

A INFLUÊNCIA DO RITMO CIRCADIANO NAS TAXAS DE RESPIRAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON NA LAGOA DA PAMPULHA, BELO HORIZONTE, MG.

MACEDO, C.F. & PINTO-COELHO, R.M.

Departamento de Biologia Geral - UFMG
Cx Postal 486 - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

RESUMO: A influência do ritmo circadiano nas taxas de respiração do zooplâncton na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. A possível ação do ritmo circadiano e da luz sobre as taxas de respiração do zooplâncton foi investigada no presente estudo. Adicionalmente, a influência de determinadas condições experimentais sobre o metabolismo basal do zooplâncton foi também estudada. Foram coletados água e zooplâncton na L. da Pampulha para montagem de experimentos em laboratório em unidades experimentais que foram incubadas no claro (1500 Lux) e no escuro em estufa germinadora a 25.0 ± 1.0 °C em diferentes períodos do ciclo diurno. A biomassa nas unidades foi controlada por uma pipeta não seletiva de 10 ml que permitiu pouca variação nas unidades experimentais. No final de cada experimento, foram determinados em cada unidade experimental as seguintes variáveis: temperatura, oxigênio dissolvido, composição, abundância e biomassa do zooplâncton. A taxa de respiração específica foi calculada baseando-se nas diferenças de concentração de oxigênio dissolvido entre cada unidade experimental e o controle. As taxas médias de respiração específica (TRS), pela manhã, variaram pouco ficando restritas à faixa de 0.015 a 0.018 $\text{mgO}_2\text{PSI.h}^{-1}$. Houve um aumento destas taxas ao início da noite, sendo que elas permaneceram no patamar restrito entre 0.027 e 0.043 $\text{mgO}_2\text{PSI.h}^{-1}$. A TRS também diminuiu com o aumento da biomassa de zooplâncton bem como com o tempo de incubação.

Palavras-chave: Reservatório, ritmo circadiano, taxa de respiração, zooplâncton.

ABSTRACT: Diel variations of respiration rates of zooplankton from Pampulha, Reservoir, Belo Horizonte, Minas Gerais. This article aimed to study the possible effects of diurnal rhythms and light availability on the basal metabolism of zooplankton. Additionally, it was examined the effects of certain experimental conditions like the biomass levels in experimental units and incubation time. Zooplankton organisms from the eutrophic Pampulha Reservoir were collected using a net 90 μm mesh size and transported to the lab within 30 minutes. The organisms were incubated in filtered lake water (20 μm) for 2-6 hours in a cabinet with constant temperature (25 ± 1 °C) under illuminated (1500 Lux) and dark conditions. At the end of incubation time, following variables were measured: temperature, dissolved oxygen, composition, abundance and biomass of zooplankton. The specific respi-

ration rates were determined considering the difference in oxygen concentrations between experimental and control units. The effect of diurnal cycle on respiration rates is clearly more intense than the effect of light. The respiration rates obtained in the morning hours varied between 0.015 and 0.018 mg O₂.mgDW.h⁻¹ (light and dark incubations) and between 0.027 and 0.043 mg O₂.mgDW.h⁻¹ in the first night hours, respectively. Increased levels of biomass and longer incubation times produced lower respiration rates.

Key-words: Reservoir, diel variation, respiration rate, zooplankton.

INTRODUÇÃO

As taxas de respiração de organismos zooplancctônicos apresentam grande importância ecológica e fisiológica, podendo ser interpretadas como estimativa mínima de requerimento energético destas populações. Elas podem dar indicações sobre as condições fisiológicas dos animais, auxiliando, por exemplo, na identificação de possíveis ritmos circadianos no metabolismo destes organismos.

Entre os vários processos fisiológicos envolvendo o metabolismo animal, a respiração tem sido intensamente estudada na adaptação fisiológica de organismos às mudanças ambientais (Mayzaud, 1973; Layborn & Finley, 1976; Banse, 1982; Fenchel & Finlay, 1983; Andrew et al., 1989; Pagano & Saint Jean, 1994). As taxas de respiração possibilitam ainda a determinação da produção biológica da comunidade estudada, abrindo caminho para investigações de outros parâmetros como assimilação diária dos animais (Pourriot, 1982). Um maior conhecimento sobre alterações na assimilação ou respiração do zooplâncton poderia ter um considerável significado em estudos de fluxo de energia (Duval & Geen, 1975). Desta forma, os ritmos de alimentação e respiração em zooplâncton poderão ser indiretamente estudados por este enfoque (Duval & Geen, 1976).

Segundo La Row *et al* (1975), um maior número de pesquisas tem sido feito com zooplâncton marinho em relação às espécies de água doce. Além disso, há uma grande escassez de estudos sobre a respiração da comunidade zooplancctônica em ambientes aquáticos tropicais, uma vez que são poucos os estudos até então disponíveis (Ganf & Blaska, 1974; Rocha & Matsumura-Tundisi, 1989; Pagano & Saint-Jean, 1994).

Este trabalho teve como objetivo determinar se as taxas de respiração podem ser usadas para identificar a possível existência de ritmo circadiano no metabolismo do zooplâncton de um reservatório eutrófico tropical. Verificou-se não só o efeito da intensidade luminosa mas também o horário nas taxas de respiração da comunidade zooplancctônica. Adicionalmente, investigou-se também se determinadas condições experimentais tais como a biomassa e o tempo de incubação afetam estas taxas.

ÁREA DE ESTUDOS

O presente trabalho foi realizado com organismos provenientes do reservatório da Pampulha, situado no município de Belo Horizonte, MG. A Lagoa da Pampulha é um reservatório raso, com cerca de 2.4 Km² de área inundada e volume acumulado de cerca de 12 milhões de m³, com uma profundidade média ao redor de 6 metros. O lago constitui-se num exemplo claro de eutrofização cultural (Tundisi, 1992). Esta condição é resultante da ocupa-

ção desordenada de sua bacia de drenagem, que vem causando um grande aporte de águas residuárias provenientes seja de atividade industrial seja de uso doméstico. Este aporte causa não só uma rápida degradação da qualidade de água como também um vigoroso processo de assoreamento. Características gerais da represa podem ser encontradas em alguns trabalhos recentes (Pinto-Coelho, 1992; Giani, 1994).

Coletou-se água em um ponto central, próximo ao Iate Tênis Clube ($Z_{\max} = 5.0\text{m}$) local onde rotineiramente são tomadas amostras de água para o monitoramento ambiental da Lagoa. Estudos anteriores (Giani et al, 1988) demonstraram a representatividade do ponto para a caracterização limnológica do lago.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos (tab.1) nos quais foram coletados água e zooplâncton no início da manhã (9:00) ao final do dia (17:00 hs). A água foi coletada com garrafa de Kemmerer a 1,0m de profundidade sendo, em seguida, acondicionada em galões de polietileno brancos de 5l, previamente limpos e secos.

O mesozooplâncton foi coletado com rede de 90 μm de abertura de malha, em arrasto vertical na coluna d'água, entre 0 e 4 metros. A malha usada garantiu a inclusão da maioria dos organismos do mesozooplâncton, ou seja, aqueles maiores do que 200 μm (Sieburth, 1978). No res. da Pampulha, esta fração é composta basicamente por copépodes (excluindo-se os estágios naupliares), cladóceros e o rotífero *Brachionus calyciflorus*. O uso de uma rede de 90 μm para o mesozooplâncton explica-se pelo fato de que muitos destes organismos possuem largura inferior ao limite de 200 μm determinado por Sieburth (1978) para o comprimento total dos indivíduos. Os organismos coletados pela rede foram cuidadosamente transferidos para uma garrafa térmica opaca de boca larga para o transporte até o laboratório (30 minutos).

Por ocasião das coletas, foram ainda medidas a transparência da água através do disco de Secchi, o perfil térmico (Termistor YSI), oxigênio dissolvido (oxímetro YSI) e a condutividade (condutímetro YSI).

No laboratório, a água do lago foi seqüencialmente filtrada em filtro 50 μm para exclusão da maioria dos rotíferos, protozoários e nauplii, ou seja, o microzooplâncton (Sieburth, 1978) e em filtro 20 μm para remoção do excesso de algas, o fitoplâncton de rede. A água filtrada foi, a seguir, colocada no aquário de 16 litros. Em seguida, foram adicionados ao aquário 0.12 g/l de Penicilina G-Potássica e 0.24 g/l de Estreptomicina para exclusão de bactérias. A água deste aquário foi aerada para aumentar o grau de saturação oxigênio da água durante aproximadamente 40 minutos. Após filtração com gase de 160 μm , os organismos do zooplâncton contidos na garrafa térmica foram transferidos para um béquer contendo a água previamente filtrada, e aerada com os antibióticos.

Para montagem das unidades experimentais, foram utilizadas garrafas de borosilicato, transparentes, de boca larga de 0.5l. Cada garrafa foi enchida com água do aquário e o zooplâncton foi transferido do béquer por meio de uma pipeta não seletiva de 10 ml que permitiu um controle sobre a quantidade de biomassa transferida para cada unidade experimental. As unidades controle foram preenchidas somente com água do aquário. Durante o processo de preenchimento dos frascos de 0.5l com água filtrada, tomou-se o cuidado para não haver borbulhamento.

As unidades experimentais foram incubadas em estufa germinadora por 2, 4, ou 6 horas dependendo do experimento. A temperatura foi mantida a 25 ± 1.0 °C. As unidades experimentais incubadas no escuro foram totalmente recobertas com papel alumínio para evitar a penetração de luz. Em cada experimento foram utilizadas pelo menos cinco réplicas para cada tratamento.

No final de cada experimento, foram determinados para cada uma das unidades experimentais os seguintes parâmetros: temperatura da água, oxigênio dissolvido, composição, abundância e biomassa de zooplâncton. O oxigênio e a temperatura foram determinados em um analisador eletroquímico de temperatura JENWAY 3440 previamente calibrado pelo método iodométrico de Winkler.

Foram retiradas amostras da água da L. da Pampulha com e sem antibiótico para plaqueamento e verificação da presença de bactérias. O plaqueamento foi feito em placas de Petri com ágar simples e em triplicata. Foi feita uma diluição seriada da água sem antibiótico para se tornar viável a contagem das colônias. Posteriormente as placas passaram por um período de incubação (48 horas, 24 °C) necessário para o crescimento das colônias.

A biomassa de cada unidade experimental foi determinada através de pesagem após prévia liofilização. Desta maneira, zooplâncton de cada unidade experimental foi filtrado em rede "inox" de 160µm, que por sua vez foi transferida para uma placa de Petri acrílica de 6 cm de diâmetro. Esta placa foi imediatamente acondicionada numa caixa plástica contendo sílica gel, que foi estocada em um "freezer" a -20 °C. Após 24 horas, os organismos foram liofilizados (Liofilizador "Edwards L5KR") por 24hs. Depois de retirado do liofilizador, o zooplâncton foi pesado em microbalança Mettler AE200, após ter permanecido 24 hs novamente no frasco plástico com sílica gel para retirada da umidade restante.

Para se obter a taxa de respiração específica (TRS) do zooplâncton, calculou-se a diferença da concentração de oxigênio dissolvido nas unidades experimentais controle (UC) e unidades experimentais com zooplâncton (UZ), dividindo-se pela biomassa (B) presente em cada unidade experimental multiplicada pela duração do tempo de incubação em horas decimais.

$$TRS = UC - UZ / (B * \text{tempo inc.})$$

Amostras adicionais de zooplâncton foram reservadas a partir do material coletado no lago. Elas foram fixadas com formol e coradas com Rosa de Bengala para posterior classificação e determinação da composição do zooplâncton. O zooplâncton de cada unidade experimental foi triado sob microscópio estereoscópico e os organismos determinados, sempre que possível até o nível de espécie.

Os animais identificados foram contados e medidos para uma posterior determinação da biomassa e densidade relativas. Para cladóceros, foi medido o comprimento da carapaça, do topo da cabeça (excluído o elmo) até o ponto de inserção do espinho posterior. Para os copépodos, as medidas foram feitas da extremidade do cefalotórax até o final do abdômem (excluído o ramo da furca).

A partir do comprimento dos organismos em mm, foi calculada a sua biomassa a partir de regressões alométricas. Os cálculos foram realizados através do programa em Turbo Pascal versão 5.1.

RESULTADOS

Condições limnológicas do lago

Foram realizados quatro experimentos a partir de coletas realizadas entre 17 de maio de 1996 e 25 de junho de 1996 (tabela I). A temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica variaram muito pouco entre os diferentes dias de coletas (fig.1). As temperaturas variaram de 20 a 22 °C em todos os experimentos. O oxigênio dissolvido foi muito baixo em todos os dias de coletas, ficando sempre abaixo de 3.0 mgO₂L⁻¹ em todas as profundidades. A condutividade, ao contrário, foi elevada e se manteve entre 270 e 281 μS.cm⁻¹ em todos os experimentos.

A composição do zooplâncton foi praticamente a mesma em todos os experimentos (fig. 2). O zooplâncton foi dominado numericamente por rotíferos, principalmente por *Brachionus calyciflorus*, seguido por *Daphnia laevis*. Outros organismos, tais como *Thermocyclops decipiens* e *Diaphanosoma birgei*, também foram observados mas em abundâncias bem inferiores. Quanto à biomassa, houve uma dominância praticamente exclusiva de *Daphnia laevis* em todos os experimentos realizados (fig. 2).

Experimentos

O zooplâncton foi incubado em frascos opacos e transparentes para se verificar se as condições de iluminação afetam suas taxas metabólicas. O experimento 1 foi realizado pela manhã e as biomassas do zooplâncton nas diferentes unidades experimentais giraram entre 20 e 30 mgPS.l⁻¹. O teste-T revelou que não houve diferença estatisticamente significativa nas biomassas entre os tratamentos ($p < 0.008$). As taxas de respiração específica variaram muito pouco entre si seja no claro seja no escuro. Elas ficaram entre 0.015 e 0.018 mgO₂.mgPS.lh⁻¹ (fig 3).

O experimento 2 foi realizado ao início da noite. As biomassas do zooplâncton nas diferentes unidades experimentais oscilaram entre 10 e 20 mgPSl⁻¹, sendo esta diferença não significativa ($p < 0.009$). À noite, as taxas de respiração foram muito superiores. No tratamento claro, por exemplo, elas ficaram entre 0.027 e 0.043 mgO₂.mgPS.h⁻¹. No tratamento escuro, as taxas de respiração oscilaram entre 0.014 a 0.028 mgO₂.mgPS.h⁻¹.

Diferença estatisticamente significativa entre os valores da TRS foram encontradas no claro da manhã e claro da noite (Anova, $F = 62.376$, $P = 0.001$) e entre os tratamentos escuro da manhã e claro à noite (Anova, $F = 59.875$, $P = 0.002$).

Tabela I. Sumário dos experimentos de determinação das taxas de respiração específica do zooplâncton (TRS), contendo as datas, os horários, a hipótese testada e a hora inicial e final de cada experimento.

Experimento	Data	Hipótese	Início	Final
1	17 Maio 1996	Efeito Luz (Manhã)	11:00 hs	15:17 hs
2	24 Maio 1996	Efeito Luz (Noite)	18:22 hs	23:50 hs
3	31 Maio 1996	Efeito Tempo Incubação	11:00 hs	17:50 hs
4	25 Junho 1996	Efeito Biomassa	12:00 hs	17:00 hs

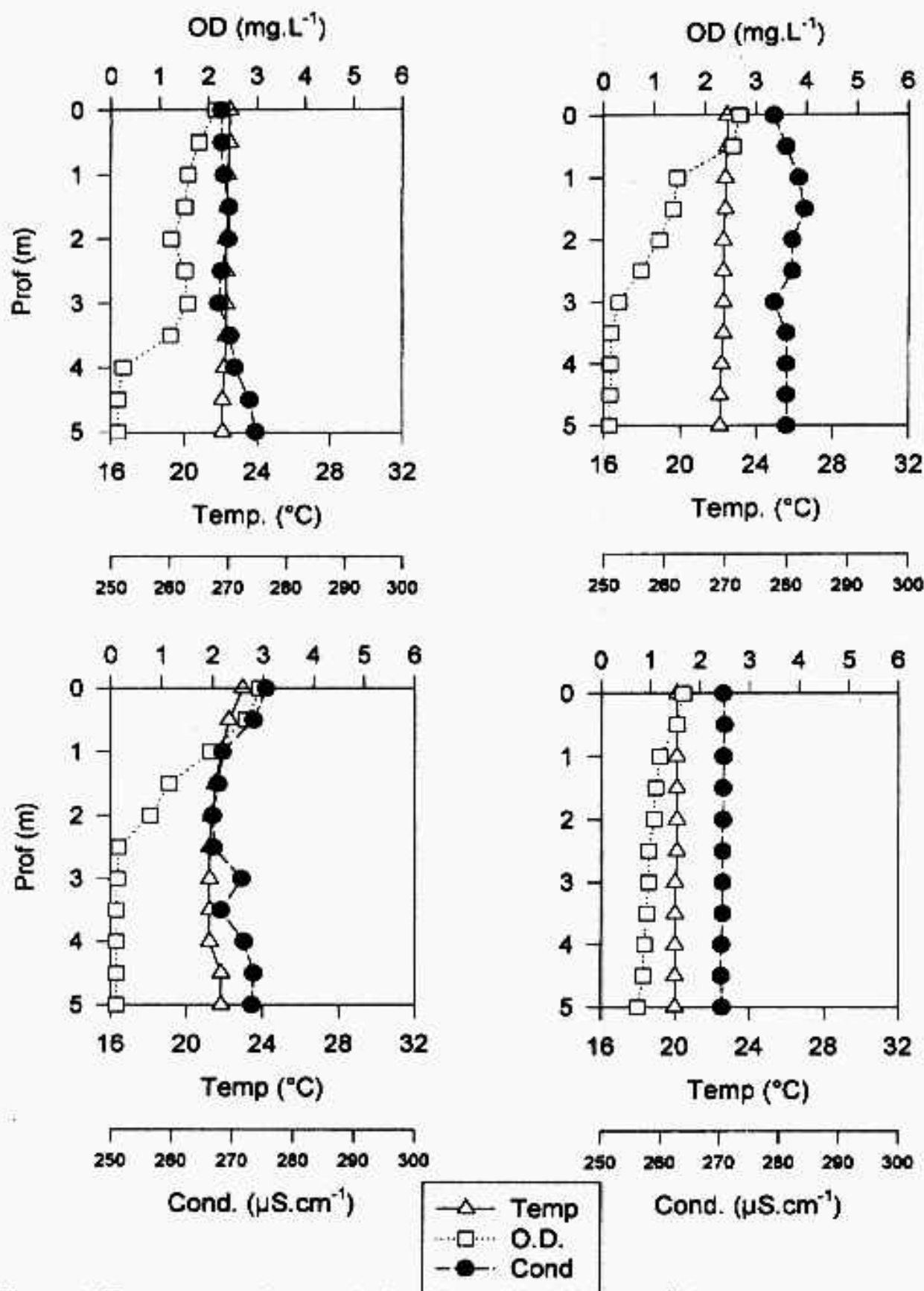


Figura 1. Temperatura da água (primeira escala inferior, em °C), oxigênio dissolvido (escala superior em mg O₂.L⁻¹) e condutividade elétrica (segunda escala inferior, em μS.cm⁻¹) no reservatório da Pampulha. Expto. 1: 17 de maio de 1996, expto. 2: 24 de maio de 1996, expto. 3: 31 de maio de 1996 e expto. 4: 25 de junho de 1996.

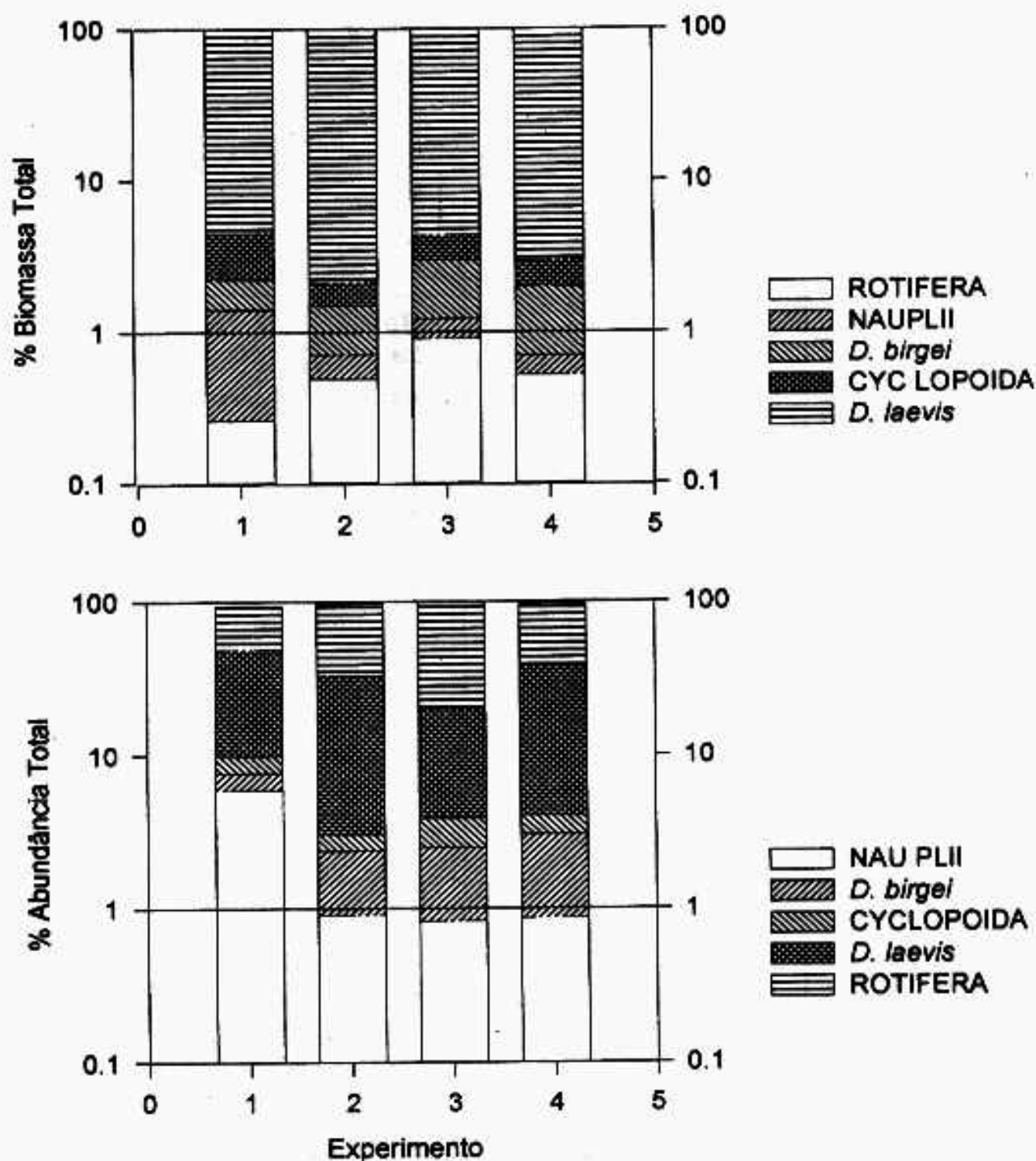


Figura 2. Abundância e biomassa relativas do zooplâncton proveniente da lagoa da Pampulha nos quatro experimentos realizados. Expto. 1: 17 de maio de 1996, expto. 2: 24 de maio de 1996, expto. 3: 31 de maio de 1996 e expto. 4: 25 de junho de 1996.

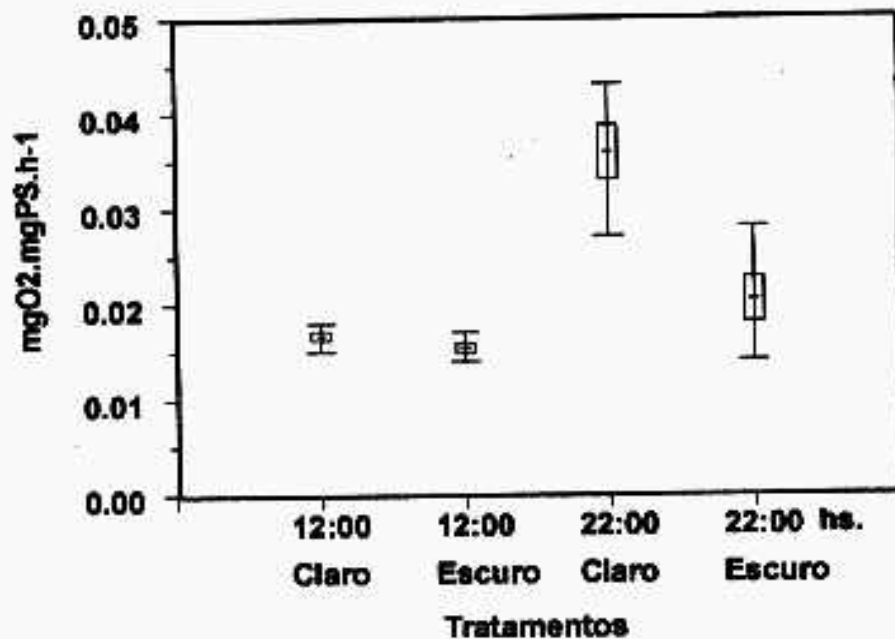


Figura 3. Variação diurna das taxas de respiração específica (TRS) do zooplâncton nos tratamentos claro e escuro. Em cada experimento são fornecidos a média, o erro padrão e os valores mínimos e máximos.

Tabela II. Contagens de colônias bacterianas nos tratamentos controle (sem adição de antibióticos) e tratamento (com mistura de antibióticos).

Tratamento	Antibióticos	Concentração (g/l)	diluição da amostra	Número de colônias
Antibiótico	Penicilina G-K	0.12	0	3
	Estreptomicina	0.24		
Controle	sem antibiótico	0.00	10	3000
		0.00		

O experimento 3 foi realizado para determinar a influência do tempo de incubação nas taxas de respiração específica (TRS). A TRS e o tempo de incubação apresentaram uma relação inversa linear significativa ($R^2 = 0.544$, $p < 0.006$, $N = 11$), o que significa que a TRS tende a decrescer com o aumento do tempo de incubação (fig. 4a).

Para verificar se as taxas de respiração variaram de acordo com a biomassa de zooplâncton, foi realizado o experimento quatro, onde as biomassas de zooplâncton em cada unidade experimental foram deliberadamente alteradas. O modelo de regressão linear entre as taxas de respiração e a biomassa foi altamente significativo ($R^2 = 0.828$, $p < 0.001$, $n = 12$). Portanto, houve uma relação inversamente proporcional e linear entre a TRS e a biomassa do zooplâncton (fig. 4b). A relação biomassa versus TRS pode ser descrita pelo modelo $TRS = 0.009 - 0.808 \cdot \text{biomassa}$ ($R^2 = 0.828$ e $n = 12$). Deste modo, ficou evidente que à medida que se aumentaram os níveis de biomassa nos frascos experimentais, houve um decréscimo nos valores de TRS.

O plaqueamento com ágar simples demonstrou a eficiência dos antibióticos (tabela II). E, desta forma, observa-se que, houve grande redução no número de bactérias.

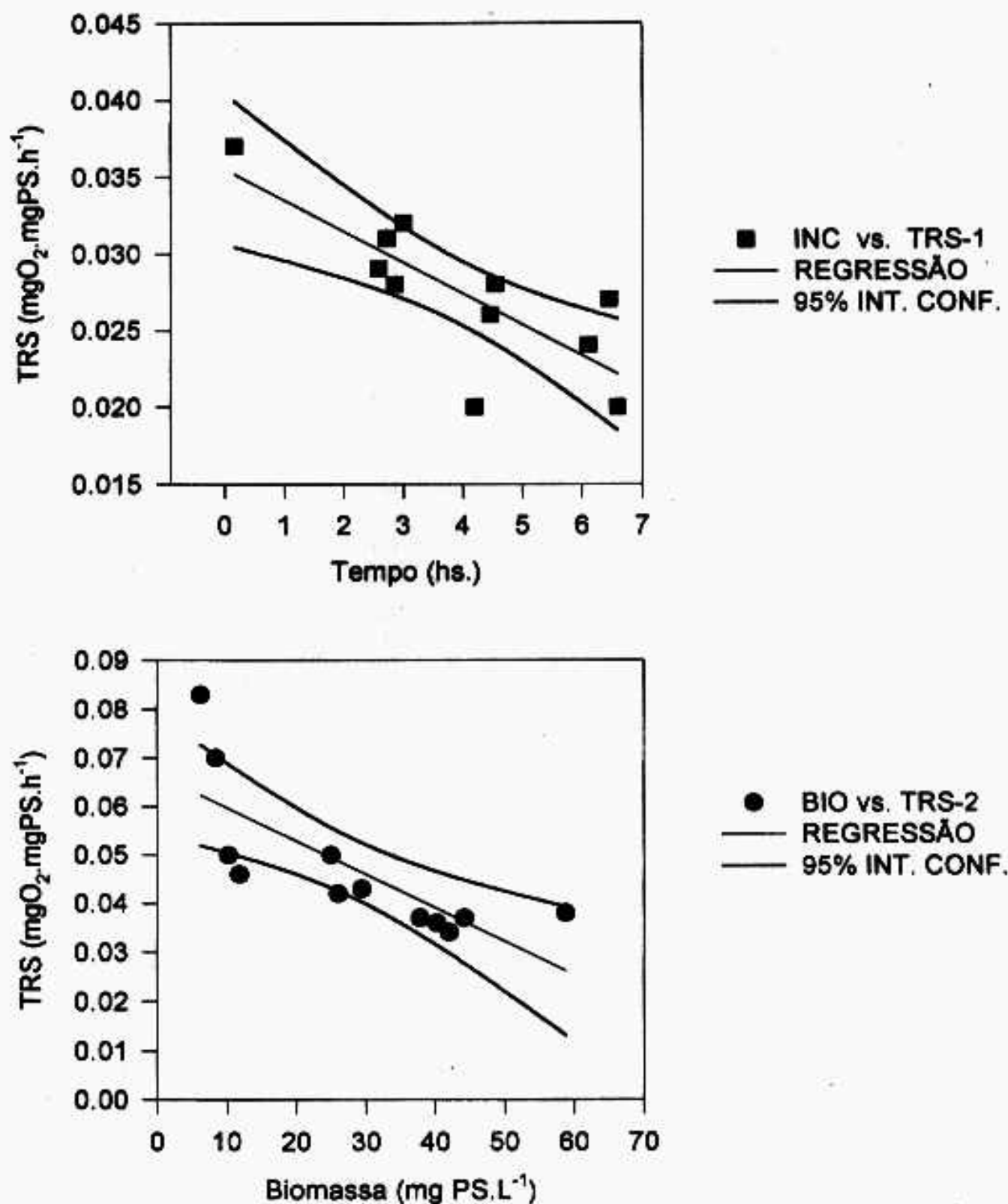


Figura 4. a) Modelo de regressão linear entre a taxa de respiração específica (TRS) e o tempo de incubação em horas. Linhas curvas indicam o intervalo de confiança de 95%. b) Modelo de regressão linear entre a taxa de respiração específica (TRS) e a biomassa das unidades experimentais em horas. Linhas curvas indicam o intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

As temperaturas de incubação nos experimentos foram elevadas (25-26 °C), se comparadas àquelas utilizadas em trabalhos realizados com zooplâncton de regiões temperadas (Mayzaud 1973; Weisse & Rudstam 1989). Desta forma, os valores de respiração obtidos podem diferenciar bastante dos valores da literatura oriunda de países temperados tendo em vista que as taxas metabólicas dos animais são muito afetadas pela temperatura. Aumentos de temperatura de cerca de 10 °C causam em geral uma duplicação da taxa metabólica do animal (Lampert, 1984). Este aumento é geralmente descrito pelo coeficiente metabólico o Q_{10} (Pough et al. 1993). Um valor de Q_{10} de 1.8, por exemplo, significa que um aumento de 10 °C causa uma elevação das taxas metabólicas por um fator de 1.8.

As altas taxas de respiração a que estão submetidos o zooplâncton nos trópicos impõem-lhes uma elevada demanda em termos de recursos energéticos a serem alocados tão somente na manutenção de seu metabolismo basal. Para se ter uma idéia do que isto significa, tomemos um exemplo. Se considerarmos uma taxa de respiração de apenas 0.02 mgO₂.mgPS.h⁻¹, o que isto significa em termos de demanda energética? A tabela III ilustra que, após feitos todos os cálculos, esta taxa de respiração implica numa alocação energética em termos de carbono de cerca de 37.7% do peso do animal por dia! Em outras palavras, o animal está obrigado a consumir todo o seu peso em alimento a cada 2,6 dias!

Pagano & Saint-Jean (1994), trabalhando com *Acartia clausi*, em ambientes costeiros na África tropical, encontraram uma taxa metabólica diária ainda maior, comprometendo entre 36 e 87 % do peso do animal em carbono. Provavelmente isto ocorreu em virtude dos animais estarem submetidos a temperaturas girando entre 26 e 32 °C. De uma forma geral,

Tabela III. Demanda energética basal (DEB) para cladócero do gênero *Daphnia* expressa em percentagem de consumo diário em termos de peso em carbono.

Variável	Cálculo	Referência
Taxa de respiração (TRS)	TRS = 0.02 mgO ₂ .mgPS.h ⁻¹ TRS = 0.48 mgO ₂ .mgPS.dia ⁻¹	Este estudo
Fator (FC) para conversão da TRS em Oxigênio para TRC em Carbono. QR = Coef. Respiração.	FC = 1 mgO ₂ = 0.375 mgC*QR QR = 1.03 TRC = TRS * FC * QR TRC = 0.48 * 0.375 * 1.03 TRC = 0.185 mgC.mgPS.dia ⁻¹	Lampert (1984)
Conteúdo relativo de carbono na biomassa de <i>Daphnia</i> (CRC)	CRC = 1 mgPS = 0.49 mg C	Andersen & Hessen (1991)
Demanda Energética basal expressa em % peso em carbono (DEB)	DEB = (TRC/CRC)*100 DEB = (0.185/0.49)*100 DEB = 37.7%	Este estudo

o zooplâncton tropical está condicionado a manter taxas metabólicas mais elevadas e desta forma ele tem um comprometimento energético maior no metabolismo basal do que organismos similares vivendo em latitudes maiores.

As taxas de respiração podem ser usadas no estudo de diferentes aspectos ligados ao comportamento dos organismos. Aumentos nas taxas de respiração podem sugerir mudanças em atividades tais como a natação ou alimentação. Neste estudo, encontramos taxas de respiração maiores à noite e no tratamento claro. Duval e Geen (1975, 1976) também encontraram taxas de respiração mais elevadas ao anoitecer. Andrew et al. (1989) sugerem que grande parte do aumento da atividade respiratória à noite possa ser devido ao aumento da atividade natatória dos animais que, em geral, é mais elevada no início da noite. Outra razão que poderia explicar este aumento seria o incremento das taxas de filtração à noite. Como a respiração pode ser medida com relativa facilidade seja no laboratório seja "in situ", tem-se uma ferramenta ecológica poderosa para o estudo do comportamento do zooplâncton.

Outro aspecto refere-se à grande sensibilidade a que estão sujeitas as taxas de respiração. Elas podem variar devido a fatores endógenos (tamanho do corpo, ritmos diurnos) ou a fatores exógenos, tais como certas condições ambientais, ou ainda, a composição do zooplâncton (Pourriot, 1982). Os possíveis efeitos de diferenças na composição do zooplâncton foram minimizados no presente estudo uma vez que houve uma nítida predominância de *Daphnia laevis* na biomassa total em todos os quatro experimentos realizados.

As taxas de respiração refletem prontamente, por exemplo, modificações nas condições experimentais. Um elevado número de animais nas unidades experimentais pode alterar a disponibilidade de alimento, levando rapidamente ao estabelecimento de condições de "stress" alimentar. As taxas de respiração são muito afetadas pela oferta de alimento. A respiração tende a diminuir em animais mal alimentados (Conover & Corner 1968, Mayzaud 1973, Pagano & Saint-Jean 1994). Neste trabalho, as diminuições das taxas de respiração observadas com o aumento do tempo de incubação (fig 5) bem como com o aumento da biomassa (fig 4) nas unidades experimentais podem ser vistas como indicações de que os animais estavam possivelmente sofrendo "stress" por falta de alimento. Desta forma, deve-se procurar diminuir não somente os níveis totais mas também a variação da biomassa entre as unidades experimentais dentro de um mesmo tratamento.

Algas e bactérias são potencialmente capazes de alterar os níveis de oxigenação na água e assim interferir na determinação das taxas de respiração e excreção do zooplâncton. Deste modo, as unidades controle e aquelas com zooplâncton devem ter níveis baixos e comparáveis destes organismos. A pré-filtragem da água com filtros de 20 μm garantiu que apenas as algas nanoplancônicas permanecessem no interior das unidades experimentais. Por outro lado, a adição da mistura de antibióticos foi muito eficiente na remoção da atividade bacteriana em todas as unidades experimentais, conforme atestam as contagens de colônias de bactérias feitas na água com e sem os antibióticos (tab. 2). Segundo Mayzaud (1973), a adição de antibióticos até níveis ao redor de 100 mg.l^{-1} não causa alterações significativas no metabolismo basal do zooplâncton. A diminuição ou mesmo depressão da atividade microbiana é muito importante neste tipo de experimento, pois o zooplâncton pode, através de suas fezes, alterar muito os níveis de bactérias entre as unidades experimentais e controle e, com isto, causar uma séria interferência metodológica.

CONCLUSÕES

A presente investigação demonstrou não somente que existe uma variação diurna significativa na atividade metabólica do zooplâncton na lagoa da Pampulha como também que esta variação pode ser estudada com o auxílio das taxas de respiração. Foi demonstrado também que estas variações estão mais ligadas ao "relógio biológico" dos animais ao invés de serem simples respostas a estímulos causados por variações na intensidade de luz.

Verificou-se também que as condições experimentais tais como o tempo de incubação e os níveis de biomassa podem exercer grande e significativa influência nas taxas de respiração específica (TRS). Este fato indica que se deve ter grande cuidado na formulação do desenho experimental, já que tanto o aumento da biomassa quanto o aumento do tempo de incubação acarretam uma diminuição significativa das taxas de respiração. Recomenda-se, portanto, que em experimentos visando a determinação das taxas de respiração do zooplâncton, a biomassa e o tempo de incubação sejam os menores possíveis. Os valores mínimos de biomassa que, ainda assim, garantem a eficácia do método situam-se na faixa de 10 mgPSI⁻¹ e o tempo de incubação deve ser ao redor de 2 horas.

Por fim, fica claro que as taxas de respiração do zooplâncton constituem-se em uma importante "ferramenta ecológica" para o estudo do comportamento do zooplâncton, pois além de serem relativamente fáceis de serem usadas (desde que sejam tomadas as precauções metodológicas sugeridas acima), são muito sensíveis a diversos fatores ecologicamente relevantes.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Carlos Rosa, do Depto. Microbiologia, Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, pela ajuda e orientação na parte microbiológica e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Fapemig, pelo financiamento desta pesquisa e pela concessão de uma bolsa de aperfeiçoamento para Carla Fernandes Macedo (Proc. CBS 152/92). Agradecemos também à Secretaria Municipal do Meio Ambiente SMMA-PBH através do convênio SMMA/FUNDEP 2287, pelo apoio logístico de campo e pelo uso dos equipamentos de campo adquiridos através deste convênio. Finalmente, agradecemos as contribuições para a melhoria do manuscrito feitas por dois revisores anônimos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, T. & Hessen, D.O. (1991). Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 36(4) : 807-814
- Andrew, T. E.; Cabrera, S. & Montecino, V. (1989). Diurnal changes in zooplankton respiration rates and the phytoplankton activity in two Chilean lakes. *Hidrobiologia* 175 : 121-135.
- Bansic, K. (1982). Mass-scaled rates of respiration and intrinsic growth in very small invertebrates. *Marine Ecology- Progress series* 9:281-297
- Conover, R.J. & Corner, E.D.S. (1968). Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. *J. mar. bio. Ass U.K.* 48, 49-75.
- Duval, W. S. & Geen, G. H. (1975). Diel rhythms in the feeding and respiration of zooplankton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19:518-523.
- Duval, W. S. & Geen, G. H. (1976). Diel feeding and respiration rhythms in zooplankton. *Limnology and Oceanography* 21(6):823-829

- Fenchel, T. & Finlay, B. J. (1983). Respiration rates in heterotrophic, free-living protozoa. *Microbial Ecology* 9:99-122.
- Ganf, C. G. & Blaska, P. (1974). Oxygen uptake, ammonia and phosphate excretion by zooplankton of a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *Limnology and Oceanography* 19(2):313-325.
- Giani, A.; Pinto-Coelho, R. M.; Oliveira, S. J. M. & Pelli, A. (1988). Ciclo Sazonal de Parâmetros físico-químicos de água e distribuição horizontal de nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG/Brasil). *Ciência e Cultura*, 40(1):69-77
- Giani, A. (1994). Limnology in Pampulha Reservoir: some general observations with emphasis on the phytoplankton community. In: Pinto-Coelho, R.M., E. von Sperling & A. Giani [eds.] *Ecology and Human Impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais*, ed. Pinto-Coelho et al, SEGRAC.
- La Row, E. J.; Wilkinson, J.W. & Kumark, D. (1975). The effect of food concentration and temperature on respiration and excretion in herbivorous zooplankton. *Verh. Inter. Verein. Limnol.* 19:966-973.
- Laybourn, J. & Finlay, B.J. (1976). Respiration energy losses related to cell weight and temperature in ciliated Protozoa. *Oecologia (Berl.)* 24: 349-355.
- Lampert, W. (1984). The measurement of respiration. In: Dowing J. & F. G. Rigler [eds.] *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwater*. IBP Hand book 17, Blackwell, Oxford, pp 413-468
- Mayzaud, P. (1973). Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals. *Marine Biology* 21: 19-28.
- Pagano, M. & Saint-Jean, L. (1994). *In situ* metabolic budget for the calanoid copepod *Acartia Clausi* in a tropical brackish water lagoon (Ebrié Lagoon, Ivory coast). *Hydrobiologia* 272:121-135.
- Pinto-Coelho, R.M. (1992). Evolução do grau de eutrofização na Lagoa da Pampulha: Comparação de ciclos sazonais de nutrientes (N e P) e organismos planctônicos. in: Godinho, H. [ed.] *Anais do Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha, BH, MG*. SEGRAC.
- Pough, F.H., Heiser, J.B. & McFarland, W. N. (1993). *A vida dos vertebrados*. Atheneu Editora São Paulo. 834pp.
- Pourriot, R. (1982). *Écologie du plancton des eaux continentales*. Collection d'Écologie. Masson, Paris, 198 pp.
- Rocha, O. & Matsumura-Tundisi, T. (1989). Limnological studies in the Doce Valley Lake and Pantanal Wetland, Brazil. Final Report Japan-Brazil Scientific Mission in Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brazil.
- Sieburth, J. Mc N. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology & Oceanography* 23(6): 1256-1263.
- Tundisi, J. G. (1992). Represas e barragens. *Ciência Hoje*. Edição Eco Brasil SBPC. p 41-45.
- Weisse, J. & Rudstam, L. G. (1989). Excretion and respiration rates of *Neomysis integer* (Mysidaceae): effects of temperature, sex and starvation. *Hidrobiologia* 178: 253-258.