

ANÁLISE DA DINÂMICA POPULACIONAL DE
Notodiaptomus conifer, Sars, 1901 (COPEPODA, CALANOIDA):
UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL.

ESPÍNDOLA, E.L.G. & NISELLI, R.

Escola de Engenharia de São Carlos - USP -
Deptº de Hidráulica e Saneamento -
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465, São Carlos,
São Paulo, 13560-970

RESUMO: Análise da dinâmica populacional de *Notodiaptomus conifer*, Sars, 1901 (Copepoda, Calanoida): uma abordagem experimental. Considerando-se como base de estudos a Teoria do ambiente proposta por Andrewartha & Birch (1986) que teoriza que “o ambiente de um animal consiste de todas as coisas que podem influenciar sua chance de sobrevivência e reprodução”, foi desenvolvido um estudo para analisar a dinâmica populacional de *Notodiaptomus conifer* em um tanque de cultivo de plâncton, enfatizando primeiramente aspectos relacionados com sua variação sazonal em curto período de tempo (densidade, fecundidade e proporção de cada fase de desenvolvimento) e acoplando posteriormente alguns estudos experimentais que enfocaram tempo de desenvolvimento em função da temperatura ($28,23$ e $18 \pm 1^\circ\text{C}$), concentração alimentar (10^3 e 10^6 células.ml⁻¹) e densidade de organismos. Os resultados obtidos experimentalmente mostraram que um aumento na temperatura proporcionou uma redução no tempo de desenvolvimento da espécie, favorecendo o aumento da população, enquanto que uma baixa concentração alimentar e uma maior densidade de organismos aumentou o tempo de desenvolvimento da espécie, revelando o efeito da competição como sendo um fator dependente da densidade, o que ainda interferiu na fecundidade média da população. Os resultados experimentais reforçaram os dados obtidos no tanque de cultivo de plâncton, onde observou-se um aumento na densidade populacional em períodos de maior temperatura e uma redução quando temperatura e talvez alimento, aliados ao aumento da população, não foram fatores favoráveis.

Palavras-chave: *Notodiaptomus conifer*, Copepoda-Calanoida, zooplâncton, dinâmica populacional, variação sazonal.

ABSTRACT: Analysis of the population dynamics of *Notodiaptomus conifer*, Sars, 1901 (Copepoda, Calanoida): an experimental approach. Considering as the basis for the study the environment theory proposed by Andrewartha & Birch (1986) that postulates that “the environment of an animal consist in everything that may influence its chance of survival and reproduction”, a study was carried out to analyse the population dynamics of *Notodiaptomus conifer* in a tank for plankton cultivation, emphasizing, primarily,

all aspects related to seasonal variation in a short lapse of time (density, fecundity and ratio of each stage of development) and added afterwards other experimental studies focusing on the time of development as a function of temperature (28, 23 and $18 \pm 1^\circ\text{C}$), food concentration (10^3 and 10^6 cells.ml⁻¹) and organisms density. The results experimentally confirmed that temperature influence development time, whereas a lower food concentrations and a highest densities were associated to longer developing time. This suggests that the competition effect is a density depending factor, which also interfered in the mean fecundity of the population. The experimental results reinforced the data obtained in the plankton cultivation tank, where an increase in the population was observed during periods of higher temperature and a decrease when the temperature and, maybe, food together with a population increase, were not favorable factors.

Key-words: *Notodiptomus confier*, Copepoda-Calanoida, population dynamics, seasonal variation, zooplankton.

INTRODUÇÃO

A comunidade de zooplâncton representa um componente importante dos sistemas aquáticos que é constituído por um conjunto extremamente variável de organismos cujos comportamentos biológicos são amplamente determinados por vários fatores ambientais, como por exemplo, predação (Zaret & Kerfoot, 1975), competição (Dodson et al., 1976; Gilbert & Stemberg, 1985; Rietzler, 1991; Espíndola, 1994) e recursos alimentares (Edmonson, 1957; Gliwicz, 1977), além das variáveis abióticas como temperatura (Kawabata, 1987; Mengestou & Fernando, 1991), concentração de oxigênio dissolvido (Hazanato, 1992), flutuação no nível da água (Espíndola, 1991; Bozelli, 1991), vento e precipitação (Burgis, 1969; Matsumura-Tundisi & Tundisi, 1976) e, em se tratando de reservatórios, a vazão e tempo de residência da água (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1990).

Como esses fatores ambientais não são constantes ao longo do tempo, as populações planctônicas também vão estar relacionadas a essa instabilidade, apresentando flutuações espaciais e temporais. Essas flutuações, no entanto, não devem ser analisadas apenas mediante às modificações ambientais, mas sim devem ser analisadas a nível de cada espécie, pois cada uma responde diferentemente quanto ao ciclo de vida, comportamento e requerimentos nutricionais favoráveis, e, dentro deste contexto, faz-se necessário um acoplamento das medidas efetuadas no ambiente com os estudos experimentais, enfatizando relações alimentares, interações competitivas e predatórias, bem como os limites de tolerância de cada espécie em função de alguns fatores limitantes, gerando informações que possam contribuir na compreensão da dinâmica das populações.

Uma vez que a variação dos fatores ambientais pode ser favorável ou não favorável, refletindo diretamente na permanência de determinadas espécies e portanto, na estrutura das comunidades, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar os fatores que regulam a dinâmica de uma espécie zooplancônica, efetuando uma análise temporal em um tanque de cultivo de plâncton juntamente com alguns estudos experimentais para conhecer o comportamento biológico desta espécie, sendo estes estudos conduzidos com base na Teoria do Ambiente proposta por Andrewartha & Birch (1986).

A Teoria do Ambiente tem por objetivo explicar a distribuição das espécies estudando o ambiente dos indivíduos na população natural e tem por definição que "o ambiente de um animal consiste de todas as coisas que podem influenciar a sua chance de sobrevivência

e reprodução”, sendo a expectativa de vida e fecundidade refletida na taxa de nascimento e morte da população, o que por sua vez reflete na dinâmica das espécies.

A espécie escolhida para o referido estudo foi *Notodiaptomus conifer*, espécie descrita por Sars, 1901, em Itatiba, e que constitui o Copepoda Calanoidea mais frequente nos reservatórios pertencentes à Bacia do Rio Paranapanema.

De acordo com Brandorff (1976), *N. conifer* distribuiu-se na Argentina, Paraguai, Venezuela e Brasil. No Brasil esta espécie já teve sua ocorrência registrada em vários reservatórios do Estado de São Paulo, como nos reservatórios de Batista e Itupararanga (Sendaz & Kubo, 1982), Reservatório de Xavantes (Matsumura-Tundisi, 1986) e Represa de Barra Bonita (Gavilán-Dias, 1990), sendo ainda encontrada na Lagoa Jota e Comprida em conexão com o Rio Paraná, entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul (Sendacz, 1993).

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas para análise da dinâmica populacional de *Notodiaptomus conifer* foram efetuadas em um tanque de cultivo de plâncton (com capacidade para 1000 litros) pertencente à Reserva Experimental do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar. As coletas corresponderam ao período de junho a setembro de 1991, coletando-se as amostras com garrafa do tipo Van Dorn (5 litros). Após coleta, as amostras foram filtradas em rede de plâncton de 68 μ m de abertura de malha, sendo posteriormente fixadas com formalina 4%. As amostras foram examinadas sob microscópio estereoscópio Wild Leitz, sendo que as contagens foram feitas separando-se as fases de desenvolvimento (náuplio, copepodito e adulto), considerando-se ainda o total de machos, fêmeas, fêmeas ovadas e a fecundidade (representada em termos de valores médios). Para efeito de contagem optou-se em contar a amostra total e esta densidade foi expressa em número de indivíduos por litro. Também foram efetuadas contagens dos outros grupos presentes nas amostras (Cladocera, Rotífera, Copepoda Cyclopoida e outros organismos), sendo que para estes grupos utilizou-se subamostras ou amostra total, dependendo da densidade dos organismos.

Simultaneamente às coletas de zooplâncton foram efetuadas as medidas de temperatura da água (termômetro de mercúrio comum), condutividade (condutivímetro DIGIMED) e pH (potenciômetro BECKMAN CHEM-MATE).

Para obtenção do tempo de desenvolvimento da espécie, fêmeas ovadas foram separadas, isoladas em beckeres de 500 ml, aclimatadas à temperatura experimental desejada e posteriormente isoladas em tubos de ensaio de 40 ml com água filtrada do próprio local de coleta, sendo seus ovos previamente contados.

O primeiro experimento consistiu em avaliar o efeito da concentração alimentar (10^3 e 10^6 células ml⁻¹) no tempo de desenvolvimento da espécie. Estas concentrações representam normalmente condições de limitação e excesso alimentar, sendo concentrações alimentares utilizadas em experimentos que envolvem estudos ecofisiológicos. O segundo foi para verificar o efeito da densidade de organismos sobre o tempo de desenvolvimento (Crescimento individual, denominado como CASO 01 e Crescimento coletivo, utilizando-se 6 organismos por tubo, denominado como CASO 02) e o terceiro para avaliar o efeito da temperatura (18, 23 e $28 \pm 1^\circ\text{C}$). Neste último experimento o número de indivíduos nos tubos foi o correspondente ao total de ovos eclodidos pelas fêmeas em cada tubo, variando entre 9 a 14, a 28°C e entre 4 a 6, a 18°C e 23°C . Uma vez que foram utilizados números diferentes

de indivíduos, aplicou-se segundo Snedecor (1967) um teste t para comparação das médias obtidas às duas concentrações de alimento fornecidas e às três temperaturas experimentais, sendo que os dados de fecundidade foram representados como valores médios com seus respectivos desvios-padrão.

O alimento fornecido diariamente para todas as situações experimentais foi uma cultura unialgal no final da fase exponencial de crescimento da clorofícea *Monoraphidium pusillum* (mantida em meio CHU₁₂). Esta espécie foi escolhida devido a forma e dimensão (tamanho médio: 26,02 µm de comprimento e 7,70 µm de largura), sendo que toda a sequência experimental foi mantida em incubadora FANEM, com fotoperíodo de 12 horas. Nos experimentos enfocando a influência da temperatura, a concentração alimentar utilizada foi 10⁶ células.ml⁻¹, sendo que nos experimentos para avaliar o efeito da densidade e concentração alimentar, utilizou-se uma temperatura de 23 ± 1°C. As contagens para o cálculo da adição do fitoplâncton aos tubos foram feitas através de câmara Neubauer. Como a adição do alimento não foi contínua em um período de 24 horas, procurou-se homogeneizar os tubos (duas a três vezes ao dia) para ressuspensão do alimento fornecido e que pudesse estar sedimentado no fundo do tubo, evitando-se, no entanto, estressar os organismos. Toda a montagem dos experimentos foi baseada em Vijverberg (1980).

Para o cálculo da duração do tempo de desenvolvimento do ovo utilizou-se o método de Edmondson (1965), que consiste em acompanhar a eclosão de um determinado número de ovos até o final da eclosão (forma indireta), sendo que uma observação direta do tempo de eclosão também foi efetuada isolando-se pares de machos e fêmeas e acompanhando a eclosão dos ovos após formação do saco ovífero.

As taxas de crescimento obtidas para a população no tanque de cultivo de plâncton seguiram a fórmula descrita em Edmondson (1968), onde $r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$, sendo que r é a taxa de crescimento populacional, N_t o número de indivíduos no tempo t , N_0 é o número inicial de indivíduos e t é o tempo de duração do experimento.

As taxas instantâneas de natalidade foram obtidas segundo o método de proporção de ovos (Edmondson, 1968), adotando-se as modificações efetuadas por Paloheimo (1974) para quantificação destas taxas, sendo: $b = \ln(E+1)/D$, onde E é a proporção de ovos/fêmea observável na amostra em qualquer momento e D é a duração do desenvolvimento do ovo obtida experimentalmente.

Pela diferença entre os valores de b e r foram obtidas as taxas instantâneas de mortalidade: $d = b - r$, sendo d a taxa de mortalidade, b a taxa de natalidade e r a taxa de crescimento.

RESULTADOS

a) Dados obtidos no tanque de cultivo de plâncton

Os dados obtidos para temperatura da água mostraram uma variação térmica entre 14°C (junho) e 25°C (setembro), com uma temperatura média de 19,5°C para o período de estudo. Os valores de pH variaram entre 7,5 e 8,5, enquanto que os de condutividade estiveram compreendidos entre 32 e 45 µS.cm⁻¹, a 25°C.

A análise da comunidade de zooplâncton mostrou uma dominância de copépodos (Cyclopoida e Calanoida) sobre Cladocera e Rotífera, embora entre 10 e 17 de setembro de

1991 este último grupo tenha dominado o tanque de cultivo de plâncton. Considerando o total das amostras analisadas, a composição percentual entre os grupos foi de 1,07% para Cladocera, 23,37% para Rotífera, 50,16% para Copepoda e 25,40% para outros organismos (Ostracodos, Turbelários, larvas de insetos), sendo que entre os Copepoda, a subordem Cyclopoida foi mais abundante. Em termos de densidade numérica obteve-se uma variação de 176 (junho) a 2.310 indivíduos (setembro), aumento este que possivelmente esteve relacionado com o aumento da temperatura.

a.1) "Standing-stock" e variação temporal de *Notodiaptomus conifer* no tanque de cultivo de plâncton.

Na Figura 1 verifica-se que a população de *N. conifer* esteve presente durante todo o período de estudo, com uma variação numérica de 50 (junho) a 505 indivíduos (setembro), mostrando um aumento de densidade bem relacionado com o aumento da temperatura. A distribuição das fases de desenvolvimento foi mais caracterizada pela presença de náuplios (47,2%), sendo que copepoditos e adultos representaram 30,0% e 22,8%, respectivamente, observando-se uma alternância sequencial das fases de desenvolvimento.

Em termos da fecundidade média observou-se uma flutuação não apenas no número de ovos produzidos por fêmea como também no tamanho da população reprodutiva. A fecundidade média foi mais alta entre junho e agosto (de 8 a 11 ovos/fêmea), enquanto que uma redução (4 ovos/fêmea) foi observada a partir de agosto, período no qual a população reprodutiva, bem como a densidade de *N. conifer* havia aumentado no tanque de cultivo, sugerindo um auto-controle da população que passa a investir menos recursos energéticos na reprodução. A relação inversa entre o tamanho da população reprodutiva e a fecundidade média refletiu no estoque de ovos, sendo que uma menor população reprodutiva nem sempre resultou em baixo estoque de ovos.

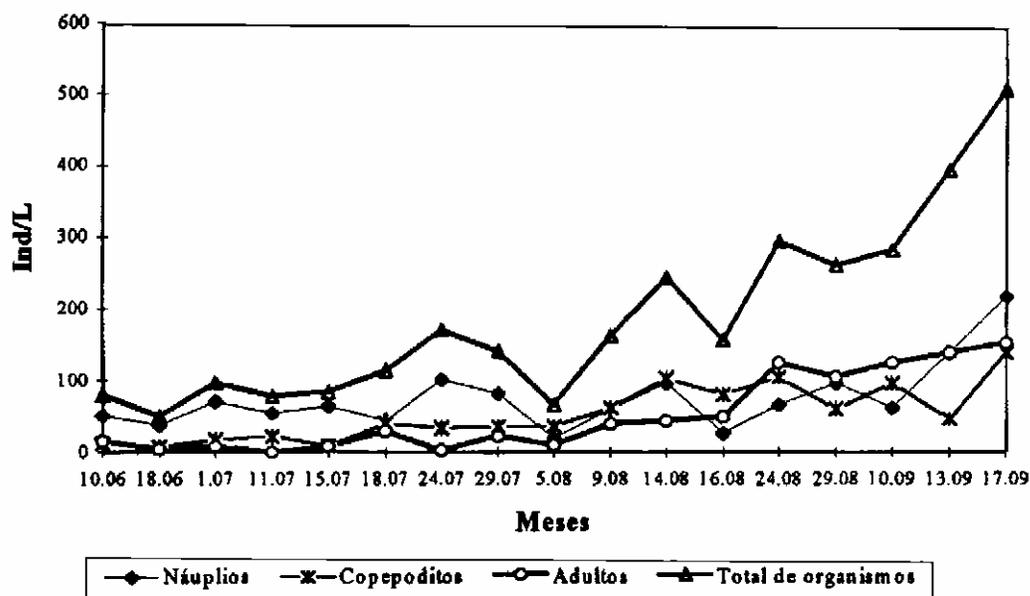


Figura 1: Variação temporal da densidade numérica de *Notodiaptomus conifer* no tanque de cultivo de plâncton, considerando-se as fases de náuplio, copepodito e adulto e o total da população.

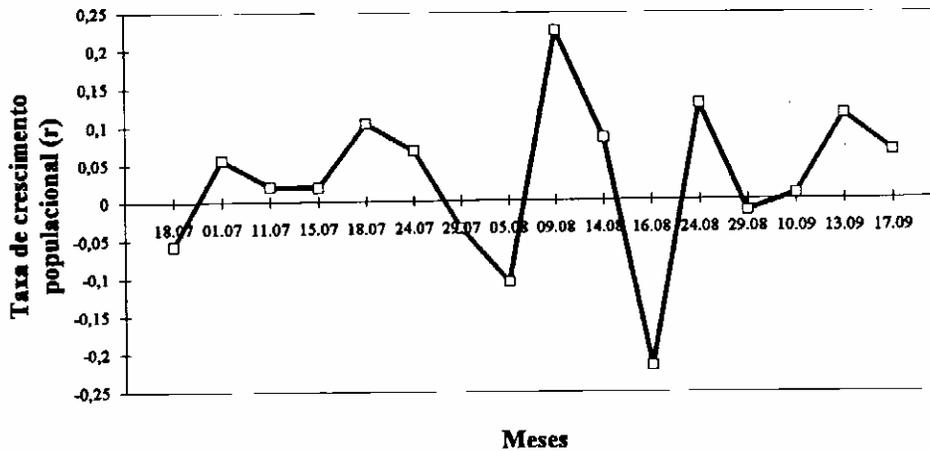


Figura 2: Variação na taxa de crescimento populacional (r) obtida para *Notodiptomus conifer* durante o período de estudo.

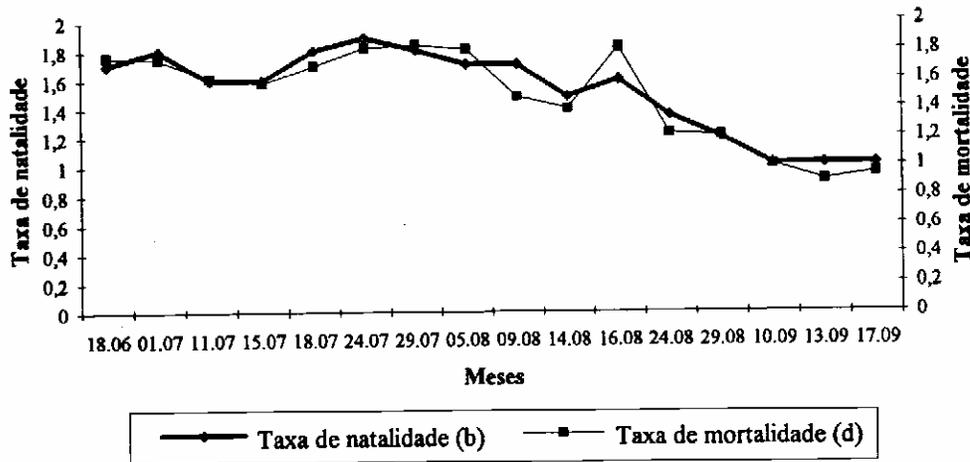


Figura 3: Variação dos parâmetros populacionais (taxa de natalidade e mortalidade) de *Notodiptomus conifer* durante o período de estudo.

Com os dados obtidos foi possível calcular a variação na taxa de crescimento (r) da população (Figura 2). O valor de r para o período total foi de 0,019, mas considerando dois períodos com temperatura diferenciada obteve-se os seguintes valores de r : 0,012 na temperatura de 18,2°C e 0,047 quando a temperatura média foi de 21,3°C, demonstrando o efeito da temperatura na taxa de crescimento da população.

Os valores das taxas de natalidade (b) e mortalidade (d) estão na Figura 3. Os valores para as taxas de natalidade variaram entre 1,01 ovos/fêmea (entre 10,13 e 17 de agosto) e 1,88 ovos/fêmea (em 24 de julho), com uma média de 1,44 ovos/fêmea. Quanto aos valores das taxas de mortalidade obteve-se uma variação de 0,89 (em 13 de agosto) a 1,83 (em 29 de julho), com uma média de 1,36 para o período.

De uma forma geral observou-se que as taxas de natalidade e mortalidade foram mais elevadas entre junho e julho, decrescendo em agosto e permanecendo mais estável em setembro. Apesar da taxa de mortalidade elevada houve um acréscimo na densidade da população (taxa de natalidade > taxa de mortalidade), refletindo positivamente na taxa de crescimento populacional (r), situação está que possivelmente foi influenciada pela diferença na temperatura e densidade dos organismos, além da própria disponibilidade de recursos alimentares, o que também foi observado experimentalmente.

b) Resultados experimentais obtidos para *N. conifer*

b.1) Efeito da densidade e concentração alimentar no tempo de desenvolvimento de *Notodiptomus conifer*

Comparando-se as Tabelas I e II observa-se que para o crescimento individual (Caso 01) o tempo de desenvolvimento do ovo a fase náupliar (observação direta) foi de $1,02 \pm 0,03$ e $2,16 \pm 0,88$ dias (na concentração alimentar de 10^3 e 10^6 células.ml⁻¹, respectivamente), sendo que a partir de náuplio até a fase adulta ocorreu uma diminuição no tempo de desenvolvimento com o aumento da concentração alimentar. O tempo médio de desenvolvimento de ovo a ovo obtido foi de $19,63 \pm 1,11$ dias e $13,83 \pm 2,13$ dias, quando os organismos foram submetidos a uma concentração alimentar de 10^3 e 10^6 células.ml⁻¹, respectivamente.

Tabela I- Duração do tempo de desenvolvimento de *Notodiptomus conifer* na concentração alimentar de 103 células.ml⁻¹ para o Crescimento Individual (Caso 01) e Coletivo (Caso 02). Os valores representam as médias, em dias, com 95% de intervalo de confiança.

Fases	Concentração alimentar de 103 células.ml ⁻¹	
	Caso 01 (dias)	Caso 02 (dias)
Ovo	$1,02 \pm 0,03$ (forma direta)	$0,86 \pm 0,16$ (forma direta)
Náuplio (I a VI)	$4,61 \pm 0,94$	$4,19 \pm 0,44$
Copepodito (I a VI)	$9,71 \pm 1,08$	$12,67 \pm 1,27$
Ovo a ovo	$19,63 \pm 1,11$	$20,87 \pm 0,63$

Tabela II-Duração do tempo de desenvolvimento de *Notodiptomus conifer* na concentração alimentar de 106 células.ml⁻¹ para o Crescimento Individual (Caso 01) e Coletivo (Caso 02). Os valores representam as médias, em dias, com 95% de intervalo de confiança.

Fases	Concentração alimentar de 106 células.ml ⁻¹	
	Caso 01 (dias)	Caso 02 (dias)
Ovo	$2,16 \pm 0,88$ (forma direta)	$0,97 \pm 0,05$ (forma direta)
Náuplio (I a VI)	$3,53 \pm 0,44$	$3,95 \pm 0,17$
Copepodito (I a VI)	$7,68 \pm 0,44$	$9,02 \pm 0,90$
Ovo a ovo	$13,83 \pm 2,13$	$17,73 \pm 2,17$

Os dados de fecundidade média, percentagem de mortalidade e percentual de ovos não eclodidos também demonstraram a influência da concentração alimentar, registrando-se uma fecundidade média de 16,5 ovos/fêmea e 100,0% de ovos não eclodidos na concentração de 10^3 células.ml⁻¹ de alimento (Caso 01), enquanto que na concentração mais elevada a fecundidade média foi de 26,5 ovos/fêmea e apenas 24,0% dos ovos não eclodiram. A maior mortalidade no decorrer do tempo de desenvolvimento ocorreu na menor concentração alimentar (20,0%) do que na maior (10,0%).

Para o Caso 02 o tempo de desenvolvimento também foi reduzido em função do aumento da concentração alimentar. O tempo de desenvolvimento de ovo a ovo foi de $20,87 \pm 0,63$ dias e $17,73 \pm 2,17$ dias, respectivamente para 10^3 e 10^6 células.ml⁻¹. A fecundidade média apresentou o mesmo padrão do Caso 01, embora as diferenças não tenham sido tão acentuadas. A fecundidade média foi de 14 ovos/fêmea na concentração de 10^3 células.ml⁻¹ (com perda de 100,0% dos ovos produzidos) e de 15,5 ovos/fêmea em 10^6 células.ml⁻¹ (com eclosão total dos ovos). A mortalidade para o Caso 02 foi de 84,6%, na menor concentração alimentar e apenas 8,0% dos organismos não sobreviveram na maior concentração alimentar.

Analisando comparativamente a mesma concentração de alimento para os Casos 01 e 02, tem-se que o tempo de desenvolvimento de ovo a ovo também é diferenciado. Na menor concentração alimentar o desenvolvimento foi de $19,63 \pm 1,11$ dias para o Caso 01 e $20,87 \pm 0,63$ dias para o Caso 02, representando um pequeno aumento no tempo de desenvolvimento quando os organismos são mantidos juntos nos experimentos.

A fecundidade média obtida foi de 16,5 ovos para o Caso 01 e 14,0 ovos para o Caso 02, sendo que em ambas as situações experimentais não houve eclosão dos ovos produzidos. Em relação a mortalidade, ela foi menor para o Caso 01 (20,0%) e maior para o Caso 02 (84,6%).

Na concentração alimentar de 10^6 células.ml⁻¹, os resultados obtidos também foram semelhantes à situação anterior, observando-se um desenvolvimento de $13,83 \pm 2,13$ dias para o Caso 01 e $17,73 \pm 2,17$ dias para o Caso 02. A fecundidade média no Caso 02 foi de 15,5 ovos (com eclosão total dos ovos produzidos), enquanto que no Caso 01 a fecundidade média foi de 26,5 ovos (com eclosão de 76,0% dos ovos produzidos).

b.2) Efeito da temperatura no tempo de desenvolvimento da *Notodiplomus conifer*.

Analisando-se os dados obtidos para o tempo de desenvolvimento de *N. conifer* (Tabela III), verificou-se que o desenvolvimento do ovo a fase de náuplio I foi de 3,96, 1,82 e 1,36 dias, respectivamente para as temperaturas de 18, 23 e $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Para o tempo de desenvolvimento de ovo a ovo observou-se uma redução de $17,30 \pm 1,51$ dias (a $23 \pm 1^\circ\text{C}$) para $11,91 \pm 1,81$ dias (a $28 \pm 1^\circ\text{C}$) sendo que a espécie não atingiu a fase adulta na temperatura de $18 \pm 1^\circ\text{C}$, pois após a mudança da fase de náuplio a copepodito as perdas foram frequentes, ocorrendo 100,0% de mortalidade na fase de copepodito II.

A fecundidade média observada foi de $13,87 \pm 3,33$ ovos por fêmea a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ e $15,5 \pm 2,27$ ovos por fêmea a $23 \pm 1^\circ\text{C}$, o que representou uma diferença pouco significativa.

Em relação a mortalidade observou-se que a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ houve eclosão total dos 121 ovos iniciais, com perda de 6,61% na fase naupliar, 7,07% na fase de copepodito e 0,95% na fase adulta. A $23 \pm 1^\circ\text{C}$ houve 100,0% de eclosão dos 33 ovos iniciais, não ocorrendo perdas na fase naupliar e apenas 3,03% morreram na fase de copepodito, enquanto que a $18 \pm 1^\circ\text{C}$, apesar da eclosão total dos 101 ovos iniciais, registrou-se uma perda de 91,08% na fase naupliar, ocorrendo perdas sucessivas e uma mortalidade de 100,0% na fase de copepodito.

Tabela III - Tempo de desenvolvimento de *Notodiptomus conifer* obtido nas temperaturas de 18, 23 e 28 ± 1°C. Os valores representam as médias, em dias, com 95% de intervalo de confiança.

Fases	28 ± 1°C	23 ± 1°C	18 ± 1°C
Ovo	1,36 (indireto) 1,29 ± 0,69 (direto)	1,82 (indireto) 1,13 ± 0,52 (direto)	3,96 (indireto) - - -
Náuplio (I a VI)	3,52 ± 0,67	3,99 ± 0,18	8,19 ± 0,85
Copepodito (I a VI)	7,10 ± 0,45	12,18 ± 0,81	*
Ovo a ovo	11,91 ± 1,81	17,30 ± 1,51	*

* A partir da fase de copepodito II houve 100% de mortalidade.

DISCUSSÃO

Segundo Hutchinson (1967) a estrutura da comunidade de zooplâncton está relacionada com a temperatura, suprimento alimentar e predação, sendo que estes fatores podem atuar de forma e intensidade diferenciada na abundância sazonal das populações de acordo com os requerimentos ecológicos de cada espécie.

Os resultados obtidos experimentalmente para *Notodiptomus conifer* neste trabalho mostraram sob condições semelhantes de temperatura, a influência da concentração alimentar no tempo de desenvolvimento da espécie. Com o aumento da concentração alimentar de 10³ para 10⁶ células.ml⁻¹ obteve-se uma redução no desenvolvimento da espécie, observando-se ainda que a taxa de sobrevivência também foi mais favorável nas situações com maior concentração alimentar, o que também foi observado por Coker (1933), Mullin & Brooks (1970) e ainda por Woodward & White (1988) que demonstraram, ao estudarem diferentes espécies de *Boeckella*, que havia uma variação no tempo de desenvolvimento em função da adição de diferentes concentrações alimentares.

Outro efeito da concentração alimentar foi observado para a fecundidade média da espécie, registrando-se uma maior produção de ovos quando a concentração alimentar foi mais elevada. Este comportamento tem sido observado para outras espécies, onde os autores têm verificado uma correlação direta entre produção de ovos e disponibilidade alimentar (Hall, 1964).

Além da concentração alimentar, a temperatura também mostrou ser relevante na determinação da estrutura da população, observando-se tanto nos dados obtidos no tanque de cultivo como nos experimentais, que um aumento na temperatura pode favorecer ao aumento da população. Vários autores têm demonstrado que a temperatura influencia diretamente no desenvolvimento embrionário (Burgis, 1970; Bottrell, 1975; Herzig, 1983; Rietzler, 1991; Espíndola, 1994), sendo que um aumento na temperatura pode ocasionar uma redução no tempo de desenvolvimento das espécies (Gordo et al, 1994)

Outro fator analisado foi o efeito da densidade no tempo de desenvolvimento da espécie. Os dados experimentais mostraram que quando mantidos isoladamente existe uma redução no tempo de desenvolvimento dos organismos, bem como uma maior produção de ovos, sugerindo um maior aproveitamento dos recursos alimentares na ausência de competidores. O efeito da densidade sobre a população também foi observado no tanque de cultivo

de plâncton, verificando-se que um aumento na densidade, ocorrido em função de um aumento na temperatura, representou uma diminuição na produção de ovos. Este fato também foi observado por Rocha (1978) ao estudar a população de *Argyrodiaptomus furcatus* na Represa do Lobo (Broa). A autora verificou que em baixa densidade populacional foram produzidos sacos ovíferos com maior número de ovos, enquanto que um declínio no número de ovos produzidos foi registrado quando houve um aumento na densidade populacional.

A influência da predação também pode ter contribuído na dinâmica da população, principalmente se considerarmos as espécies predadoras presentes no tanque de cultivo, como por exemplo, *Mesocyclops longisetus* (Copepoda Cyclopoida) que apresenta elevada taxa de predação sobre náuplios e copepoditos de *N. conifer* (Rietzler, comunicação pessoal), além de larvas de insetos.

Analisando-se os resultados obtidos e a teoria do ambiente proposta por Andrewartha & Birch (1986), observou-se que os fatores que influenciaram as condições fisiológicas e portanto a chance de sobrevivência e reprodução da espécie foram: uma menor concentração alimentar, redução na temperatura, aumento da densidade populacional, induzindo ao aumento da competição, e predação (efeito inter e intraespecífico), componentes estes que agiram de forma direta (causa "proximal") ou indireta (causa "distal") na dinâmica populacional de *Notodiatomus conifer*.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelo bolsa de doutorado concedida (Processo 91/2203-5) e apoio financeiro através do Projeto Temático (Processo 91/0612-5) e ao Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrewartha, M. C. & Birch, L. C. (1986) The ecological web: more on the distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press, Chicago.
- Bottrell, H. H. (1975) The relationship between temperature and duration of egg development in some epiphytic Cladocera and Copepoda from the River Thames, Reading, with a discussion of temperature functions. *Oecologia (Berl.)*, 18: 68-84.
- Bozelli, R. L. (1991) Composition of the zooplankton community of Batata and Mussurá lakes and of the Trombetas River, State of Pará, Brazil. *Amazoniana*, 8(2): 239-261.
- Burgis, M. J. (1969) A preliminary study of the ecology of zooplankton in Lake George, Uganda. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 17: 297-302.
- Burgis, M. J. (1970) The effect of temperature on the development time of eggs of *Thermocyclops* sp, a tropical cyclopoid from Lake George, Uganda. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 742-747.
- Coker, R. E. (1933) Influence of temperature on size in freshwater Copepods (Cyclops). *Int. Revue. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 30: 411-427.
- Dodson, S. I.; Edwards, C.; Wiman, F. & Normandin, J. C. (1976) Zooplankton: specific distribution and food abundance. *Limnol. Oceanogr.*, 21(2): 309-313.
- Edmonson, W. T. (1957) Trophic relations of the zooplankton. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 76(3): 225-245.
- Edmonson, W. T. (1965) Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecol. Monogr.*, 35: 100-111.

- Edmonson, W. T. (1968) A graphic model for evaluating the use of the egg ratio for measuring birth and death rates. *Oecologia*, 1: 1-37.
- Espíndola, E. L. G. (1990) Efeito da dinâmica hidrológica do sistema Pantanal Matogrossense sobre as características límnicas da Lagoa Albuquerque (Pantanal do Paraguai, Mato Grosso do Sul). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 183p. Dissertação de Mestrado.
- Espíndola, E. L. G. (1994) Dinâmica da associação congênica das espécies de *Notodiaptomus* (Copepoda, Calanoida) no reservatório de Barra Bonita, São Paulo. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 363p. Tese de Doutorado.
- Gavilán-Díaz, R.A. (1990) Flutuação nictemerais de fatores ecológicos na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, SP. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 150p. Dissertação de Mestrado.
- Gilbert, J. J. & Stemberger, R. (1985) Control of *Keratella* population by interference competition from *Daphnia*. *Limnol. Oceanogr.* 80(1): 100-188.
- Gliwicz, Z. M. (1977) Food size selection and seasonal succession of filter zooplankton in a eutrophic lake. *Ekol. Pol.*, 25: 179-225.
- Gordo, T.; Lublan, L.M. & Canavate, J.P. (1994) Influence of temperature on growth, reproduction and longevity of *Moina salina* Daday, 1888 (Cladocera, Moinidae). *Journal of Plankton Research*, 16(11): 1513-1523.
- Hall, D.J. (1964) An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia mendotae*. *Ecology*, 45: 94-112.
- Hanazato, T. (1992) Direct and indirect effects of low-oxygen layers on lake zooplankton communities. *Arch. Hydrobiol. Beih.*, 35: 87-98.
- Herzig, A. (1983) The ecological significance of the relationship between temperature and duration of embryonic development in planktonic freshwater copepods. *Hydrobiologia*, 100: 65-91.
- Hutchinson, G. E. (1967) A treatise on limnology. (Introduction to lake biology and the limnoplankton, V. II), New York, John Wiley & Sons, Inc. 1115p.
- Kawabata, K. (1987) Abundance and distribution of *Eudiaptomus japonicus* (Copepoda, Calanoida) in lake Biwa. *Bull. Plankton Society of Japan*, 34(2): 173-183.
- Matsumura-Tundisi, T. (1986) Latitudinal distribution of Calanoida Copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, 46(3): 527-553.
- Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J. G. (1976) Plankton studies in a lacustrine environment. I - Preliminary data on zooplankton ecology of Broa Reservoir. *Oecologia*, 25: 265-270.
- Mengesou, S. & Fernando, C. H. (1991) Seasonality and abundance of some dominant crustacean in Lake Awasa, a tropical rift lake in Ethiopia. *Hydrobiologia*, 226: 137-152.
- Mullin, M. M. & Brooks, E. R. (1970) The effect of concentration of food on body weight, cumulative ingestion and rate of growth of the marine copepod *Calanus heigolandicus*. *Limnol. Oceanogr.*, 15(5): 748-755.
- Palohcimo, J. E. (1974) Calculation of instantaneous birth rate. *Limnol. Oceanogr.*, 19: 692-694
- Rietzler, A. C. (1991) Estudo da dinâmica de populações de Copepoda-Calanoida na Represa do Lobo (Broa). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 196p. Dissertação de Mestrado.
- Rocha, O. (1978) Flutuação sazonal e distribuição da população de *Diaptomus furcatus*, Sars (Copepoda, Calanoida) na Represa do Lobo (Broa), São Carlos, SP. São Paulo, Universidade de São Paulo, 147p. Dissertação de Mestrado.
- Sendacz, S. (1993) Estudo da comunidade zooplancônica de lagoas marginais do rio Paraná superior. São Paulo, Universidade de São Paulo, 177p. Tese de Doutorado.
- Sendacz, S. & Kubo, E. (1982) Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*, 9: 51-89.

- Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. (1990) Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, São Paulo State, Southern Brazil. Arch. Hydrobiol. Beih., 23: 661-667.
- Vijverberg, J. (1980) Effect of temperature in laboratory studies on development and growth of Cladocera and Copepoda from Tjeukemeer, The Netherlands. Freshwater Biology, 10: 317-340.
- Woodward, I. O. & White, R. W. G. (1988) Effects of temperature and food on instar development rates of *Boeckella symmetrica* Sars (Copepoda, Calanoida). Aust.J.Mar. Freshwater Res., 34: 927-932.
- Zaret, T. M. & Kerfoot, W. C. (1975) Fish predation of *Bosmina longirostris* : visibility selection versus body-size selection. Ecology, 56: 232-237.