctones uma pequena fração da matéria orgânica total. Assim sendo, reconhecemos que o alto conteúdo de matéria orgânica total presente nas áreas colonizadas por *B. tenagophila* (C1 e C2) seja especificamente decorrente da ação antropógena, através do aporte de material orgânico oriundo do abastecimento com águas poluídas da entrada-I (área C1) e dejetos orgânicos provenientes de pocilgas adjacentes à horta (área C2). Em tais condições, supomos que haja substrato orgânico suficiente para o desenvolvimento de bactérias saprofíticas e de outros microorganismos. Já nos canteiros que não apresentam populações de *B. tenagophila* e estão sujeitos apenas à adubação com esterco líquido estabilizado, supomos que a matéria orgânica encontre-se em estado final de degradação, principalmente na forma de nitratos, desfavorecendo assim o estabelecimento desses planorbídeos, uma vez que, o substrato orgânico do adubo já foi

processado durante o período de estabilização, não havendo mais substrato para manter uma grande quantidade de colônias de bactérias saprofíticas, pois durante o processo da denitrificação dos nitratos a nitrogênio gasoso, o nitrogênio gerado não é incorporado na biomassa, mas sim liberado (SCHAFER, A., 1985).

d) Hidrologia do sistema de irrigação - O estabelecimento de *B. tenagophila* nas hortas de agrião da região é favorecido pela forma de irrigação de superfície por alagadiço diferenças significativas das vazões entre as áreas colonizadas (C1 e C2) e não colonizadas (C3) por *B. tenagophila*, existe evidência de que seu aumento, principalmente durante o período das chuvas torrenciais, seja um importante fator regulador da população malacológica (vide seção 2.3.1). Visto isto, manipulações experimentais devem ser efetuadas para avaliação do efeito do aumento da vazão sobre a população malacológica e sobre a viabilidade de produção do *N. officinale*.

O não estabelecimento dos moluscos nos canais de irrigação torna desnecessária a implementação de qualquer medida corretiva ligada à engenharia hidráulica para retificação na estrutura física dos canais, tais como: concretização, tubulação fechada, mudanças no gradiente hidráulico visando o aumento da velocidade de fluxo.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os canteiros para os parâmetros hidrológicos analisados, estudos posteriores devem avaliar os efeitos da variação de diferentes parâmetros hidrológicos, visando o controle dos moluscos no interior dos canteiros, por meio de manipulação ambiental. Com este objetivo, apresentamos um quadro mostrando os resultados obtidos para outros sistemas de irrigação de superfície quando se fazem variar alguns parâmetros mantendo os demais constantes (Tabela VIII, modificada de WILKINSON & VILPOND, 1988).

Tabela VIII. Relação de fluxo entre parâmetros hidrológicos de sistemas de irrigação por alagadico. (segundo, Withers & Vipond, 1988)

VARIÁVEIS DEPENDENTES		
VARIÁVEL AUMENTADA	AUMENTANDO	DIMINUINDO
VASÃO	lâmina da água	
	velocidade da corrente	
	intensidade de infiltração (efeito secundário)	
VOLUME	intensidade de infiltração (efeito secundário)	
DECLIVE	velocidade de corrente	intensidade de infiltração (efeito secundário)
		lâmina da água
ÁREA		intensidade de infiltração
		velocidade da corrente
		lâmina da água
INTENSIDADE DE INFILTRAÇÃO		lâmina da água
		velocidade da corrente
RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE	lâmina da água	velocidade da corrente
	intensidade de infiltração	

As considerações acima, fundamentadas nos resultados obtidos sobre o papel dos fatores ambientais sobre a dinâmica populacional de *B. tenagophila*, permite sugerir medidas de controle dos caramujos através da manipulação dos elementos-chaves. Esses aspectos práticos do estudo acima serão considerados a seguir.

CAPÍTULO 3

MANIPULAÇÕES AMBIENTAIS VISANDO CONTROLAR AS POPULAÇÕES DE BIOMPHALARIA TENAGOPHILA NA HORTA DE AGRIÃO: UM EXEMPLO

3.1. JUSTIFICATIVA

A regulação das populações de caramujos pela manipulação apropriada de fatores ambientais é possível, como pode ser comprovada pelos trabalhos de JOBIN & MICHELSON (1969); JORDAN & WEBBE (1969); JOBIN (1970); MCJUNKIN (1970); BRINKMAN & STEINGRUBER (1986); ELGADDAL (1985), cujos resultados confirmam sua eficiência e os baixos custos operacionais. Tais medidas incluem modificações do substrato, flutuação do nível da água, remoção de algas e macrofitas aquáticas, correção de rios, controle de esgotos por tubulação subterrânea, entre outras.

Devido aos grandes limites de tolerância dos caramujos hospedeiros frente às condições biológicas, químicas e físicas do meio, são geralmente necessárias mudanças drásticas no ambiente para que o habitat torne-se desfavorável ao estabelecimento dos moluscos, sendo normalmente difícil alterar suficientemente algum desses fatores de forma a obter o controle adequado. Entretanto, com base em estudos detalhados sobre a ecologia do caramujo vetor e de seu habitat em uma determinada área, pode-se alterar um único fator que subsequentemente influenciará a outros e assim alcançar o efeito desejado.

No capítulo anterior demonstramos quais os fatores ambientais que estão determinando a flutuação da densidade populacional e a distribuição espacial

de *B. tenagophila* no interior das hortas. Com base em tais resultados, avaliaremos a seguir quais os fatores ambientais chaves que são passíveis de ser manipulados para atingir o controle de *B. tenagophila* na região.

Os focos persistentes de caramujos estão localizados apenas no interior dos canteiros de plantio de agrião. Em tais criadouros a população pode persistir em equilíbrio, em virtude de serem satisfeitos os seguintes requerimentos do nicho: 1) o suprimento de água é contínuo por todo o ano, não existindo período de seca; 2) o crescimento prolífico de *N. officinale*, *P. striatus*, *Spirogyra* sp por todo o ano provê proteção contra os efeitos da radiação solar direta; 3) as condições intrínsecas quanto à forma de cultivo do agrião utilizando o sistema de irrigação de superfície favorecem o depósito de silt fino e detrito, itens importantes para a ecologia alimentar dos moluscos hospedeiros.

Três importantes generalizações podem ser feitas na presente avaliação: primeiro, as populações de caramujos ocorrem em focos restritos no interior das hortas, situação que facilita a implementação de medida de controle específicas; segundo, a origem dessa descontinuidade espacial dos caramujos está intimamente ligada à ação antropógena, verificando-se que apenas os canteiros de plantio que são abastecidos por águas poluídas e os que recebem dejetos orgânicos provenientes das pocilgas adjacentes às hortas sustentam populações permanentes de *B. tenagophila*; terceiro, os canteiros que são abastecidos com água proveniente do rio das Furnas não mantiveram populações de *B. tenagophila*, mesmo estando sujeitos à influência da adubação com o esterco líquido (chorume).

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, não existe evidência de que as plantas aquáticas influenciem no estabelecimento de *B. tenagophila* nas hortas, razão pela qual fica descartada qualquer medida que vise a remoção dessas plantas para atingir o controle da população malacológica.

Apesar de não termos encontrado diferenças significativas entre as áreas colonizadas e não colonizadas por *B. tenagophila* para os parâmetros hidrológicos, manipulações experimentais devem ser efetuadas em colaboração com engenheiros civis para se avaliar o impacto de modificações de alguns dos parâmetros hidrológicos, a fim de se promover um "stress físico" sobre a população malacológica capaz de excluí-la, levando-se em conta os custos e benefícios.

Considerando as ponderações acima, para que se alcance o controle da população malacológica no interior das hortas devem ser efetuadas as seguintes medidas: 1) interromper o despejo de material orgânico das pocilgas para o interior das hortas, através de obras como a construção de fossas sépticas; 2) eliminar as fontes de abastecimento da água que apresentam forte poluição orgânica; 3) monitorizar a qualidade da água do rio das Furnas, preservando os baixos índices de poluição, através de uma reforma sanitária na região.

Dentre as três medidas necessárias para o controle da população malacológica no interior das hortas, realizamos a única manipulação viável perante as condições deste trabalho. Esta envolveu uma manipulação ambiental nas pocilgas através da interrupção do despejo orgânico para o interior da estação amostral (A).

3.2. METODOLOGIA EMPREGADA

Considerando o padrão de distribuição dos moluscos entre os canteiros de plantio na estação experimental (Figura 11), foram selecionadas duas áreas, ambas colonizadas por *B. tenagophila* e sujeitas à influência da adubação com Material Orgânico (MO) oriundo de uma pocilga adjacente à horta. entre as duas áreas selecionadas, uma permaneceu sujeita à carga de despejos orgânicos não degradados, provenientes da pocilga (área A); na outra foi implementada

FIGURA 11

Diagrama esquemático do sistema de irrigação da estação amostral (A), mostrando o padrão de distribuição de *Biomphalaria tenagophila* e as respectivas áreas envolvidas na manipulação ambiental (A e B).

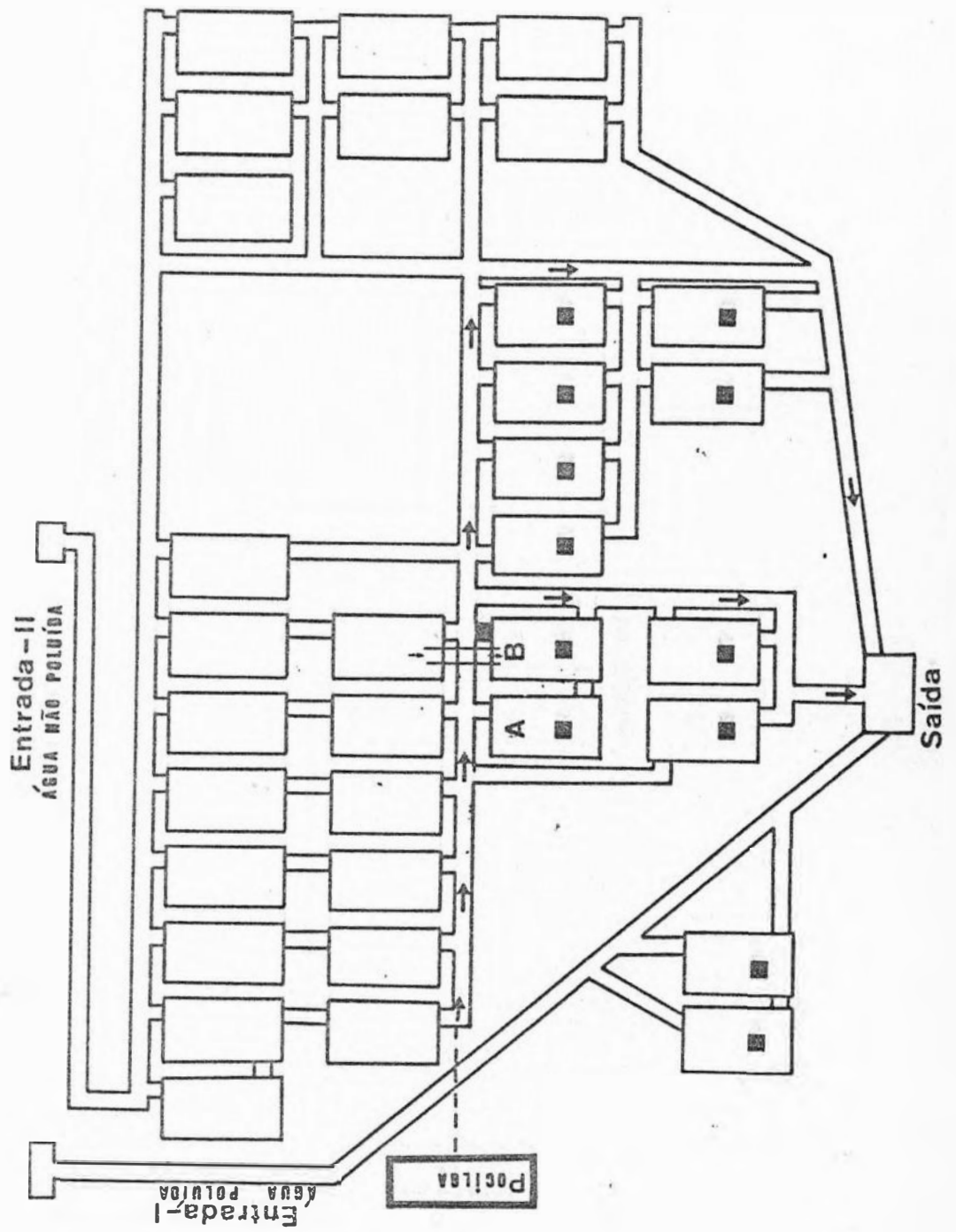
A - Área com despejo da pocilga (matéria orgânica não degradada)

B - Área sem despejos da pocilga (matéria orgânica estabilizada)

---▷ direção do despejo de matéria orgânica da pocilga

▣ áreas de ocorrência de *Biomphalaria tenagophila*

→ → manipulação ambiental



uma retificação no sistema de abastecimento de água com a interrupção dos despejos do MO da pocilga, passando o canteiro a ser abastecido apenas pelas águas não poluídas do Rio das Furnas, adubada com matéria orgânica estabilizada (área B).

Para coleta mensal (Janeiro a outubro/89) dos caramujos nas áreas (A e B) foi utilizado para cada área um quadrat de 5 m^2 , subdividido em 80 parcelas, das quais 40 eram sorteadas através de uma tabela de números aleatórios, perfazendo $2,5 \text{ m}^2$ o que corresponde a 5% da área total de cada canteiro. Nessas 40 parcelas eram coletados por meio de pinça todos os caramujos encontrados a nível superficial do sedimento ou sobre o agrião.

Para verificarmos os efeitos da manipulação ambiental sobre a produtividade do agrião, foi delimitada uma área de 1 m^2 da cultura nas áreas experimental e controle. Cada parcela foi ceifada a 10 cm do solo e quantificada a produtividade após 45 e 90 dias, tomando como unidade o peso úmido.

3.3. RESULTADOS

Como pode ser visualizado na Tabela IX, a área experimental apresentou diferença significativa da área controle demonstrado pelo teste de Wilcoxon ($T = 3$, $N = 10$, $\alpha = 0,005$), havendo uma acentuada diminuição da população na área controle a partir do 5º mês.

A oscilação populacional na área controle foi semelhante à ocorrida no estudo populacional realizado no período entre março/1985 a maio/1986, demonstrando que o decréscimo da população na área experimental não foi aleatório devido a causas ambientais (Figura 12).

Os dados sobre a produtividade de *N. officinale* (Tabela X) indicam que a eliminação da adubação direta com matéria orgânica das pocilgas não altera

Tabela IX. Número de *Biomphalaria tenagophila* coletadas mensalmente em duas áreas selecionadas em horta de agrião. Área A - água e despejo de pocilga; Área B - água e adubo (matéria orgânica estabilizada).

MES	ÁREA A	ÁREA B
Janeiro	752	691
Fevereiro	846	323
Março	760	842
Abril	948	1160
Maiο	974	1231
Junho	788	1112
Julho	521	1318
Agosto	387	1054
Setembro	248	1153
Outubro	184	977

FIGURA 12

Variação da população de *Biomphalaria tenagophila* entre janeiro e outubro de 1989, numa horta de agrião sujeita a dois tratamentos diferentes e representados graficamente por: ●—●—●—●—● variação do número de caramujos na área sem despejo da pocilga, apenas sujeito ao material orgânico estabilizado; ■—■—■—■—■ variação do número de caramujos na área com dejetos da pocilga (matéria orgânica não degradada). ▲—▲—▲—▲—▲ representação da variação do número de caramujos quantificados neste estudo entre março e outubro de 1985.

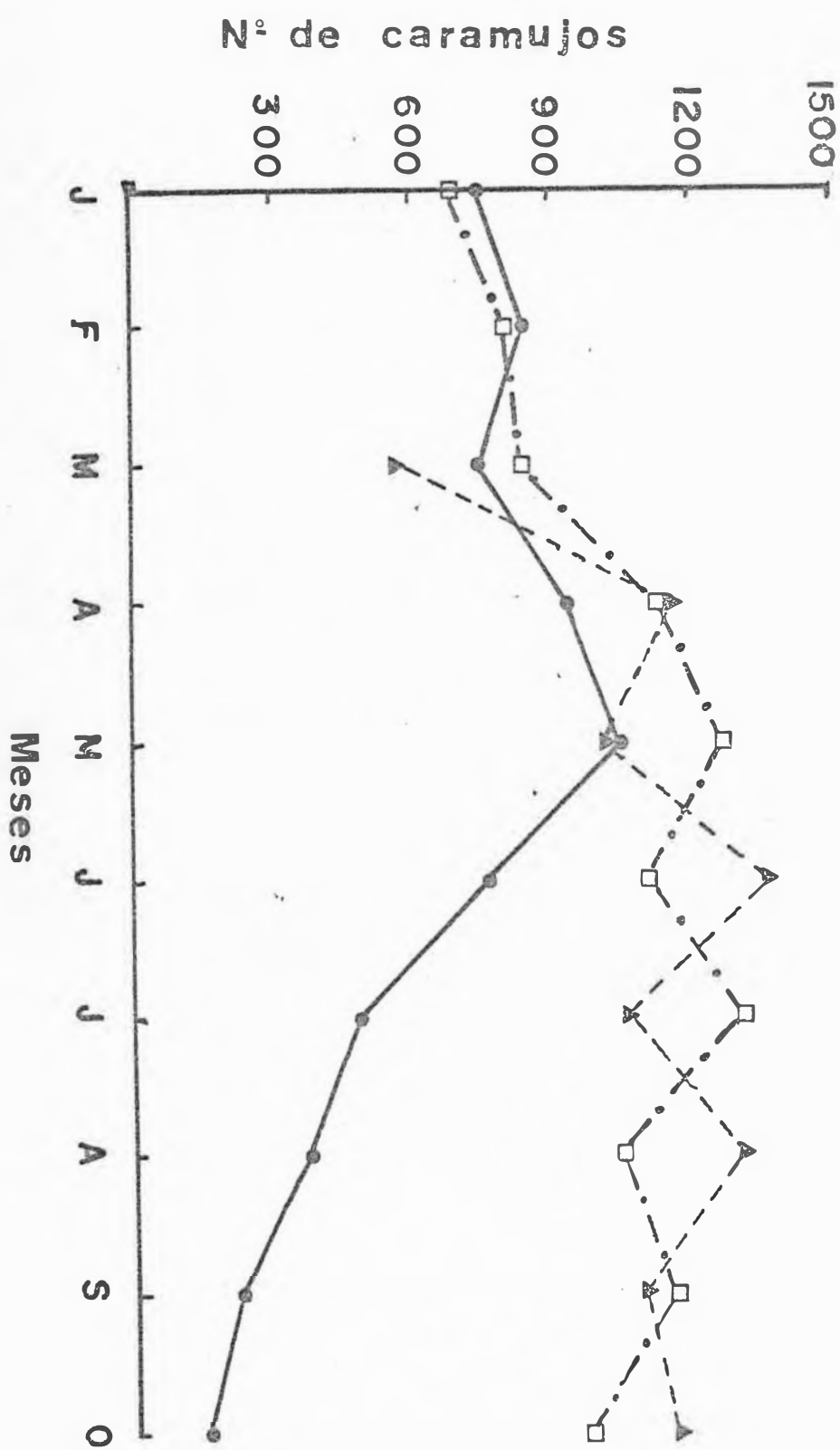


Tabela X. Quantificação longitudinal da produtividade de *Nasturtium officinale* (Kg) em canteiros de agrião sujeitos a dois tipos de tratamento. A- água e despejo de polvilga ; B- água e adubo (matéria orgânica estabilizada).

TEMPO DE TRATAMENTO (DIAS)	TIPO DE TRATAMENTO	
	A	B
45	2,1	2,15
90	2,0	2,10

substancialmente o rendimento da cultura, fato observado indiretamente entre os canteiros da estação amostral (Horta A), em que 63% são apenas adubados com esterco líquido (chorume-esterco fermentado em água) aplicado nos canais de irrigação e cuja produtividade é semelhante às obtidas experimentalmente.

Tais resultados demonstram que o rendimento produtivo das culturas poderá ser mantido apenas com a utilização da forma de adubação com esterco líquido, que além de garantir as exigências de fertilização da cultura, proporciona condições menos favoráveis ao estabelecimento das colônias de *B. tenagophila*.

3.4. DISCUSSÃO

O controle ambiental da esquistossomose deve envolver modificações tanto no ambiente humano quanto nos dos caramujos hospedeiros. No caso da presente manipulação, alterações no habitat do hospedeiro humano e mudanças na ecologia do hospedeiro intermediário foram efetuadas.

Consideramos que a diminuição da população de *B. tenagophila* após o 5^o mês seja decorrente da redução gradual da disponibilidade alimentar, em virtude do decréscimo de nutrientes e constituintes básicos que estimulem o crescimento de perifíton, plâncton e bactérias, que são comprovadamente importantes fatores reguladores das populações de moluscos (ANDRADE et al., 1955; EISENBERG, 1966; JOBIN & MICHELSON, 1967; THOMAS, NWANDO & STERRY, 1985; SANTOS & FREITAS, 1988).

A presente análise provê suporte quantitativo para aceitarmos a generalização de que é possível controlar, a longo prazo, as colônias de *B. tenagophila* das hortas do complexo a um custo reduzido, por meio de obras de engenharia sanitária como a construção de fossas sépticas e, através da manuten-

ção dos baixos índices de poluição dos mananciais para impedir a colonização de áreas indenes no interior das hortas.

Tais medidas, além de serem operacionalmente simples e de custo reduzido, são socialmente mais aceitáveis, uma vez que preservam uma fonte complementar de renda para os agricultores locais (suinicultura), sem prejuízos para a saúde coletiva da comunidade.

Tais resultados reforçam as observações de que, quando o conhecimento dos requerimentos ecológicos dos caramujos em uma área particular é disponível, é possível que pequenas mudanças possam tornar o habitat desfavorável.

3.5. CONCLUSÕES GERAIS

O ciclo de vida de *B. tenagophila* é de aproximadamente 1 ano, com a população apresentando uma frequência unimodal, onde é possível discriminar praticamente dois grupos de gerações, um deles sobrevivendo até maio.

O ritmo periódico de abundância dos moluscos relaciona-se evidentemente com fenômenos climáticos e meteorológicos, com a curva de abundância obedecendo ao regime de precipitação anual.

A emissão de cercárias de *S. mansoni* na região ocorre em curto período de tempo, entre os meses de março e maio, podendo este fenômeno estar relacionado aos limites térmicos da região.

A modificação na qualidade da água que abastece o sistema de irrigação pelo influxo de produtos orgânicos de origem domiciliar e a alteração na qualidade do sedimento proveniente do despejo de material orgânico, oriundo das pocilgas adjacentes às hortas, são os principais fatores determinantes do estabelecimento de *B. tenagophila* no interior das hortas.

A prática do cultivo do agrião na região utilizando "adubos" não tratados é um problema de ordem econômica dos hortelões, uma vez que, as áreas cultivadas com adubo apropriado "chorume" apresenta o mesmo rendimento produtivo das áreas adubadas com dejetos não apropriados.

A transmissão da esquistossomose na região é focal, em função da distribuição restrita de *B. tenagophila* ao interior das hortas, com o contágio se dando nas hortas ou à montante destas.

O controle ambiental de *B. tenagophila* na região do Alto da Boa Vista é possível de ser realizado de forma mais permanente, através da implantação de obras de engenharia sanitária como a construção de fossas sépticas nas pocilgas associadas às hortas e com medidas de saneamento básico, impedindo que dejetos orgânicos alcancem os corpos de água que abastecem as hortas, especialmente o rio das Furnas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

ALLEE, W. C.; EMERSON, A. E.; PARK, O.; PAR, T. & SCHIMDT, K. P., Principles of Animal Ecology. W. B. Sauders Company. Philadelphia and London. 803 p. 1949.

ANDRADE, R. M., Ecologia. Revista Brasileira de Malariologia e Doencas Tropicais. 11: 171-217. 1959.

ANDRADE, R. M.; SANTOS, I. N. & OLIVEIRA, R., Contribuição para o conhecimento dos criadouros de planorbídeos, na área do Distrito Federal. I - Variação de diferentes fatores químicos de suas águas. Revista Brasileira de Malariologia e Doencas Tropicais. 2: 103-130. 1955.

ANTUNES, P. A. de, A esquistossomose em São Paulo - Estudos Epidemiológicos da esquistossomíases na baixada de Santos. Anais do X Congresso Brasileiro de Higiene (Belo Horizonte. MG), p. 393-397. 1953:

APPLETON, C. C., Review of literature on abiotic factors influencing the distribution and live cycles of bilharziasis intermediate host snail. Malacological Review. 11: 1-25, 1978.

BAKER. J. C., The Lymnaeidae of North and Middle America.
Chicago Academic Science Special Publication, n. 3.,
1911.

BAKER, J. C., The fresh water Mollusca of Wisconsin. Part.
I. Wisconsin Geology Natural History Survival Bulletin
70, 1928.

BARBOSA. F. S. & DOBBIN, J. E., Effects of the dry season
on *Australorbis glabratus* (Mollusca, Planorbidae)
Publicações Avulsas do Instituto Aggeu Magalhães. 11:
145-148, 1952.

BARBOSA, F. S.; COSTA, D. P. P. & ARRUDA, F., New field
observation on the competitive displacement between two
species of planorbid snails in habiting Northeastern
Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. 76(4):
361-366, 1981.

BLAS, B. L.; VELASCO, P. F.; ALIAIY, O. O.; ERCE, E. S.;
BASA, J. C. & BATISTA, E. S., Epidemiology and control
of schistosomiasis in the Philippines: Progress Report.
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. 84: 105-116, 1989.

BRADLEY, D. J., Predicting the epidemiological consequences of changing water sources. II A-comparative approach to suburbanization. East African Medical Journal, 45(5): 333-339. 1968.

BRINKMAN, A. & STEINGRUBER, R., Possible modifications in the constructions of small dams to prevent the spread of schistosomiasis. Tropical Medicine Parasitology, 37: 199-201, 1986.

BURKY, A. J., Biomass turnover, energy balance and interpopulation variation in the stream limpet. *Ferrisia rivularis* (Say), with special reference to respiration, growth and fecundity, Ph. D. Thesis, Syracuse University, Syracuse, N.Y., 1969.

CEDENO-LEON, A. & THOMAS, J. D., Competition between *Biomphalaria glabrata* (Say) and *Marisa cornuarietis* (L): feeding niches. Journal of Applied Ecology, 19: 707-721, 1982.

COLE, L. C., The population consequences of life history phenomena. Quarterly Review of Biology, 29: 103-137, 1954.

COURA, J. R., COURA, L. C.; KALACHE, A. & ARGENTO, C. A., Esquistossomose aguda autóctone de foco na cidade do Rio de Janeiro. Estudo de 22 casos. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 4: 387-396, 1970.

COUTINHO, J. O., Indices de infecção natural dos planorbídeos pelas cercárias do *Schistosoma mansoni* na cidade de Salvador, Bahia. Anais da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 25: 29-53, 1950.

CRIDLAND, C. C., Ecological factors affecting the numbers of snails in temporary bodies of water. Journal Tropical Medicine and Hygiene. 60: 287-293, 1957.

CRIDLAND, C. C., Ecological factors affecting numbers of snails in a permanent streams. Journal Tropical Medicine and Hygiene. 61: 16-20, 1958.

DEANE, L. M.; MARTINS, R. S. & LOBO, M. B., Um foco ativo de esquistossomose mansônica em Jacarepaguá, Distrito Federal. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais. 5(3): 249-252, 1953.

DEGREMONT. A. A., Mangoky Project. Campaign Against Schistosomiasis in the Lower-Mangoky (Madagascar). Swin Tropical Institute, Basle, 1973.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS,. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro. Satélite Landsat 1. pp. 42, 1976.

DEWITT. W. B., Influence of temperature on penetration of snail host by *Schistosoma mansoni*. Experientia Parasitologica, 4: 217-276, 1955.

DOUMENGE, J. B. & MOTT. K. E., Global distribution of schistosomiasis: GEGET/WHO ATLAS. World Health Statistics Quarterly, 32: 186-196, 1987.

EINSENBERG, R. M., The regulation of density in a natural population of the pond snail *Lymnaea elodes*. Ecology, 47: 890-906, 1966.

EL GADDAL. A. A.. The Blue Nilo Project: A comprehensive approach to the prevention and control of water - associated diseases in irrigation schemes in the Sudan. Journal Tropical of Medicine and Hygiene, 88: 47-56, 1985.

EVERSOLE, A. G., Fecundity in the snail *Heliosoma* *trivialis*: experimental, bionergetic and field studies. Ph. D. Thesis. Syracure University, Syracure, N.Y., 1974.

FREITAS, J. R., Descrição do habitat de *Biomphalaria* *glabrata*, FUNDEPE, Belo horizonte, 1978.

FREITAS, J. R.; BEDê, L. C.; de MARCO Jr. P.; ROCHA, L. A. & SANTOS, M. B. L., Population dynamicys of aquatic snails in Pampulha reservoir. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 82: 299-305, 1987.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE.. Métodos de Análises Físico-Químicas da água, Vol- III - Série Didática, 14/79, Rio de Janeiro, DICOMT, 1979.

GRISOLIA, M. L. M. & FREITAS, J. R., Características físicas e químicas do habitat de *Biomphalaria* *tenagophila* (Mollusca - Planorbidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 80: 237-244, 1985.

HOFFMAN, O. B., Schistosomiasis research: The strategic plan. New York: Edna McConnell Clark Foundation. 1979.

JOBIN, W. R., Control of *Biomphalaria glabrata* in a small reservoir by fluctuation on the water level. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 19: 1049-1054, 1970.

JOBIN. W. R. & MICHELSON, E. M., Mathematical simulation of an aquatic snail population, Bulletin of the World Health Organization. 32: 657-664. 1967.

JOBIN. W. R. & MICHELSON. E. H., Operation of irrigation reservoirs for snail control. American Journal of Tropical Medicine Hygiene. 18: 297-304, 1969.

JORDAN, P. & WEBBE, G., "Human Schistosomiasis" Heineman Medical Books, London, 1969.

JOY, J. E., The influence of day length upon the egg-laying of *Biomphalaria glabrata*. Annals of Tropical Medicine and Parasitology. 65: 573-579, 1971.

- JURBERG, P.; COELHO da SILVA, C. L. P. A.; BARRETO, M. G. M. & SOARES, M. S., Rheotaxis of *Biomphalaria glabrata* on vertical substrates and its role in the recolonization of habitats treated with molluscicides. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 83(2): 165-174, 1988.
- KORTE, R.; SCHIMDT-EHRY, B.; KIELMANN, A.A. & BRINKMAN, U. K., Cost and effectiveness of different approaches to schistosomiasis control in Africa. Journal Tropical of Medicine and Parasitology, 37: 149-152, 1986.
- KRECKER, F. H., A comparative study of the animal population of certain submerged aquatic plants. Ecology, 29: 553-562, 1939.
- MADSEN, H., Snail Ecology, II- Theory and examples. Publication of the Danish Bilharziasis, Laboratory Chartenlund, Denmark, 1982.
- MALEK, E. A., Factors conditioning the habitat of bilharziasis intermediate hosts of the family Planorbidae. Bulletin of the World Health Organization, 18: 785-818, 1958.

MALEK, E. A., Snail hosts of schistosomiasis and other snail-transmitted diseases in tropical America: A manual. World Health Organization Scientific Publication No. 478 pp. 325, 1985.

MCCULLOUGH, F. S., Transmission of *Schistosoma haematobium* by *Bulinus* species in the Ke District of the Gold Coast. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 50: 449-457, 1956.

MC JUNKIN, F. E., Engineering measures for control of schistosomiasis. Report to Agency for International Development. Washington, D. C., USA. 1970.

MC KILLOP, W. B.; HARRISON, A. D. & RANHIN, J. J., Hidrobiological studies of the Eastern Lesser Antilles Islands VI St. Lucia: Freshwater mollusc and the marsh environment. Archive Hidrobiological, 58(4): 357-419, 1981.

MCMAHON, R. F., Effects of artificially elevated water temperature on the growth, reproduction and life cycle of a natural population on *Physa virgata* Goud. Ecology, 56: 1167 -1175, 1975.

McMAHON. R.F., Physiological ecology of freshwater pulmonates. P. 359-430. In. K. M. Wilbur (ed), The Mollusca. Vol. 6. Ecology. Academic Press, London. 1983.

McMULLEN. D. B.; BUZO. B.; CHERNIN. E. & FERGUSON. F. F., Biological and environmental control of snails. In Epidemiology and control of schistosomiasis (ed. N. Ansari), pp. 533-591. Basel: Karger & Baltimore. University Park Press, 1973.

NDIFON. G. T., Studies on the feeding biology, anatomical variations and ecology of vectors of schistosomiasis and other fresh water snails in South-Western Nigeria. Ph. D. Thesis. University of Ibadan, 1979.

NDUKU, W. K. & HARRISON, A. D., Calcium as a limiting factor in the biology of *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss), (Gastropoda: Planorbidae). Hydrobiologia, 49: 143-170, 1976.

OLIVIER, L. & BARBOSA. F.S., Seasonal studies *Australorbis glabratus* (Say) from two localities in eastern Pernambuco, Brazil. Publicações Avulsas do Instituto Aqueu Magalhães, 4: 79-103, 1955(a).

PAES, R.; MENEZES, Z. B. & CAMARGO, S., Um foco de esquistossomose na Guanabara - Alto da Boa Vista. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais. 22: 203-229, 1970.

PARAENSE, W L., Fauna Planorbídica do Brasil. In Lacaz, C. S., Baruzzi, R. G. & Siqueira Jr., W. Introdução a Geografia Médica do Brasil. Ed. Un. São Paulo, p. 213-239, 1972.

PARAENSE, W. L., *Biomphalaria occidentalis* sp. n. from South America (Mollusca, Basommatophora, Pulmonata). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 76(2): 199-211, 1981.

PARAENSE, W. L. & SANTOS, J. M., Um ano de observações sobre esquistossomose em planorbídeos de Lagoa Santa. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais. 5: 253-269, 1953.

PARAENSE, W. L. & PEREIRA, O. & PINTO, D. B., Um aspecto da ecologia de *Australorbis glabratus* que favorece a reinfestação dos criadouros. Revista do Serviço Especial de Saúde Pública, 7: 573-581, 1955.

PARAENSE, W. L. & DESLANDES, N., *Australorbis nigricans* as the transmitter of schistosomiasis in Santos, State of São Paulo. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais, 8(1): 235-246, 1956.

PARAENSE, W. L. & CORRÊA, L. R., Differential susceptibility of *Biomphalaria tenagophila* populations to infection with strains of *Schistosoma mansoni*. The Journal of Parasitology, 64(5): 822-826, 1978.

PESSOA, S. B., Planorbídeos hospedeiros do *Schistosoma mansoni*. In: *Parasitologia Médica*. Capítulo 34, pp. 451-466. 19ª edição, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, S.A., 1978.

PFLUGER, W., Experimental epidemiology of Schistosomiasis. 2- Prepatency of *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria glabrata* at diurnally fluctuating temperatures. Zeitschrift Parasitenkd. 66: 221-230, 1981.

PIERI, O. S., RAYMUNDO, J. S. & JURBERG, P., Estudos sobre o comportamento dos planorbídeos: II Enterramento de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) como meio de proteção contra a dessecação. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 75 (1-2): 83-88, 1981.

PIERI. O. S., Studies on the host snails of Schistosomiasis from Nort-East Brasil, with special reference to Diapause in *Biomphalaria glabrata* (Say) Ph. D. Thesis. University of Sussex, 1985.

PIMENTEL. D. & WHITE, P. C., Physiochemical environment of *Australorbis glabratus* the snail intermediate host of *Schistosoma mansoni* in Puerto Rico. Ecology, 40: 533-541, 1959.

PINOTTI. M.; REY, L.; ARAGÃO, M. B. & CUNHA, A. G., Epidemiologia da esquistossomose e variação periódica das populações malacológicas em Pernambuco, Brasil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 2: 183-188, 1960.

PINTO, C., Sobre um foco de esquistossomose mansoni em culturas de acrião (*Nasturtium officinale*) na cidade de Santos. Revista Brasileira de Medicina, 2: 820-823, 1945.

PIP, E. & SUTHERLAND-GUY, C., Aquatic macrophytes in Shoal lake (Manitoba-Ontario), I- Diversity biomass and metabolic status in relation to water depth and light intensity. Archives Hydrobiology, Suppl. 74(1): 197-222. 1987.

PIZA, J. T.; RAMOS, A. S.; BRANDÃO, C.S.H.; FIGUEIREDO, C.G. & CAMARGO, L. S. V.. Vale do Paraíba, Foco endêmico de Esquistossomose, Estado de São Paulo, Brasil - Importância epidemiológica do *Thaphius nigricans* (Spix, 1827). Arquivo de Higiene e Saúde Pública 25(83): 35-40, 1960.

REY, L., Contribuição para o conhecimento da morfologia, biologia e ecologia dos planorbídeos brasileiros transmissores da esquistossomose; sua importância em epidemiologia, Rio de Janeiro. Serviço Nacional de Educação Sanitária, XII- 217 p, 1956.

REY, L., Biologia dos Planorbídeos. Revisia Brasileira de Malariologia e Doencas Tropicais, 9: 151-170, 1958.

ROWAN, W. B., Seasonal effects on heavy rains on the population density of *Australorbis glabratus* in Puerto Rico - watershed. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 8: 570-574, 1959.

RUIZ, J. M., Contribuição ao conhecimento dos planorbídeos da cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais, 9:58-65, 1957.

SANTOS, M. B. L. & FREITAS, J. R., Preference of *Biomphalaria tenagophila* among macrophytes and their periphytons determined through the degree of attractiveness. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 30(4): 264-269, 1988.

SCHAFER, A., Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais - Porto Alegre, Ed. da Universidade UFRGS, 532 p., 1988.

SCHALL, V. T. ; JURBERG, P. & VASCONCELLOS, M. C. Orientation to light of juvenile and adults forms of melanistic and albino populations of *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 80(1): 101-111, 1985.

SCHALL. V. T.; JURBERG, P.; WILLCOX, H.P. F.; CAVALCANTE.

F. G. & BAGNO, S., Esquistossomose mansonii autoctone e outras parasitoses intestinais em escolares do bairro Alto da Boa Vista, Cidade do Rio de Janeiro. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 18: 169-174, 1985.

SCHIFF, C. J., Studies on *Bulinus (physopsis) globosus* in Rhodesia. III- Bionomics of a natural population existing in a temporary habitat. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 58: 200-255, 1964.

SCHUTE, C. H. J. & FRANK, G. H., Observation on the distribution of fresh water mollusca and chemistry of the natural water in the South-eastern Transvaal and adjacent Northern Swaziland. Bulletin of the World Health Organization, 30: 389-400, 1964.

SCORZA. J. V.; SILVA, J.; GONZALES, L. & MACHADO. R.. Stream velocity as gradient in *Australorbis glabrata* (Say, 1818). Zeitschrift Tropenmedizin und Parasitologie, 12: 191-196, 1961.

SILVA, E. O. M.. Alguns dados sobre a biologia do *Schistosoma mansoni* observados na amostra SJ (São José dos Campos, São Paulo-Brasil). Monografia de Bacharelado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 28 p, 1980.

SILVA, J. R. M. E.; RODRIGUES, R. G.; COHEN, C. N.;
CURRAIS, J. C. P., GASPAR, F. A. A.; NOVELLO, A.;
●LIVEIRA, G. L.; RAMOS, C. V. & JUNIOR, C. N. W.. *
Esquistossomose mansoni na cidade do Rio de Janeiro:
Avaliação do grau de conhecimento das condições
sanitárias e índice de infecção na comunidade de Mata
Machado, Alto da Boa Vista. Ciência e Cultura, 38: 983
Supl., 1986.

STURROCK, B. M., The influence of infection with
Schistosoma mansoni on the growth rate and reproduction
of *Biomphalaria pfeifferi*. American Journal of Tropical
Medicine and Parasitology, 60: 187-197, 1966.

STURROCK, R. F., Control of *Schistosoma mansoni*
transmission: Strategy for using molluscicides on St.
Lucia. International Journal for Parasitology, 3:
795-801, 1973.

STURROCK. R. F., Ecological notes on habitats of the freshwater snail *Biomphalaria glabrata*, intermediate host of *Schistosoma mansoni* on St. Lucia, West Indies. Carib. Journal Science, 14 (3-4): 149-162, 1974.

STURROCK, R. F., Snail collection detect schistosome transmission sites. In "Detection of schistosome transmission sites" - Parasitology Today, 2(3): 59-63, 1986.

STURROCK, R. F. & STURROCK, B. M., The influence of temperature on the biology of *Biomphalaria glabrata* (Say), intermediate host of a *Schistosoma mansoni* on the St. Lucia, West Indies. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 66: 385-390, 1972.

SUASSUNA, A. & COURA, J. R., Esquistossomose mansoni no Estado da Guanabara. Aspectos epidemiológicos relacionados as migrações internas. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 3: 59-71, 1969.

THOMAS, J. D., An evaluation of the interactions between freshwater pulmonate snail hosts of human schistosomes and macrophytes. Philosophical Transactions Royal Society of London B, 315: 75-125. 1987.

THOMAS, J. D.; GOLDSWORTHY, G. J. & ARAM, R. H. Studies on the chemical ecology of snails. The effects of chemical conditioning by adult snails on the growth of juvenile snails of the same species. Journal of Animal Ecology, 44: 1-27, 1975.

THOMAS, J. D.; POWLES, M. & LODGE, M., The chemical ecology of *Biomphalaria glabrata*: the effects of ammonia on the growth rate of juvenile snails. The Biological Bulletin, 151: 386-397, 1976.

THOMAS, J. D. & ASSEFA, B., Behavioral responses to amino acids by juvenile *Biomphalaria glabrata*, a snail host of *Schistosoma mansoni*. Comparative Biochemistry Physiology 63c: 99-108, 1979.

THOMAS, J. D. & TAIT, A. I., Control of the snail hosts of schistosomiasis by environmental manipulation a field and laboratory appraisal in the Ibadan area, Nigéria. Philosophical Transactions Royal Society of London. B.305: 201-253, 1984.

THOMAS. J. D.; NWANKO & STERRY. P. R., The feeding strategies of juvenile and adult *Biomphalaria glabrata* (Say) under simulated natural conditions and their relevance to ecological theory and snail control. Philosophical Transactions Royal Society London. 226: 177-209, 1985.

UPATHAN. E. S., Effects of some physicochemical factors on the infection of *Biomphalaria glabrata* (Say) by miracidia of *Schistosoma mansoni* Sabom in St. Lucia, West Indies. Journal Helminthology. 46: 307-315, 1973.

WEBBE, G., Transmission of Bilharziasis. I- Some essential aspects of snail population dynamics and their study. Bulletin of the World Health Organization. 33: 147-153, 1965.

WEBBE, G., Schistosomiasis: Some advances. British Medical Journal. 283: 1104-1106. 1981.

WEBBE. G. & MSANG. A. S., Observations on three species of Bulinus on the east of Africa. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 52: 302-314, 1958.

WETZEL, R., Limnologia, Ediciones Omega Barcelo, pp. 679, 1981.

WITHERS. B. & VIPOND. S., Irrigação. Projeto e Prática ed. B.T. Batsfordlimited, London, 339 pp, 1988.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Epidemiology and Control of Schistosomiasis. Tech. Rep. Series n. 643. 1980.