

Sôbre o consumo de oxigênio por alguns peixes fluviais neotrópicos. (*Cichlidae* - gen. *Cichla* e *Astronotus*)

por Paulo Sawaya

(Laboratório de Fisiologia Geral e Animal —
Departamento de Zoologia da Universidade de
São Paulo)

(3 Gráficos no texto)

	PÁGS.
1. Introdução	335
2. Material e métodos	337
3. Parte experimental	
a) Tucunarés híbridos (<i>Cichla temensis</i> Humboldt x <i>C. ocellaris</i> Bloch & Schneider)	338
b) Tucunarés putanga (<i>Cichla</i> sp.)	339
c) Apaiaris [<i>Astronotus ocellatus</i> (Spix)]	340
4. Discussão e resultados	341
5. Summary	349
6. Bibliografia	353

Introdução

Uma das características peculiares às águas tropicais é o baixo conteúdo de oxigênio, o que condiciona ambiente especial para uma fauna variada, de que os peixes ocupam lugar de relêvo. Dentre as características destes animais, salientam-se aspectos morfológicos e fisiológicos singulares e excepcionais, muitos já bem esclarecidos por parte de numerosos pesquisadores. Dentre êles, **JOBERT** (1877 e 1878) foi dos primeiros a preocupar-se com a respiração de peixes do Rio de Janeiro e do Amazonas e **CARTER & BEADLE** (1930a, p. 327) concorreram valiosamente, para êste estudo investigando a fauna dos pântanos do Chaco Paraguáio.

No estudo das condições físico-químicas das águas dessa região, êstes autores (1930, p. 205) demonstraram ser extremamente baixa a taxa de oxigênio nela existente. Por sua vez, **WILLMER** (1934, p. 284), durante a viagem da expedição à Guiana Inglesa, conseguiu determinar que varia entre 4.5 — 5.0 ml por litro o conteúdo de oxigênio nos rios e entre 2.5 — 3.5 ml por litro nos riachos. Os dados de **WILLMER** concordam com os de **CARTER** (1934, p. 166) que os obteve das análises das águas dos cursos da mesma região. Este autor, estabelecendo comparações dos resultados das determinações do teor do oxigênio nos riachos e nos brejos das duas zonas supra referidas, concluiu que, tanto no Chaco Paraguáio como na Guiana Inglesa, ocorrem águas quase completamente desprovidas de oxigênio em dissolução. Ainda relativamente às condições físico-químicas de cursos d'água e de açudes são de citar-se as pesquisas de **WRIGHT** (1934, 1936, 1937 e 1938) elaboradas no Nordeste Brasileiro e nas vertentes do Alto da Serra em São Paulo (1936). Nêste Estado mencionam-se as investigações de **JESUS NETTO** (1933) sôbre o Rio Tieté e as de **KLEERKOPER** sôbre a represa de Santo Amaro (1939, p. 13), a bacia do Mogi Guassú (1941) e a lagôa de Quadros (1945) localizada esta última no Rio Grande do Sul. Estudos físico-químicos foram ainda feitos por êste limnologista em Pirassununga (1940), E. São Paulo, ao inquirir as causas da mortalidade de peixes habitantes dos tanques de criação.

À vista das mencionadas particularidades das águas das regiões tropicais assinaladas acima, é natural que a fauna ictiológica possua características próprias, como acontece, por exemplo, com o acentuado número de peixes que não dispensam respiração aérea e possuem órgãos acessórios especializados para essa respiração, entre os quais se enumeram não sômente a bexiga natatória, como diversas formações de natureza epitélivo-vascular em comunicação com o tracto digestivo. Dêstes órgãos e a sua função, **RAUTHIER** (1910, p. 517), **WINTERSTEIN** (1921, p. 150), **LEINER** (1938, p. 62), **KROGH** (1941, p. 44), principalmente, resumem o que há de essencial na extensíssima bibliografia antiga e moderna.

Alguns representantes típicos dessa fauna ictiológica mereceram, entre nós, a atenção de VON IHERING (1929, 1930) e de seus colaboradores, citando-se entre eles GUIMARÃES & BERGAMIN (1934, p. 50), que estudaram o consumo do oxigênio de algumas espécies muito freqüentes nos rios de São Paulo, e AZEVEDO (1938, p. 211) que, no decorrer de suas pesquisas relativas à piscicultura, contribuiu com vários dados sobre a biologia de peixes do Nordeste.

A maneira por que alguns peixes neotrópicos reagem a essas condições excepcionais, pareceu-me digna de estudo, por ser, sem dúvida, um dos índices significativos de sua complexa biologia.

Em julho de 1944 tive oportunidade de estagiar em Belém do Pará, freqüentando o Museu Paraense "EMILIO GOELDI", e, graças ao convite e à extrema gentileza de seu então diretor, Dr. CARLOS ESTEVÃO DE OLIVEIRA, foi-me possível efetuar algumas experiências, servindo-me dos mais expressivos e importantes espécimes de peixes da região. Ao tempo em que permaneci em Belém, a secção de piscicultura do mencionado Museu achava-se interessada na criação de peixes amazônicos destinados a povoar, principalmente, os açudes do Nordeste. Eram, no momento, relativamente abundantes algumas *Cichlidae* (gen. *Cichla*) — Tucunarés e Apaiaris —, *Arapaimidae* [*Arapaima gigas* (CUVIER)] — o famoso Pirarucú —, tôdas espécies muito importantes sob o ponto de vista econômico, e outras de interêsse exclusivamente científico, como a celebre *Lepidosiren paradoxa* FITZ., a conhecida Traira-boia. Tanto desta última como do Pirarucú, por serem peixes tipicamente de respiração aerea, ocupar-me-ei em outro artigo (veja SAWAYA 1946, neste Boletim p. 255).

No presente trabalho, levando em conta, principalmente, as qualidades físicas e químicas da água, e mais precisamente, o seu baixo teor em oxigênio, pretendo tratar exclusivamente das Cíclidas citadas, dando aqui os resultados das medidas relativas ao consumo de oxigênio.

O curto período de tempo que estacionei em Belém, e o pequeno número de animais disponíveis, impediram-me de estender minhas investigações a outros pontos da respiração destes peixes, não me sendo possível nem mesmo determinar os valores referentes ao gás carbônico. Além disso, os recursos reduzidos com que pude contar, não obstante a grande benevolência e boa vontade do Diretor do Museu e seus dedicados auxiliares da secção de piscicultura, não me facultaram pesquisas acuradas, pelo que o presente trabalho traz, antes, as características dos trabalhos de campo, em que predominam observações de ordem ecológica. Com isto quero dizer que me preocupei mais com o comportamento dos peixes estudados, quando submetidos a tensões relativamente baixas do oxigênio, em ambiente fechado, do que com o próprio mecanismo respiratório, não obstante representar este último ponto, sem dúvida, tema bastante sugestivo e digno de atenção, especialmente por se tratar de espécies de peixes que apresentam, como se verá, modalidades singulares de absorção do oxigênio indispensável à manutenção da vida.

Os Tucunarés e os Apaiaris aqui estudados são, depois do Pirarucú, segundo indicam COUTO DE MAGALHÃES (1931, p. 223), EIGEMANN & ALLEN (1942, p. 402), ambos corroborados por ESTEVÃO DE OLIVEIRA (1944, p. 105), as espécies de maior importância econômica local, cuja

aclimação aqui no Sul agora se tenta com certa intensidade. Aqui está mais uma razão que me levou a efetuar as experiências que se seguem, procurando investigar alguns pontos de metabolismo destes peixes, o que se coaduna com o programa de estudos atualmente em desenvolvimento no Laboratório de Fisiologia Geral e Animal do Departamento de Zoologia da Universidade de São Paulo.

2

Material e Métodos

Dos tanques de criação do Museu Paraense "EMILIO GOELDI" foram selecionados quatro lotes de peixes, cada um com exemplares aproximadamente da mesma idade, peso e tamanho, a saber: um lote de Tucunarés ali chamados de híbridos por resultarem do cruzamento de T. tinga x T. assú (*C. temensis* HUMBOLDT x *C. ocellaris* BLOCH & SCHNEIDER); um de Tucunarés putanga (*Cichla* sp.) e, finalmente, um lote de Apaiaris [*Astronotus ocellatus* (SPLX)]. Todos os espécimes achavam-se em excelentes condições de vida, sendo retirados dos tanques onde se criaram segundo o processo descrito em outro trabalho (SAWAYA & MARANHÃO, v. êste Boletim p. 357). Houve cuidado em escolher os exemplares em período de repouso sexual, pois, é sabido, êstes peixes, como as demais Cichlidas, na época do cio, são geralmente irrequietos e brigadores. O seu metabolismo, é natural, deverã diferir muito numa e noutra destas fases da vida.

Um aquário com cêrca de 24 litros de água da torneira, recebia um peixe para cada série de experiências. Em amostras de 50-100 ml dosava-se previamente o têor de oxigênio da água pelo método de WINKLER, segundo a modificação de BIRGE & JUDAY (1911), e depois, então, era o animal, que havia jejuado 24 horas, colocado no aquário e o líquido protegido contra o ar por uma camada de óleo mineral, de espessura de 3 a 4 cms. Cada meia hora seguinte colhiam-se as amostras, por sifonagem, para avaliação da taxa de oxigênio.

Registraram-se, sistematicamente, o pH determinado pelo método colorimétrico de FREYE e os pêsos dos animais, sendo êstes apenas antes do início de cada experiência.

O aquário permaneceu no laboratório de piscicultura do Museu, próximo a uma janela. Dentro do prazo de cada série experimental, geralmente duas horas, a temperatura, anotada no princípio e no fim dos trabalhos, não sofreu variação, em geral, além de um grão.

Embora não anestesiados, os peixes permaneceram quietos no meio da massa líquida. Muito poucos os que, de vez em quando, se moviam para uma ou outra extremidade do aquário.

Aproveito a oportunidade para agradecer a inestimável cooperação do pessoal técnico da Secção de Piscicultura do Museu Paraense "Emilio Goeldi", Srtas. Alba de Albuquerque Maranhão, Stella Sylvia Lima e Inah da Motta Silveira que me auxiliaram na obtenção dos peixes e nas análises da água. Ao saudoso Dr. Carlos Estevão de Oliveira, então Diretor do referido Museu, consigno aqui minhas homenagens pelas facilidades que me proporcionou, facilitando-me sobremaneira a minha tarefa. Aos Drs. Rubens Salomé Pereira e Michel Pedro Sawaya estendo êstes agradecimentos pela revisão crítica deste trabalho.

3

Parte experimental

a) Tucunarés híbridos (*Cichla temensis* Humboldt x *C. ocellaris* Bloch & Schneider)

Os peixes de pêso compreendido entre 110 e 180 grs foram depositados, um em cada série de experiências, no aquário com água corrente da torneira. Depois de certo tempo, geralmente de meia a uma hora, o animal ambientava-se ao recipiente e só de quando em quando executava movimentos para um e outro lado. Dispôs o aquário sobre a mesa de trabalho, de modo a evitar o conhecido efeito de número apresentado comumente por certos animais aquáticos, como por exemplo os peixes e os crustáceos (SCHLAIFER 1939, p. 381; GEYER & MANN 1939, p. 429 e VALENTE 1943, p. 305), por via do reflexo das paredes da sala. Nas cinco séries de experiências, as temperaturas estiveram entre 29° e 31,2° C, devendo-se notar, porém, que em cada uma das séries não houve, praticamente, alteração termométrica.

O consumo do oxigênio foi calculado pela diferença entre o teor desse gás no líquido, a partir da dosagem inicial (antes de se depositar a camada protetora de óleo) e as dosagens subsequentes, de 30 em 30 minutos até 2 horas. Os resultados conseguidos acham-se expressos na tabela I, onde se menciona, além do consumo de oxigênio por animal e por hora e por quilo-hora, a percentagem da saturação calculada segundo BIRGE & JUDAY, 1911, p. 18.

Como se poderá ver pelos dados dessa tabela, os Tucunarés híbridos não consomem uniformemente o oxigênio e nem há relação entre a percentagem de saturação do gás e o respectivo consumo, pois enquanto a primeira decresce de modo gradativo (Fig. n. 1), o último oscila notavelmente. Assim, por ex., na experiência n. 3, com saturação inicial de 64.1%, o consumo foi de .260 ml, e na segunda meia hora, a saturação, caindo para 59.3% (diminuição de 8%), o consumo elevou-se para 781 ml (aumento de 300%). Já o peixe n. 5 procedeu de modo completamente diferente, pois a uma saturação inicial de 58.9% corresponde um consumo de oxigênio .583 ml, e na segunda meia hora, decrescendo a saturação para 47.6% (diminuição 19%) o consumo baixou para .346 ml (diminuição de 41%).

Consultando-se ainda a referida tabela, notar-se-á que esta variação do consumo do oxigênio é característica da respiração deste peixe. Vê-se claramente que a percentagem de saturação, como é natural, vai diminuindo sempre, mas o consumo do oxigênio ora se eleva, ora se reduz, independente, portanto, da tensão do gás na água. Não obstante essa falta de correlação entre os dois valores (percentagem de saturação e consumo de oxigênio), verifica-se que, nas séries 1, 2 e 3, a absorção do gás é menor nos trinta minutos iniciais que nos subsequentes, sendo igual na 4 e menor apenas na série 5. Se se prescindir deste último resultado, poder-se-á dizer que os demais, na segunda meia hora, concorrem para afirmar a independência há pouco aludida. Na terceira meia hora os

valores do gasto de oxigênio são ainda mais variados, ora são maiores que os da meia hora antecedente (n. 1 e 4), ora são menores (n. 2, 3 e 5). Na meia hora restante é ainda sensível a variação: aumento do consumo em relação à terceira meia hora (n. 2 e 5) e diminuição desse consumo com os animais 1 e 4. Isto quer dizer que se aproximam muito rapidamente do limiar na asfixia.

O cálculo do consumo do oxigênio por quilograma hora e por animal hora foi feito na base da média dos valores durante as duas horas de duração, tempo máximo de cada experiência, e indica existir proporção inversa entre o peso dos animais e o respectivo consumo do gás: gastam mais oxigênio os peixes de peso menor.

Fato digno de nota é, ao meu ver, a pequena resistência destes Tucunarés ao ambiente do aquário. Dos cinco experimentados, três apresentaram asfixia quando a percentagem de saturação caiu a 20% ou menos (n. 3, 4 e 5). Segundo pude notar no Museu, os tanques que continham estes animais eram ininterruptamente arejados, fazendo-se cair a água de uma torneira colocada bem no alto, distante da superfície líquida, e era também necessário oferecer-lhes água corrente em abundância. Isto significa que estes Tucunarés são exigentes quanto ao oxigênio, que se lhes deve proporcionar continuamente.

Outro ponto que merece registro vem a ser os baixos valores do consumo do oxigênio por quilograma hora, pois varia entre 2.91 e 9.7 ml por litro. Não dispondo de meios adequados para estender estas pesquisas, tive de limitar-me ao uso da água da torneira com a sua percentagem normal de saturação, a qual, como se sabe, é dependente da temperatura. Assim, restringi-me a submeter os peixes às saturações que a água corrente oferecia, e que, na realidade, são muito baixas (máximo de 64.1% e mínimo de 40.1%). Todavia, quer-me parecer que, dada a temperatura quase sempre elevada na dita região (entre 25° e 30°C), sejam estas as condições mais próximas do ambiente natural.

b) Tucunarés putanga (*Cichla sp.*).

Os animais deste lote eram bem menores que os do anterior. O peso não ultrapassou 18,3 grs., sendo o menor de 7 grs. A temperatura manteve-se estável, havendo, apenas na última série (n. 11), uma variação de 2°C. Com exceção do n.º 9, as saturações iniciais foram relativamente baixas, ficando entre 53.9% e 67.0%.

As experiências realizaram-se com as mesmas precauções das anteriores. Os resultados reunidos na Tab. II indicam, também aqui, acentuada irregularidade do consumo do oxigênio em cada período de tempo, permanecendo entre 40 e 90 ml o consumo por quilograma hora.

O exame da referida tabela daria margem a que se repetissem quase as mesmas considerações já feitas ao se comentarem os resultados agrupados na tabela anterior, com exceção do fato de raramente se observarem sintomas graves de asfixia. Somente quando a saturação desceu a 15.7% (n. 6) é que o animal ficou inanimado. Retirado do aquário, recuperou o estado normal depois de uma hora em água fortemente arejada. Pode-se

dizer que também os Tucunarés putanga consomem o oxigênio dissolvido na água independentemente da tensão. Deve-se notar, porém, que não se consegue estabelecer aqui qualquer relação entre os pêsos e os valores referente à absorção do oxigênio. Neste particular chama a atenção o fato do alto consumo (.615 ml por litro) efetuado pelo peixe de menor pêso (n. 8). Em contradição com êste resultado está o que se verifica com o n. 7, que, apenas com uma grama de diferença do anterior, apresenta o menor consumo horário médio (.321 ml por litro). A diferença de saturação inicial em ambos os casos é apenas de 8.6% e a da final de 6.3%, o que, evidentemente, não explica a aludida discrepância. Há apenas a anotar, segundo os dados do respectivo protocolo, que, no caso do animal n. 8, na última meia hora houve acentuada agitação, mas, ainda assim, o consumo correspondente, quando se comparam os dois resultados respectivos, não justifica qualquer referência para uma explicação dêste fato singular.

c) Apaiarís [*Astronotus ocellatus* (Spix)]

Nêste terceiro lote, seguindo-se os mesmos métodos, houve três exemplares de pêsos muito aproximados (n. 12-14) e, iniciaram-se as dosagens com porcentagens de saturação quase idênticas. Nos dois primeiros casos (n. 12 e 13) a saturação final foi a mesma (13.4%) e, à medida que baixava a taxa de oxigênio, também diminuía a do consumo, embora, como nos casos anteriores, sem proporcionalidade entre os valores respectivos. Com o Apaiarí n. 14, porém, os fenômenos ocorreram de modo completamente diverso. Não só as diferenças das porcentagens de saturação foram decrescendo irregularmente, como mais irregular foi o consumo correspondente do oxigênio. Comparando-se, porém, êstes três animais (12-14), nota-se uma estreita relação entre os pêsos e o consumo do oxigênio por quilograma/hora: aos pêsos menores correspondem valores mais baixos dessa taxa.

Com os de n. 15 e 16, de pêso muito maior que o dos precedentes, também foi sensível a variação do consumo de gás. Os resultados destas duas séries não permitem qualquer comparação. Todavia, a saturação final, que corresponde, praticamente, à taxa asfíxica, manteve-se em nível aproximado ao das anteriores. Cumpre notar ainda que, no caso do n. 16, a saturação inicial foi a menos elevada de tôdas. Logo na primeira hora houve sensível consumo de gás (1.161 ml), e nas seguinte os valores mantiveram-se quase num mesmo nível baixíssimo (.138, .148 e .143 ml) em relação ao primeiro, o que fez descer a percentagem de saturação ao nível da zona asfíxica (20.8, 18.3, 15.6 e 13%). Nesta experiência o animal foi retirado do aquário em estado bastante precário, já em asfíxia, recuperando-se somente hora e meia depois, em ambiente intensamente arejado. É interessante notar que o Apaiarí n. 15, embora fosse retirado do aquário com água de percentagem mínima de saturação (10.0%) no fim da experiência, não apresentava sintomas asfíxicos graves. Neste caso houve também uma acentuada elevação do consumo de oxigênio, mas aqui isto se deu na segunda meia hora e não na primeira, como no caso do animal n. 16. Tal fenômeno, convem assinalar, também ocorreu com o n. 14 e o n. 12.

Neste último, como no n. 16, após essa ascensão intensa do valor do oxigênio consumido na primeira meia hora, os valores dos períodos seguintes caíram notavelmente, permanecendo num nível aproximadamente idêntico.

4

Discussão e resultados

Os três grupos de peixes submetidos a baixas tensões de oxigênio caracterizam-se, como se pode ver pelo confronto dos resultados das três tabelas, por uma acentuada irregularidade no consumo deste gás em dissolução na água ambiente. O decréscimo das percentagens de saturação, embora gradativo, é também irregular em cada grupo e, pode-se dizer, dentro de um mesmo lote, para cada peixe. Não obstante, a análise das respectivas curvas destas percentagens oferece margem a algumas considerações interessantes. Assim, no primeiro gráfico (Fig. n. 1) nota-se que

as tensões de oxigênio da água, a que foram submetidos os Tucunarés híbridos n. 1, 2, 3 e 4, iniciando-se com valores aproximados, foram diminuindo quase com a mesma intensidade até atingirem um valor final ao redor de 20% de saturação. Essa diminuição é mais acentuada com os animais 1 e 2, submetidos às mais baixas tensões iniciais, respectivamente 58.1% e 40.1% de saturação. No segundo gráfico (Fig. n. 2) poder-se-ão distinguir dois grupos de Tucunarés putanga: os de n. 7, 8, 10 e 11 e os restantes, 6 e 9. No

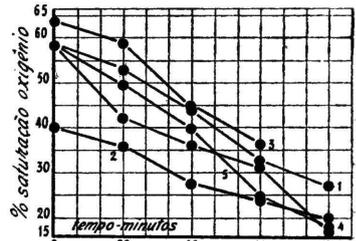


Fig. 1 — Percentagens de saturação do O₂ na água do aquário. Tucunaré híbrido (*C. ocellaris* x *C. temensis*).

primeiro as curvas correspondentes de decréscimo da percentagem de saturação apresentam quase as mesmas inflexões. Iniciando-se com saturações aproximadas, terminam também em níveis de valores entre 36.2% e 42.5%. No segundo grupo, para o animal n. 6, a baixa saturação inicial, 61.5%, foi seguida de uma descida dos valores respectivos, indo terminar com uma saturação final muito aquém da taxa asfíxica (15.5%), ao passo que o animal n. 9 foi colocado em ambiente de saturação inicial considerada alta (82.9%) e a queda das tensões quase não sofreu alteração a partir da segunda meia hora, indo finalizar com uma percentagem de saturação ainda maior que as saturações iniciais a que se submeteram os outros peixes deste lote (67.6%). Deve-se notar (Tab. II) que na segunda meia hora não houve alteração da taxa de oxigênio, e, muito infelizmente, a experiência não pode ir além da terceira meia hora, por ter o animal apresentado sintomas evidentes de asfixia. Não me foi possível encontrar qualquer explicação para este fenômeno, que fica isolado entre os cinco casos restantes deste segundo lote.

O comportamento dos Apaiarís aproxima-os dos Tucunarés, especialmente quanto à variação do consumo horário e médio do oxigênio. As respectivas curvas das percentagens de saturação têm em geral queda mais rápida, quando as tensões iniciais são aproximadas. Nos casos de

TABELA I

Consumo de oxigênio pelos Tucumarés híbridos (*Cichla temensis* Humboldt x *C. ocellaris* Bloch & Schneider) Valores em ml a 0° C e 760 Hg.

CONDICÕES DA EXPERIÊNCIA										TEMPO MINUTOS — PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO									
Série n.º	Peso grs.	Compr. mms		Temp. C.º		Pressão mm Hg *	pH		Sat. inicial	30		60		90		120		Consumo	
		Stand	Total	inicial	final		inicial	final		Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.		
1	143	205	240	30.9	30.9	764.8	7.9	7.5	58.1	.265	464	44.8	.596	33.3	.332	27.1	5.92	.828	
2	180	210	250	31.0	31.2	762.6	7.8	7.4	40.1	.208	431	28.2	.201	24.6	.208	20.5	2.91	.524	
3	110	200	230	30.0	30.0	763.0	7.9	7.5	64.1	.260	781	45.0	.436	36.8	—	—	8.95	.985	
4	114	205	235	28.0	28.0	764.4	8.0	7.7	59.2	.525	525	40.2	.591	29.5	.590	18.9	9.78	1.115	
5	170	208	240	29.0	29.0	765.1	8.0	7.6	58.9	.583	346	41.1	.329	24.2	.378	17.1	4.81	.818	

TABELA II

Consumo de oxigênio pelos Tucumarés putanga (*Cichla* sp.). Valores em ml a 0° e 760 mm Hg.

CONDICÕES DA EXPERIÊNCIA										TEMPO MINUTOS — PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO									
Série n.º	Peso grs.	Compr. mms		Temp. C.º		Pressão mm Hg *	pH		Sat. inicial	30		60		90		120		Consumo	
		Stand	Total	inicial	final		inicial	final		Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.	Sat. inicial	Cons.		
6	18.3	102	105	30.0	30.0	764.9	7.9	7.5	61.5	1.112	556	30.7	.347	24.3	.466	15.7	67.6	1.240	
7	8.0	67	70	29.0	29.0	762.1	7.8	7.6	62.5	.490	.070	52.3	.350	45.9	.419	36.2	40.1	.321	
8	7.0	68	71	30.0	30.0	763.8	7.9	7.9	53.9	.069	139	50.0	.363	43.3	.044	42.5	87.8	.615	
9	13.0	82	100	29.0	29.9	763.0	8.0	7.9	82.9	.489	.000	74.0	.350	67.6	—	67.6	43.0	.559	
10	10.0	75	92	27.5	27.5	764.4	8.0	7.8	67.0	1.057	141	45.0	.282	40.4	.141	37.9	72.0	.720	
11	12.0	92	105	30.0	28.0	766.6	8.0	7.6	57.4	.321	321	51.5	.331	45.4	.580	36.1	46.3	.555	

* Dados fornecidos pelo Serviço Meteorológico do Pará.

TABELA III

Consumo de oxigênio pelos Apaiaris *Astronotus ocellatus* (Spix) Valores em ml a 0° e 760 mm Hg.

Série n.º	Peso grs.	Comp. mms		Temp. C.º		Pressão mm Hg*		pH		TEMPO MINUTOS — PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO												
		Stand	Total	inicial	final	inicial	final	inicial	final	30			60			90			120			Consumo
										Sat. inicial	Cons.	Sat. final	Sat. inicial	Cons.	Sat. final	Sat. inicial	Cons.	Sat. final	Sat. inicial	Cons.	Sat. final	
12	45.0	120	140	30.0	30.0	766.6	766.6	7.7	7.6	63.5	1.126	42.8	.597	31.7	.527	21.9	.467	13.4	41.29	1.858		
13	43.0	120	140	30.0	30.0	767.2	767.2	7.8	7.6	63.8	.918	46.9	.821	31.7	.529	22.0	.465	13.4	31.76	1.366		
14	41.0	120	142	28.0	28.0	767.2	767.2	7.9	7.8	64.8	.562	54.6	.494	45.7	1.339	21.6	.104	19.9	30.46	1.249		
15	72.0	140	163	28.0	28.0	674.8	674.8	7.8	7.8	69.7	.745	56.2	1.784	24.1	.563	13.9	.216	10.0	16.02	1.154		
16	345.0	230	262	29.1	29.5	764.8	764.8	7.7	7.5	42.1	1.161	20.8	.138	18.3	.148	15.6	.143	13.0	23.05	.795		

* Dados fornecidos pelo Serviço Meteorológico do Pará.

sensíveis diferenças de saturação (n. 15 e 16), ao redor de 60%, as respectivas curvas, no início bastante divergentes, vêm, no final, terminar quase no mesmo ponto.

Desta comparação resulta que os peixes aqui considerados são incapazes de realizar economia de oxigênio. Consumindo nas três primeiras meia horas quantidades apreciáveis do gás, promovem o empobrecimento da água, o que os leva rapidamente à taxa asfíxica.

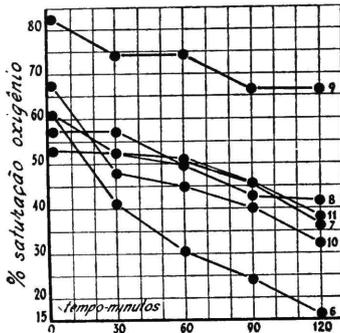


Fig. 2 — Percentagens de saturação do O_2 na água do aquário. Tucunaré putanga (*Cichla* sp.).

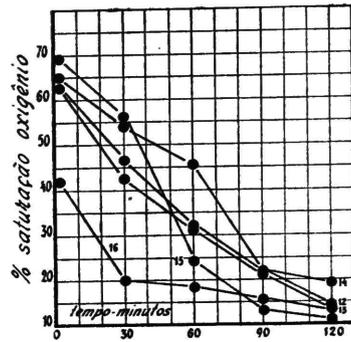


Fig. 3 — Percentagens de saturação do O_2 na água do aquário. Apaiari (*Astronotus ocellatus*).

Dos dados apresentados nas tabelas se deduz que os Tucunarés híbridos são os menos resistentes, pois quase todos os experimentados, na última meia hora, mostravam sinais evidentes de asfíxia. É preciso levar em conta, neste particular, que estes eram os peixes mais jovens de todos os lotes. Mais resistentes de todos, pode-se dizer, foram os Apaiaris. Decorridos os 120 minutos de cada experiência, a saturação final da água do aquário estava em nível em geral bem inferior ao correspondente dos Tucunarés híbridos, e, não obstante, os animais apresentavam-se em condições relativamente boas. Entre os extremos de resistência, de um lado os Tucunarés híbridos e do outro os Apaiaris, ficam os Tucunarés putanga. Realmente, estes, embora exigentes quanto ao consumo de oxigênio, são menos que os T. híbridos, pois suportaram muito melhor as quedas de tensão de oxigênio na água do aquário. Como se vê na Tab. II, em um caso a saturação final caiu a 15.7%, e, apesar disso, o animal não apresentou sintomas nítidos de asfíxia. A maior resistência dos Apaiaris talvez decorra do hábito de se enterrarem no lodo e aí ficarem durante algum tempo, quando perseguidos. Tal costume torna a sua pesca bastante difícil, e, sem dúvida, proporciona-lhes um treino respiratório que os torna menos exigentes que as Cichla.

Outro ponto digno de referência vem a ser a divergência no consumo do oxigênio por quilograma e por hora. Já foram assinalados os baixos valores resultantes das experiências com os T. híbridos. Os maiores números alcançados encontram-se na Tabela II, dos T. putanga. Abaixo destes vêm os Apaiaris. Não há dúvida, existe aqui estreita relação com a diferença de peso dos animais. Os de menor peso, os T. putanga, tiveram

maior consumo e, viceversa, os de maior peso, os Apaiarís, consumiram menos oxigênio.

As referências bibliográficas sobre o metabolismo dos peixes são em tal número que não se enquadra nos limites desta publicação qualquer tentativa de um resumo, mesmo aproximativo, dos resultados até agora conhecidos. Por outro lado, sendo uma classe que comporta mais de 20.000 espécies conhecidas, segundo a última resenha publicada por ARNDT (1939, p. 114), os dados da literatura especializada, é natural, são extremamente diferentes e, por isso, não comparáveis. Nem mesmo se poderiam levar em conta apenas as Cíclidas em geral, das quais se acham descritas cerca de 400 espécies (STOYE 1935, p. 204). Posso informar tão somente que, em relação aos representantes neotrópicos desta família, muito poucos foram estudados quanto ao metabolismo respiratório. Exceção feita de citações resumidas em relatórios de piscicultura (VIEIRA & OLIVEIRA 1939, p. 104; AZEVEDO & VIEIRA 1940, p. 118 e outros) ou em descrições de viagens ao continente americano (HASEMAN 1910-1911, p. 322 e 1910-1911a, p. 331) ou ainda em trabalhos taxonômicos (CASTELNAU 1855, p. 17 e muitos outros), em toda a bibliografia compulsada, apenas PELLEGRIN (1903, p. 41), em sua monografia sobre as Cíclidas, faz uma ou outra referência à biologia das espécies estudadas agora em Belém do Pará, sem aludir, todavia, ao metabolismo respiratório.

Espécies circunscritas à bacia amazônica, não obstante a pesca intensiva por causa da notável importância econômica, ainda não foram investigadas sobre o ponto de vista fisiológico, e mesmo os Tucunarés ainda não são bem conhecidos taxonomicamente, do que decorreu preferir indicar aqui apenas o gênero da espécie denominada *T. putanga*. O trabalho mais recente que me veio às mãos, (LEINER, 1938), especificamente dedicado à fisiologia da respiração dos peixes, em geral silênciosamente, não só quanto às Cíclidas, como também às demais espécies desta família. O mesmo acontece com o tratado fundamental de WINTERSTEIN (1921).

Dentre os muitos representantes desta família na América do Sul, somente os Acarás foram estudados por alguns autores, e me pareceu interessante referir os seus dados em cotejo com os que obtive em Belém do Pará. CARTER & BEADLE (1930a, p. 357), em seu estudo sobre a fauna do Chaco Paraguáio, fazem alusões ao *Acara portalegrensis*, por eles colocado entre os peixes tropicais que não têm hábito de respirar o ar atmosférico, mas que permanecem na camada de água muito próxima à superfície, drenando-a para as brânquias. Segundo estes autores, essa camada é uma fonte disponível de oxigênio para muitos peixes. Ficando à cerca de meia polegada abaixo da superfície livre, e estando permanentemente em contato com a atmosfera, é a zona mais arejada do líquido, e daí ser, nela, maior a disponibilidade do oxigênio. Em virtude de sua delgadeza não se pode avaliar a taxa respectiva desse gás e CARTER & BEADLE foram levados a admitir maior oxigenação nessa zona do líquido, pelo próprio comportamento dos peixes que nela habitavam, pois, muitas espécies que não possuem o hábito de respirar ar atmosférico, valem-se

dela como fonte de oxigênio. É bem conhecido, quando na água doce a concentração do oxigênio se reduz, muitos peixes e alguns animais de respiração aerea vêm à superfície para aproveitar a zona de microestratificação do gás que se forma em consequência das trocas com a atmosfera dotada de uma tensão de oxigênio comparativamente muito mais alta que a da água. As Cíclidas aqui estudadas aproveitam-se, sem dúvida, desta camada superficial oxigenada. Durante todo o curso das experiências permaneciam sempre muito próximas à superfície da água, quasi em contato com a camada protetora de óleo. Em nenhum caso foram vistas à procura de oxigênio atmosférico, nem mesmo na tentativa de perfurar esta camada.

Ainda no caso do *Acara portalegrensis* os autores acima referidos encontraram 34.9 de oxigênio e 2.0% de anidrido carbônico no gás extraído da bexiga natatória, o que faz admitir ser realmente de grande importância esse órgão como auxiliar da respiração.

Em São Paulo, GUIMARÃES & BERGAMIN (1934, p. 55 e 56) publicaram as determinações do consumo de oxigênio por uma Cíclida bastante freqüente nas circunvizinhanças da cidade, o Acará do gênero *Geophagus*. Os dois únicos animais utilizados caracterizam-se pela grande irregularidade desse consumo. A percentagem de saturação da água vai gradativamente decrescendo, passando de 68,46% a 7,93% no fim de dez horas. Os resultados por mim obtidos, como foi visto, apresentam também estas características, com a diferença de todas as Cíclidas experimentadas não resistirem além de duas horas no aquário, enquanto que uma das de São Paulo ali permaneceu dez horas. Quer-me parecer que a diferença de temperatura em que foram feitas as experiências nas duas localidades, pelo menos quanto ao primeiro Acará, possa ser, em parte, responsável por esta divergência de comportamento em relação ao limite da taxa asfíxica.

Ainda como causa da aludida diferença de comportamento dos peixes estudados em São Paulo e os do Pará, deve ser mencionada a possibilidade de uma filtração do oxigênio atmosférico através da camada de parafina líquida nas experiências com o *Geophagus*, com que, segundo dizem os respectivos autores l. c., p. 53), se protegia a superfície da água. Conforme ficou demonstrado em trabalho recente (SAWAYA 1945, p. 148), uma camada de óleo mineral protege eficazmente a água do aquário contra a contaminação do oxigênio atmosférico, somente quando possui 5 cms de espessura e, assim mesmo, apenas durante um período não excedente a oito horas e, para duas horas, uma camada de 3-4 cms de óleo é suficiente. Esta hipótese é aqui lembrada, visto como os mencionados autores não indicam a espessura do óleo de parafina utilizado em suas experiências. É obvio que, além destas duas causas possíveis, e aqui invocadas para uma tentativa de explicação da diferença de comportamento dos aludidos peixes, outra, a mais importante, a diferença genérica e específica, deva ser mencionada.

Merece registro, no caso, a elevada temperatura (ca. de 30°) em que se realizaram as experiências em Belém e a relativa pouca atividade dos peixes, contrariamente ao que acontece com os peixes marinhos, que apresentam, com a elevação da temperatura, o que BAGLIONI (1907, p. 247),

chama de dispnéia térmica. Em geral, nessa temperatura os peixes se mostram muito ativos (GARDNER & LEATHAM 1914, p. 591; GARDNER, KING & POWERS 1922, p. 529; GARDNER & KING 1922, p. 730 etc.) consumindo, naturalmente, muito maior quantidade de oxigênio. Sinais de morte aparente foram observados por êstes autores a 35° em *Carassius* e *Truta*. Com os peixes do Pará, sem dúvida, interveiu decisivamente o fator importante da aclimação, como aliás já foi demonstrado, para esta classe de animais, por WELLS (1935, p. 364 e 1935a, p. 224). A temperatura média em Belém do Pará oscila entre 25° a 35° e é natural que os peixes agora estudados tenham alcançado equilíbrio metabólico decorrente de sua aclimação.

Como quer que seja, não obstante o comportamento singular dos peixes desta família, muito característica da fauna neotrópica, não deixam êles de seguir a regra comum dos demais peixes, incluindo-se entre os animais em que a respiração é, até certo ponto, grandemente independente, em limites bastante extensos, da tensão do oxigênio (HYMAN 1929, p. 508). Os resultados expostos nas tabélas I-III, indicam, à evidência, como disse a inexistência de qualquer correspondência entre a percentagem de saturação do oxigênio na água e o consumo, seja horário, seja médio. Para o caso presente, porém, a extensão daquêles limites de independência é relativamente reduzida, em virtude de se tratar de peixes que necessitam de uma zona bastante oxigenada e são muito sensíveis à diminuição do oxigênio na água. Confirma-se assim para êstes peixes, o hábito geral dos representantes da classe já demonstrado por muito autores como WINTERSTEIN (1908, p. 73), HENZE (1910, p. 255), HÉE & BONNET (1925, p. 289) etc. da independência da absorção do oxigênio em relação à tensão do gás. Naturalmente, como acentúa KEYS (1930, p. 195) em sua crítica aos dados apresentados por HALL (1929, p. 212), tal independência sòmente se verifica abaixo do limiar de asfixia, como se dá realmente com os animais destas experiências. Ultrapassa os limites deste trabalho a discussão sòbre êste ponto importante, qual o das relações do consumo do oxigênio com as tensões do gás na água ambiente. Restrinjo-me a indicar aqui os resultados conseguidos que levaram a incluir, tanto os Tucunarés como os Apaiarís, na categoria de peixes cujo consumo do oxigênio independe da tensão do gás na água, mas como limiar de asfixia ao redor de 20% para os T. híbridos, de 15.% para os T. putanga e de 10% para os Apaiarís.

Trata-se, como se vê, de um tipo especial de respiração e, foi porisso que, seguindo as indicações de WELLS (1932, p. 580), procurei primeiramente ambientar os animais no aquário, iniciando as dosagens sòmente depois de meia ou uma hora. No trabalho de Wells é nitidamente demonstrada a influência do tempo na determinação do metabolismo respiratório. Os peixes por êle experimentados (*Fundulus parvipinis*) apenas atingiam o nível metabólico normal 24 horas depois de transferidos para o novo ambiente, o de experimentação. Infelizmente, não me foi possível reproduzir estas experiências, não só pela falta de recursos, como também por ser inadequado o meu material. E nem mesmo julguei isso essencial, visto como os peixes foram selecionados de tanques com arejamento artificial, onde se criaram e daí foram transferidos para aquário da experiência, o

qual diferia daqueles tanques apenas pela capacidade menor. O período de tempo que medeou entre a transferência do animal do tanque para o aquário pareceu-me suficiente para refazer-se das manipulações indispensáveis para a transferência e para as pesagens, tudo efetuado com a máxima rapidez.

A pequena resistência destes peixes a um decréscimo do teor do oxigênio na água pode estar ligada à peculiaridade do mecanismo da respiração, qual seja por ex., a interferência da bexiga natatória como órgão auxiliar. Não obstante, se levarmos em conta os resultados obtidos por WELLS (1913, p. 345) um outro fator talvez intervesse apressando a asfixia, e vem a ser a alcalinidade da água. Segundo este autor, teor baixo de oxigênio (0.1 ml por l) em água alcalina causa mais rapidamente a morte dos peixes que o mesmo teor em água ácida, o que sugere possuírem estes animais um optimum para o CO₂. Os protocolos das minhas experiências indicam que a taxa de oxigênio nunca chegou a menos de .556 ml por litro, o que corresponde à mais baixa saturação (10%, Tab. III, n. 15). Em que pese a essas condições favoráveis, a interferência de pH acima de 7,5 possivelmente, tenha apressado atingirem os animais a taxa asfíxica.

Deixo aqui de parte a questão, não menos importante, do chamado "espaço vital" requerido pelos peixes e que deve ser levado em conta nas trocas metabólicas. Em suas investigações GEYER & MANN (1939a, p. 443) concluíram ser necessário, pelo menos no caso da *Perca fluviatilis*, um volume de água corrente entre 5 e 10 vezes o volume do peixe. Tendo empregado em minhas pesquisas aquários de 24 litros, aliás os únicos de que podia dispor na ocasião, julguei poder prescindir deste fator, tanto mais que o tempo reduzido da permanência dos animais no aquário (2 horas no máximo) não permitiria acúmulo dos metabolitos. Seja dito que a tentativa de reduzir o volume de água, com a intenção de melhorar a avaliação do consumo do oxigênio, diminuía de tal modo o tempo da experiência, que julguei preferível manter-me nas condições aqui indicadas. Não há dúvida que, no caso, a relação entre o volume do líquido e o consumo do oxigênio pode oferecer dados bastante interessantes para o melhor conhecimento da biologia destes peixes.

As considerações que acabo de expôr e as experiências efetuadas poderão justificar as seguintes conclusões:

1. Os Tucunarés híbridos (*Cichla temensis* Humboldt x *C. ocellaris* BLOCH & SCHNEIDER), os Tucunarés putanga (*Cichla* sp.) e os Apaiairis [*Astronotus ocellatus* (SPIX)], peixes tipicamente néo-tropicais, submetidos a baixas tensões de oxigênio, não resistem mais que duas horas em ambiente fechado.

2. Das três espécies experimentadas os mais resistentes são os Apaiairis, seguindo-se na ordem decrescente os Tucunarés putanga e os Tucunarés híbridos.

3. Embora aproximadamente, pode-se estabelecer certa relação entre o consumo de oxigênio por quilo e por hora e os pesos dos animais (Tab. I-III).

4. Como os demais representantes da classe, êstes peixes mostraram o consumo de oxigênio independente das tensões do gás na água.

5. A independência referida na conclusão anterior, porém, é restrita ao limiar de asfixia, que é relativamente alto. Geralmente, abaixo de 20% de saturação os animais apresentavam sintomas evidentes de asfixia.

6. É possível que a elevação do limiar de asfixia referido decorra da influência da alcalinidade da água com que foram feitas as experiências.

7. As Cíclidas consideradas habitam normalmente uma zona próxima à superfície da água, onde a oxigenação é maior. O comportamento dêstes peixes nessa zona corrobora as asserções idênticas feitas por CARTER & BEADLE (1930, p. 330) para uma outra Cíclida Sul-americana, o *Acara portalegrensis*.

5

Summary

On the Oxygen Consumption by some tropical Fresh-water Fishes (*Cichlidae* gen. *Cichla* and *Astronotus*)

Some experiments have been performed in the Museu Paraense "EMILIO GOELDI", in Belém of Pará, on the consumption of oxygen by some neotropical *Cichlidae*, the most characteristic of the amazon ichtyological fauna.

In the fisch-ponds of the Museum a number of Cichlids were bred, chiefly the so called "hybrid Tucunaré", that results from mating of Tucunaré tinga (*Cichla temensis* HUMBOLDT) and Tucunaré assú (*Cichla ocellaris* BLOCH & SCHNEIDER); the Tucunaré putanga (*Cichla* sp.) and the Apaiarí [*Astronotus ocellatus* (SPIX)].

Animals living in large tanks with well aerated water, starved 24 hours before beginning the experiments. Three lots of fishes, one of each species, were selected from the fish-tanks and each specimen placed in a 24 liters aquarium, set in the room so that to avoid the effect of number showed by fishes and crustaceans (SCHLAIFER 1939, p. 381; VALENTE 1943, p. 305) by the reflex on the walls. The experiments begun half or one hour after, that is only when the fish remained calm, accustomed to the ambient. The first sample drawn off, the water was sealed with a layer of paraffin oil, 3-4 cms high. Each 30 minutes after sealing, other samples of water were taken off by siphoning. Weight and measures (standard and total) of each fish, temperature, and pH of water were recorded. Water samples of 50-100 ml were analyzed for oxygen content by the WINKLER'S method modified by BIRGE & JUDAY (1911).

During the operations the fishes stood in the upper part of the aquarium, one inch below the layer of the paraffin oil, but never attempted to go across the later as some tropical fishes do. No experience lasted

for longer than two hours, because at the end of this time most fishes presented symptoms of asphyxy. No anesthetic was used, but the fishes remained calm within the aquarium.

EXPERIMENTS. The amount of oxygen consumed in each period (30 minutes) and the percentage of saturation of the oxygen in water are recorded in Tables I, II and III corresponding to the three kinds of fishes. Table I (p. 342) contains the results of the first lot of the Tucunarés here called "hybrid Tucunarés" which indicate that the oxygen consumption does not accord at any rate with the oxygen tensions of the water. These tensions diminish at each period of time (30 minutes), but the first one varies excessively. The oxygen intake of the different fishes per Kilogramm/hour and animal/hour varies between 2.91 and 9.7 ml per hour, and between .524 and 1.115 ml. These experiments have begun at low oxygen tensions (max. 64.1%; min. 40.1%), which are the normal tensions of the gas in tap and pond water of Belém of Pará. These conditions, it is well known, depend upon the temperature, very high in that city during all the year (25° to 35° C normally). The "hybrid Tucunarés" as other fishes living in this country, do not resist to lowering oxygen tension, and die to decreasing more than 17.1%.

Table II summarises the results of the second lot of fishes (Tucunaré-putanga-*Cichla* sp.), all very young. The oxygen intake was not constant and varied as much as in the first lot. When the level of the oxygen tensions fallen from 61.5% to 15.5 (exp. n. 6) heavy symptoms of asphyxy have been exhibited only by one fish. Five others of this lot consumed much less oxygen than n. 6, and showed very slight asphyxy symptoms at the end of each experiment. This means that *T. putanga* is less exigent than the "hybrid"

The last group of fishes belongs to the species called Apaiaris- [*Astronotus ocellatus* (SPIX)] which stand, referring to the size and weight, between the first and the seconds lots. Table III gives a general summary of the results. It is found here, as in precedent cases, some enormous variation of the oxygen intake, but it seems that all Apaiaris waste much more oxygen than the fishes of the two first groups. At the end of the experiments the oxygen tensions were the lowest of all (19.9% to 10.0%). Nevertheless, under so bad conditions, only very slight symptoms of asphyxy were presented by the Apaiaris. This behaviour probably is due to the habits of these fishes, which bury very quickly into the mud of the pond as soon as any attempt of catching them are made by fishing-net.

DISCUSSION AND RESULTS. Decreases of the oxygen tensions in each experiments are registred in Fig. 1.2 and 3. Some parallelism is demonstrated by the different lines. They indicate well that the fishes of three lots have almost the same behaviour. They are relatively independent of the oxygen tensions of the water, as other fishes are (HYMAN 1929, p. 508). This independence, however, in the case of these Cichlids, is very restricted, probably because the level of the oxygen tension of the water is very low in the pond were the fishes live quite well in the garden of the Museum. These conditions are similiar to those demons-

trated by CARTER & BEADLE (1930a, p. 357) in the swamps and rivers of the Paraguayan Chaco and of British Guyana. In the later the analysis of WILLMER (1934, p. 284) indicates also a very low quantity of oxygen in the water of rivers and swamps. When the oxygen content of the water is lowering to various degrees, the oxygen consumption changes highly in their values. In two hours the oxygen tension falls from 15 to 20% and the fishes present very evident symptoms of asphyxy.

Comparing the results summarized in Tables I-III I have to say that the fishes of the first lot ("hybrid T.") were the most exigent, considering the conditions of the water. The most resistant to the lack of oxygen were the Apaiaris (lot n. 3), and between both stands the T. putanga.

The behaviour of all fishes is discussed in this paper. Reference to the respiratory metabolism of these neotropical Cichlids are not considered in the literature. Only some authors, as for example CARTER & BEADLE (1930a, p. 327) and GUIMARÃES & BERGAMIN (1934, p. 55) have studied the respiratory metabolism of some South American Cichlids. The formers indicate that the *Acara portalegrensis* as other Cichlids lives in the upper part of the water, one inch below the surface. This layer of the water is the most oxygenated and those fishes take the oxygen off it. It is well known that when in fresh water the concentration of oxygen becomes reduced, many fishes and some other water-breathing animals will come to the surface, which by diffusion exchange with the atmosphere will present a microstratification with a comparatively high oxygen tension in the very surface (KROGH 1941, p. 45). This is the case of *Cichla* and *Astronotus*, which remained, during the experiments, near the level of contact of the oil and the water, but never they made attempt to cross through the layer of the oil to obtain the oxygen directly from the air. GUIMARÃES & BERGAMIN studied the respiratory metabolism of another Cichlid, the well known Acará (*Geophagus brasiliensis*) one of the most frequent fresh water neotropic Cichlids. My results agree with those published by these authors, that is, all these Cichlids show a strong variation of the oxygen intake, quite independent from the oxygen tensions. But a very sharp difference between the Acará's and my Cichlid's behaviour is evident, when we look upon the time of resistance in a confined space. These authors got the Acará 10 hours into the aquarium sealed with paraffin oil, and the Cichlids of Belém of Pará, did not resist more than two hours. This disagreement probably is caused firstly, by the difference of temperature of Belém and São Paulo, and, secondly, it is possibly, during their experiments, that the paraffin oil layer did not protect completely the water from the air contamination. It has been recently stated (SAWAYA 1945, p. 150) that the efficiency of the mineral oil layer is effective when it is 5 cm high for experiments no longer than 8 hours, but 3-4 cms layer of the oil does protect the water only for 3 hours. Nevertheless, the most important point to be quoted is the generic and specific difference between the fishes studied in São Paulo and those of Belém. The small resistance of the Cichlids of Belém to the lack of oxygen in the water is also related to the hydrogen ions concentrations. The tap and natural water in the Museum is alkaline and,

at the end of the experiment, the pH did not lower beyond 7.5. This alkalinity, as has been observed by Wells (1913, p. 345), might have influence on the respiratory metabolism. Unfortunately, the measure of the pH was not so accurate (colorimetric method of Freye was used). to permit the study of development of CO₂.

Finally, the so called "vital space" required by the Cichlids was great enough to have some influence on the respiratory metabolism. As GEYER & MANN (1939a, p. 443) found out the fishes have to have 5 to 10 times its volume of water to maintain their respiratory equilibrium. In my experiments sufficient water was supplied to the fishes in the 24 liters aquarium. Any attempt to decrease the water quantity reduced the time of the experiment, that is, the fishes attained very soon the asphyxic level. CARTER & BEADLE (l. c.) and others admit strong influence of the gas bladder on the respiration of Cichlids. Possibly this organ in *Cichla* and *Astronotus* interfere, as a accessory one, with the respiration. In Belém of Pará there were no facilities to extend the experiments to some very important points of the respiration of these fishes. My work has been done chiefly with the minimum of resources indispensable to measure the oxygen intake by these fishes. My observations are, thus, restricted to dealing with the behaviour of the animals in the subsaturated water.

1. Some characteristic neotropic *Cichlidae*, the so called "hybrid Tucunaré" obtained by the cross breed from *Cichla temensis* HUMBOLDT and *C. ocellaris* BLOCH & SCHNEIDER; the Tucunaré putanga (*Cichla* sp.) and the Apaiaris [*Astronotus ocellatus* (SPIX)] were studied in the aquarium with low tension of oxygen. They do not resist more than two hours in the aquarium.

2. Most resistant to these conditions are the Apaiaris, followed by the T. putanga and finally come the "hybrid Tucunaré", in degree of resistance.

3. Some proporcionality exists between the oxygen consumption of these fishes and their weight.

4. As with many other fishes, the oxygen absorption of these Cichlids is independent of the oxygen tension in subsaturated water.

5. This independence is restricted to the threshold of asphyxy. This threshold is sometimes high. Under 20% of saturation symptoms of asphyxy were present.

6. Alcalinity of water is pointed out as a cause of the raising of the threshold of asphyxy.

7. The Cichlids live normally at a layer near to the surface of the pond where a diffusion exchange with the atmosphere will present a microstratification of the oxygen. These conditions facilitate the respiratory exchanges, by means, possibly, of the gas bladder.

6

Bibliografia

- ARNDT, W. 1939. Über die Anzahl der bisher in Deutschland (Altreich) nachgewiesenen rezenten Tierarten. *Zool. Anz.*, v. 128, pp. 113-173, Leipzig. AZEVEDO, P. de 1938. O Cascudo dos Açudes Nordestinos *Plecostomus plecostomus*. *Arquiv. Inst. Biol.*, v. 9, pp. 211-224, t. 24, São Paulo. AZEVEDO, P. & VIEIRA, B. B. 1940. Realizações da Comissão Técnica de Piscicultura. *Bol. Insp. Fed. Obras contra as Sêcas*, v. 13, n. 2, pp. 113-124, 26 t. Rio de Janeiro. BAGLIONI, S. 1907. Der Atmungsmechanismus der Fische. *Zeit. f. Allg. Physiol.*, v. 7, pp. 177-282, 9.t. BIRGE, E. A. & JUDAY, C. 1911. The Inland Lakes of Wisconsin. The Dissolved Gases of the Water and their biological Significance. *Bull. Wisc. Geol. & Nat. Hist. Survery*, n. 22, scient. ser., n. 7 XX + 259 pp., Madison, Wis. CARTER, G. S. 1934. Results of the Cambridge Expedition to British Guiana 1933. The fresh waters of the rain-forest to British Guiana. *Journ. Linnean Soc.*, v. 39, pp. 147-193, t. 1-2, London. CARTER, G. S. & BEADLE, L. C. 1930. The Fauna of the Swamps of the Paraguayan Chaco in relation to its Environment. I. Physico-chemical Nature of the Environment. *Ibidem*, v. 37, pp. 205-258, t. 9-13. — 1930a. *Idem*. II. Respiratory Adaptations in the Fishes *Ibidem*, pp. 327-368, t. 19-22. De CAS-TELNAU, F. 1855. Animaux nouveaux ou rares dans les parties centrales de l'Amérique du Sud, de Rio de Janeiro a Lima, et de Lima au Para. v. 2, (Poissons), XXI + 112 pp. 50 t. Paris. EIGENMANN, C. H. & ALLEN, W. R. 1942. Fishes of Western South America, XV + 494 pp. 1 mapa, Univ. Kentucky, Lexington, Kent. GARDNER, J. A. & KING, G. 1922. Respiratory Exchange in Fresh-water Fish. IV. Further Comparison of Gold-fish and Trout. *Bioch. Jour.*, v. 16, pp. 729-735, London. GARDNER, J. A. & LEATHAN, C. 1914. On the Respiratory Exchange in Fresh-water Fish II. On Brown Trout. *Ibidem*, v. 8, pp. 591-597. GARDNER, J. A. KING, G. & POWERS, E. B. 1922. *Idem*. III. Gold-Fish. *Ibidem*, v. 16, pp. 523-529, Cambridge. GEYER, F. & MANN, H. 1939. Beiträge zur Atmung der Fische. III. Der Sauerstoffverbrauch im Gruppenversuch. *Zeit. vergl. Physiol.*, v. 27, n. 3, pp. 429-442, Berlin. — 1939a. *Idem*. IV. Die Bedeutung der grösse der Atemkammer für den Sauerstoffverbrauch in fliessenden Wasser. *Ibidem*, pp. 443-444. GUIMARÃES, J. R. & BERGAMIN, F. 1934. Metabolismo dos peixes. *Rev. Ind. Animal*, v. 2, n. 1, pp. pp. 50-57, São Paulo. HALL, F. G. 1929. The Influence of varying Oxygen tensions upon the Rate of Oxygen Consumption in Marine Fishes. *Amer. Journ. Physiol.*, v. 87, n. 2, pp. 212-218, Baltimore, MD. HASEMAN, J. D. 1910-1911. Descriptions of some new species of Fishes and miscellaneous notes on others obtained during the Expedition of the Carnegie Museum to Central South America. *Ann. Carnegie Museum*, v. 7, pp. 315-328, t. 46-52, Lancasters, Pa. — 1910-1911a. An Annotated Catalog of the Cichlid fishes collected by the Expedition of the Carnegie Museum to Central South America, 1907-10. *Ibidem*, pp. 329-372, t. 52-72. HÉE, A. & BONNET, R. 1925. Influence de la teneur en oxygène du milieu sur l'intensité respiratoire des animaux poikilothermes et des végétaux. *Arch. Intern. Physiol.*, v. 25, pp. 279-290, Liège. HENZE, M. 1910. Über den Einfluss des Sauerstoffdrucks aus den Gaswechsel einiger Meerestiere. *Biochem. Zeit.*, v. 26, pp. 255-278, Berlin. HYMAN, L. 1929. The effect of the oxygen tension on oxygen consumption in Planaria and some Echinoderms. *Physiol. Zool.*, v. 2, pp. 505-533, Chicago. v. IHERING, R. 1929. Da vida dos Peixes. 150 pp., 3 t. Ed. Cia. Melhoramentos, São Paulo. — 1930. Notas Ecológicas referentes a Peixes

d'água doce do Estado de São Paulo etc. Arch. Inst. Biol., v. 3 pp. 93-104, São Paulo. JESUS NETTO, J. P. 1933. O rio Tietê. Bol. Inst. Engenharia, n. 97, 9 pp., São Paulo. JOBERT, 1877. Recherches Anat. et Physiol. pour servir à l'Histoire de la Respiration chez les Poissons. Ann. Sci. Nat., sér. 6, v. 5, pp. 1-4, Paris. — 1878. Idem. Ibidem sér. 6, v. pp. 1-7, Paris. KEYS, A. 1930. The Relation of the Oxygen Tension in the external Respiratory Medium to the Oxygen Consumption of Fishes Science, v. 71, n. 1833, pp. 195-196, New-York. KLEEREKOPER, H. 1939. Estudo limnológico da Represa de Santo Amaro em São Paulo. Bol. Fac. Phil., Sc., Letras, Univ. São Paulo XVIII, Botanica n. 2, pp. 10-151, São Paulo. — 1940. Um caso de mortalidade de peixes e sua causa. Serv. Inf. Agric. Min. Agric., 25 pp., 2 t., Rio de Janeiro. — 1941. Estudo limnológico da Bacia do Rio Mogi-Guaçu. I. Observações limnológicas. etc. Ibidem, 53 pp., 4 t., — 1945. O Peixe-rei. Ibidem, 98 pp. KROGH, A. 1941. The Comparative Physiology of Respiratory Mechanisms. 172 pp. Univ. Pensylv. Press. Philadelphia. LEINER, M. 1938. Die Physiologie der Fischatmung. 134 pp. Akad. Verlag. Leipzig. MAGALHÃES, A. C. 1931. Monografia Brasileira dos Peixes fluviais. 262 pp., 62 t. (não num.), ed. Sec. Agric. Ind. Com. E. S. Paulo, São Paulo. OLIVEIRA, C. E. 1944. Piscicultura Amazonica. A Voz do Mar, v. 23, n. 188, pp. 104-106, Rio de Janeiro. PELLEGRIN, J. 1903. Contribution à l'étude anatomique, biologique et taxonomique des poissons de la famille des Cichlidées. Mém. Soc. Zool. d. France, v. 16, pp. 41-400, t. 5-7, Paris. RAUTHER, M. 1910. Die akzessorischen Atmungsorgane der Knochenfische. Ergebn. Fortschr. Zool., v. 2, pp. 517-585, Jena. SAWAYA, P. 1945. Sobre a proteção da água contra o oxigênio do ar com o auxílio do ar com o auxílio de óleos minerais e vegetais. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. S. Paulo, Zoologia n. 10, pp. 135-151, S. Paulo — 1946. Sobre a biologia da Traira-boia (Lepidosiren paradoxa). Ibidem, Zoologia n. 11, pp. 255-286. SAWAYA, P. & MARANHÃO, A. A. 1946. Sobre a construção de ninho e a reprodução de alguns peixes fluviais neotrópicos (Cichlidae — gen. Cichla e Astronotus). Ibidem, pp. 357-382, t. 1-4. SCHLAIFER, A. 1939. An Analysis of the Effect of Numbers upon the Oxygen Consumption of *Carassius auratus*. Physiol. Zool., v. 12, n. 4, pp. 381-392, Chicago. STOYE, F. H. 1935. Tropical Fishes for the Home. Their care and propagation. 284 pp., 167 t., Ed. Frederick Stoye, New-York. VALENTE, D. 1943. O efeito de número sobre o consumo de oxigênio por Crustáceos Decápodos. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. Univ. de São Paulo XXXII, Zoologia n. 7, pp. 305-310, São Paulo. VIEIRA, B. B. & OLIVEIRA, A. C. 1939. A incubação dos ovos de peixes. Bol. Insp. Fed. Obras contra as Sêcas, v. 12, n. 2, pp. 103-107, 4 t., Rio de Janeiro. WELLS, M. M. 1913. The Resistance of Fishes to different Concentrations and Combinations of Oxygen and Carbon Dioxide. Biol. Bull. Woods Hole, v. 25, n. 6, pp. 323-347, Lancaster, Pa. WELLS, N. A. 1932. The Importance of the Time Element in the Determination of the respiratory Metabolism of Fishes. Proc. Nat. Acad. of Sc., v. 18, pp. 580-585, Washington. — 1935. Change in Rate of respiratory Metabolism of a Teleost Fish induced by acclimatization to high and low Temperatures. Biol. Bull. Woods Hole, v. 69, n. 3, pp. 361-367, Lancaster, Pa. — 1935a. The Influence of Temperature upon the Respiratory Metabolism of the Pacific Killifish, *Fundulus parvipinis*. Physiol. Zool., v. 8, n. 2, pp. 196-227, Chicago. WILLMER, E. N. 1934. Some Observations on the Respiration of certain Tropical Fresh-water Fishes. J. Exp. Biol., v. 11, n. 3, pp. 283-306, Cambridge. WINTERSTEIN, H. 1908. Beiträge zur Kenntnis der Fischatmung. Pflügers Arch. v. 125, ap. Leiner, L. e., p. — 1921. Die physikalisch-chemischen Erscheinungen der Atmung, em WINTERSTEIN, H.: Hand, d. vergl. Physiol., v. 1, f. 2, XII + 1052

pp. Jena. WRIGHT, S. 1934. Alguns dados da phisica e da chimica das aguas dos Açudes Nordestinos. Bol. mensal Insp. Fed. Obras contra as Sêcas, n. 4, pp. 164-169, Fortaleza. — 1936. Relatório sobre uma investigação preliminar. Limnologia das Aguas de São Paulo. Arq. Inst. Biol., v. 7, pp. 65-73, São Paulo. — 1937. Da Physica e da Chimica das águas do Nordeste do Brasil. II. Condições thermicas. Bol. Insp. Fed. Obras contra as Sêcas, v. 8, n. 2, pp. 179-186, Rio de Janeiro. — 1938. Idem. VI. Condições Químicas. Ibidem, v. 10, n. 1, pp. 37-54, 6 t.