

Distribuição e abundância de larvas de *Simulium* spp. em córregos do estado de São Paulo nos diferentes níveis de qualidade da água

Distribution and abundance of *Simulium* spp. in streams of the state of São Paulo (Brazil) with different water quality

Andrea de B.P. Viviani¹
andrea.sergio@uol.com.br

Carlos Jose Pereira da Cunha
Araújo-Coutinho²
coutinho@butantan.gov.br

Rosiane Brito de Moraes²
rosebm@butantan.gov.br

Hélio Benites Gil²
hbgil@butantan.gov.br

Roberto Leung³
www.ufmt.br/barra/biologia.html

Antonio Fernando
Monteiro Camargo⁴
afmc@rc.unesp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar a distribuição e a abundância de espécies do gênero *Simulium* em 5 córregos do litoral norte paulista, com diferentes níveis de poluição. Larvas de simúlidos e amostras de água de cada córrego foram coletadas quinzenalmente no verão e no inverno de 2001. Para a amostragem das larvas foram colocados substratos artificiais em triplicata. A cada intervalo de 15 dias as larvas foram retiradas com auxílio de pinças entomológicas, acondicionadas em frascos de vidro com álcool 70% e transportadas ao laboratório para triagem, contagem e identificação. Nos locais da coleta foram obtidos valores de temperatura, oxigênio, condutividade, pH da água e vazão do córrego e em laboratório as amostras de água foram analisadas, obtendo-se valores de nitrogênio total e dissolvido, N-amoniaco, N-nitrito, N-nitrato, ortofosfato, fósforo total e dissolvido. Pode-se observar que a qualidade da água foi um fator determinante tanto para a distribuição como para a abundância das espécies. *S. pertinax* ocorreu em ambientes mais limpos, *S. inaequale* nos mais poluídos e *S. incrustatum* nos intermediários. A espécie predominante foi *S. pertinax* com 57,5% de presença total nos criadouros, *S. inaequale* com 42,1% e *S. incrustatum* com pouca representatividade, 0,4% de presença nas amostras. A menor abundância de larvas foi registrada nos ambientes poluídos.

Palavras-chave: *Simulium* spp, população larval, aspectos abióticos.

Abstract

The aim of this work was to determine the distribution and abundance of the species of *Simulium*: in 5 streams of the north coastal region of the state of São Paulo. *Simulium* larval and water samples were collected every 2 weeks in summer and winter, 2001. The larval were collected on artificial substrates (triplicate) preserved in alcohol (70%) and after analyzed quantitative and qualitative. From the streams the values of temperature, dissolved oxygen, conductivity, pH and stream discharge were measured. The contents of total nitrogen and dissolved nitrogen, ammoniacal nitrogen, nitrate, nitrite, orthophosphate, dissolved phosphorus and total phosphorus were determined in the laboratory. Water quality has great influence in the distribution and abundance of the species. *S. pertinax* was more abundant in streams without or with low levels of pollution, *S. inaequale* in streams more polluted and *S. incrustatum* in intermediary levels of pollution. *S. pertinax* was the species more abundant with 57.5% of presence in the samples, the second more abundant was *S. inaequale* with 42.1% of presence and *S. incrustatum* was rare with 0.4% of presence. The larval abundance was lower in the polluted environment.

Key words: *Simulium* spp, larval population, abiotics aspects.

¹ Superintendência de Controle de Endemias (SUCEN), Av. Pernambuco, 1045, 11660-040. Caraguatatuba, SP, Brasil.

² Instituto Butantan - Laboratório de Imunologia Viral. Av. Vital, 1500, 05503-900, SP, São Paulo, Brasil

³ Universidade do Estado do Mato Grosso. Av. Tancredo Neves, 1095, 78200-000, Cáceres, MT, Brasil.

⁴ Universidade do Estado de São Paulo. Via Acesso Prof Paulo Donato Castellane, KM-05, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil.

Introdução

Simulídeos são dípteros da família Simuliidae, também conhecidos como piuns ou borrachudos e apresentam ampla distribuição ao longo do maciço da Serra do mar do estado de São Paulo (Viviani e Araújo-Coutinho, 1999a). São insetos holometábolos que têm como sítio de criação dos imaturos os ambientes lóticos de águas claras e limpas. (Coscarón, 1981).

A oviposição é realizada em substratos como galhos, folhas e pedras localizados próximos à superfície da água. A eclosão da larva inicia-se após o terceiro dia da oviposição, podendo esse período variar em decorrência do fator temperatura (Viviani e Araújo-Coutinho, 1999b). As larvas se fixam em locais com grande fluxo de água para a captura de alimento através dos abanos cefálicos, incluindo na sua alimentação elementos orgânicos, que vão desde algas ou bactérias a restos de outros organismos superiores, quase sempre associados a elementos inorgânicos. Devido à capacidade em metabolizar as mais diversas substâncias, cumprem um importante papel na degradação e síntese de materiais (Coscarón, 1981).

Os simulídeos são reconhecidos, principalmente, pelo incômodo causado pelas reações e lesões secundárias associadas às suas picadas e pela transmissão de agentes patogênicos ao homem (Crosskey, 1990). Entretanto estudos relacionados aos simulídeos no Brasil são escassos, principalmente quando se referem a aspectos ecológicos. Vale salientar os trabalhos realizados por Gomes e Py-Daniel (2002), que relataram as características físico-químicas de dois criadouros de larvas de *Thyrsopelma guianenses* da Amazônia Brasileira. Dellome Filho (1983) aborda os aspectos físico-químicos dos criadouros de *Simulium goeldii* na região amazônica e Araújo-Coutinho *et al.* (1999) verificaram a abundância sazonal de formas imaturas de *S. pertinax* em Paraty (RJ). O conhecimento sobre a ecologia do

grupo, como da abundância e da distribuição dos imaturos, é necessário para uma melhor adequação da metodologia dos programas de controle (Viviani e Araújo-Coutinho, 1999b). Este trabalho tem como objetivo determinar a distribuição e abundância de espécies de simulídeos em córregos com diferentes níveis da qualidade da água no litoral norte paulista, de acordo com a portaria 357/05 do CONAMA (2005).

Material e métodos

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em cinco diferentes córregos em regiões sem nenhuma influência de inseticidas. Em Caraguatuba, o córrego escolhido foi o “Pau d’Alho” (23°38’36”S, 45°31’08”O), situado no bairro Jardim Britânia a 3 km do centro da cidade. No município de São Sebastião foram escolhidos os córregos “Boissucanga” (23°47’01”S, 45°36’56”O), no bairro Boissucanga, a 35 km do centro, o “São Francisco” (23°45’36”S, 45°24’44”O), situado no bairro São Francisco, a 2 km do centro, o “Calhetas” (23°49’33”S, 45°31’08”O), no bairro Calhetas, a 30 km do centro, e o “Enseada” (23°44’06”S, 45°25’54”O), situado no bairro da “Enseada”, a 7 km do centro. Esses córregos foram selecionados por possuírem criadouros de larvas de simulídeos em locais que recebem dejetos orgânicos em maior ou menor proporção, provenientes de moradias próximas às suas margens, com exceção do córrego Pau d’Alho que está situado em uma área preservada, sem a presença de residências nas imediações.

Variáveis limnológicas e coleta de larvas de simulídeos

As amostras foram coletadas em intervalos quinzenais no verão (dezembro de 2000 a fevereiro de 2001) e no inverno (junho a agosto 2001), totalizando 75 amostras por estação. Para a obtenção das larvas de simulídeos foi

colocado substrato artificial em cada córrego em triplicata, o qual consistindo de uma placa de fibra de vidro de 0,20 X 0,30 m (Araújo-Coutinho *et al.*, 2003), disposta submersa em local de água corrente, presa à margem com auxílio de arame galvanizado. Em intervalos quinzenais, as larvas foram removidas do substrato com pinça entomológica e acondicionadas em frascos de vidro de 10 ml contendo álcool a 70 %, etiquetados com as datas de coleta e identificação do córrego. Após a remoção das larvas, o substrato foi recolocado no mesmo local para nova colonização (Araújo-Coutinho *et al.*, 2003). Nos locais das coletas das larvas foram obtidos os valores de temperatura da água - temp (°C); potencial hidrogeniônico - pH; oxigênio dissolvido - O₂ (mg/L⁻¹); condutividade elétrica - Cond. (μS/cm⁻¹). A alcalinidade - Alcal. (mg/L⁻¹) foi obtida por titulação (Mackereth *et al.*, 1978). A velocidade de corrente da água (m/s) foi obtida por meio de um flutuador e cronômetro, e considerada a média de 10 repetições. A profundidade (m) do local foi medida com o auxílio de uma baliza milimetrada, e a largura e o comprimento do trecho do córrego (m) foram medidos com o auxílio de uma trena. A vazão (m³/min) foi calculada utilizando-se os valores de comprimento, largura, profundidade e velocidade de corrente.

Amostras de água foram coletadas em triplicata, em frascos de polietileno de 500 mL na superfície dos pontos de coleta e etiquetadas como não filtrada com a especificação da localidade. No mesmo dia, procedeu-se a filtração de 200 mL dessas amostras por meio de microfiltro de fibra de vidro de 47 nm de diâmetro de poro sob vácuo, sendo posteriormente os frascos resultantes etiquetados como filtrada e congelados em freezer para posterior determinação das variáveis químicas. Das amostras de água filtrada foram obtidas as concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido - ND (mg/L⁻¹) determinado pelo método Kjeldahl conforme descrito em Mackereth *et al.*

(1978); nitrogênio amoniacal - NA ($\mu\text{g/L}^{-1}$) pelo método descrito em Koroleff (1976); fósforo dissolvido - PD ($\mu\text{g/L}^{-1}$) e ortofosfato - P- PO_4 ($\mu\text{g/L}^{-1}$) segundo Golterman *et al.* (1978); N-nitrato - N- NO_3 ($\mu\text{g/L}^{-1}$) e N-nitrito - N- NO_2 ($\mu\text{g/L}^{-1}$) segundo o método descrito por Strickland e Parsons (1960).

As amostras de água não filtradas foram utilizadas para a obtenção das concentrações de nitrogênio total - NT (mg/L^{-1}) pelo método Kjeldahl descrito em Mackereth *et al.* (1978) e fósforo total - PT ($\mu\text{g/L}^{-1}$) determinado pelo método de Golterman *et al.* (1978).

Análise dos Resultados

A análise dos resultados foi realizada em três etapas. Na primeira, os dados foram submetidos a uma análise exploratória a fim de evidenciar sua estrutura através de:

- (a) matriz de correlação entre as variáveis abióticas;
- (b) variabilidade dos dados descrita através da análise de componentes principais (Hair *et al.*, 1998);

(c) abundância das diferentes espécies de simulídeos nos córregos, apresentada em gráficos de barra e em setogramas produzidos segundo Sokal e Rohlf (1995).

Na segunda etapa, foram aplicadas as seguintes análises:

- (a) análise discriminante *stepwise* para determinar os parâmetros da água relacionados com a presença ou ausência dos simulídeos (Hair *et al.*, 1998);
- (b) análise de correspondência canônica para determinar os fatores abióticos correlacionados com a abundância das espécies de simulídeos (Ter Braak, 1986).

Resultados

Três espécies de simulídeos foram identificadas nos córregos: *Simulium pertinax*, *S. incrustatum* e *S. inaequale*.

Análise Exploratória

A análise exploratória buscou caracterizar os pontos de coletas quanto às

variáveis ambientais e biológicas. A matriz de correlação entre as variáveis abióticas mostrou que a condutividade e a alcalinidade ($R=0,97$), nitrogênio total e o nitrogênio dissolvido ($R=0,96$), o fósforo total e o fósforo dissolvido total ($R=0,98$) foram altamente correlacionadas (Tabela 1).

A análise de componentes principais mostrou que o ponto Pau d'Alho foi o mais preservado com uma menor concentração de nutrientes (nitrogênio dissolvido, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito, ortofosfato, fósforo dissolvido, fósforo total), menor alcalinidade e condutividade, e maior concentração de oxigênio dissolvido. O ponto São Francisco é mais impactado que os demais, devido aos maiores valores de concentração de nutrientes, maior alcalinidade e condutividade, e menor concentração de oxigênio dissolvido. Os demais pontos apresentaram características intermediárias a esses dois (Tabela 2 e Figura 1).

A abundância das espécies de simulídeos nos córregos foi demonstrada na Tabela 3 com valores da mediana, valor máximo e mínimo encontrados.

Tabela 1. Correlações entre as variáveis abióticas dos pontos de coletas: Temperatura (Temp), pH, condutividade (cond), oxigênio (O_2), alcalinidade (Alcal.), nitrogênio dissolvido (ND), nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NA), nitrito (N- NO_2), nitrato (N- NO_3), ortofosfato (P- PO_4), fósforo dissolvido (PD), fósforo total (PT), vazão e velocidade (veloc.).

Table 1. Correlations between the abiotic variables of the collection points: Temperature (Temp), pH, conductivity (cond), oxygen (O_2), alkalinity (Alcal.), dissolved nitrogen (DN), total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NO), nitrite ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$), orthophosphate ($\text{PO}_4\text{-P}$), dissolved phosphorus (DP), total phosphorus (TP), and discharge velocity (veloc.).

	Temp. (°C)	pH	Cond.	O_2	Alcal.	ND	NT	NA	N- NO_2	N- NO_3	P- PO_4	PD	PT	Vazão
pH	0,28													
Cond. (S/cm^{-1})	-0,06	0,27												
O_2 (mg/L^{-1})	0,20	0,00	-0,65											
Alcal (mg/L^{-1})	0,04	0,34	0,97	-0,62										
ND (mg/L^{-1})	-0,17	0,11	0,83	-0,65	0,83									
NT (mg/L^{-1})	-0,13	0,12	0,88	-0,65	0,88	0,96								
NA (g/L^{-1})	0,28	0,20	0,61	-0,46	0,67	0,59	0,63							
N- NO_2 (g/L^{-1})	0,13	0,18	0,78	-0,59	0,80	0,77	0,81	0,87						
N- NO_3 (g/L^{-1})	0,22	0,15	0,53	-0,42	0,53	0,49	0,52	0,47	0,64					
P- PO_4 (g/L^{-1})	-0,06	0,11	0,71	-0,52	0,78	0,68	0,71	0,62	0,63	0,25				
PD (g/L^{-1})	0,10	0,24	0,74	-0,54	0,79	0,65	0,67	0,67	0,72	0,42	0,84			
PT (g/L^{-1})	0,10	0,22	0,74	-0,54	0,80	0,67	0,69	0,68	0,73	0,41	0,84	0,98		
Vazão (m^3/min)	0,49	0,08	-0,28	0,34	-0,17	-0,18	-0,15	0,04	-0,01	-0,02	-0,15	-0,16	-0,16	
Veloc. (m/s)	0,25	-0,10	-0,04	-0,07	0,05	-0,10	-0,01	0,33	0,13	-0,13	0,27	0,13	0,15	0,47

Tabela 2. Média e desvio padrão de variáveis abióticas nos pontos de coleta no verão (V) e inverno (I). Temperatura (Temp), pH, Condutividade (Cond), Oxigênio (O₂), Alcalinidade (Alcal.), Nitrogênio dissolvido (ND), Nitrogênio total (NT), Nitrogênio amoniacal (NA), Nitrito (N-NO₂), Nitrato (N-NO₃), Ortofosfato (P-PO₄), Fósforo dissolvido (PD), Fósforo total (PT), Vazão e Velocidade (Veloc.).

Table 2. Mean and standard deviation of abiotic variables at collection points in the summer (V) and winter (I). Temperature (Temp), pH, conductivity (Cond), Oxygen (O₂), Alkalinity (Alcal.), dissolved nitrogen (DN), Total Nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NO), nitrite (NO₂-N), nitrate (NO₃-N), orthophosphate (P-PO₄), dissolved phosphorus (DP), total phosphorus (TP), discharge and Velocity (Veloc.).

	Temp. (°C)		pH		Cond. (mS/cm ⁻¹)		O ₂ (mg/L ⁻¹)		Alcal (mg/L ⁻¹)		ND (mg/L ⁻¹)		NT (mg/L ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Pau d'Alho - V	26,8	2,0	6,9	0,2	356,3	42,7	5,3	1,5	0,2	0,02	0,2	0,03	0,4	0,1
Pau d'Alho - I	23,1	1,4	7,0	0,1	383,4	34,5	4,9	0,5	0,2	0,02	0,3	0,10	0,4	0,1
Boissucanga - V	24,7	1,2	6,9	0,1	501,0	58,6	4,8	0,7	0,2	0,01	0,3	0,06	0,3	0,1
Boissucanga - I	20,0	1,6	7,0	0,2	524,2	58,6	4,6	0,6	0,2	0,01	0,6	0,22	0,5	0,2
São Francisco -V	26,6	1,3	7,1	0,1	1495,4	151,4	3,5	0,8	0,9	0,11	1,1	0,21	1,4	0,2
São Francisco - I	21,3	1,5	6,9	0,1	2304,6	303,5	2,5	0,4	1,3	0,17	1,7	0,40	2,2	0,4
Calhetas - V	24,1	1,0	6,4	0,5	540,6	73,9	4,3	0,5	0,2	0,04	0,2	0,03	0,4	0,1
Calhetas - I	19,3	1,3	6,4	0,2	600,8	92,5	4,1	0,4	0,2	0,02	0,5	0,16	0,6	0,2
Enseada - V	26,1	1,3	7,4	0,1	1122,7	130,5	4,6	0,9	0,6	0,02	0,2	0,04	0,4	0,1
Enseada - I	20,1	1,2	7,0	0,1	1249,7	99,1	4,2	0,4	0,6	0,03	0,6	0,22	0,8	0,3

	NA (mg/L ⁻¹)		N-NO ₂ (mg/L ⁻¹)		N-NO ₃ (mg/L ⁻¹)		P-PO ₄ (mg/L ⁻¹)		PD (mg/L ⁻¹)		PT (mg/L ⁻¹)		Vazão (m ³ /min)		Veloc. (m/s)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Pau d'Alho - V	23,2	15,2	5,8	1,3	66,6	29,9	5,0	0,1	7,9	4,4	15,2	9,1	8,4	2,2	0,5	0,07
Pau d'Alho - I	5,0	0,0	5,2	0,4	27,5	17,6	6,7	2,0	13,6	5,8	21,0	6,7	2,7	0,8	0,3	0,04
Boissucanga -V	37,1	16,1	8,6	3,4	148,3	149,3	5,3	0,7	19,8	4,5	28,6	7,7	2,0	0,3	0,3	0,07
Boissucanga - I	7,6	6,4	5,8	1,3	52,6	22,5	12,7	7,8	35,7	21,4	47,1	25,9	0,7	0,5	0,3	0,10
São Francisco -V	224,5	60,3	149,0	33,8	276,8	198,6	106,5	78,9	226,9	44,4	268,2	58,6	2,6	1,0	0,4	0,07
São Francisco - I	130,8	74,6	135,5	33,0	284,1	151,2	208,2	126,1	264,3	142,1	308,3	159,7	1,1	0,5	0,4	0,14
Calhetas - V	24,8	17,9	8,6	3,2	100,1	67,1	7,1	3,2	22,6	5,6	46,9	15,2	0,5	0,1	0,4	0,06
Calhetas - I	5,0	0,0	5,2	0,5	32,7	22,3	20,3	15,4	39,2	28,3	45,8	27,4	0,4	0,2	0,3	0,06
Enseada - V	25,4	20,2	10,5	4,0	130,7	51,1	22,8	18,5	111,6	131,9	123,8	140,4	1,0	0,3	0,3	0,05
Enseada - I	5,3	0,5	7,0	2,1	40,3	13,7	39,9	25,8	64,3	32,0	80,1	39,0	0,4	0,1	0,3	0,05

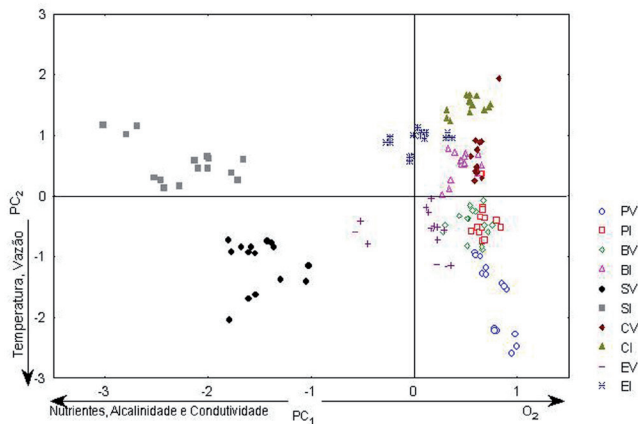


Figura 1. Ordenação dos córregos estudados em diferentes datas de coleta em função dos componentes principais (PC1 e PC2). As setas indicam o aumento do valor das variáveis abióticas. Pau d'Alho (P), Boissucanga (B), São Francisco (S), Calhetas (C), Enseada (E); verão (V) e inverno (I); Nutrientes: ND (mg/L⁻¹), NT (mg/L⁻¹), NA (μg/L⁻¹), N-NO₂ (μg/L⁻¹), P-PO₄ (μg/L⁻¹), PD (μg/L⁻¹), PT (μg/L⁻¹). PC1 explica 53,4 % da variância dos dados e PC2, 14,2 %.

Figure 1. Ordination of the streams studied at different dates of the collection, based on principal component (PC1 and PC2). The arrows indicate the increase in the value of the abiotic variables. Pau d'Alho (P), Boissucanga (B), San Francisco (S), Calhetas (C), Enseada (E), summer (V) and winter (I); Nutrients: ND (mg/L⁻¹), NT (mg/L⁻¹), NA (μg/L⁻¹), NO₂-N (μg/L⁻¹), P-PO₄ (μg/L⁻¹), PD (μg/L⁻¹), PT (μg/L⁻¹). PC1 explains 53.4% of the variance of the data and PC2, 14.2%.

Tabela 3. Mediana, valor máximo (Max.) e mínimo (Min.) dos simúlideos/m² existentes nos córregos trabalhados.

Table 3. Median, maximum (Max) and minimum (Min.) of blackflies/m² in streams.

	<i>S. pertinax</i>			<i>S. incrustatum</i>			<i>S. inaequale</i>		
	Mediana	Max.	Min.	Mediana	Max.	Min.	Mediana	Max.	Min.
Pau d'Alho	1458	34983	0	0	500	0	0	0	0
Boissucanga	0	183	0	0	0	0	183	2600	0
São Francisco	0	0	0	0	0	0	0	400	0
Calhetas	0	933	0	0	250	0	1483	11117	0
Enseada	0	10100	0	0	67	0	475	10467	0

A Figura 2 mostra a proporção relativa das três espécies nos cinco locais de coleta. Observa-se que *S. pertinax* foi a espécie mais abundante no córrego Pau d'Alho, enquanto que *S. inaequale* teve mais representatividade nos demais córregos. Já *S. incrustatum* teve pouca representatividade.

Em relação à presença e à ausência de larvas de simúlideos nos substratos, observou-se no córrego São Francisco 70% dos substratos sem larvas presentes, no Boissucanga esse valor foi de 23%, no córrego Calhetas de 17%, no Enseada de 3% e no Pau d'Alho apresentou 13%.

Análise Discriminante

A análise discriminante teve resultado altamente significativo (distância de Mahalanobis² = 2,4; $F_{(6,143)} = 10,6$; $p < 0,001$), demonstrando que a presença ou ausência dos simúlideos esteve relacionada com as variáveis abióticas. Apenas a primeira função discriminante foi significativa na separação dos pontos com ou sem simúlideos ($R = 0,56$; $\chi^2_{(6)} = 53,6$; $p < 0,001$), isto é, as variáveis abióticas associadas com a primeira função discriminante explicam a presença ou ausência dos simúlideos. Essas variáveis foram as seguintes: condutividade, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo total e oxigênio (Tabela 4).

As variáveis pH, N-NO₃, P-PO₄, vazão e velocidade de corrente não fo-

ram significativas para explicar a presença ou a ausência das larvas de simúlideos. As coletas com presença e ausência de simúlideos, em relação à função discriminante 1 são apresentadas na Figura 3.

Verifica-se que os pontos com presença de simúlideos estão concentrados à direita do gráfico, no qual a concentração de O₂ é maior e de nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo total) é menor, ou seja, em águas menos poluídas conforme classificação dos corpos hídricos da resolução CONAMA 357/05. A matriz de classificação é apresentada na Tabela 5.

A primeira função discriminante calculada classifica corretamente 55,3% dos pontos com ausência de simúlideos e 94,6% dos pontos com presença de simúlideos, mostrando que as variáveis abióticas analisadas preveem melhor a presença dos simúlideos. A matriz de classificação mostrou que o modelo estatístico se ajustou melhor aos dados de presença do que os dados de ausência de larvas de simúlideos.

Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Os resultados da análise de correspondência canônica demonstraram que houve um padrão de distribuição das espécies de simúlideos em relação às características da água. O primeiro par de eixos canônicos explicou 80,3% da variância dos dados, sendo suficiente

para analisar a estrutura da comunidade de simúlideos encontrados nos córregos.

A Figura 4 mostra a distribuição das espécies de simúlideos em função dos gradientes ambientais. *S. pertinax* ocorreu com maior abundância em ambientes com maior vazão, temperatura, oxigênio e pH, enquanto que *S. inaequale* foi mais abundante em ambientes com maior condutividade. *S. incrustatum* foi uma espécie rara que ocorreu em maior abundância em ambientes intermediários em relação à qualidade da água.

Figura 4. Gráfico resultante da análise de correspondência canônica. Apenas o eixo 1 foi significativo e explicou 80,3 % da variância dos dados. Quanto maior a distância da variável abiótica da origem, maior o peso dela para explicar a distribuição das espécies nos pontos amostrados. Temperatura (Temp), pH, condutividade (Cond), oxigênio (O₂), nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NA), nitrato (NO₃), ortofosfato (PO₄), fósforo total (PT), vazão e velocidade (Veloc.). A correlação *intraset* entre as variáveis ambientais e o eixo 1 é apresentada na Tabela 6.

Pode-se afirmar que *S. pertinax* tendeu a ocorrer com maior abundância em ambientes com melhor qualidade de água de acordo com resolução CONAMA 357/05, enquanto que *S. inaequale* ocorre em ambientes de condições piores da qualidade da água. A ordenação dos pontos de amostragem em relação aos mesmos gradientes ambientais representados pelo eixo 1 é apresentada na Tabela 7, sendo os locais amostrados ordenados da melhor qualidade de água para o mais impactados pelo despejo de dejetos das residências.

O córrego Pau d'Alho foi o de melhor qualidade da água, se enquadrando na classe I de acordo com o critério estabelecido no CONAMA 357/05, conforme os valores de *scores* (posição do ponto ao longo do eixo que pode ser interpretado em relação às variáveis ambientais), enquanto que o

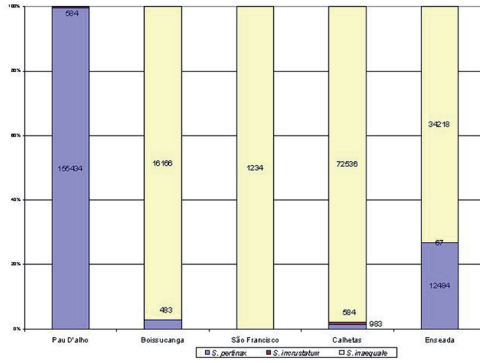


Figura 2. Proporção de espécies de simuliídeos coletados nos diferentes pontos de amostragem. Os números correspondem à quantidade de indivíduos/m² de cada espécie nos córregos.

Figure 2. Proportion of species of blackflies collected in different sampling points. The numbers correspond to the amount of individuals/m² of each species in streams.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis abióticas e a função discriminante 1. NA (nitrogênio amoniacal), O₂ (oxigênio), NT (nitrogênio total), Cond. (condutividade) e PT (fósforo total).

Table 4. Pearson correlation coefficient between abiotic variables and a discriminant function. NA (ammonia), O₂ (oxygen), NT (total nitrogen), Cond. (Conductivity) and PT (total phosphorus).

Variável Abiótica	Correlação	
	Função Discriminante 1	
NA (µg/L ⁻¹)	-0,801	
O ₂ (mg/L ⁻¹)	0,576	
NT (mg/L ⁻¹)	-0,688	
Cond. (µS/cm ⁻¹)	-0,544	
PT (µg/L ⁻¹)	-0,702	

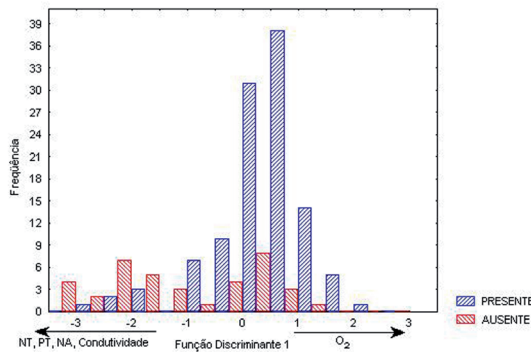


Figura 3. Histograma das amostras com presença e ausência de simuliídeos em relação à função discriminante 1. As setas indicam o sentido de aumento dos valores das variáveis abióticas, O₂ (oxigênio), NT (nitrogênio total), PT (fósforo total), NA (nitrogênio amoniacal) e condutividade.

Figure 3. Histogram of the samples with the presence and absence of Simuliidae in relation to a discriminating function. The arrows indicate the direction of increasing values of abiotic variables, O₂ (oxygen), NT (total nitrogen), PT (total phosphorus), NA (ammonia) and conductivity.

ponto São Francisco foi o mais impactado, se enquadrando na classe 4. Os demais pontos foram intermediários a esses dois. Quanto maior o valor no eixo 1 do ponto amostrado, mais a direita se localizaria no gráfico da Figura 6, caso fosse plotado, e maior seria o nível de poluição.

Discussão

Os resultados obtidos evidenciaram as diferenças das características abióticas dos locais de amostragem. O fósforo é de fundamental importância na classificação da qualidade da água. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no Brasil atribui a concentração do fósforo para a classificação dos corpos hídricos no país, bem como outras variáveis de qualidade da água. Em relação aos valores encontrados de fósforo o córrego Pau d'Alho se enquadra na Classe I como o mais preservado, apresentando maiores concentrações de oxigênio e menores de nutrientes. Boissucanga e Calhetas também se enquadram na Classe I, mas com menores concentrações de oxigênio, assim podendo ser classificados como córregos com níveis intermediários de poluição orgânica, como o córrego Enseada que se enquadra na Classe III. Por outro lado, o córrego São Francisco apresentou características de ambiente eutrofizado artificialmente, se enquadrando de Classe IV.

Para justificar essas diferenças entre os córregos levamos em conta a sua localização. O córrego Pau d'Alho situa-se dentro de uma fazenda, não recebendo influência de dejetos orgânicos provenientes de residências. Por outro lado, o córrego São Francisco localiza-se em um bairro com elevada densidade populacional e com residências construídas às suas margens, sendo submetido diariamente ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio. Os córregos com níveis intermediários de poluição encontram-se em locais com menor densidade populacional e poucas moradias.

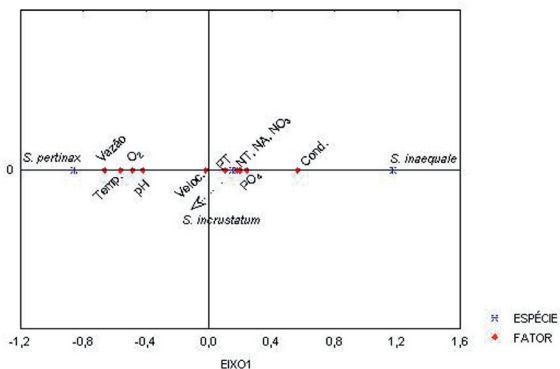


Figura 4. Gráfico resultante da análise de correspondência canônica. Apenas o eixo 1 foi significativo e explicou 80,3 % da variância dos dados. Quanto maior a distância da variável abiótica da origem, maior o peso dela para explicar a distribuição das espécies nos pontos amostrados. Temperatura (Temp), pH, condutividade (Cond), oxigênio (O₂), nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NA), nitrato (NO₃), ortofosfato (PO₄), fósforo total (PT), vazão e velocidade (Veloc.).

Figura 4. Resulting plot of canonical correspondence analysis. Only the first shaft was significant and explained 80.3% of the variance of the data. The greater the distance of variable abiotic origin, the greater the weight of it to explain the distribution of species the sampled points. Temperature (Temp), pH, conductivity (Cond), oxygen (O₂), total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NO), nitrate (NO₃), orthophosphate (PO₄), phosphorus total (PT), discharge and velocity (Veloc.).

Tabela 5. Matriz de classificação da primeira função discriminante.

Table 5. Classification matrix of the first discriminant function.

Larvas de simuliídeo	Total de Amostras	Classificação da F. Discriminante		% Correta
		Acerto	Erro	
Ausente	38	21	17	55,3
Presente	112	106	6	94,6

Tabela 6. Correlação entre as variáveis abióticas e o eixo 1 (*intraset correlations*, Ter Braak, 1986). Temperatura (Temp), pH, condutividade (cond), oxigênio (O₂), nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NA), nitrato (N-NO₃), ortofosfato (P-PO₄), fósforo total (PT), vazão e velocidade.

Table 6. Correlation between abiotic variables and axis 1 (*intraset Correlations*, Ter Braak, 1986). Temperature (Temp), pH, conductivity (cond), oxygen (O₂), total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NO), nitrate (NO₃-N), orthophosphate (PO₄-P), total phosphorus (TP), discharge and velocity.

Variável Abiótica	Correlação	Eixo 1
Temp (°C)		-0,557
pH		-0,442
Cond (µS/cm ⁻¹)		0,639
O ₂ (mg/L ⁻¹)		-0,478
NT (mg/L-1)		0,222
NA (µg/L ⁻¹)		0,203
N-NO ₃ (µg/L ⁻¹)		0,217
P-PO ₄ (µg/L ⁻¹)		0,272
PT (µg/L ⁻¹)		0,116
Vazão (m ³ /min)		-0,755
Velocidade (m/s)		-0,023

Os resultados da análise de correspondência canônica mostraram a correlação dos fatores temperatura, condutividade, oxigênio e vazão com a distribuição espacial da espécie. Houve uma relação positiva entre a distribuição de *S. pertinax* e maiores valores de oxigênio, vazão, pH e temperatura, e menores valores de condutividade. Para *S. inaequale* obteve-se uma relação inversa, demonstrando que a primeira espécie citada tem preferência por águas de melhor qualidade, ao contrário da segunda espécie. Já o *S. incrustatum* foi encontrado em níveis de poluição intermediária. Autores como Gordon e Cupp (1980), em estudo com *S. vernustum*, observaram ausência de correlação entre a abundância de larvas e as concentrações de oxigênio. Chutter (1968) também não observou correlação para temperatura e oxigênio no sul da África com população de simuliídeos.

Apesar de a velocidade de corrente não apresentar correlação com a distribuição neste trabalho, é uma variável importante para o desenvolvimento dos simuliídeos, visto que condiciona a oferta alimentar (Peterson, 1956). A ausência de correlação entre a abundância de larvas e a variável velocidade de corrente também foi observada no sul da África por Chutter (1968).

Como as diferentes espécies de simuliídeos têm, provavelmente, limites ótimos distintos de sobrevivência, os valores além desses limites que permitem o seu desenvolvimento devem ser mais bem estabelecidos para se determinar os tipos de criadouros prováveis para cada espécie

Infere-se que a qualidade da água seja o fator mais importante para a determinação da abundância das espécies nos diferentes criadouros. Verificou-se que *S. pertinax* apresentou maior densidade em águas limpas como no Pau d'Alho, mas foi encontrado também nos córregos com níveis intermediários de poluição, embora em menor quantidade e totalmente ausente no córrego São Francisco, demonstrando assim que é uma espécie preferencial-

Tabela 7. Posição dos pontos de amostragem em diferentes datas de coletas em relação ao eixo 1 da análise de correspondência canônica, Pau d'Alho (P), Boissucanga (B), São Francisco (S), Calhetas (G), Enseada (E); a segunda letra a estação do ano: verão (v) e inverno (i).
Table 7. Position of sampling points at different dates of collection in relation to the axis of a canonical correspondence analysis, Pau d'Alho (P), Boissucanga (B), San Francisco (S), Calhetas (G), Enseada (E); summer (v) and winter (i).

Local	Eixo 1	Local	Eixo 1	Local	Eixo 1
Pv	-1,3	Bi	0,0	Ei	0,9
Pv	-1,3	Bv	0,0	Ei	0,9
Pv	-1,1	Bi	0,0	Ev	0,9
Pv	-1,1	Bi	0,1	Ev	0,9
Pv	-1,1	Bi	0,2	Cv	0,9
Pv	-1,1	Bi	0,2	Cv	0,9
Pv	-1,0	Bi	0,2	Ci	1,0
Pi	-1,0	Bi	0,2	Ei	1,0
Pi	-1,0	Bi	0,3	Cv	1,0
Pv	-0,9	Bi	0,3	Ei	1,0
Pv	-0,9	Ev	0,3	Ev	1,0
Pi	-0,9	Bv	0,4	Sv	1,0
Pi	-0,9	Bv	0,5	Ci	1,0
Pi	-0,9	Ev	0,5	Ev	1,0
Pv	-0,8	Cv	0,5	Cv	1,0
Pv	-0,7	Ci	0,6	Ei	1,1
Bi	-0,7	Cv	0,6	Ci	1,1
Ev	-0,6	Bv	0,6	Ei	1,1
Bi	-0,6	Ev	0,6	Ev	1,1
Pi	-0,5	Ev	0,6	Ei	1,1
Ev	-0,5	Ci	0,7	Ei	1,2
Pi	-0,5	Ci	0,7	Ci	1,2
Pi	-0,5	Bv	0,7	Cv	1,2
Pi	-0,5	Cv	0,7	Ei	1,2
Pv	-0,5	Ci	0,7	Ei	1,4
Pi	-0,4	Ei	0,8	Ei	1,5
Bi	-0,4	Ev	0,8	Sv	1,6
Pi	-0,4	Ci	0,8	Ei	1,6
Bi	-0,3	Ci	0,8	Sv	1,6
Bi	-0,3	Ei	0,8	Sv	1,7
Pi	-0,2	Ei	0,8	Cv	1,8
Pi	-0,2	Cv	0,8	Sv	2,7
Ev	-0,1	Ev	0,8	Si	2,9
Pi	-0,1	Ci	0,8	Si	3,0
Bv	-0,1	Cv	0,9	Si	3,3
Bv	-0,1	Ci	0,9	Si	3,5
Bv	0,0	Cv	0,9		

mente de águas mais limpas. *Simulium incrustatum* ocorreu em proporção semelhante nos córregos Pau d'Alho e Calhetas, em menor número no Enseada, e foi totalmente ausente no S. Francisco, evidenciando que essa espécie prefere ambientes com níveis

intermediários de poluição. *Simulium inaequale* ocorreu em maior densidade nos córregos com níveis intermediários de poluição, com grande densidade no Calhetas, mas também esteve presente no São Francisco e foi totalmente ausente no Pau d'Alho. Apesar

de *S. inaequale* apresentar preferência por córregos com características distintas ao habitado por *S. pertinax*, os dados sugerem que a mesma tolera águas poluídas, podendo sobreviver, embora em baixa densidade, em águas com alto grau de poluição como no córrego S. Francisco.

Araújo-Coutinho (1993) relatou que um dos fatores abióticos que possivelmente tem maior influência nos imaturos de *S. pertinax* é a poluição. Castex *et al.* (1988), estudando a distribuição de larvas de *Simulium quadrivittatum* em ambientes com diferentes níveis de poluição em Cuba observaram o desenvolvimento destas em criadouros sem contaminação orgânica, em menor densidade em águas ligeiramente contaminadas e ausentes quando os níveis de poluição foram elevados, sendo os resultados semelhantes aos observados no presente trabalho em relação a *S. pertinax*. A poluição provoca o enriquecimento do ambiente com consequente aumento da quantidade de alimento, favorecendo o crescimento de larvas de simuliídeos. Contudo, a disponibilidade de alimento não é o único fator que governa sua abundância; em níveis maiores de poluição, outras variáveis, como concentração de oxigênio, podem desfavorecê-las.

Carlsson (1962), em trabalho experimental, observou que larvas de simuliídeos são capazes de tolerar grandes mudanças de nível de saturação de oxigênio, ao contrário dos relatos de Wu (1930) e Grenier (1953), que demonstraram que menores concentrações de oxigênio dissolvido podem exercer efeito negativo na população de larvas de simuliídeos. Os resultados obtidos no presente estudo também evidenciaram menor abundância de larvas no córrego S. Francisco, onde as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 2,5-3,5 mg/L⁻¹ e maior abundância no córrego Pau d'Alho com valores de oxigênio entre 4,9-5,3 mg/L⁻¹.

No presente trabalho, obtiveram-se diferenças na proporção das espécies, sendo *S. pertinax* encontrada em maior

proporção em relação a todos os córregos, *S. inaequale* apresentou como a segunda mais abundante e *S. incrustatum* a menor proporção encontrada.

Os valores obtidos neste estudo não podem ser considerados como limites absolutos, mas esses nos mostram indicações das condições que são igualmente requisitos para se tentar uma estabilidade dessas larvas em cultura no laboratório. Além disso, as características ecológicas dos habitats em que se encontram as espécies podem ser úteis para se prever a sua distribuição nos sítios de criação, visando uma melhor adequação das metodologias de controle.

Agradecimentos

Aos técnicos Carlos Fernandes Sanches, UNESP e Paulo Frugoli dos Santos, SUCEN, a assistência no campo e no laboratório. À bióloga Ana Carolina dos Santos Valente, do Laboratório de Simulídeos e Oncocercose da FIOCRUZ, a identificação dos exemplares de simulídeos.

Referências

ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C. 1993. *Abundância sazonal da população de formas imaturas de Simulium pertinax Kollar, 1832 (Diptera Simuliidae) e da entomofauna associada, no município de Paraty, RJ*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, IV + 81 p.

ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; MELLO, R.P.; SERRA-FREIRE, N.M. 1999. The seasonal abundance of Simulium (Chirostilbia) pertinax, Kollar 1832, (Diptera, Simuliidae) and related entomological fauna in the municipality of Paraty, RJ, Brasil. *Revista Universidade Rural*, **21**(1-2):1999. (Série Ciências da Vida).

ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; VIVIANI, A.B.P.; SERRA-FREIRE, N.M.; MELLO, R.P. 2003. Evaluation of the Impact of *Bacillus thuringiensis* Serovar israelensis and Temephos,

Used for the Control of Simulium (Chirostilbia) *pertinax* Kollar, 1832 (Diptera, Simuliidae) on the Associated Entomofauna, Paraty, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **98**(5):697-702.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762003000500019>

CARLSSON, G. 1962. Studies on Scandinavian black flies (Fam. Simuliidae Latr.). *Opus Entomol.*, **21**:1-279.

CASTEX, M.; FUENTES, O.; MARQUEST, M.C. 1988. Algunas observaciones sobre los sitios de cria del Simulium quadrivittatum loew, 1862 (Diptera: Simuliidae) en isla de la Juventud. *Revista. Cubana de Medicina Tropical*, **40**(3):60-67.

CHUTTER, F.M. 1968. On the ecology of the fauna of stone in the current in a South African river supporting a very large simulium population. *Journal Applied Ecology*, **5**:531-561.

<http://dx.doi.org/10.2307/2401631>

CONAMA. 2005. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras províncias. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 março de 2005. Seção resoluções, p. 19.

COSCARÓN, S. 1981. *Insecta Diptera Simuliidae. Fascículo 1. Fauna de agua dulce de la Republica Argentina*. FECIC, Buenos Aires, 151 p.

CROSSKEY, R.W. 1990. *The history of black-flies*. Chichester, Wiley, 711 p.

DELLOME FILHO, J. 1983. Considerações sobre os fatores físicos - químicos dos criadouros de *Simulium goeldii* Cerqueira & Nunes de Mello, 1967 (Diptera: Simuliidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, **27**:155-160.

GOLTERMAN, H.L.; CLIMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. 2ª ed., Oxford, IBP, 213 p.

GOMES, S.A.G.; PY-DANIEL, V. 2002. Caracterização físico - química de dois criadouros de larvas de *Thyrsopelma guianense* (Wise, 1911) (Diptera, Culicomorpha, Simuliidae) da Amazônia Brasileira. *Entomologia y Vectores*, **9**(4):443-465.

GORDON, A.E.; CUPP, E.W. 1980. The Limnological factores associated with cytotypes of the *Simulium (Simulium) venustum/verecundum* complex (Diptera: Simuliidae) in New York State. *Canadian Journal of Zoology*, **58**:973-981.

<http://dx.doi.org/10.1139/z80-136>

GRENIER, P. 1953. *Simuliidae* de France et d' Afrique du Nord. *Encyclopedia of Entomology*, **29**:1-170.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. 1998. *Multivariate Data Analysis*. Upper Saddle River, Prentice Hall, 730 p.

KOROLEFF, F. 1976. Determination of nutrients. In: F. KGRASSHOFF (ed.), *Methods of seawater analysis*. New York, Verlag Chemie Weinhein, p. 117-181.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. London, Freshwater Biological Association, 121 p.

PETERSON, B.V. 1956. Observations on the biology of Utah black flies (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **LXXXVI-II**:496-507.

<http://dx.doi.org/10.4039/Ent88496-8>

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. New York, W. H. Freeman, 887 p.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSON, J.R. 1960. *A manual of Seawater Analysis*. Ottawa, Fisheries Research Board of Canada, 185 p.

TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**:1167-1179.

<http://dx.doi.org/10.2307/1938672>

VIVIANI, A.B.P.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C. 1999a. Período de desenvolvimento ovariano de *Simulium pertinax* Kollar, 1832 (Diptera: Simuliidae) sob condições de laboratório. *Entomologia y Vectores*, **6**(2):180-189.

VIVIANI, A.B.P.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C. 1999b. Influência da temperatura no desenvolvimento embrionário de *Simulium pertinax* KOLLAR, 1832 (Diptera: Simuliidae). *Entomologia y Vectores*, **6**(6):591-600.

WU, Y.F. 1930. A contribution to the biology of *Simulium* (Diptera). *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and Letters*, **8**:543-594.

Submitted on December 20, 2010
Accepted on June 22, 2011