



EFEITO DO SEDIMENTO EM SUSPENSÃO SOBRE A TROFODINÂMICA DO PLÂNCTON ESTUARINO NA BAÍA DE SUAPE, PERNAMBUCO.

L.D.A. Fernandes¹

D.L. Bartholo¹; L.M.A. Lino¹; S.M. Silva²; C.C. Silva¹

1Laboratório de Ecologia do Plâncton, Departamento de Biologia, UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n-Dois Irmãos, 52171 - 900, Pernambuco, Brasil. e - mail: lohengrin@db.ufrpe.br 2Laboratório de Produção de Alimentos Vivos, Departamento de Pesca e Aqüicultura, UFRPE.

INTRODUÇÃO

Em ecossistemas aquáticos, o micro - e o mesoplâncton ocupam posições - chave na teia trófica pelágica por transferirem a energia orgânica produzida pelas algas unicelulares através da fotossíntese para os níveis tróficos superiores, como peixes e macrocrustáceos (Field *et al.*, 1998; Lenz, 2000; Bonecker *et al.*, 2003; Gillanders *et al.*, 2003). A disponibilidade de micro - e mesoplâncton como presas de tamanho adequado e no lugar e hora certos para as larvas de peixes constitui - se na famosa *match - mismatch hypothesis* (Cushing, 1990; Welch e Epifanio, 1995; Sulkin *et al.*, 1998), que é considerada um dos mais importantes fatores ambientais reguladores das flutuações sazonais nos estoques de diversas espécies de peixes comerciais (Lenz, 2000). As condições físico - químicas e biológicas às quais os organismos planctônicos estão sujeitos ao longo de sua vida determinam as chances de sobrevivência dentro da comunidade. Tradicionalmente, os fatores temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento são considerados os mais importantes dentro de ecossistema. No entanto, outros fatores, como a quantidade e a natureza dos sedimentos em suspensão na água, podem contribuir de forma relevante para implementar ou reduzir as chances de sobrevivência.

Especificamente no nordeste, o foco dos estudos sobre a comunidade planctônica tem recaído freqüentemente sobre áreas estratégicas em todo o litoral de Pernambuco, em especial sobre o complexo estuarino da baía de Suape (Paranaguá, 1986; Newman *et al.*, 1998; Koenig *et al.*, 2002; Newman - Leitão *et al.*, 1992a, 1992b, 2001; Schwamborn, 1997, 2001). A baía de Suape, possui dois principais rios contribuintes - Tatuoca e Massangana - que drenam as águas da bacia hidrográfica adjacente. Impactos de outras naturezas, como aqueles decorrentes da presença de sedimentos em suspensão na água, foram sugeridos para o fitoplâncton e para o zooplâncton em estudos anteriores e podem contribuir para amplificar ou reduzir os efeitos deletérios sobre as populações em áreas estuarinas (Koen-

ing *et al.*, 2003; Newmann - Leitão *et al.*, 2004; Passavante e Feitosa, 2004; Paranaguá *et al.*, 1989; Silva *et al.*, 2004). Para área de estudo da presente proposta, Koenig *et al.*, (2003) e Silva *et al.*, (2004) apontaram impactos relacionados aos sedimentos em suspensão na água sobre a comunidade fito e zooplantônica. Curiosamente, são raros estudos que abordem os efeitos dos sedimentos em suspensão na água sobre as populações planctônicas estuarino - marinhas.

OBJETIVOS

A presente proposta tem como objetivo levantar informações para a construção de um modelo trofodinâmico para área - alvo, assim como avaliar os possíveis efeitos do aumento da turbidez sobre a dinâmica planctônica. Para isso, pretende - se estimar as taxas de transferência de energia e a ciclagem de nutrientes baseados na relação direta de predação nano - , micro - e mesoplâncton.

MATERIAL E MÉTODOS

O complexo portuário de Suape está localizado entre os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, no estado de Pernambuco, Brasil. O porto encontra - se localizado no estuário dos rios Ipojuca, Merepe, Tatuoca e Massangana, que contribuem com aportes continentais em escala variável sazonalmente. Ao longo de um ano, o índice pluviométrico oscila entre 1500 e 2000 mm.ano⁻¹, com especial contribuição de sedimento durante a estação chuvosa (março a agosto). Foram realizados dois experimentos, junto ao Cais V, que foram repetidos na estação seca (janeiro) e chuvosa (março) de 2009. Cada um desses momentos envolveu duas etapas distintas: obtenção de sedimento e implementação dos experimentos.

Obtenção do sedimento

No dia 9 de janeiro e 13 de fevereiro, foram coletados respectivamente 200L e 400L de água do mar em frente ao Cais V do porto de Suape. A água foi acondicionada em tanques de fibra de vidro e permaneceu sem turbulência por 14 dias para que o sedimento assentasse. O sedimento depositado foi separado, lavado com água destilada para retirar o sal fosse e em seguida, seco em estufa por 72 horas a 70°C. Para remoção da matéria orgânica, o sedimento foi levado a mufla, por 4 horas a 450°C. O sedimento foi pesado em balança de precisão (0,0001g) e a concentração final a ser acrescentada em cada momento (30/01 e 19/03) foi estabelecida de acordo com a concentração local (*background*). O sedimento seco foi separado em envelopes para a adição nas garrafas experimentais.

Implementação dos experimentos (micro e mesoplâncton)

Nos dias 30 de janeiro e 19 de março, foram montados dois experimentos onde foram respectivamente analisados os efeitos do sedimento em suspensão sobre a predação do micro - e mesoplancton. Ambos os experimentos foram montados em microcosmos (garrafas de 550ml de polietileno transparente) presos internamente a estruturas plásticas em forma de caixas que permitiam a circulação de água. Posicionadas junto ao Cais V do porto de Suape, as garrafas de incubação estiveram expostas a ação da radiação, temperatura e maré locais.

Experimento 1 - Predação do Microplâncton

Segundo Bamstedt *et al.*, 2000 em experimentos de taxas de ingestão a incubação deve ser realizada por um período de 24 horas a fim de se eliminar as diferenças no ritmo diário de alimentação. Seguindo o protocolo de diluição proposto pelos mesmos autores foram feitos os seguintes tratamentos de diluição 0, 30, 60 e 90%, com água filtrada em filtro de celulose 0.45 μ m, para as concentrações de sedimento de 1x (concentração *background*) e 15x. De modo a avaliarmos o efeito do estresse do manuseio sobre a mortalidade do fito e zooplâncton, foram confeccionadas garrafas que foram analisadas 1 hora após a montagem. Quatro garrafas cada uma com uma diluição (0, 30, 60 e 90%) e sem adição de sedimento foram montadas para 1 e 24 horas, cada uma com 3 réplicas, totalizando 24 garrafas. Igualmente foram feitas para outras 24 garrafas, porém adicionando sedimento, 15X a concentração *background*. Ao término dos tempos determinados as amostras foram fixadas em formaldeído e lugol 4%. A análise quali - quantitativa do fitoplâncton foi realizada utilizando Câmara de Neubauer espelhada em um microscópio óptico em aumento de 100x e 400x.

Experimento 2 - Predação do Mesoplâncton

A mesma estrutura de garrafas e suporte foi utilizada. As garrafas foram montadas com água previamente filtrada em 200 μ m para remoção do mesoplâncton. Com o auxílio de um microscópio estereoscópio 5 indivíduos do copépode *Temura turbinata* foram selecionados e adicionados a cada garrafa. Foram montadas três réplicas com e sem adição de sedimento para 1 e 24 horas, totalizando 12 garrafas. Após o encerramento do experimento as amostras foram fixadas em formol 4% e quantificadas em microscópio estereoscópio.

Análise dos dados

Para o experimento de predação do microplâncton, a abundância dos organismos foi estimada a partir da con-

tagem e identificação dos gêneros dominantes. As taxas de predação (g) foram medidas pela inclinação da reta de regressão para a função $f(P)$; $(1/t)\ln[P_t/P_0]=k - g$. Adicionalmente, de acordo com Galegos (1989) e Bamstedt *et al.*, (2000), foram calculadas também para a função $f(P_{24h})=P_{1h}\exp(k - g)t$, onde: P_{24h} =Abundância do Microplâncton ao final de 24 horas de incubação; P_{1h} =Abundância do Microplâncton após 1 hora de incubação; k =Taxa Diária de Crescimento Exponencial do Microplâncton ($d - 1$); g =Taxa Diária de Predação do Microplâncton ($d - 1$); e t =Tempo de Incubação. A fim de se avaliar os efeitos do sedimento na predação do mesozoplâncton, foram calculadas as taxas de ingestão em modelo estático exponencial, com crescimento de microalgas, conforme Frost (1972). Taxa de ingestão $(I)=C_0 - C_t + [C] \cdot (\exp(k \cdot t) - 1) / n \cdot t$, onde: C_0 =Concentração Inicial de Presas (Microalgas); C_t = Concentração Final de Presas (Microalgas); $[C]$ =Concentração Média de Presas (Microalgas); $[C]=C_0 \cdot (1 - \exp(-g' \cdot t)) / g \cdot t$; g' =Coeficiente de Variação Instantânea de Presas; g =Taxa de Predação; t =Tempo (=1 dia); k =Taxa de Multiplicação (Crescimento) de Presas (Microfitoplâncton).

RESULTADOS

A temperatura e a salinidade da água na montagem do experimento foram respectivamente iguais a 29,3°C ($\pm 0,6$) e 36,8 ($\pm 0,5$), valores compatíveis com aqueles encontrados na região a maior parte do ano. A concentração de OD nos tratamentos de 1 hora variou entre 5,1 e 7,8mL.L - 1 (média=6,6 e desvio=0,8), e entre 4,8 e 9,4mL.L - 1 (média=8,5 e desvio=1,0) nos tratamentos de 24 horas. A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água não parece ter sido limitante em nenhum dos tratamentos. Os valores médios aumentaram de 6,6 para 8,5mL.L - 1 em 24 horas. Os baixos valores de OD em alguns tratamentos foram atribuídos à Demanda Bioquímica do Oxigênio, consequência da alta concentração de matéria orgânica e alta densidade bacteriana em regiões costeiras. Não parece ter havido interferência do OD nos experimentos, uma vez que, os altos valores de OD em garrafas de 24 horas indicam que a liberação de O₂ pela fotossíntese superou a DBO.

No período seco, o total de sedimento retirado em 200 litros de água foi igual a 1,3276g, o que equivale a uma concentração *background* de sedimentos em suspensão (1xseco) igual a 6,6379mg.L - 1. A turgidez da água foi estimada em 34,95 NTU. No período chuvoso, o total de sedimento em 420 litros foi igual a 4,4970g, equivalente a 10,7071mg.L - 1 (1xchuvoso). Para a montagem dos experimentos, foram consideradas as concentrações de sedimento em suspensão na água iguais a 1x (=backgroundseco, 6,6mg.L - 1) e 15x acima (100mg.L - 1) da concentração estimada no local.

Foram identificados 24 táxons micro - e 15 táxons mesoplânctônicos. Os grupos do microplâncton Bacillariophyta, Cyanophyta e Pyrrophyta foram os mais abundantes nas amostras e juntos foram utilizados nas análises de predação. Copépode foi o grupo mais abundante nas amostras de mesozoplâncton, seguidos por quetognatos, larvas de decápodes e larvas de moluscos.

A abundância de presas (microalgas) e de predadores (microplâncton heterotrófico) nos experimentos com 1x a concentração de sedimento oscilou respectivamente entre 0 e 1486 cels.mL⁻¹, e 0 e 12 cels.mL⁻¹. Nos experimentos com 15x, a abundância variou entre 189 e 4465 cels.mL⁻¹, e 0 e 14 cels.mL⁻¹. Devido à estrutura frágil dos protistas aloricados (sem proteção externa), é comum subestimar a abundância do microplâncton heterotrófico, os quais devem ser analisados cautelosamente. Em relação à duração do experimento, foram observadas reduções na abundância do microplâncton autotrófico ao longo das 24 horas. Os valores médios para tratamentos 1x1h oscilaram entre 257 e 963 cels.mL⁻¹ e entre 292 e 1037 cels.mL⁻¹ para 1x24h. Para os tratamentos de 15x1h, as médias variaram entre 1290 e 2003 cels.mL⁻¹, ao passo que para 15x24h as médias se situaram entre 715 e 2706 cels.mL⁻¹.

A fim de se avaliar a evolução da abundância de presas nos tratamentos experimentais 1x e 15x, foram calculados os crescimentos aparentes do microplâncton autotrófico (APG- *Apparent Phytoplankton Growth rate*). Esses valores referem-se à variação na abundância ao longo do tempo em função da multiplicação celular (CG) e da predação (G) e pode ser expresso como: $APG = CG - G$. Os valores de APG calculados para 1x e 15x encontram-se dentro da faixa usual para o microplâncton e as diferenças não podem ser atribuídas aos tratamentos. As maiores significâncias foram apontadas para o crescimento total de microalgas nos tratamentos de 1x e 15x (93% e 96% de correlação) e sugerem que os resultados apontados por esse experimento são relevantes, embora preliminares. De um modo geral, a correlação dos dados na reta de regressão esteve acima de 90% para os grupos dominantes de Bacillariophyta. Esse grupo é predado ativamente pelo microplâncton heterotrófico e mesozooplâncton, e parece se adequar ao modelo experimental proposto. Em contrapartida, os resultados para os grupos Cyanophyta e Pyrrophyta têm ainda pouca significância e devem ser repetidos. Pela maior segurança nos dados, as análises serão conduzidas com maior profundidade para os grupos de diatomáceas.

O maior coeficiente de predação (g) do microplâncton nos tratamentos com adição de sedimento ($g_{1x} = 0,15(d - 1)$ ($p = 0,12$); $g_{15x} = 1,38(d - 1)$ ($p = 0,16$)) sugere não haver efeito do aumento na turgidez da água da ordem de 15 vezes a concentração *background* sobre a probabilidade de encontro da presa. No entanto, esses resultados devem ser encarados como preliminares devido à baixa significância ($p > 0,05$) para as duas equações. Sob outro olhar, a adição de sedimento parece ter afetado antes a taxa de crescimento instantâneo do microplâncton autotrófico que a predação.

Diferenças na taxa de predação entre os três grupos mais abundantes e freqüentes do microplâncton autotrófico parecem estar relacionadas à seletividade alimentar. Altos valores de predação para Pyrrophyta sugerem que o microplâncton heterotrófico tem preferência por este tipo de presa. No entanto, não foi possível calcular a significância desses resultados pela baixa freqüência desses organismos nos experimentos. Para Bacillariophyta, as taxas de predação mais altas nos tratamentos com 15x podem não estar relacionadas à adição de sedimento, mas a flutuações naturais nas populações de *Skeletonema* sp., dominante nas

amostras. Modelos alternativos de regressão estão sendo analisados para verificar a hipótese de que a taxa de consumo do microplâncton é não-linear e dependente da concentração de presas. Resultados preliminares dessa análise têm demonstrado potencial para explicar os efeitos do sedimento sobre a predação.

A análise por morfoespécie para as Bacillariophyta revelou que a regressão é mais representativa para o taxon dominante nas amostras-*Skeletonema* sp.-o que pode ser interpretado como o único grupo a ter respondido de forma significativa aos tratamentos. Em outras palavras, as baixas densidades e freqüências das demais morfoespécies incluíram tendências não-naturais ao experimento. Para o grupo dominante, os valores de predação variaram entre $g_{1x} = 0,52(d - 1)$ ($p = 0,32$) e $g_{15x} = 0,98(d - 1)$ ($p = 0,11$), aparentemente com pouca significância para os tratamentos de 1x.

A predação do mesozooplâncton foi avaliada pela taxa de ingestão (I) de células do fitoplâncton (número de organismos.mL⁻¹) por unidade de tempo (dia) por unidade de predador (*Temora turbinata*, Copepoda): cels.mL⁻¹.dia⁻¹.copepoda.

A variação na concentração do fitoplâncton ao longo de 24 horas de tratamento indicou crescimento de microalgas no tratamento com 1x (+475cels.mL⁻¹.dia⁻¹) e desaparecimento de microalgas no tratamento com 15x (-433cels.mL⁻¹.dia⁻¹), conforme os cálculos: $I_{1x} = 522 - 997 + 599.(0,5220)/9 = -18$ cels.mL⁻¹.Copepoda⁻¹.dia⁻¹; e $I_{15x} = 1619 - 1186 + 1858.(0,5220)/13 = 108$ cels.mL⁻¹.Copepoda⁻¹.dia⁻¹. De modo análogo à predação do microplâncton, os tratamentos com adição de sedimentos na ordem de 15 vezes a concentração *background* revelaram maiores taxas de ingestão que nos tratamentos com 1x. Esses resultados se referem a um experimento isolado e parecem sugerir que a predação não é afetada quando a concentração de sedimento em suspensão na água aumenta nessa proporção. Embora não haja outros experimentos progressos disponíveis sobre os efeitos do sedimento em suspensão na predação de organismos pelágicos, é razoável supor que os organismos planctônicos estuarinos possuam adaptações para localizar a presa em condições de alta turgidez. Convém enfatizar que não foi encontrado outro experimento dessa natureza no Brasil ou em outras partes que possam servir de comparação. Dessa forma, deve-se avaliar com cautela os resultados obtidos aqui e repetir esse experimento em outras ocasiões com novas e maiores concentrações de sedimento (Ex. 100x e 500x).

CONCLUSÃO

Em áreas estuarinas, o aporte sazonal dos rios contribuintes alia-se a outros fatores abióticos no estabelecimento e na manutenção da comunidade planctônica (Mann & Lazier, 1996). Na baía de Suape, Koenig *et al.*, (2003) e Silva *et al.*, (2004) observaram diferenças na composição, abundância e diversidade (Shannon) de fito e zooplâncton após a implantação do Terminal Portuário, e concordam em indicar o aumento na turgidez da água como provável causa. Nossos resultados, embora ainda preliminares, demonstram que aumentos na ordem de 15x têm pouco ou nenhum efeito sobre a probabilidade de encontro presa-predador para dois

importantes níveis da teia trófica local: microplâncton heterotrófico e mesozooplâncton.

Áreas estuarinas são naturalmente ambientes de sedimentação e, portanto, com alta concentração de sedimentos em suspensão na água (Omori & Ikeda 1984). Em adição, dragagens periódicas para manutenção da profundidade do canal principal de acesso a portos remobilizam o sedimento e provocam alterações físicas, químicas e biológicas nas imediações (Lalli & Parsons, 1995; Venugopala Rao & Someswara Rao, 1997). Dentre as possíveis alterações biológicas, sabe-se que o número de presas encontradas e ingeridas por um organismo zooplancônico generalizado é função da concentração local de presas, da turbulência local e da penetração de luz na coluna de água (Huse, 1994). Nossas equações não revelam efeitos para as concentrações de sedimento utilizadas. É provável que os organismos em questão possuam mecanismos naturais para responder aos aumentos na turgidez da água e manter sua capacidade de localizar a presa em meio ao sedimento em suspensão. De modo semelhante, Phillips e Shima (2006) sugeriram que o aumento do sedimento em suspensão na água pode ter efeitos sobre a alimentação de larvas de moluscos e de equinodermos sem, no entanto terem encontrado evidências para essa hipótese. Aumentos de mortalidade observados nos tratamentos com adição de sedimento parecem antes relacionados ao impacto físico da presença do sedimento que à possível redução na probabilidade de encontro presa - predador (*Match - Mismatch Hypothesis*).

REFERÊNCIAS

- Bamstedt, U.; Gifford, D.J.; Irigoien, X.; Atkinson, A. and Roman, M. 2000. Feeding. In: Harris, R.P.; Wiebe, P.H.; Lenz, J.; Skjoldal, H.R.; Huntley, M. (ed.) Zooplankton Methodology Manual. Academic Press. 102pp.
- Bonecker, S. L. C.; Dias, C. de O.; Fernandes, L. D. A. & Ávila, L., 2003. Zooplâncton. In: Valentin, J. L.: Características Hidrobiológicas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília, Ideal, 125 - 140.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year - class strength in fish - populations: an updated of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26: 249 - 293.
- Gallegos, C.L. 1989. Microzooplankton grazing on phytoplankton in the Rhode River, Maryland: nonlinear feeding kinetics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 57:23 - 33.
- Gillanders, B. M.; Able, K. W.; Brown, J.A.; Eggleston, D. B. & Sheridan, P. F. 2003. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 247:281 - 295.
- Huse, I. 1994. Feeding at different illumination levels in larvae of three marine teleost species: cod (*Gadus morhua*) plaice (*Pleuronectes platessa*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) *Aquacult. Fish. man.* 25: 687 - 695.
- Koening, M. L.; Eskinazi - Leça, E.; Neumann - Leitão, S. and Macêdo, S. J. 2003. Impacts of the construction of the Porto f Suape on phytoplankton in the Ipojuca River Estuary (Pernambuco, Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(1), 73 - 81.
- Lalli, C. & Parsons, T. 1995. *Biological Oceanography: An Introduction*. The Open University, 2^a ed. 320 p.
- Lenz, J. 2000. Introduction. In: Harris, R. P.; Wiebe, P. H.; Lenz, J.; Skjoldal, H. R. & Huntley, M. *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Acad. Press, 684p.
- Field, C. B.; Behrenfeld, M. J.; Randerson, J. T.; Falkowski, P. 1998. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science* 281:237 - 240.
- Mann, K.H. & Lazier, J. R. N. 1996. *Dynamics of marine ecosystems*, Blackwell Science, Oxford.
- Neumann - Leitão, S.; Schwamborn R. & Vasconcelos Filho, A. L. 2004. Teia Trófica Pelágica. In: Leça E.E.; Neumann - Leitão S. & Costa M. F. D. (eds) *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, Recife, pp 761.
- Omori, M. & T. Ikeda. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. New York, 332p.
- Paranaguá, M. N. 1986. Zooplankton of the Suape area (Pernambuco - Brazil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 19:113 - 124.
- Passavante J. Z. O. & Feitosa F. A. N (2004). Dinâmica da Produtividade Fitoplanctônica na Zona Costeira Marinha. In: Leça E.E.; Neumann - Leitão S. & Costa M. F. D. (eds) *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, Recife, pp 425 - 439.
- Phillips, N.E. & Shima, J.S. 2006. Differential effects of suspended sediments on larval survival and settlement of New Zealand urching *Evechinus chloroticus* and abalone *Haliotis iris*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 314:149 - 158.
- Schwamborn, R. 1997. Influence of mangroves on community structure and nutrition of macrozooplankton in Northeast Brazil. Ph.D Thesis, Bremen University, Bremen, Alemanha.
- Schwamborn, R.; Neumann - Leitão, S.; Silva, T. A.; Silva, A. P.; Ekau, W. and Saint - Paul, U. 2001. Distribution and dispersal of decapod crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá estuarine system, Brazil. *Trop. Oceanog.*, 29(1):1 - 17.
- Silva, A. P.; Neumann - Leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L. M. O. & Silva, T. A. 2004. Mesozooplankton of an Impacted Bay in North Eastern Brazil. *Braz. Arch. of Biol. and Tech.* 47(3):485 - 493.
- Sulkin, S.; Blanco, A.; Chan, J & Bryant, M. 1998. Effects of limiting access to prey on development of first zoeal stage of the brachyuran crabs *Cancer magister* and *Hemigrapsus oregonensis*. *Marine Biology* 131:515 - 521.
- Venugopala Rao, K. & Someswara Rao, N. Composition of dredge spoils of Indian harbours: Part I-heavy metals. *The Science of the Total Environment* 207:13 - 19.
- Welch, J. M. & Epifanio, C. E. 1995. Effect of variation in prey abundance on growth and development of crab larvae reared in the laboratory and in large field - deployment enclosures. *Mar. Eco. Prog. Ser.* 116:55 - 64.