

Consumo de oxigênio, em diferentes tensões, por *Trichodactylus petropolitanus* Goeldi (Crustacea, Brachyura)

por
DOMINGOS VALENTE

2.º Assistente

Í N D I C E

1 — Introdução	pg. 87
2 — Métodos de trabalho	89
3 — Parte experimental — Consumo do oxigênio por <i>Tr.petropolitanus</i>	
a) Influência das tensões médias	89
b) Influência das tensões baixas	90
c) Influência das tensões altas	92
d) Reversão de oxigênio pelos <i>Trichodactylus</i>	92
4 — Discussão	93
5 — Summary	96
6 — Bibliografia	97

1 — Introdução

Os estudos realizados sobre o comportamento dos Crustáceos Decápodos em relação ao consumo do oxigênio sob diferentes tensões na água, indicam a falta de um ponto de vista uniforme por parte dos diversos autores que se ocuparam do assunto. Assim é que *Scyllarus latus* e *Carcinus maenas*, segundo Henze (1910, p. 265), respiram independentemente da saturação do oxigênio na água. Amberson, Mayerson e Scott (1924, p. 173) verificaram que *Homarus americanus* e *Callinectes sapidus*, ao contrário, apresentam estreita dependência do consumo do oxigênio do teor do gás na água. Os mesmos autores nas suas experiências com *Palaemonetes vulgaris* notaram comportamento diferente, pois êsses Crustáceos são capazes de regular o metabolismo abaixo de 50 % de saturação, o que quer dizer, até esse limite o consumo de oxigênio pelo animal independe da saturação. Outros são os resultados de Moore, Edie, Whitley e Dakin (1912, p. 286) relativamente a *Cancer* e a *Eupagurus*, que apresentam uma independência da referida tensão. A êste respeito são dignas de observações as referências de Hyman que, em uma boa "mise-au-point" do assunto (1929, p. 507), põe dúvidas sobre os resultados de Moore *et al.* por se ter exaurido o oxigênio na água muito

antes da terminação da experiência com aquêles animais. Até aqui o material de experimentação restringiu-se, preferentemente, aos crustáceos marinhos.

A questão, porém, não é menos complexa quando se trata dos representantes que habitam a água doce. Assim, *Astacus fluviatilis* parece diminuir o consumo de oxigênio à medida que declina a saturação do gás na água, conforme as modificações de Brunow (1911, p. 215). Estas experiências foram retomadas por Hée e Bonnet (1925, p. 279) que estudaram o consumo de oxigênio por *A. fluviatilis* em concentrações que variaram de 5 a 22 cm³ de oxigênio por litro d'água e determinaram ser constante o consumo do gás entre 5 e 8 cm³, mas tal consumo aumentava à medida que os animais dispunham de concentrações mais elevadas. Ainda o comportamento de um dos Macruros mais comuns d'água doce nos Estados Unidos (*Cambarus immunis*) foi exaustivamente estudado por Helff (1928) quanto ao consumo de oxigênio por animais isolados e em grupo. Pelas conclusões de Helff vê-se que o gasto de oxigênio pelo *Cambarus* independe da tensão até 20%-40% de saturação e que a capacidade respiratória é tanto menor quanto mais idoso for o animal. Outro ponto apenas abordado de passagem pelo autor é o referente à particularidade do *Cambarus* reverter oxigênio para o ambiente, quando a saturação é demasiado baixa. Trabalhos mais recentes, ainda sobre Crustáceos de água doce, são os de Kalmus (1930) e de Segaar (1935) com *Potamobius (Astacus) fluviatilis*. Para o primeiro destes autores, a respiração do Macruro, em limites bastante extensos, independe da tensão do oxigênio do meio. Haveria aqui notável influência do estado de repouso ou de movimento do animal, pois que o consumo de oxigênio se eleva de 60% quando o animal se põe em movimento. No jejum, dá-se o contrário, o animal diminui o consumo do gás. Os estudos de Segaar, bastante completos sobre a respiração do mesmo Macruro, demonstraram que numa saturação muito baixa há uma inibição homolateral reflexa da respiração, e, em consequência, ocorre apnéa quando a tensão desce abaixo da normal.

Em todos os trabalhos acima mencionados o método da dosagem do oxigênio foi o de Winkler e suas modificações, sendo que as alterações da técnica se basearam, principalmente, em manter os animais em meio líquido circulante ou estacionário.

Pelos resultados acima sumariados nota-se que a questão do comportamento dos Crustáceos Decápodos em relação às tensões de oxigênio no meio em que respiram, está, longe de ser resolvida. A bibliografia aqui aludida e que foi aquela ao meu alcance nas condições atuais, deixa entrever que, nos representantes marinhos desta classe de Artrópodos, parece haver uma tendência para independer o consumo de oxigênio da saturação do meio ambiente.

Nos Crustáceos de água doce os dados fornecidos pelos vários autores não levam a conclusões definitivas. Confrontando os resultados até agora conhecidos, pode-se dizer que nesses Decápodos há um certo grau de independência do consumo de oxigênio em relação à saturação da água. À vista disso, pareceu-me de importância êsse estudo nas regiões tropicais, onde a pobreza de oxigênio é um dos característicos das águas dos lagos e dos poços frequentados por uma fauna numerosa e bastante variada. Assim, segui a sugestão do Prof. Dr. Paulo Sawaya de estudar a influência da tensão do oxigênio sobre a respiração de um dos Braquiúros mais frequentes nas lagoas e correios dos arredores de São Paulo, o *Trichodactylus petropolitanus* Goeldi,

baseada no comportamento dos animais em relação ao consumo de oxigênio e à saturação da água ambiente. Além de ser material muito favorável para a tais pesquisas, apresenta o *Tr. petropolitanus* a particularidade de poder manter-se horas fora d'água, o que está a indicar contextura especial de seu sistema respiratório e, portanto, mecanismo regulador especializado. Possivelmente, como aponta Carter (1931, p. 16), o *Trichodactylus* poderá ser incluído entre os Crustáceos de respiração aérea, o que em parte concorda com as observações de Lüderwaldt (1919, p. 384), que os cataloga entre os habitantes dos manguesais. Estes animais já foram objeto de pesquisas anteriores em que pude demonstrar (Valente, 1943 p. 306) sensível diminuição do consumo do oxigênio quando mantidos em grupo.

A seguir, como se verá, os resultados obtidos permitem localizar estes Braquiúros entre os animais cujo metabolismo depende, até certo ponto, das condições de saturação do oxigênio da água em que o animal respira.

2. Métodos de trabalho.

Os animais eram pescados com armadilhas no rio Tietê e seus afluentes nos arredores de S. Paulo e conduzidos para o laboratório onde estacionavam em aquários com água corrente da torneira. Depois de alguns dias eram transferidos para aquários de vidro de capacidade de 3.000-5.000 cm³ com água destilada. Antes de colocá-los nos aquários, era determinada a percentagem de saturação da água correspondente. Mantidos os aquários nos laboratórios, no sub-solo, onde a temperatura não variava mais que 2°C, verificou-se que o limite de saturação de oxigênio da água destilada permanecia entre 50-70 % a 19°-20°C. Para se obterem saturações mais elevadas, os aquários eram insuflados com oxigênio puro, conseguindo-se assim até o máximo de 222,2% de saturação. Algumas vezes a insuflação foi feita com ar e, nêstes casos, as saturações ficavam ao redor de 90%. Para as saturações abaixo de 50 % foi empregado o método de deixar os animais durante horas dentro do aquário cuja superfície era recoberta por uma camada de 5 cms. de espessura de óleo de parafina, segundo a técnica indicada por Helff (1928, p. 79) Desta maneira, foram conseguidas saturações até o mínimo de 29,5 %.

A ordem das pesquisas foi sempre a seguinte: primeiramente se determinava a percentagem de saturação da água, depois os *Tr.* eram previamente pesados e colocados um em cada aquário com a superfície líquida protegida por uma camada de 5 cms. de altura com óleo de parafina. A seguir, de hora em hora, geralmente a partir das 8 hs. a.m., eram feitas as demais determinações pelo método de Winkler modificado por Birge e Juday (1911, p. 13). Retiraram-se de cada vez 30-50 cm³ de água para as dosagens. Por via de regra, logo que tocava o fundo do aquário, o animal aí ficava imobilizado e assim permanecia durante todo o tempo das experiências. Geralmente, os animais experimentados haviam passado pelo menos 24 horas em jejum. Nenhum caso de muda ocorreu durante as experiências. Outros pormenores da técnica serão referidos na parte experimental correspante.

A percentagem de saturação foi determinada pela fórmula de Birge e Juday. A fim de evitar o uso do agitador d'água, vali-me do método recomendado por Sawaya (1945) que consiste em usar um sifão de vidro com a haste que mergulha no aquário perfurada em várias alturas. Com isto, obtem-se água de vários extratos durante a sifonagem.

3. Parte experimental: Consumo de oxigênio por *Tr. petropolitanus*.

a) Influência das tensões médias.

Exemplares de *Tr. petropolitanus* de pêsos compreendidos entre 7-11 gr. foram submetidos a diferentes percentagens de saturação, sendo de 50% o valor mínimo e 68,9% o máximo iniciais nesta série de experiências. O valor mais baixo atingido foi de 43,3% nesta série de pesquisas. A maior variação de tensão entre duas horas consecutivas foi de 7,3% (exp. n. 2). A

média dessa variação foi, porém, de 4% quando comparadas as tensões da primeira e da segunda hora e de 2,3% entre a da segunda e da terceira hora. Ao cabo de cada hora, não foi renovada a água do aquário, de modo que, em virtude do metabolismo do animal, a tensão do oxigênio abaixou gradativamente. Os resultados acham-se expressos na tabela I.

TABELA I

Variação no consumo de oxigênio de *Trichodactylus petropolitanus* submetidos a tensão inicial média.

(Valores reduzidos a 0°C e 760 mm de Hg)

Experiência N.º	Animal		1.ª hora		2.ª hora		3.ª hora	
	Sexo	(gr.) Peso	tensão (%)	consumo (cm³/1/h)	tensão (%)	consumo (cm³/1/h)	tensão (%)	consumo (cm³/1/h)
1	fem.	7,0	63,4	0,208	60,0	0,144	57,6	—
2	fem.	9,0	60,0	0,471	52,7	0,164	50,3	—
3	fem.	9,0	67,0	0,147	64,6	0,190	61,6	0,081
4	fem.	9,0	50,7	0,251	46,7	0,168	44,0	0,084
5	fem.	10,0	52,7	0,384	46,7	0,163	44,4	—
6	fem.	10,0	66,1	0,147	63,7	0,076	62,5	0,120
7	fem.	10,0	52,0	0,316	47,0	0,247	43,3	—
8	fem.	10,0	66,3	0,152	63,9	0,197	60,8	0,123
9	masc.	10,5	56,4	0,084	55,1	0,180	52,4	—
10	masc.	10,5	68,9	0,161	66,3	0,250	62,2	0,086
11	fem.	11,0	59,4	0,451	52,3	0,101	51,1	—
12	fem.	11,0	68,3	0,294	64,0	0,089	62,7	0,185
Média				0,253		0,164		0,113

Como decorre do exame dessa tabela, os *Tr.* nas condições experimentais mencionadas, consumiram mais oxigênio na primeira hora. Esse consumo decresceu sucessivamente nas horas subseqüentes (em média: 0,253 na 1.ª, 0,164 e 0,113 na 2.ª e 3.ª hora). Embora a variação das tensões iniciais não tivesse sido excessiva, entre 50,7% e 68,9%, a quantidade de oxigênio consumida pelos animais variou em maior extensão, de 0,084 e 0,471 na 1.ª hora. Essa variação não pode correr por conta do peso, porquanto todos os animais da experiência apresentaram pesos próximos. Na 2.ª e na 3.ª hora o mesmo fenômeno se observa, pois que as tensões oscilaram entre 46,7% e 66,3% (2.ª hora) e entre 43,3% e 62,7% (3.ª hora), e os consumos variaram respectivamente entre 0,076 e 0,250 (2.ª hora) e 0,081 e 0,185 (3.ª hora). Nota-se ainda mais que, ao cabo da 2.ª hora, houve uma variação menor no consumo do oxigênio (0,250-0,076) ou sejam 16,4% em oposição a 25,3% do consumo da 1.ª hora. Essa variação foi ainda menor na 3.ª hora (0,185-0,081) correspondendo a 11,3%.

Com exceção do *Tr.* da experiência n. 4, em que o consumo do oxigênio foi decrescendo da 1.ª para a 3.ª hora, nas demais sempre houve uma alternância no consumo, i. é, a um menor gasto de oxigênio seguiu-se um gasto maior, seja da 1.ª para a 2.ª ou desta para a 3.ª hora, e vice-versa, embora as saturações correspondentes tenham crescido continuamente.

b) Influências das tensões baixas.

Nesta série de experiências os animais foram submetidos, logo de início, a tensões baixas, obtidas segundo a indicação da p. 89. Uma vez determi-

nadas as concentrações iniciais do oxigênio na água, aqui considerada como de tensão baixa (entre 48,8% e 29,4%), o crustáceo era aí colocado e a seguir, em horas consecutivas, faziam-se as determinações. A temperatura oscilou entre 19-20°C. Foram usados animais de 10-12 gr. A maior variação de tensão entre duas horas consecutivas foi de 4%. Em média, entre a 1.a e a 2.a hora houve uma variação de 3,1% e de 2,2% entre a 2.a e a 3.a, e entre esta e a 4.a hora, respectivamente. Foram registrados nesta parte do trabalho quatro casos de reversão de oxigênio pelos animais, fato que será objeto de estudo mais adiante (p. 92). A tabela II, dá conta dos resultados.

TABELA II

Varição no consumo do oxigênio de *Trichodactylus petropolitanus* submetidos a tensão inicial baixa.

(Valores reduzidos a 0°C e 760 mm de Hg)

Expe- riência N.º	Animal		1.ª hora		2.ª hora		3.ª hora		4.ª hora	
	Sexo	Peso (gr.)	tensão (%)	consumo (cm ³ /1/h)	tensão (%)	consumo (cm ³ /1/h)	tensão (%)	consumo (cm ³ /1/h)	tensão (%)	consumo (cm ³ /1/h)
13	fem.	10,0	47,3	0,136	45,1	0,225	41,5	0,090	40,1	—
14	fem.	10,0	39,6	0,197	36,2	0,079	35,2	0,080	33,9	—
15	masc.	10,5	39,6	0,191	36,6	0,077	35,3	0,153	32,9	—
16	fem.	11,0	48,8	0,230	45,0	0,153	42,6	0,248	38,6	—
17	fem.	12,0	35,8	0,336 _y	41,0 _x	0,165 _y	—	—	—	—
18	fem.	12,0	30,7	0,090 _y	32,2 _x	0,171	29,4	0,113 _y	31,3 _x	—
	Média			0,188		0,141		0,114		—

x — casos de reversão de oxigênio.

y — valores que, por serem de casos de reversão, não foram computados para o cálculo das médias.

Como se vê, também a partir de baixas tensões, a média dos consumos de oxigênio continuou decrescente desde a primeira hora (0,188-0,141-0,114). No cômputo das médias não foram, naturalmente, levados em conta os casos de reversão que constam da tabela. A variação das tensões foi de 30,7% a 48,8%, e o consumo do oxigênio pelos *Tr.*, excetuados os casos de reversão, manteve-se entre 0,136 a 0,230 na primeira hora. Como nas tensões médias, o pêso aqui também não exerce influência. Na 2.a hora, as tensões mantiveram-se entre 36,2% e 45,1% e o consumo entre 0,077 a 0,225. Finalmente, na 3.a hora, para uma variação de 35,2% a 42,6% nas tensões, correspondeu uma do consumo entre 0,090 a 0,248. Tanto quanto é possível deduzir da tabela, os animais demonstram ter capacidade de regulação respiratória, porquanto, em todos os casos, exceto os de reversão, não diminuíram, senão nos valores médios, o consumo com o abaixamento progressivo da tensão e ofereceram valores para o consumo bastante variados.

Tal como aconteceu com os *Tr.* submetidos a tensões entre 50,7% e 68,9% (tab. I) aqui também se nota a alternância no consumo de oxigênio, i. é, a um menor gasto segue-se às vêzes um maior consumo e vice-versa. Este fenômeno é, no caso presente, mais acentuado que nos da tab. I.

c) **Influência das tensões altas.**

Os *Tr.* foram sujeitos a tensões desde 76,1% a 222,2% de saturação. A temperatura manteve-se entre 15,5°-25,2°C. Os animais pesavam entre 7-12,4 gr. Cumpre notar que os aquários nesta série estiveram no laboratório, onde a variação da temperatura foi sensível, o que não ocorreu no quarto do sub-solo, como nas experiências anteriores.

TABELA III

Variação no consumo de oxigênio de *Trichodactylus petropolitanus* submetidos a tensão inicial alta.

(Tensões expressas em percento de saturação e consumo em cm³/1/h reds. a 0°C e 760 mm Hg)

Experiência N.º	Animal		1.ª hora		2.ª hora		3.ª hora		4.ª hora		5.ª hora		6.ª hora	
	Sexo	Peso (gr.)	tensão	consumo										
19	fem.	7,0	197,5	0,160	196,7	0,460	187,5	0,000	187,5	—	—	—	—	—
20	ind.	8,0	100,2	0,330	96,7	0,430	91,0	—	—	—	—	—	—	—
21	ind.	8,0	222,2	1,550	—	—	176,5	1,570x	170,1	0,650	163,3	0,910	152,5	0,610
22	ind.	11,8	126,7	0,540	121,8	0,370	112,0	—	—	—	—	—	—	—
23	ind.	11,8	91,5	0,520	84,0	0,610	74,7	—	—	—	—	—	—	—
24	ind.	12,4	87,8	1,810	59,3	0,480	52,5	—	—	—	—	—	—	—
25	ind.	12,4	76,1	0,440	68,6	0,210	66,9	—	—	—	—	—	—	—
Média				0,764		0,426		—		—		—		—

x = consumo referente a duas horas.

Analisando-se os dados da tabela, nos casos em que foi possível calcular a média, é patente que também aqui, o consumo foi maior na primeira hora que na subsequente. De um modo geral, o consumo considerado pelos valores médios, embora notavelmente mais alto do que nos casos de concentrações médias, não está condicionado às tensões, quando analisado isoladamente. sendo inúmeros aqueles em que numa tensão mais baixa o consumo foi mais elevado. O maior consumo verificado (1,810) não correspondeu à maior tensão. O que mais ressalta do exame da tabela III é o fato de o consumo médio, em altas tensões, ser quase de 3,5 vezes maior do que em tensões médias e de 4 vezes maior do que o das baixas tensões.

Somente no único caso em que foi feita a dosagem durante sete horas consecutivas é que se pode distinguir uma alternância no consumo, tal como já foi indicado nas dosagens das experiências antecedentes.

d) **Reversão de oxigênio por "Trichodactylus" em baixas tensões.**

Em quatro casos, todos referentes a um mesmo animal, foram registradas reversões de oxigênio ao meio ambiente. Pelo termo reversão indico, seguindo a Helff (1. c., p. 94), os casos de, na determinação do consumo do oxigênio pelo *Tr.*, encontrar maior quantidade de oxigênio na água que na determinação antecedente.

TABELA IV

Reversão de oxigênio por *Trichodactylus petropolitanus* sob diferentes tensões.

(Valores reduzidos a 0°C e 760 mm de Hg)

Experiência N.º	Animal		Data	Dur. da exper. (em horas)		Temper. água (em °C)		Tensões (%)		Aumento de oxigênio (cens./litro)
	Sexo	Peso		Início	Fim	Inicial	Final	Inicial	Final	
17	fem.	12,0	5.3.45	9,00	10,00	19,5	19,5	35,8	41,0	0,336
17	fem.	12,0	5.3.45	10,00	11,00	19,5	19,5	41,0	43,6	0,166
18	fem.	12,0	6.3.45	8,40	9,40	19,9	19,0	30,7	32,2	0,096
18	fem.	12,0	6.3.45	10,40	11,40	19,0	19,0	29,4	31,3	0,113

Pelos dados da tabela vê-se que a maior reversão não corresponde à menor tensão inicial da experiência. Importante, contudo, é frisar que os casos de reversão se passaram todos com o mesmo animal, em baixas tensões e ocorreram em sucessão cronológica (exp. n. 17 e 18)

4. Discussão.

Pelos resultados das experiências realizadas, nota-se que *Tr. petropolitanus* quando submetido às tensões altas, médias e baixas de oxigênio, apresenta comportamento que varia de acordo com o teor da saturação do gás na água.

Nas tensões médias a variação do consumo foi de tal ordem em relação às percentagens de saturação do oxigênio na água, que se pode dizer que o consumo de oxigênio, em tais condições, independe, sob certos aspectos, das tensões. Todavia, os dados das experiências indicam que os *Tr.*, em geral, diminuem, quando se levam em conta apenas os valores médios, o consumo do oxigênio da primeira para a terceira hora, não obstante haver casos de maior consumo na segunda. Digno de nota, quando se consideram os casos isoladamente, é a verificação da alternância do consumo, quer dizer, a um consumo mais baixo numa determinada hora segue sempre um mais alto e vice-versa. Tais fenômenos são indicativos de uma capacidade de regulação respiratória por parte dos *Tr.* Os mesmos fenômenos são observáveis quando os animais se encontram em meio de baixas tensões de oxigênio. Nesses casos, porém, o decréscimo do consumo do oxigênio é mais uniforme, como se vê pela comparação dos dados das tabelas I e II. A tensão mais baixa de oxigênio conseguida foi de 29,4%, a qual se revelou insuficiente para determinar a perda da capacidade regulatória, e subsequente asfixia do animal. Talvez esse fato corra por conta da capacidade excepcional que o *Tr.* apresenta de reverter o oxigênio ao meio ambiente. Não me foi possível, nesta série de experiências, obter tensões inferiores a 29,4% a fim de determinar o limite inicial daquela reversão.

Quanto às tensões altas, os *Tr.*, em geral, aumentam o consumo do oxigênio com o aumento das tensões. Porém, tal aumento não se dá integralmente proporcional às tensões, pois que é bastante variável, havendo mesmo

casos de, em tensões menores, dar-se um consumo maior. Na média, todavia, pode-se dizer, à vista dos dados da tabela III, que o consumo correspondente é cêrca de 3,5 vêzes mais que nas condições das tensões da tabela I. Isto se verifica, devo acentuar, para a primeira hora em que, também aqui nas altas tensões, o consumo é sempre maior. Pela tabela III nota-se que nas condições de supersaturação o consumo de oxigênio é bastante elevado, o que estaria a indicar uma certa dependência da tensão. Não resta dúvida, se compararmos os dados das três tabélas no seu conjunto, que os *Tr.*, à medida que dispõem de maior quantidade de oxigênio gastam mais o gás, e, vice-versa, quando o meio ambiente se empobrece desse gás os animais restringem o seu consumo, até o limite de, para equilibrarem as tensões, os *Tr.* emitirem o oxigênio de reserva. Isto quer dizer que, embora haja variação do consumo nas diversas tensões do gás na agua, ocorre um certo ritmo de consumo do gás pelo animal. Com a designação de ritmo de consumo desejo indicar o fenômeno que se percebe muito bem quando, à vista dos valores médios em cada hora o consumo vai crescendo à medida que as tensões vão aumentando, isto é, maior quantidade de oxigênio é posta à disposição do animal. Em virtude, porém, da não correspondência absoluta entre o consumo de oxigênio e as tensões em cada uma das séries de tensões (baixas, médias e altas) tal dependência é apenas parcial. Tenho para mim que êste fenômeno se explica pela capacidade que os *Tr.* possuem de regular o consumo do oxigênio. Tanto assim que, quando as tensões são muito baixas, os *Tr.* procuram restabelecer o equilíbrio ao mesmo tempo diminuindo o consumo e revertendo o oxigênio para o meio ambiente.

A reversão do oxigênio nos Crustáceos foi assinalada por Helff (1928, p. 94) em *Cambarus immunis* ao notar a libertação de oxigênio na água do animal, quando as tensões do gás eram muito baixas. Helff atribui o fenômeno à possibilidade de uma perda temporária ao poder das células de reterem uma reserva suplementar de oxigênio. Acentúa que, uma vez surgida a reversão num animal, há maiores possibilidades de ela aparecer novamente, em especial quando se inicia a asfixia. Não posso dizer que a sugestão de Helff não seja aceita para o Crustáceo objeto de suas investigações. Aqui, porém, em *Trichodactylus*, parece-me que a reversão não se dá por uma perda temporária do poder de retenção do oxigênio pelas células do corpo, mas a meu vêr, o fato dêstes Braquíuros serem capazes de respiração aérea, está a indicar talvez uma possibilidade de manterem, na câmara branquial, ar de reserva, o qual seria expulso no instante necessário quando o desequilíbrio se estabelecesse por causa das tensões baixas. Penso que assim se explicaria o fato de encontrar-se, num determinado momento, maior quantidade de oxigênio, que na dosagem antecedente. E' possível também que existam em *Tr. petropolitanus* os lagos sanguíneos abaixo do epitêlio vascular da câmara branquial, tal como Carter (1931, p. 16), em rápida nota, assinala em *Tr. orbicularis*. Se assim for, a hipótese de ser o oxigênio liberto da massa do sangue quando as tensões decrescem, deverá ser também lembrada, uma vez que êste fato não é raro ocorrer nos Crustáceos, como bem o demonstrou Segaar (1935, p. 502) em *Astacus fluviatilis*. Diz êste autor que o fenômeno está relacionado com o que chama inibição homolateral reflexa da respiração, i. é, o mecanismo de ventilação diminui ou cessa os seus movimentos quando a tensão decresce abaixo de certo nível, tanto no meio externo como no interno (interior do animal, portanto o sangue)

Embora seja o meu material bastante diferente do de Helff, a semelhança dos métodos adotados e os resultados obtidos podem permitir um confronto visto como, em algumas vezes, me foi possível confirmar as deduções desse autor. Assim é que, tanto *Tr. petropolitanus* como *C. immunis* respiram mais na primeira hora que na segunda e mais nesta que na terceira, isto se se levarem em conta apenas os valores médios obtidos (v. tabelas I, II, III). Helff atribui êste fato ao aumento de temperatura cada vez maior da água nas horas sucessivas. No meu caso, porém, tendo trabalhado, quase sempre, em ambiente em que a temperatura apenas variava de 1-2° durante todo o curso das experiências, não é possível dar essa interpretação ao fenômeno. Quero crêr se deva antes levá-lo à conta do fato de passarem os animais da água corrente da torneira para a água destilada. Seria possível também responsabilizar o fenômeno por uma influência de pH, pois que em geral a água da torneira tinha um pH por volta de 8, enquanto que a água destilada o apresentava entre 6 e 6,5. Além disso, julgo que o fato de, na primeira hora, os *Tr.* terem à sua disposição maior quantidade de oxigênio, não é sem importância para a explicação do referido fenômeno. Ainda mais, Helff julga que o peso dos *Cambarus* tem influência no consumo do oxigênio, pois os animais mais velhos, portanto mais pesados, são menos capazes de regular a respiração. O mesmo não posso afirmar quanto ao *Tr.*, visto como nenhum efeito observei quanto ao peso dos animais, com referência à capacidade de regulação.

Das experiências efetuadas decorre a verificação de possuírem os *Tr.* uma capacidade de regulação da respiração. Quanto ao mecanismo regulador, sua identificação exige outras experiências que ainda não me foi possível realizar. Lembro apenas que para Segaar (1. c.) a regulação respiratória de *Astacus fluviatilis* é um fenômeno reflexo dependente das tensões baixas dos meios interno (do animal) e externo, e da ventilação pelo escafognatito. No meio interno do animal tanto Segaar (1. c.) como Kalmus (1930, p. 755) assinalam a hemocianina como elemento de importância para a regulação respiratória.

Finalmente, os resultados agora conseguidos com *Tr. petropolitanus* submetidos às diferentes tensões de oxigênio, podem ser assim sumariados:

- 1 Quando *Tr. petropolitanus* é submetido em ambiente confinado a diferentes percentagens iniciais de saturação do oxigênio na água, o consumo do gás durante a primeira hora é sempre maior, em média, que os das horas subsequentes.
2. Em certos casos ocorre uma alternância no consumo do oxigênio, a saber, ao maior consumo segue-se um abaixamento, e a êste novamente um aumento do consumo.
3. Dentro dos limites estabelecidos para as tensões chamados altas, médias e baixas, o consumo do oxigênio por *Tr. petropolitanus* é bastante variável, mas, tomando-se como referência o consumo médio dentro de uma mesma série de tensões, os *Tr.* mostram evidente dependência parcial do consumo da tensão do oxigênio do meio ambiente.
4. *Tr. petropolitanus* apresenta o fenômeno chamado da reversão do oxigênio, i. é., quando as tensões do oxigênio decrescem acentuadamente (em torno de 30% de saturação) o animal expulsa oxigênio do corpo, na ten-

tativa de restabelecer a tensão mínima necessária para possibilitar a respiração.

5. O fenômeno da reversão é discutido no presente trabalho.
6. Os pêsos dos animais não influem sobre o consumo do oxigênio.

5. Summary

THE EFFECT OF OXYGEN TENSION ON OXIGEN CONSUMPTION IN *Trichodactylus petropolitanus* GOELDI (Crustacea, Brachyura)

The relation of oxygen consumption to oxygen tension has been determined in *Trichodactylus petropolitanus* Goeldi, the common water crayfish living in the streams of the outskirts of S. Paulo.

The animals were collected and brought to the laboratory where they spend from two to four days before the beginning of the experiments.

Oxygen consumption per hour was determined by the Birge and Juday's (1911) modification of the Winkler method. Only single animals were tested. 3.000 - 5.000 cm³ glass jars were filled with distilled water and the surface protected with 5 cm high column of vaseline oil. Suitable outlet tubes were employed as indicated by Sawaya (1945). Several jars have been placed in the laboratory-room where the variation of the temperature did not vary more than 2°C.

The high oxygen tensions were obtained by insufflation of pure oxygen into the water. To secure water of low oxygen tension Helff's method (1928, p. 79) was employed. The oxygen tensions between 76,1 to 222,2; 50,7 to 68,3 and 47,3 to 29,4 were considered high, moderate and low tension respectively.

The experiments were usually started at 8:00 a.m., and the oxygen consumption determinations were made at the end of each hour thereafter. The samples were drawn from the flasks and immediately titrated to avoid possible errors due to standing. For the titration 30-40 cm³ samples were drawn each hour. The water drawn was not replaced by water of any tension. In this way the oxygen tension lowered at each hour.

When placed into the jars filled with distilled water *Tr.* remained inactive at the bottom during all the time of the experiments. *Tr.* are very sensitive to light, so the jars were placed into an under-ground room where deam light and constant temperature were favourable to the animals. These were weighed before each series of experiments. The oxygen consumption was calculated in cm³/liter/hour.

In a previous work (Valente 1943, p. 306) it was stated that the animals show considerable variation of the oxygen consumption.

No case of moult was observed during the course of these experiments.

The results from three series of tests, with *Tr. petropolitanus* submitted to high (Table III) moderate (Table I) and low tensions (Table II) may be summarised as following:

1. The oxygen consumption of *Trichodactylus petropolitanus* has been studied at different oxygen tensions. For the majority of tested animals the

amount of oxygen consumption during the first hour is greater than that consumed during the following hours. The average computed of the oxygen consumption of the first hour is always greater than in the following.

2. In some cases there is relatively high and low amounts of oxygen consumption on alternate hours.

3. The variation in oxygen consumption of animals tested hourly in water of each series of experiment of determined oxygen tension is very high. However, as an average, in the same series the variation of oxygen consumption indicated that *Tr.* is not entirely independent of the oxygen tensions.

4. In four cases *Tr.* submitted at low oxygen tensions (about 30%) appeared practically to stop respiration, and the tests for such periods indicated and increase of the oxygen of the water, presumably released by the animal. This phenomenon is called reversal of oxygen and it is presumed that *Tr.* adds oxygen to the water, probably in order to re-establish the oxygen tension.

5. The reversal of oxygen to water by *Tr.* seems due to some peculiarities of the respiratory system of this crayfish. *Tr. petropolitanus* lives in waters of low oxygen tensions and is able to remain out of water during a period of 24 hours, more or less.

6. Weight and age of *Tr.* have no influence on variation of oxygen consumption.

BIBLIOGRAFIA.

- 1 — AMBERSON, W. R., Mayerson, H. S. & Scott, W. J. — (1924-25) — The influence of oxygen tension upon the metabolic rate in Invertebrates. — Jour. Gen. Physiol., v. 7, pp. 171-176. New York.
- 2 — BIRGE, E. & Juday, C. (1911) — The inland lakes of Wisconsin. — Wisconsin Geol. & Nat. Hist. Surv. Bull. v. 22, Ser. Scient. n. 7, 250 pp. Madison.
- 3 — BRUNOW, H. (1911) — Der Hungerstoffwechsel des Flusskrebsees. — Zeitsch. f. allg. Physiol., v. 12, pp. 215-276. Berlin.
- 4 — CARTER, G. S. (1931) — Aquatic and aerial respiration in animals. — Biol. Rev., v. 6, n. 1, pp. 1-35. Cambridge.
- 5 — HÉE, A. & Bonnet, R. (1925) — Influence de la teneur en oxygène du milieu sur l'intensité respiratoire des animaux poikilothermes et des végétaux. — Arch. Internat. Physiol., v. 25, pp. 279-290. Liège.
- 6 — HELFF, O. M. (1929) — The respiratory regulation of the crayfish, *Cambarus immanis*. — Physiol. Zool., v. 1, pp. 76-96. Chicago.
- 7 — HENZE, M. (1910) — Über den Einfluss des Sauerstoffdrucks auf den Gaswechsel einiger Meerestiere. — Biochem. Zeitsch., v. 26, pp. 255-278. Berlin.
- 8 — HYMAN, L. H. (1929) — The effect of oxygen tension on oxygen consumption in *Planaria* and some Echinoderms. — Physiol. Zool., v. 2, pp. 505-533. Chicago.
- 9 — KALMUS, H. (1930) — Untersuchungen über die Atmung des Flusskrebsees *Potamobius astacus* Leach. — Zeitschr. vergl. Physiol., v. 12, pp. 725-759. Berlin.
- 10 — LUEDERWALDT, H. (1919) — Os manguaesas de Santos. — Rev. Mus. Paul., v. 11, pp. 309-409. São Paulo.
- 11 — MOORE, B., Edie, E. S., Whitley, E. & Dakin, W. J. (1912) — The nutrition and metabolism of marine animals in relationship to (a) dissolved organic matter and (b) particulate organic matter of sea-water. — Biochem. Jour., v. 6, pp. 255-296. London.
- 12 — SAWAYA, P. (1945) — Eficácia da camada de oleos vegetais e minerais como agente de proteção contra o oxigênio do ar. — Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr., Zoologia 10, no prélo.
- 13 — SEGAAR, J. (1935) — Die Atmungsbewegungen von *Astacus fluviatilis*. — Zeitsch. vergl. Physiol., v. 21, pp. 492-515. Berlin.
- 14 — VALENTE, D. (1943) — O efeito de número sobre o consumo de oxigênio por Crustáceos Decápodos. — Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo, v. XXXII, Zool. n. 7, pp. 305-310. S. Paulo.