

## SOBRE A CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM NOVO MODELO DE AQUÁRIO COM MARÉS

SERGIO ROSSO

Departamento de Zoologia, Instituto de  
Biociências da Universidade de São Pau-  
lo. Bolsista do Conselho Nacional de De-  
senvolvimento Científico e Tecnológico  
- CNPq. (recebido em 08/XI/1982)

RESUMO - Trata este trabalho de um sistema fechado para manu-  
tenção de organismos marinhos, especialmente desenhado para  
produzir oscilações periódicas de nível d'água ou marés sob  
regime térmico controlado. Detalhes construtivos do protóti-  
po são descritos, tendo sido a performance do sistema verifi-  
cada através do acompanhamento das condições operacionais ao  
longo de várias marés. Determinou-se a estabilidade da rela-  
ção entre a pressão estática indicada por manômetros de água  
e a vazão, concluindo-se pela validade daquele parâmetro na  
previsão do período das oscilações. São apresentadas algumas  
das curvas obtidas empiricamente e o resultado de seu estudo  
analítico. Finalmente discute-se, de modo bastante breve, a  
utilização do sistema como simulador de condições físicas da  
zona entre marés.

ABSTRACT - This work covers the construction and performance  
of a closed-system for keeping marine organisms, specially  
designed to produce periodic oscillations in water level or  
tides, under controlled thermal conditions. Construction de-  
tails of the prototype are described, as well as the results  
of some performance tests taken along several oscillation cy-  
cles. It was also verified the stability of the correlation  
between indicated static pressure and flow-rate, showing the  
accuracy of that parameter in pre-establishing the tide pe-  
riod. Some of the graphic curves empirically obtained are  
presented as well as the results of their analytical study.  
Furthermore, the validity of the system described as simula-  
tor of physical conditions at the zone between-tides is brie-  
fly discussed.

### INTRODUÇÃO

Os estudos descritivo e experimental dos animais mari-  
nhos têm-se concentrado nos habitantes da região entre-marés  
devido em grande parte à facilidade de coleta nessa faixa do  
litoral. O periódico descobrimento propiciado pela baixa-mar

não apenas altera fundamentalmente o meio ambiente das populações do eulitoral (água ↔ ar), como também as expõe aos rigores das variações de temperatura, salinidade e ao fenômeno do dessecamento, entre outros. Sabe-se que os organismos marinhos mostram-se adaptados às complexas condições ambientais desse habitat particular: a compreensão da natureza mais íntima dos organismos que ocupam a maior unidade ecológica da Terra - o mar - seria muito ampliada com o esclarecimento de quais as bases funcionais de sua adaptação ao meio.

Giese & Pearse (1974), por exemplo, em uma revisão sobre a influência de fatores exógenos em certas funções fisiológicas de invertebrados marinhos, mostraram que as bruscas variações da temperatura ambiente são, senão o fator indutor da gametogênese, pelo menos o determinante da liberação de gametas por muitos deles. Em certas regiões eulitorais, inclusive, essas flutuações térmicas se relacionam com as máximas baixas.

Um grande número de trabalhos já foi apresentado, tratando de organismos da zona entre-marés e mostrando a correlação entre a exposição ao ar e processos fisiológicos, ecológicos e comportamentais (e.g. Gowanloch & Hayes, 1926; Colman, 1933; Stephenson, 1941; Ricketts & Calvin, 1952; Lewis, 1954; Barkman, 1955; Newell, 1958, 1964; Morton, 1960; Moyses & Nelson-Smith, 1963; Evans, 1965; Micallef, 1966, 1969; Thompson, 1968, Jackson, 1976; Johnson & Shick, 1977).

De modo geral, o maior problema nesse campo continua sendo a impossibilidade de acompanhar-se na natureza tudo o que se deseja observar diariamente. Esta dificuldade de observação intensiva bem como de controle da maioria dos fatores ecológicos no ambiente natural induziu os cientistas a manter populações litorais no laboratório, em aquários experimentais.

Esses equipamentos, quando construídos para prover oscilações periódicas de nível, podem ser incluídos em duas categorias básicas:

a) padrão sifonal - funcionamento com base no escoamento de água com vazão praticamente constante, por gravidade (e.g. Bracher, 1919; Martin & Reid, 1935; Aleem, 1949; Barkman, 1955.).

b) padrão senoidal - aqui existe um componente giratório que promove alterações senoidais no nível da água, o que é de grande interesse em estudos sobre zonação (e.g. Evans, 1964; De Blok, 1964; Micallef, 1967; Thompson, 1968; Pugh, 1975).

Underwood (1972) apresenta curvas de flutuação de nível para os dois tipos de sistema bem como para marés naturais, além de criticar os vários modelos.

Como os sistemas descritos mostram restrições quanto ao volume de água utilizado e também quanto ao preço de vários componentes, desenvolveu-se, dentro do padrão sifonal, um sistema automático com flutuações periódicas de nível em um tanque experimental de médio porte.

Da forma como foi idealizado, este aquário destina-se a estudos com animais sésseis que devam ser periodicamente expostos ao ar durante certo tempo. Foram associados elemen-

tos que conferem a versatilidade necessária para que o sistema possa ser utilizado das mais diversas maneiras no que se refere aos tempos envolvidos, níveis desejados e regimes de iluminação e temperatura.

#### MATERIAL

##### a) Elementos hidráulicos: (PVC)

4 flanges de 1/2" com borrachas de vedação; 3 flanges de 3/4" com borrachas de vedação; 4 juntas rosca externa-mangueira, de 1/2"; 3 juntas rosca externa-mangueira, de 3/4"; 2 terminais de 1/2", com rosca interna, para adaptar mangueira à torneira; 4 luvas cola-rosca interna de 1/2"; 1 luva cola-rosca interna de 3/4"; 3 cotovelos de 3/4"; 1 metro de cano de 3/4"; 1/2 metro de cano de 1/2"; cola para tubos e conexões de PVC rígido; 2 caixas d'água de cimento amianto de 100 litros (com tampa); vedante de teflon; neutrol, pincel e solvente; 3 braçadeiras de inox para mangueiras de 3/4"; 1 braçadeira para fixar canos de 3/4" à parede; 4 metros de mangueira plástica transparente, de 3/4"; bomba centrífuga com corpo de PVC (Schneider BC-30); 7 metros de tubo plástico flexível com 4 mm de diâmetro externo; 3 metros de tubo de latex com 10 mm de diâmetro externo; 2 metros de tubos de vidro com 7 mm de diâmetro (varetas de vidro para laboratórios); 2 potes de vidro de boca larga e rolha de borracha; 2 torneiras de vidro semelhantes às que aparecem nas buretas e balões de separação.

##### b) Elementos elétricos:

4 microrruptores (Microswitch "Sermar" S6A6D1); 1 contator 16 A "Siemens 3TA20"; 1 contator 10 A "Siemens 3 TA68"; 4 solenóides de tração "Sermar TC"; 1 arejador para aquários; 1 aquecedor para aquários 80W; 1 aquecedor para aquários 100W; 1 termostato para aquários 200W; 1 termostato para aquários 100W; 2 aquecedores elétricos para ambientes; 1 holo fote com soquete de cerâmica; 1 interruptor para acionamento manual da bomba; 6 tomadas duplas completas (machos e fêmeas); 10 terminais para condutores, tipo chato; 1 metro de fio elétrico termorresistente, 10 metros de fio elétrico duplo nº 18; 1,5 metro de fio elétrico duplo nº 14; 3 metros de fio elétrico simples nº 16.

##### c) Outros elementos:

2 peças de madeira com 10x5x2 cm; 2 peças de madeira com 30x7x2 cm; 2 peças de madeira de 20x4x1 cm; 1 caixa de madeira com 30x20x13 cm; 1 placa de plástico rígido com 30x20x0,2 cm; fragmentos de conchas ou cascalho para filtro biológico; 2 recipientes com aproximadamente 5 litros, para filtros biológicos externos; 2 vidros de 45x49,2x0,8 cm; 1 vidro de 80x50x0,8 cm; 2 vidros de 45x80x0,8 cm; 3 régua de 50 cm; 2 escalas milimétricas com 8 mm de largura e 30 cm de comprimento (Funbecc - São Paulo); 4 esferas de isopor com 5 cm de diâmetro; 2 bisnagas de borracha de silicone (Flexite); 1 frasco de acetona; algodão; 2 grampos ou pinças para fixar os microrruptores às paredes do aquário; 4 parafusos de latão de 2" x 2 mm com arruelas e borboletas; 12 parafusos de latão de 1,5" x 2 mm com arruelas e porcas; 2 válvulas de entrada "Brastemp nº cat 2518 (só as carcassas de ny

lon são necessárias); 2 seringas hipodérmicas descartáveis de 3 ml (B-D Plastipak); 2 tubos plásticos rígidos com 4 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro externo; 2 guarnições de borracha para vedação de fogareiros e lampiões a gás; 2 ro-lhas de borracha ou cortiça para diâmetro de 2 cm; 2 varetas de latão com 20 cm x 1,5 mm; 2 tubos de alumínio com 3 cm x 4 mm de diâmetro externo; 1 termômetro de mercúrio; 2 potes de vidro com cerca de 1 litro, com rolhas de borracha.

### MONTAGEM

Deve-se tomar inicialmente uma serra de arco, cortar 4 pedaços de cano de 1/2" com cerca de 5 cm de comprimento e usar cada um deles para emendar um flange de 1/2" e uma luva cola-rosca interna da mesma medida. Com vedante de teflon, a tarracha-se os 4 adaptadores para mangueira de 1/2". Faz-se então um conjunto semelhante, mas com peças de 3/4". A seguir, deve-se cortar 3 pedaços de cano 3/4", 2 com 30 cm e 1 com 10 cm de comprimento; usando 2 cotovelos de 3/4", uma luva cola rosca interna, uma junta rosca externa - mangueira e a cola, monta-se o "U" que se destina a jogar água sob pressão da bomba.

Com uma furadeira faz-se um orifício de pouco mais que 1/2" o mais próximo possível da base, numa das laterais de cada caixa d'água: aí devem ser adaptados os flanges de 1/2" previamente montados sem se esquecer das borrachas de vedação. Por meio da braçadeira para fixar canos à parede, adapta-se o "U" de 3/4" a um dos reservatórios (a extremidade interna deve ficar com a abertura no nível máximo permitível). Na outra caixa se instala o flange de 3/4", nas mesmas condições que o de 1/2" aí colocado. Com as régua e tubos plásticos transparentes de 4 mm de diâmetro devem ser feitos os indicadores de nível.

O passo seguinte é a montagem do tanque de vidro (aquário propriamente dito), o que deve ser feito com muito cuidado, usando-se a borracha de silicone. Todas as superfícies que serão coladas deverão ter sido muito bem limpas com algodão e acetona e não mais tocadas com os dedos.

Em um dos vidros laterais faz-se, antes da colagem, 2 furos de 1,5" de diâmetro com centros a uma altura conveniente (no modelo montado por nós os orifícios foram feitos 3 cm acima da base, aos lados da linha mediana vertical do vidro) Eles se destinam à adaptação dos flanges de 1/2".

Caso seja utilizado substrato mole, deve-se acoplar 2 pedaços de mangueira de 3/4" às sobras internas dos flanges de 1/2", para que a chegada e saída de água se façam na superfície do sedimento.

Os filtros biológicos externos superior e inferior devem ser preparados de acordo com o esquema da figura 1 segundo Spotte (1970); para isso destinam-se os recipientes de 5 litros e o cascalho ou fragmentos de conchas, além dos tubos de vidro.

Agora, com as grandes peças já preparadas, pode-se montar as válvulas elétricas; essas partes são críticas: delas depende a estabilidade de funcionamento do sistema. Para co-

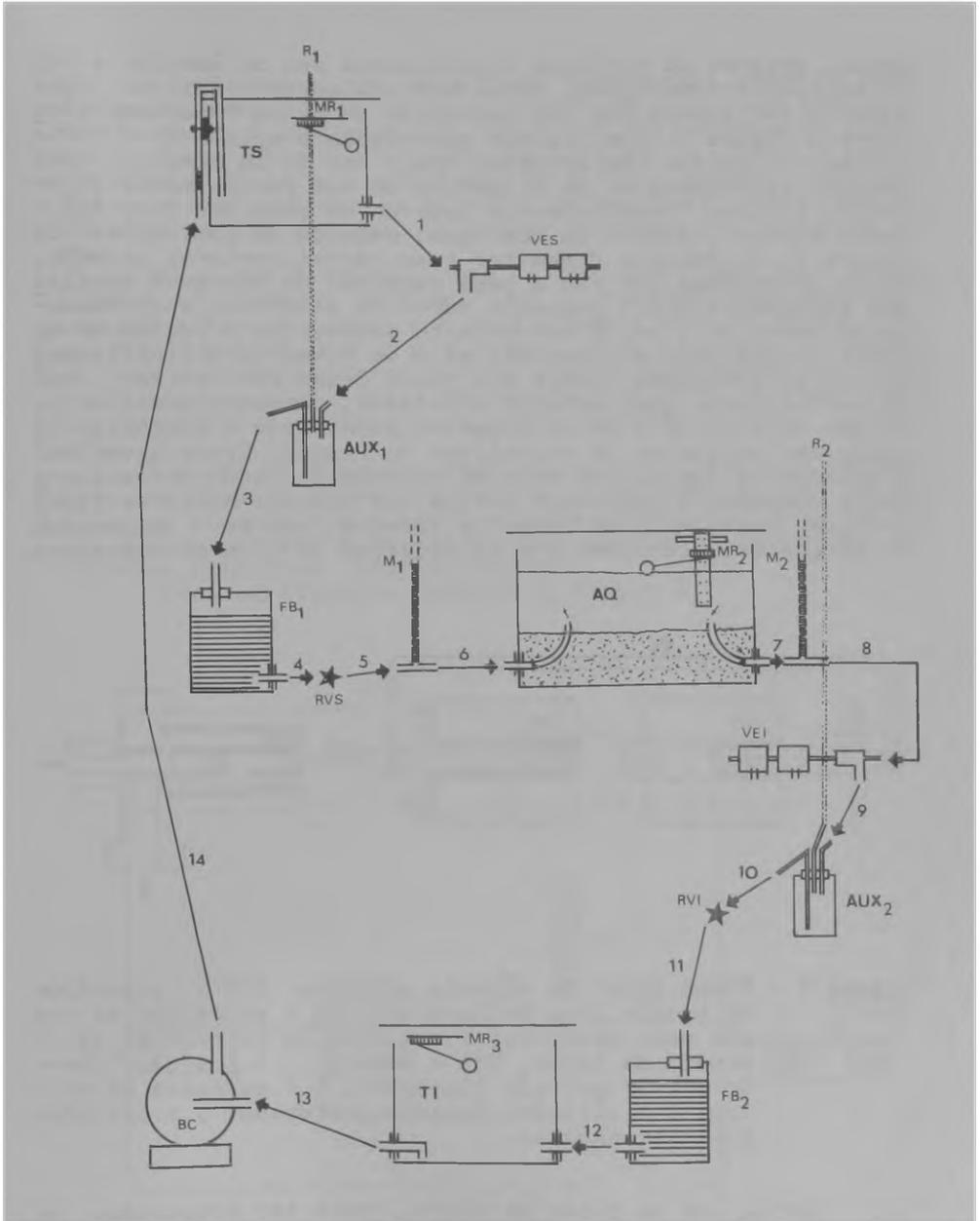


Figura 1 - Esquema geral do sistema. TS = tanque superior ; AQ = aquário; TI = tanque inferior; VES = válvula elétrica superior; VEI = válvula elétrica inferior; AUX = reservatório auxiliar ou filtro químico; FB = filtro biológico; BC = bomba centrífuga; RVS = registro para controle da vazante; RVI = registro para controle da vazante; M = manômetro de água; MR 2 microrruptor.

meçar, pega-se as seringas hipodérmicas sem os êmbolos e corta-se suas extremidades, obtendo 2 cilindros plásticos que deverão ser encaixados nas carcassas de nylon "Brastemp", conforme a figura 2. Com algumas marteladas completa-se e firma-se bem o encaixe: em seguida, com o uso de um prego bem quente, transpassa-se os cilindros em sua porção mediana, abrindo 2 furos diametralmente opostos em cada um. Fica faltando então o término da montagem, segundo as indicações da figura 2. Os êmbolos devem ter suas hastes cortadas ao meio, sendo as metades que têm a peça terminal de borracha encaixadas firmemente nos 2 pequenos tubos de alumínio, aprofundando aí cerca de 1 cm. É conveniente prensar-se a região do encaixe com alicate ou torquês, afim de firmá-lo definitivamente. As extremidades livres dos tubos devem ser batidas com um martelo para que, estando achatadas, possa-se fazer em cada uma um furo de 2 mm de diâmetro permitindo a posterior ligação aos conjuntos de solenóides de tração. Estes devem ser acoplados em duplas por meio de varetas de latão convenientemente dobradas e parafusos curtos com porcas. Monta-se finalmente as peças em suas bases de madeira, não se esquecendo de calçar os solenóides com as madeiras de 1 cm de espessura.

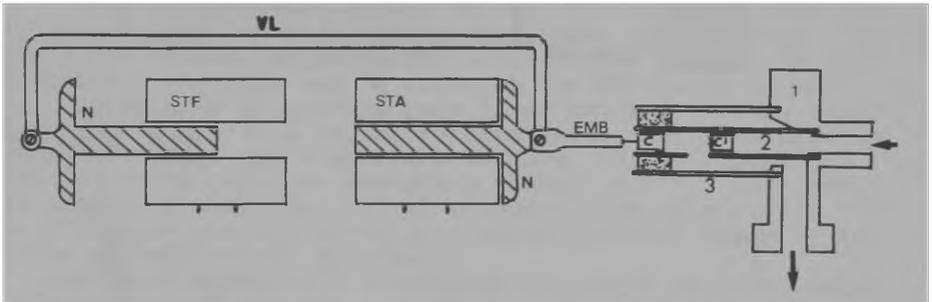


Figura 2 - Plano geral da válvula elétrica. STF = solenóide de tração para fechamento; STA = solenóide de tração para abertura; N = núcleo de solenóide; VL = vareta de latão; EMB = êmbolo; c = posição "aberto"; c' = posição "fechado"; 1 = carcassa de nylon; 2 = cilindro interno perfurado; 3 = cilindro plástico externo.

Agora, com os potes de vidro, devem ser preparados os reservatórios auxiliares, segundo a figura 1. Eventualmente eles podem ser enchidos com carvão ativado, convertendo-se em filtros químicos ou de adsorção.

A última e mais trabalhosa operação é a ligação do sistema elétrico.

Inicia-se com a adaptação de 2 microrruptores às peças de madeira com 10x5x2 cm por intermédio de 2 parafusos lon -

gos com borboletas, os quais devem passar por furos escareados e deslocados para um dos extremos de cada peça suporte. Tem-se então 2 conjuntos que devem ser posteriormente presos aos reservatórios correspondentes através de outros 2 parafusos longos de latão. Após ligar-se o fio elétrico e envolver-se cada microrruptor em material impermeável, adapta-se as bóias de isopor por meio de hastes de vidro com cerca de 25 cm.

Em um dos microrruptores, o fio duplo deve ser ligado à ponte normalmente fechada, isto é, deve ser interrompido o contato elétrico quando a boia é elevada além do nível crítico; nos 2 outros, o fio é ligado à ponte normalmente aberta de modo a estabelecer-se contato com o acionamento. O 1º conjunto corresponde à caixa de amianto com o "U" de PVC (tanque superior) e os demais, à caixa restante e ao aquário (fig. 1)

À caixa de madeira, adapta-se o painel de plástico rígido que já deve trazer instalados o contator de 10 A, o botão para acionar manualmente a bomba centrífuga, a saída de 110 V para a mesma e as saídas para os 3 microrruptores e válvulas elétricas (tomadas duplas).

Todas as ligações constam da figura 3.

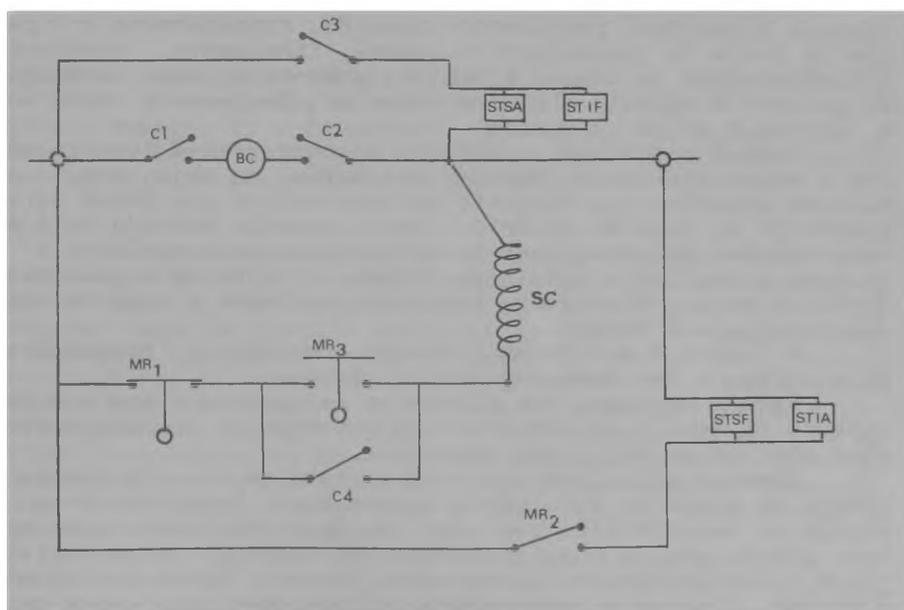


Figura 3 - Circuito elétrico para oscilação de nível. C=ponte do contator; SC = solenóide do contator; MR = microrruptor; STSA = solenóide de abertura da válvula superior; STSF = solenóide de fechamento da válvula superior; STIA = solenóide de abertura da válvula inferior; STIF = solenóide de fechamento da válvula inferior; BC = bomba centrífuga.

Observando-se a disposição representada na figura 1, coloca-se os elementos do sistema em seus locais definitivos.

As conexões descendentes 1, 5, 6, 7, 8 e 12 devem ser feitas com tubos de latex e as demais, com tubos plásticos flexíveis de 4 mm de diâmetro externo. As ascendentes 13 e 14 devem ser mangueiras plásticas de 3/4" adaptadas com bráçadeiras para resistir à pressão da bomba. Não se pode esquecer da instalação dos respiros dos reservatórios auxiliares, das torneiras de vidro e dos manômetros, ainda de acordo com a figura 1.

Para pôr o sistema em operação liga-se os microrruptores ao painel bem como as válvulas elétricas, mas não ainda o conjunto à tomada de força. Enche-se o aquário, já preparado com o substrato definitivo, com água do mar até o máximo desejado e ajusta-se seu microrruptor para esse ponto crítico; coloca-se água também nos tanques de amianto até o mínimo residual conveniente, bem como nos reservatórios auxiliares e filtros biológicos. Abre-se manualmente a válvula elétrica de vazante e deixa-se escoar a água até que o nível no aquário atinja o mínimo desejado, momento em que deve ser fechada a torneira de vidro controladora da vazante para ajuste do microrruptor do tanque inferior. Feito isso, liga-se a bomba diretamente à força do laboratório; a queda de nível no tanque inferior deve ser atentamente observada. Ao ser atingido o residual previamente marcado, transfere-se a ligação da bomba da tomada para o painel. Finalmente, ajusta-se o microrruptor do tanque superior, abre-se as duas torneiras de vidro e a válvula elétrica superior, fecha-se a inferior e liga-se o painel à tomada.

Nessas condições, o sistema encontrar-se-á funcionando com o menor período de duração das marés, ou seja, com as maiores pressões registráveis nos manômetros que devem estar adaptados ao lado do aquário. Caso a pressão marcada seja excessivamente pequena, pode-se estrangular as conexões 6 e 7 de modo a ampliar a escala de leitura e melhorar a precisão. O método para o ajuste dos tempos de enchente e vazante está descrito mais à frente.

A figura 4 mostra um circuito acessório, responsável pelo controle das temperaturas no sistema.

Para a montagem dos elementos relacionados com o aquecimento da água e da atmosfera no interior do aquário deve-se-á efetuar as seguintes operações.

Toma-se primeiramente o termostato de maior potência e adapta-se a ele um envoltório impermeável. Providencia-se a seguir um reservatório qualquer com água suficiente para cobrir completamente 2 aquecedores (100 e 80 W) e o termostato, todos convenientemente conectados. Uma vez ligado o conjunto à tomada, fixa-se a temperatura crítica desejada - esta deverá ser a menor temperatura da água durante o ciclo de maré. Feito isso, prende-se as peças ao fundo do aquário.

A seguir, deve-se montar um suporte de madeira por sobre o aquário prendendo aí o holofote com lâmpada de 300 W e os aquecedores de ambiente, além do contador de 16 A e eventualmente uma lâmpada-piloto. É aconselhado o uso de uns 25 cm de fio termo-resistente, junto ao holofote.

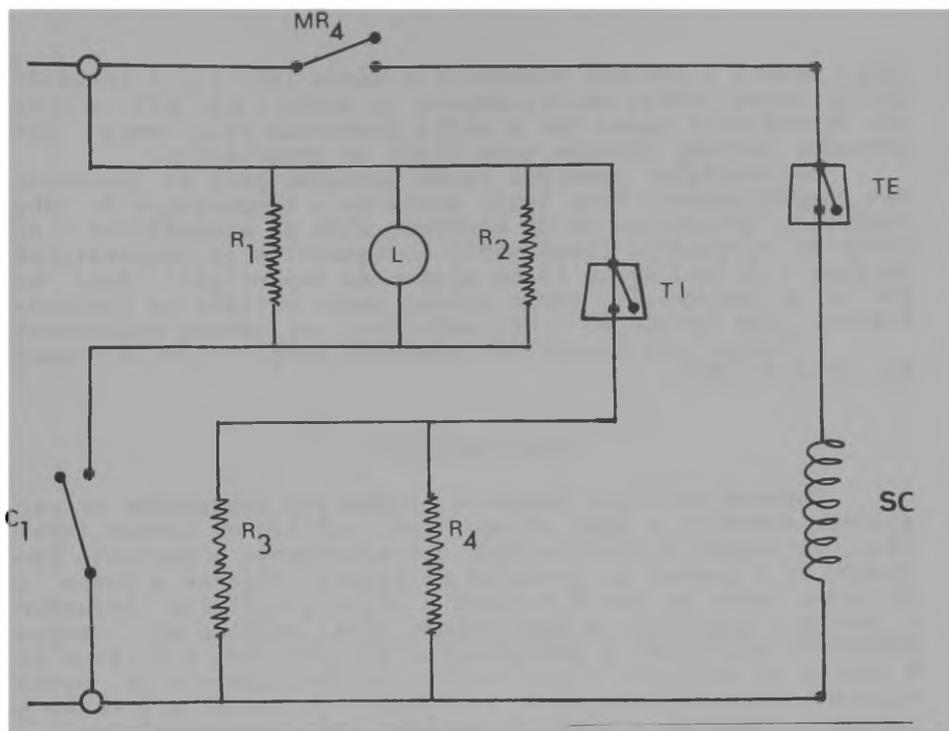


Figura 4 - Circuito elétrico para controle do regime térmico. C = ponte do contator; SC = solenóide do contator; TE = termostato emerso; TI = termostato imerso;  $R_{1,2}$  = aquecedores aéreos; L = lâmpada;  $R_{3,4}$  = aquecedores de água;  $MR_4$  = microinterruptor para acionamento do sistema aéreo ou timer.

Após ter-se montado o 4º microinterruptor (usa-se uma haste de vidro de 30 cm de comprimento e uma bôia de isopor, procedendo como já foi descrito) instala-se o 2º termostato, de modo que fique em posição vertical no centro do aquário. Resta apenas a ligação de todas as peças de acordo com o circuito e o ajuste do termostato, na maré baixa; a temperatura crítica deve ser a maior registrada no sistema durante o ciclo completo da maré. O ajuste do microinterruptor é feito de modo que o acessório só seja ativado no momento certo. Eventualmente o microinterruptor pode ser substituído por um timer cíclico de 24 horas, tornando-se o mecanismo de aquecimento independente do nível da água.

O modelo montado por nós foi submetido a uma série de testes com vistas a conhecer-se de fato o padrão de funcionamento e sua estabilidade. Para isso acompanhou-se 4 ciclos completos de maré anotando-se de 1/2 em 1/2 hora o nível (mm), o tempo (min) e a pressão manométrica (desnível entre a água do aquário e a do interior do manômetro, em mm). A partir desses dados foi feito o cálculo dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis nível e tempo. Posteriormente fez-se o mesmo considerando porém os pares ordenados

(x,y) onde x = pressão manométrica média ( $\overline{PM}$ ) e y = inclinação da curva obtida empiricamente ou vazão ( $\Delta N / \Delta T$ ). A pressão manométrica média foi a média ponderada pelo tempo das pressões medidas durante cada ciclo de observações.

As condições térmicas foram testadas para se conhecer seu comportamento. Para isso, mediu-se a temperatura do laboratório a intervalos de 20 minutos, além da atmosférica no interior do aquário (termômetro flutuante) e as temperaturas da água e do sedimento (5 cm abaixo da superfície). Para efeitos de comparação, foram usados dados obtidos na Praia da Enseada (São Sebastião - SP) relativos aos mesmos parâmetros.

O termostato imerso foi ajustado para 29-30°C e o emerso, para 37-38°C.

### FUNCIONAMENTO

Durante um ciclo completo, podem ser observados os seguintes eventos: a água atinge nível crítico no tanque inferior, acionando o microrruptor correspondente e portanto fechando as 4 pontes do contator do painel; liga-se a bomba, ao mesmo tempo em que é fechada a válvula elétrica inferior e aberta a superior: a água atinge nível crítico no tanque superior, acionando o microrruptor aí instalado e abrindo as 4 pontes do contator o que resulta no desligamento da bomba enquanto desenergizam-se os solenóides de tração até então ativados: eleva-se o nível do aquário até o ponto crítico, quando seu microrruptor é acionado; fecha-se a válvula elétrica superior e abre-se a inferior, iniciando-se o esgotamento do aquário.

Os reservatórios auxiliares servem para eliminar bolhas de ar permitindo um perfeito sifonamento, especialmente quando a entrada e saída de água estiverem, eventualmente, sob o sedimento a fim de que este seja por ela percolado (filtro biológico interno)

O reservatório auxiliar inferior permite também uma queda inicial rápida de 5 mm a 8 mm no nível do aquário, apressando o desligamento dos solenóides e portanto aumentando sua vida útil.

O aquecimento só se aplica quando a temperatura ambiente no laboratório é inconvenientemente baixa e variável. Da forma como foi montado o sistema, a temperatura da água deve ser constante exceto durante as marés baixas quando é verificado o aumento devido à ação do sistema de aquecimento aéreo. Quanto mais alto for o nível crítico para acionamento do sistema, mais próxima a temperatura da água deve ficar daquela para a qual o termostato emerso foi ajustado. O tempo de acionamento do simulador de Sol é previsto de modo análogo ao cálculo do tempo de exposição dos espécimes, apresentado mais adiante.

O padrão de oscilação de nível foi definido através da linearidade das curvas "nível x tempo", expressa em termos dos coeficientes de correlação linear. Estes mostraram-se superiores a 0,99 em todas as enchentes e vazantes (n=8). A inclinação " $\alpha$ " das curvas, analisada em função da pressão ma-

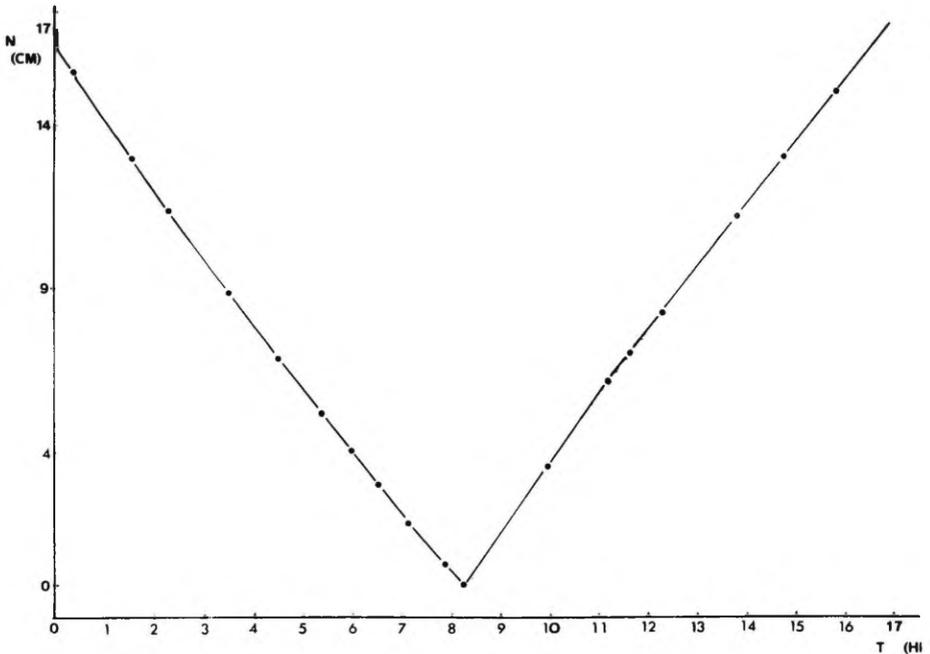


Figura 5 - Gráfico da oscilação de nível numa maré arbitrária. N = nível; T = tempo.

nométrica média correspondente, mostrou uma correlação de 99,75% no mínimo, concluindo-se que a dita pressão é um bom predictor da vazão " $\alpha$ " e portanto do período, dada uma certa amplitude de maré.

De qualquer forma o sistema comportou-se dentro do padrão sifonal, segundo a lei " $P=Hdg$ " que atesta a proporcionalidade direta entre pressão hidrostática (manométrica) e a variável altura.

Para a previsão de variáveis relacionadas com nível e tempo de exposição, pode-se utilizar a seguinte expressão matemática, obtida a partir do gráfico da figura 5:

$$\frac{a}{n_{\text{máx}} - P} = \frac{T}{T - t}, \text{ onde:}$$

a = amplitude para a qual o sistema está ajustado;  $n_{\text{máx}}$  = nível máximo no aquário, medido com uma régua presa a  $n_{\text{máx}}$  uma das faces internas do mesmo; P = posição ou nível ocupado pelos espécimes; T = duração da maré; t = tempo de exposição dos espécimes ao ar durante cada maré.

O modelo tem funcionado com amplitude de 17 cm; usando-se caixas de amianto maiores e/ou aquário com forma ou tamanho diferentes, pode-se alterá-la conforme as conveniências.

Devido à redução do desnível entre os reservatórios, verificada enquanto se processam as marés, não é possível evitar a queda na pressão manométrica. Sendo essa queda linear em função do tempo, definiu-se a constante "K", relacionada com a disposição física dos elementos do sistema no laboratório:

$$K = \frac{\Delta PM}{PMI \Delta N}, \text{ independentemente para a enchente e para a vazante.}$$

Por outro lado, achou-se interessante propor um outro parâmetro, que levasse em conta as relações entre os diâmetros dos vários condutos, a permeabilidade dos filtros biológicos e outros fatores estáticos relacionados com vazão. Esse parâmetro é justamente uma constante "C" de proporcionalidade entre a vazão e a pressão manométrica média; em determinadas condições atuais do sistema, ela representa a vazão obtida a cada milímetro de pressão manométrica a meia maré na enchente ( $C_e$ ) e na vazante ( $C_v$ )

Algebricamente tem-se:

$$C = \frac{\Delta N}{PM \Delta T}, \text{ onde:} \quad (I)$$

$\Delta N$  = amplitude de maré;  $\Delta T$  = duração da maré;  $PM$  = pressão manométrica média.

Na prática, os dados são obtidos durante ciclos de maré arbitrários.

A pressão manométrica média está relacionada com a pressão manométrica inicial (PMI) através da constante "K", segundo a equação:

$$PM = PMI (1 - \frac{K \Delta N}{2}) \quad (II)$$

De I, temos que:

$$PM = \frac{\text{vazão} \alpha}{C} \quad (III)$$

A partir de II e III, temos finalmente que:

$$PMI = \frac{\alpha}{C (1 - \frac{k \Delta N}{2})}$$

No que se refere às condições térmicas, medidas de temperatura tomadas ao longo de todo um ciclo de marés mostram um quadro muito sugestivo, representado em sua parte fundamental na figura 6.

O essencial que se observa é a atenuação das flutuações térmicas à medida em que se desce no perfil do ambiente (ar → água → sedimento), padrão semelhante ao observado em praias com substrato mole, plano e horizontal (figura 7)

O sistema original montado por nós foi acionado em setembro de 1981 e após várias modificações tem funcionado desde fevereiro de 1982, sendo a única obrigação periódica a de

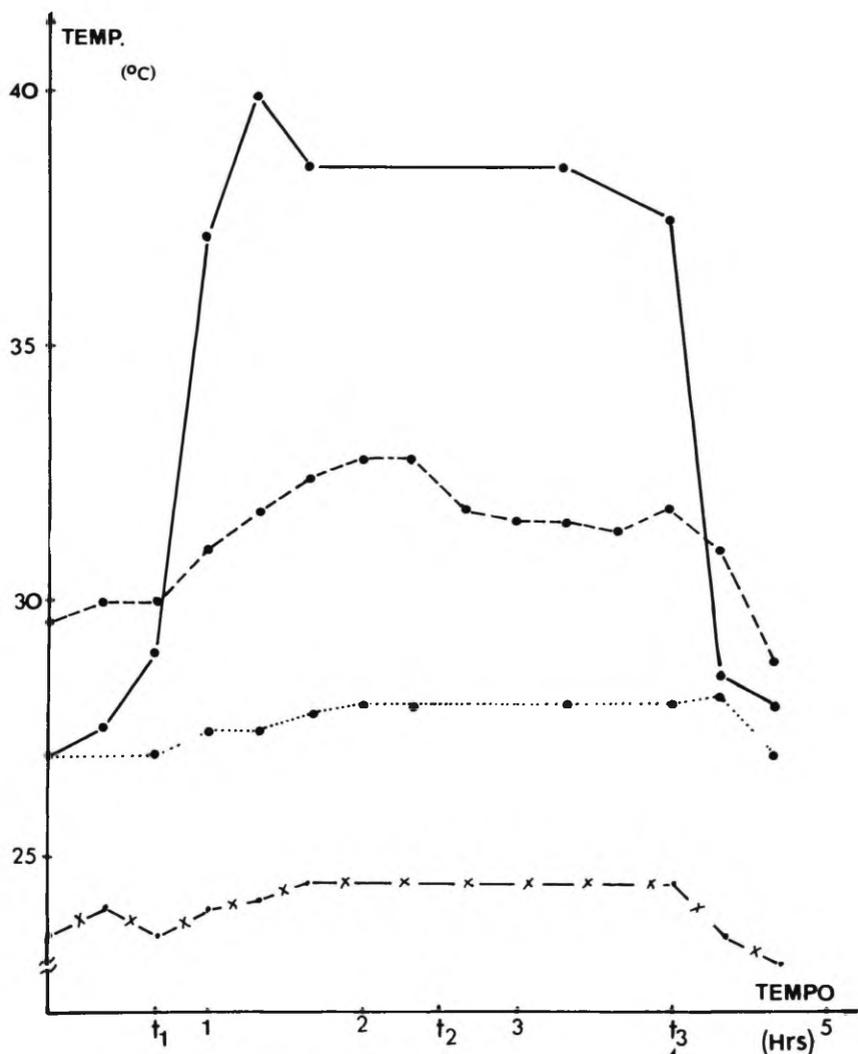


Figura 6 - Gráfico das temperaturas no sistema durante o período de acionamento dos aquecedores aéreos. (—•—) = temperatura na atmosfera do aquário; (----) = temperatura da água; (••••) = temperatura no sedimento, a 5 cm de sua superfície; (-x-x-x-x-) = temperatura no recinto do laboratório;  $t_1$  = momento em que são acionados os aquecedores;  $t_2$  = inversão da maré;  $t_3$  = desligamento dos aquecedores. Os dados foram tomados no sistema montado com filtro biológico interno.

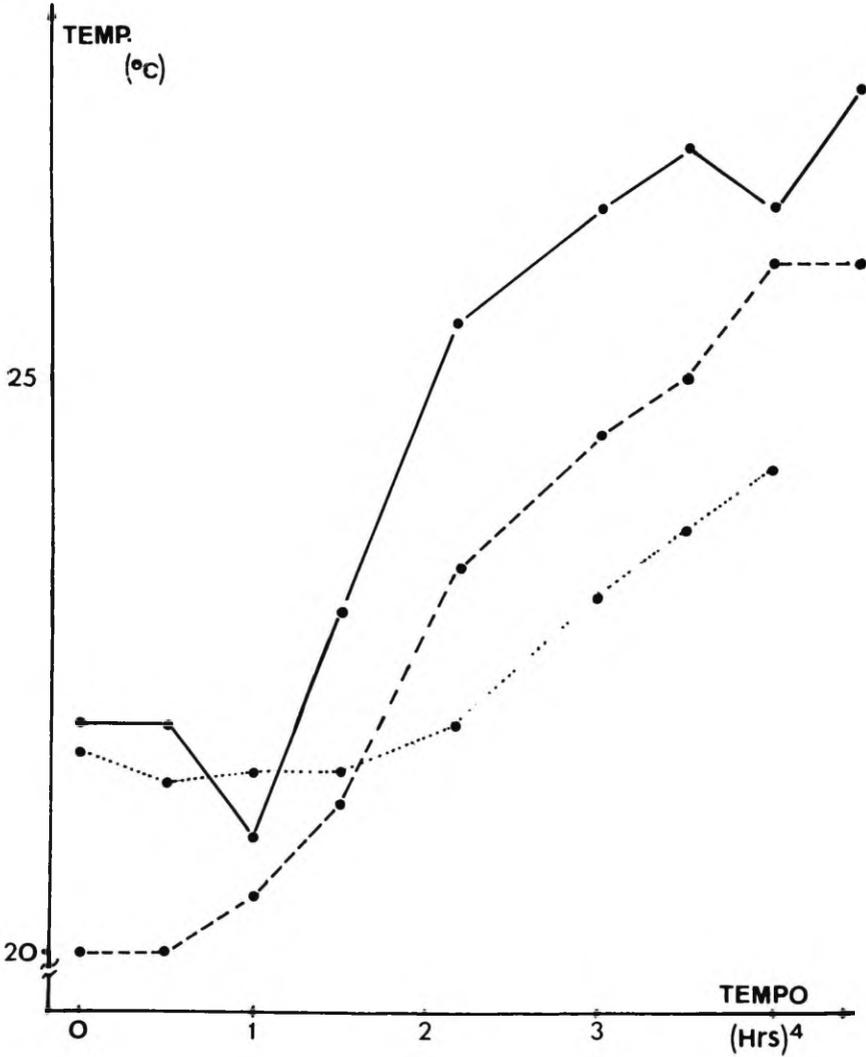


Figura 7 - Gráfico das temperaturas na natureza. (—) = temperatura atmosférica; (-----) = temperatura da água; (.....) = temperatura do sedimento (5 cm abaixo de sua superfície). Os dados foram obtidos em 3/6/81, na Praia da Enseada, durante a baixa-mar.

acrescentar água para compensar a evaporação e manter correta a amplitude e portanto a duração das marés. Em meados de 1981, seu custo foi de aproximadamente Cr\$ 40.000,00.

#### CONCLUSÃO

O sistema aqui descrito adapta-se de fato ao padrão sífonal, com uma distorção mínima. Presta-se especialmente a estudos com populações eulitorais de pequeno e médio porte e preferencialmente com substrato plano horizontal.

A grande versatilidade verificada quanto ao controle das variáveis envolvidas coloca o modelo em evidência dentre os já descritos em sua categoria. O controle do regime térmico, ademais, permite simular de modo bastante satisfatório condições ambientais da zona entre-marés.

Por suas características de funcionamento, o sistema não deve ser utilizado em estudos sobre zonação, para o que existem modelos específicos, com outra concepção.

AGRADECIMENTOS - Dentre as pessoas que colaboraram de uma ou de outra forma na elaboração deste trabalho, devo meus especiais agradecimentos ao Dr. Sérgio de Almeida Rodrigues, pelo apoio e interesse demonstrado desde o período de montagem do sistema até a fase de redação final; ao Dr. Antonio Sergio F. Ditadi, pelo incentivo e valiosas críticas durante a preparação dos manuscritos; aos Drs. Walter Narchi e Sérgio Antonio Vanin, pela cessão do espaço físico para instalação do aparelho; a Dra. Erika Schlenz, minha orientadora; à minha esposa Ana Maria, pela compreensão.

#### REFERÊNCIAS

- ALEEM, A.A. 1949. An apparatus for producing artificial tides. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, Plymouth, 28:663-5.
- BARKMAN, J.J. 1955. On the distribution and ecology of *Littorina obtusata* (L.) and its subspecific units. *Archs.néerl.Zool.*, Leiden, 11:22-86.
- BRACHER, R. 1919. Observations on *Euglena deses*. *Ann.Bot.*, London, 37:93-108.
- COLMAN, G. 1933. The nature of intertidal zonation of plants and animals. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, Plymouth, 18:435-76.
- DE BLOK, J.W. 1964. An apparatus to generate tidal fluctuations and a modification to render constant flow. *Neth.J. sea Res.*, Den Helder, 2:186-8.
- EVANS, F. 1964. A tide generating machine for laboratory use. *Neth.J. sea Res.*, Den Helder, 2: 183-5.
- EVANS, F. 1965. The effect of light on the zonation of the four periwinkles *Littorina littorea* (L.), *Littorina obtusata* (L.), *Littorina saxatilis* (Oliv) and *Melarapha neritoides* (L.) in an experimental tidal tank. *Neth.J. sea Res.*, Den Helder, 2: 556-65.
- GIESE, A.C. & PEARSE, J.S. 1974. *Reproduction of marine inver*

- tebrates*, vol. 1 New York, Academic Press.
- GOWANLOCH, J.N. & HAYES, F.R. 1926. Contributions to the study of marine gastropods. I. Physical factors, behaviour and intertidal life of *Littorina*. *Contr.Can.Biol.Fish.* (n. ser.), Ottawa, 3:133-65.
- JACKSON, L.F. 1976. Aspects of the intertidal ecology of the East Coast of South Africa. *Invest.Rep.oceanogr.Res.Inst.*, Durban, 46:1-72.
- JOHNSON, L.L. & SHICK, J.M. 1967. Effects of fluctuating temperature and immersion on asexual reproduction in the intertidal sea anemone *Haliplanella luciae* (Verrill) in laboratory culture. *J.exp.mar.Biol.Ecol.*, Amsterdam, 28(2): 141-50.
- LEWIS, J.R. 1954. The ecology of exposed rocky shores of Caithness. *Trans.R.Soc.Edimb.*, Edinburgh, 62:695-723.
- MARTIN, M.T. & REID, D.M. 1935. A tidal aquarium system. *Jl.R.microsc.Soc.*, London, 50:245-8.
- MICALLEF, H. 1966. Ecology and behaviour of selected intertidal gastropods. Unpublished Ph.D. Thesis, University of London, apud MICALLEF, 1967.
- MICALLEF, H. 1967. A portable tide-generating machine. *Neth.J.sea Res.*, Den Helder, 3:598-600.
- MICALLEF, H. 1969. The zonation of certain trochids under an artificial tidal regime. *Neth.J.sea Res.*, Den Helder, 4: 380-93.
- MORTON, J.E. 1960. The responses and orientation of the bivalve *Lasea rubra* Montagu. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, Plymouth, 39:5-26.
- MOYSE, J. & NELSON-SMITH, A. 1963. Zonation of animals and plants on the rocky shores around Dale, Pembrokeshire. *Fld.Stud.*, London, 1(5):1-31.
- NEWELL, G.E. 1958. An experimental analysis of the behaviour of *Littorina littorea* (L.) under natural conditions and in the laboratory. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, Plymouth, 37:241-6.
- NEWELL, G.E. 1964. Physiological aspects of the ecology of intertidal molluscs. In Wilbur, K.M. & Yonge, C.M. eds *Physiology of Mollusca*. New York, Academic Press. p. 59-81.
- PUGH, K.B. 1975. A model beach system. *J.exp.mar.Biol.Ecol.*, Amsterdam, 18:197-213.
- RICKETTS, E.F. & CALVIN, J. 1952. *Between Pacific tides*. 3rd ed. California, Stanford University Press. 502 p.
- SPOTTE, S.H. 1970. *Fish and invertebrate culture - water management in closed systems*. New York, Wiley-Interscience. 145 p.
- STEPHENSON, T.R. 1941. The causes of vertical and horizontal distribution of organisms between tide marks in South Africa. *Proc.Linn.Soc.Lond.*, London, 154:219-32.
- THOMPSON, T.E. 1968. Experiments with molluscs on the shore and in laboratory tide model. *Sch.Sci.Rev.*, London, 149: 97-102.
- UNDERWOOD, A.J. 1972. Sinusoidal tide models: design, construction and laboratory performance. *J.exp.mar.Biol.Ecol.*, Amsterdam, 8:101-11.