



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

JUSSIARA CANDEIRA SPÍNDOLA LINHARES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CARÁ-PRETO *Cichlasoma orientale*
(ACTINOPTERYGII: CICHLIDAE) DA BACIA DO RIO CURU, CEARÁ

FORTALEZA

2014

JUSSIARA CANDEIRA SPÍNDOLA LINHARES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CARÁ-PRETO *Cichlasoma orientale*
(ACTINOPTERYGII: CICHLIDAE) DA BACIA DO RIO CURU, CEARÁ

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Doutora em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva

Coorientadora: Prof. Dr^a Carla Ferreira Rezende

FORTALEZA
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

L728b Linhares, Jussara Candeira Spíndola.
Biologia reprodutiva do cará-preto *Cichlasoma orientale* (Actinopterygii: Cichlidae) da bacia do rio Curu, Ceará / Jussara Candeira Spíndola Linhares. – 2014.
93 f. : il., enc. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientação: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva.

Coorientação: Profa. Dra. Carla Ferreira Rezende.

1. Peixe - Reprodução. 2. Peixe - Criação. 3. Região semiárida. I. Título.

CDD 577

JUSSIARA CANDEIRA SPÍNDOLA LINHARES

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CARÁ-PRETO *Cichlasoma orientale*
(ACTINOPTERYGII: CICHLIDAE) DA BACIA DO RIO CURU, CEARÁ

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Doutora em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 27/06/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof^a. Dr^a. Maria Elisabeth de Araújo
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Prof^a. Dr^a. Luciana Rocha Faustino
Universidade Estadual do Ceará-UECE

Prof^a. Dr^a. Caroline Vieira Feitosa
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof^a. Dr. Lorenzo Roberto Sgobero Zanette
Universidade Federal do Ceará-UFC

Aos que sempre me ajudaram e inspiraram a ir
mais longe.

Helena Candeira Linhares

Gilson Spíndola Linhares

Jossane Candeira Spíndola Linhares

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Ele que sempre encheu a minha vida com graças e me mostrou que sempre O terei ao meu lado. Obrigada meu Deus por sempre ter me dado força para passar por todos os desafios.

A minha família por sempre acreditar em mim e apoiarem minhas decisões. Muito obrigada por tudo o que vocês são para mim e por proporcionarem todos os meios possíveis para que eu pudesse ser quem sou hoje. Agradecimentos nunca serão suficientes para demonstrar a importância que vocês têm para mim.

Ao Allan por todas as ajudas neste longo período. Serei eternamente grata por tudo.

Ao meu querido orientador José Roberto Feitosa Silva por estes últimos sete anos de ensinamentos que me permitiram crescer bastante. Por ser um exemplo de profissional e pessoa.

A minha coorientadora Carla Ferreira Rezende por todos os ensinamentos nessa mudança que fiz dos caranguejinhos para os peixinhos. Esta modificação, que foi inspirada por você, só me fez crescer muito mais profissionalmente. Obrigada também por ser uma amiga maravilhosa.

Aos membros da banca Prof^ª. Dr^ª. Maria Elisabeth de Araújo, Prof^ª. Dr^ª. Luciana Rocha Faustino, Prof^ª. Dr^ª. Caroline Vieira Feitosa e Prof. Dr. Lorenzo Roberto Sgobaro Zanette por todas as sugestões que enriqueceram o trabalho.

Aos companheiros de laboratório e agregados: Cynthia, José, Leonardo, Marcos, Marcelo, Clarissa, Lucas, Talita, Fred, Raphaela, André, Keilo, Germana, Victor, Nádia, Robson, Luisa, Juliana, Flávia, Lorena, e a todos os outros. Obrigada pela convivência maravilhosa dentro e fora do ambiente de trabalho.

Obrigada especial ao Lucas, Talita, Fred, Rapha, Nádia e Marcelo pelas ajudas nos trabalhos de campo. Por entenderem quem em campo eu sou ligada em 330 e que tudo tem que ser bem eficiente rs.

Ao Leo por todas as ajudas que tem me dado desde mesmo antes de eu entrar no mestrado. Por até hoje me socorrer quando eu tenho dúvidas nas interpretações das lâminas. Por ajudar na revisão dos artigos. E principalmente por todos os momentos de amizade compartilhados nestes últimos anos, pelas brincadeiras e pelas discursões altamente científicas que eram feitas em relação aos aspectos da vida dos outros rsrs.

Às várias pessoas que ajudaram na elaboração de diversas partes desta tese, em especial à Luiza Manna, Rosana Mazzoni, Nádia Eduardo, Victor Távora, Marcos Miranda, Leonardo Peres, Cynthia Ogawa.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFC, pelo auxílio e atenção demonstrados.

Ao pessoal da graduação, que fizeram da nossa turma a melhor existente. Especialmente ao quarteto! Dez anos se passaram e nós cumprimos nossa palavra e estivemos presente no encontro. Cléo, Bené e Leo vocês são amigos maravilhosos.

Aos amigos do mestrado e doutorado que possibilitaram esta etapa da vida ser mais divertida. Em especial ao Carlos Germano que mesmo não estando mais no mesmo doutorado continua a me perturbar. E até muito mais do que antes rs.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul pela oportunidade de participar do Curso de Campo Ecologia do Pantanal - 2010, assim como aos amigos criados durante a realização do curso. Esta foi uma oportunidade maravilhosa que me permitiu um grande crescimento tanto profissional quanto pessoal.

À Faculdade Vale do Jaguaribe (FVJ), que tem sido minha nova casa, por proporcionar um ambiente de trabalho maravilhoso. Em especial aos meus alunos com os quais pude aprimorar minhas práticas didáticas.

Aos amigos do Coletivo mais legal do mundo: Claudia, Janaína, Lorena, Luara, Gilson, Patrícia, Roberta e Vinício. Conhecer vocês foi uma coisa maravilhosa e esta amizade tem sido tudo de bom. Vocês associados com os outros amigos da FVJ (Tiago, Victor, Selma, Claudia Pupo, Alisson, Sabrina e Wilson) fazer o trabalho em Aracati/Canoa Quebrada ser ainda mais legal do que já é.

As minhas irmãs da S.O.R.T. por sempre estarem presente na minha vida mesmo com os vários e vários quilômetros que separam a gente. Vocês são pessoas iluminadas pelo Pai Celestial e ter a presença de cada uma na minha vida é uma dádiva incrível. Obrigada por toda a irmandade.

A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

A todos que injustamente não foram citados.

RESUMO

Este estudo objetivou a compreensão sobre as táticas reprodutivas do ciclídeo endêmico da região semiárida, *Cichlasoma orientale*, de forma a se melhor entender a estratégia reprodutiva desta espécie para sua manutenção em um ambiente com grandes variações hidrológicas do semiárido brasileiro. O presente trabalho foi dividido em três capítulos. O primeiro capítulo teve como enfoque a realização da descrição macro e microscópica, e definição dos estágios de maturação ovariana e o grau de desenvolvimento dos ovócitos da espécie. No segundo capítulo foram descritas características da história de vida de *C. orientale*, tais como estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, tipo de desova e tamanho da maturidade sexual. No terceiro e último capítulo, foram analisadas as diferentes táticas reprodutivas relacionadas à sobrevivência da prole da espécie, tais como: presença de cuidado parental, tamanho corporal, fecundidade, tamanho do oócito e padrão de desova. As coletas de material biológico ocorreram mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2013 no açude Caxitoré e no rio Curu, ambos os pontos localizados na bacia do rio Curu, região semiárida do Nordeste brasileiro. Os resultados indicaram que as células germinativas dos ovários de *C. orientale* apresentam cinco fases de desenvolvimento e os ovários e testículos apresentam quatro estágios de maturação. A espécie apresenta desova múltipla devido à presença de diferentes fases de desenvolvimento de ovócitos em um ovário maduro. Gônadas maduras foram registradas ao longo de todo o ano, com um pico de atividade reprodutiva durante o período chuvoso da região. A razão sexual da espécie difere de 1:1, porém essa diferença ocorre apenas nas maiores classes de tamanho, nas quais ocorre a prevalência de machos. Os tamanhos obtidos para maturidade da espécie foram pequenos (fêmeas = 4,04 cm, machos = 4,33 cm). A fecundidade baseada no grupo de ovócitos mais desenvolvidos variou de 254 a 3389 (média = 2052 ± 849), aumentando proporcionalmente ao comprimento padrão da fêmea. Os ovócitos mais desenvolvidos apresentaram diâmetro máximo de 1,8 mm. Estas informações caracterizam a espécie como apresentando fecundidade baixa e tamanhos de ovócitos grandes, o que associado com o cuidado biparental e a desova múltipla exercidos pela espécie indica que ela realiza um alto investimento em capacidade de sobrevivência da prole, em detrimento da quantidade de prole gerada. As táticas reprodutivas realizadas por *C. orientale* na bacia do rio Curu indicam que esta espécie é pertencente da guilda estratégia do equilíbrio com algumas modificações que estão associadas à adaptação a um ambiente de grande variação hídrica ao longo do ano.

Palavras chaves: História de vida, Reprodução, Sobrevivência, Semiárido, Estratégia do Equilíbrio.

ABSTRACT

This study aimed at understanding the reproductive tactics of endemic cichlid species on semiarid region, *Cichlasoma orientale*, in order to better understand the reproductive strategy of the species to self-maintain in an environment with large hydrological variations of the Brazilian semiarid region. This work was divided into three chapters. The first chapter focused on the realization of macroscopic and microscopic description and definition of the stages of ovarian maturation and degree of development of oocytes of the species. The second chapter of the life history characteristics of *C. orientale*, such as population structure, sex ratio, reproductive period, spawning type and size of sexual maturity were described. In the third and final chapter we analyzed the different reproductive tactics related to offspring survival of the species, such as the presence of parental care, body size, fecundity, oocyte size and pattern of spawning. The collection of biological material occurred monthly from August 2011 to July 2013 at Caxitoré weir and at Curu river, both located at Curu River Basin, semiarid region of northeastern Brazil. The results indicate that germ cells from the ovaries of *C. orientale* present five stages of development, the ovaries and testes feature four stages of maturation. The species is a multiple spawner due to the presence of different developmental stages of oocytes in a mature ovary. Mature gonads were recorded throughout the year, with a peak of reproductive activity during the rainy season in the region. The sex ratio of this species differs from 1:1, but these differences occur only in the larger size classes, in which the prevalence of males occurs. The sizes obtained for maturity of the species were small (females = 4.04 cm, males = 4.33 cm). The fecundity based on the group of most developed oocytes ranged 254-3389 (mean = 2052 ± 849), increasing in proportion to the standard length of the female. The most developed oocytes had a maximum diameter of 1.8 mm. These information characterize the species as having low fecundity and large sizes of oocytes, which associated with biparental care and exercised by multiple spawning species indicates that it realizes a high investment in survivability of offspring, rather than the quantity of offspring generated. Reproductive tactics made by *C. orientale* in Curu River basin indicate that this species belongs to the guild's strategy equilibrium with some modifications that are associated with adaptation to an environment of large water variations throughout the year.

Keywords: Life History, Reproduction, Survival, Semiarid, Equilibrium Strategy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1	Representação dos estágios macroscópicos dos ovários de <i>Cichlasoma orientale</i>	27
Figura 2	Componentes somáticos de ovários de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	28
Figura 3	Componentes germinativos de ovários de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	31
Figura 4	Estágios de desenvolvimento ovariano de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	33

Capítulo 2

Figura 1	Distribuição de frequência relativa por intervalo de classes de comprimento padrão de fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	47
Figura 2	Relações peso-comprimento de fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	48
Figura 3	Fotomicrografias de secções de gônadas femininas e masculinas de <i>Cichlasoma orientale</i> em diferentes estágios de desenvolvimento.....	50
Figura 4	Frequência relativa mensal dos estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	51
Figura 5	Variação mensal do índice gonadosomático (GSI) de fêmeas e machos adultos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	52
Figura 6	Estimativa do tamanho da primeira maturação para fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	53

Capítulo 3

Figura 1	Categorias de comportamento observadas para <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curú, Ceará	73
Figura 2	Distribuição de frequência relativa por intervalo de classes de comprimento padrão de fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> no rio Curu, Ceará.....	74
Figura 3	Frequência relativa mensal dos estágios de desenvolvimento gonadal em fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	75
Figura 4	Relações entre a fecundidade do lote e o comprimento padrão de <i>Cichlasoma orientale</i> no Rio Curu, Ceará.....	76
Figura 5	Fotomicrografia de um ovário de <i>Cichlasoma orientale</i> indicando os três grupos de ovócitos.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Regressões peso x comprimento de jovens, adultos e geral de fêmeas e machos de <i>Cichlasoma orientale</i> da bacia do rio Curu, Ceará.....	48
----------	---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 1 Desenvolvimento de ovócitos e maturação ovariana de <i>Cichlasoma orientale</i> (Perciformes: Cichlidae)	22
RESUMO.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS.....	27
DISCUSSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 2 História de vida de <i>Cichlasoma orientale</i> (Perciformes: Cichlidae) na bacia do rio Curu, Nordeste do Brasil	43
RESUMO.....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS.....	47
DISCUSSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	59
CAPÍTULO 3 Táticas reprodutivas que otimizam a sobrevivência da prole de <i>Cichlasoma orientale</i> (Perciformes: Cichlidae).....	66
RESUMO.....	66
INTRODUÇÃO.....	68
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADOS.....	73
DISCUSSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	90
REFERÊNCIAS.....	92

INTRODUÇÃO GERAL

A reprodução é um dos principais eventos na vida de um indivíduo. O termo estratégia reprodutiva é usado para se referir ao conjunto de características que uma espécie manifesta para obter sucesso na reprodução, enquanto que cada característica isoladamente recebe a denominação de tática reprodutiva (Wootton, 1984). A reprodução e as estratégias realizadas para o seu melhor desempenho estão intimamente relacionadas com a teoria de história de vida. Esta teoria explica a diversidade de seres vivos e de suas formas de vida, usando conceitos como seleção natural, aptidão, limitação e adaptação (Stearns, 1992).

A história de vida de um indivíduo é definida como a evolução de estratégias, com base em adaptações comportamentais, fisiológicas e anatômicas, que influenciam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo (Stearns, 2000; Ricklefs; Wikelski, 2002). Ela envolve o estudo de diversas características do indivíduo que o levam a este sucesso reprodutivo (Stearns, 2000). Dentre as características de história de vida, as principais estudadas são: estrutura populacional, esforço reprodutivo, número de ninhadas geradas na vida, tamanho da ninhada e idade/tamanho da maturidade sexual (Stearns, 1976). Conceitos como seleção natural, aptidão, limitação e adaptação relacionam a teoria com a diversidade biótica (Stearns, 1992).

A teoria de história de vida tenta explicar como um organismo evolui de modo a maximizar o seu sucesso reprodutivo (Stearns, 2000). De acordo com esta teoria, os indivíduos para cada ambiente apresentam uma combinação distinta de características. Isso permite que, com o passar das gerações, ocorra o aumento da aptidão dos indivíduos de uma população a determinado ambiente, por meio da seleção das características que gerem melhor sucesso reprodutivo (Stearns, 1976). Essencialmente, essa teoria procura prever quais são as melhores decisões frente a um problema por situações distintas (Stearns, 1976).

Em uma espécie podem ocorrer variações nas características de história de vida em resposta ao tipo de ambiente no qual ela se encontra. Tais variações maximizam a aptidão do organismo a determinado ambiente (Stearns, 1976). A evolução adaptativa é causada por um fator ambiental (agente de seleção) que resulta na aptidão diferencial entre os fenótipos (Maccoll, 2011). Com o passar de gerações, indivíduos sob diferentes pressões de seleção exibem características de história de vida distintas. Isso ocorre devido à seleção dos atributos que geram maior sucesso reprodutivo (Pianka, 1976; Stearns, 1976, 1984, 2000).

Os modelos de otimização são frequentemente utilizados na aplicação da teoria de história de vida (Roff, 1992; Stearns, 1992). Esses modelos têm como objetivo estimar as

variações em tamanho de nascimento, taxas de crescimento, idade e tamanho a maturidade, tamanho de ninhada, investimento reprodutivo, taxas de mortalidade e período de vida (Roff, 1992; Stearns, 1992). Porém, para se entender as variações nestas características temos que saber como o ambiente afeta a sobrevivência e reprodução de organismos de idades, fases, ou tamanhos diferentes e como são conectadas as características de sobrevivência e reprodução, assim como as limitações em que estas podem variar (Stearns, 2000).

As variações das características de história de vida de uma espécie podem ocorrer por duas razões. A primeira diz respeito à adaptação ao ambiente, por meio da modificação da frequência de determinados genes na população. A segunda é através da capacidade de plasticidade fenotípica da espécie que é a capacidade de um organismo mudar suas características de história de vida em resposta a estímulos ou modificações do ambiente (West-Eberhard, 2008).

A influência que o ambiente exerce sobre as características de histórias de vida de um organismo é bastante relatada (Pianka, 1970, 1976; Southwood, 1988; Stearns, 1976, 1977). MacArthur e Wilson em 1967 expõem o conceito de seleção r e K . A ideia principal deste conceito é que ambientes diferentes em estabilidade e/ou populações selecionam fenótipos diferentes. Ambientes flutuantes com baixa competição e densidade favoreceriam indivíduos com alta taxa intrínseca de crescimento (r). Em ambientes estáveis, com alta densidade, nos quais a competição tem papel importante, os indivíduos deveriam investir na manutenção de sua persistência no ambiente (K) (MacArthur; Wilson, 1967).

Winemiller (1989) também estudou como o ambiente influencia na estratégia reprodutiva desempenhada por uma espécie. Ele observou padrões de variação em histórias de vida de peixes em ambientes sazonais medindo ou estimando 10 características: flutuações anuais na densidade populacional, idade de maturidade sexual, período reprodutivo, número de eventos reprodutivos por ano, número de ovócitos, tamanho dos ovócitos, cuidado parental, distribuição etária na estação seca, distribuição etária na estação chuvosa e tamanho máximo teórico. Com base nos seus resultados ele definiu três estratégias que identificavam as histórias de vida dos indivíduos, de uma forma melhor que as estratégias r e K . As estratégias são:

- Estratégia oportunista: a mais semelhante à estratégia r . É caracterizada por organismos com maturidade sexual antecipada, baixa fecundidade e baixa taxa de sobrevivência da prole;
- Estratégia sazonal: caracterizada por ciclos de reprodução, maturidade sexual tardia, alta fecundidade e baixa taxa de sobrevivência da prole;

- Estratégia do equilíbrio: a mais semelhante à estratégia K; caracterizada por organismos com maturidade sexual tardia, baixa fecundidade e alta taxa de sobrevivência da prole (Winemiller, 1989; 1992).

Com base nestas estratégias é esperado que em ambientes sazonais, nos primeiros meses da estação chuvosa, peixes que apresentam a estratégia sazonal dominem em biomassa e densidade. Com a continuidade da estação chuvosa e a posterior estação seca esta dominância deve ser gradualmente assumida por peixes oportunistas e posteriormente pelos que adotam a estratégia do equilíbrio (Winemiller, 1989).

Cichlidae é uma das famílias entre os vertebrados com maior número de espécies conhecidas, com distribuição natural nas Américas, África, Oriente Médio, Irã, Índia, Sri Lanka e Madagascar (Kullander, 2003). Os ciclídeos ocorrem em uma grande diversidade de ambientes, e os mesmos são muito bem representados em riachos de todas as regiões do Brasil (Buckup, 1999).

Essa família é representada por peixes muito versáteis, territorialistas e resistentes, com predileção por ambientes lênticos, principalmente lagos e lagoas (Paraguassú; Alves; Luque, 2005). A maioria do ciclídeos neotropicais ocupam habitats lênticos dentro de rios; mas também há várias espécies moderadamente reofílicas, ou seja, dependem de um ambiente lótico para completarem seu ciclo de vida (Kullander, 2003). Devido às características apresentadas por esta família, ela tem uma alta capacidade de se estabelecer em diversos ambientes (Buckup, 1999). No Brasil há várias espécies de ciclídeos alóctones que são provenientes de outras regiões, como por exemplo, a África. Estas espécies invasoras produzem efeitos danosos à ictiofauna autóctone (Buckup, 1999). Ainda de acordo com este autor, devido ao número de espécies desta família, ainda se sabe muito pouco sobre a filogenia de suas espécies.

De toda a superfície terrestre do planeta, 40% podem ser classificadas como zonas áridas (Maltchik, 1999). No Brasil, o semiárido abrange nove estados, com uma área de 969.589,4 km², correspondente a quase 90% da Região Nordeste e mais a região setentrional de Minas Gerais (Brasil, 2005). Estas regiões são formadas por um mosaico de arbustos espinhosos, vegetação sazonalmente seca e amplo endemismo de espécies. O clima desta região caracteriza-se por apresentar uma precipitação média anual variando de 240 a 1500mm, com chuvas concentradas nos meses de janeiro a abril e temperaturas de 24 a 26° C (Nimer, 1972). O sistema de chuvas é amplamente irregular de um ano para outro, resultando

em secas severas periódicas (Krol *et al.*, 2001; Chiang; Coutavas, 2004) que condicionam as adaptações da biota neste ambiente.

No semiárido brasileiro a maioria dos rios e riachos caracteriza-se pela intermitência, e o fluxo de água desaparece durante o período de estiagem (Maltchik, 1999). Rios e riachos intermitentes são ambientes que apresentam duas estações hidrológicas marcadas: seca e chuvosa. Esses dois períodos de instabilidade hidrológica têm fundamental importância na estrutura de populações aquáticas e na reprodução dos peixes (Medeiros; Maltchik, 2000). Esta sazonalidade na disponibilidade de água gera condições ambientais distintas, que determinam modificações na estrutura da comunidade, redução da biomassa e diversidade em decorrência diminuição da heterogeneidade do ambiente (Medeiros; Maltchik, 2000).

Devido às variações hidrológicas da região semiárida brasileira, as principais bacias hidrográficas encontram-se modificadas com grande número de açudes construídos no leito principal dos rios, o que assegura água para a população humana exercer atividades agrícolas durante o período de estiagem (Andrade *et al.*, 2007). A descontinuidade espacial observada nestas bacias hidrográficas modifica processos naturais e gera dois ambientes contrastantes: o rio que possui características de sistema lótico e o açude com as características de um sistema lêntico.

A presente pesquisa foi desenvolvida na Bacia Hidrográfica do Rio Curu, a qual está inserida na ecorregião mundial de água doce (Freshwater Ecoregion of the World) Caatinga do Nordeste. Essa subdivisão em ecorregiões de água doce mundiais é proposta por Abell *et al.*, (2008) junto com as organizações não governamentais World Wildlife Fund e The Nature Conservancy e visa definir áreas para conservação da biodiversidade. Poucos estudos foram realizados na região do semiárido e há ausência de evidências conclusivas sobre a dinâmica reprodutiva de peixes na região (Maltchik; Medeiros, 2006).

Nesta Bacia ocorre uma espécie de ciclídeo endêmica da região semiárida brasileira, *Ciclossoma orientale*, que é conhecido popularmente na região como Cará preto. Esta tese teve finalidade de estudar características da história de vida deste ciclídeo na Bacia do Rio Curu para compreender como esta espécie se mantém em um ambiente com grande sazonalidade hídrica. Desta forma a tese foi dividida em três capítulos que tem como finalidade investigar:

- A descrição do desenvolvimento ovocitário e maturação gonadal de *C. orientale*.
- A estratégia reprodutiva da espécie com ênfase na estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, tipo de desova e tamanho na maturidade sexual.

- As táticas reprodutivas de *C. orientale* que maximizam a sobrevivência da prole gerada.

As coletas ocorreram mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2013 em ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Curu, região semiárida do Nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

- Abell, R.; Thieme, M. L.; Revenga, C.; Bryer, M.; Kottelat, M.; Bogutskaya, N. 2008. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*. 5: 403-414.
- Andrade, E. M.; Araújo, L. F. P.; Rosa, M. F.; Gomes, R. B.; Lobato, F. A. 2007. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. *Ciência Rural*. 37, (6): 1791-1797.
- Brasil. 2005. Nova delimitação do Semi-Árido brasileiro. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional. *BRASIL. Ministério do Meio Ambiente*. 35.
- Buckup, P. A. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riacho, In: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R.; Bizerril, C. R. S. F.; Peres-Neto, P. R. Ecologia de Peixes de Riacho: Estado Atual e Perspectivas. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro. 6: 91-135.
- Chiang, J. C. H.; Koutavas, A. 2004. Tropical flip-flop connections. *Nature*. 432: 684-685.
- Krol, M. S.; Jaegar, A.; Bronstert, A.; Kryukow, J. 2001. The semi-arid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. *Physics and Chemistry of the earth*. 26, (7-8): 529-533.
- Kullander, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids), pp. 605-654. In Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America (Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris C. J. JR. eds.). Porto Alegre: Edipucrs.
- Macarthur, R. H.; Wilson, E. O. 1967. The Theory of Island Biogeography. *Princeton University Press's*. 203.
- Maccoll, D. C. 2011. The ecological causes of evolution. *Trends in Ecology and Evolution*. 26, (10): 514- 522.

Maltchik, L. Medeiros, E.S.F. 2006. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 16, (7): 665-677.

Maltchik, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In: Pompeo, M. L. M. *Perspectivas da limnologia no Brasil*. São Luís: Gráfica e editora União. 77-89.

Medeiros, E. S. F. Maltchik, L. 2000. Influence of hydrological disturbances on the reproduction of a fish community in an intermittent stream from the Brazilian semiarid region. *Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology*. 27: 906-911.

Nimer, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*. 34: 3-51.

Paraguassú, A. R.; Alves, D. R.; Luque, J. L. 2005. Metazoários parasitos do acará *Geophagus brasiliensis* (Quoy; Gaimard, 1824) (Osteichthyes: Cichlidae) do reservatório de lajes, estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 14, (1): 35-39.

Pianka, E. R. 1976. Natural Selection of Optimal Reproductive Tactics. *American Zoologist*. 16, (4): 775-784.

Pianka, E. R. 1970. On r- and K-Selection. *The American Naturalist*. 104, (940): 592-597.

Ricklefs, R. E.; Wikelski, M. 2002. The physiology/life-history nexus. *Trends in Ecology & Evolution*. 17, (10): 462-468.

Roff, D. A. 1992. The evolution of life histories: Theory and Analysis. *Chapman and Hall, New York*. 535.

Southwood, T. R. E. 1988. Tactics, Strategies and Templets. *Oikos*. 52, (1): 3-18.

Stearns, S. C. 1977. The evolution of life history traits: a critique of the theory and a review of the data. *Annual review of ecology and systematics*. 8: 145-171.

Stearns, S. C. 1984. Heritability estimates for age and length at maturity in two populations of mosquito fish that shared ancestors in 1905. *Evolution*. 38, (2): 368-375.

Stearns, S. C. 2000. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. – *Naturwissenschaften*. 87: 476-486.

Stearns, S. C. 1976. Life-history tactics: a review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology*. 51: 3-47,

Stearns, S. C. **The evolution of live histories**. Oxford University Press. New York, 1992. 249 p.

West-Eberhard, M. J. 2008. Phenotypic Plasticity. In: Jørgensen, S. E.; Bartell, S.; Chon, T. S.; Elser, J.; Grant, W.; Palmeri, L.; Svirejeva-Hopkins, A.; Vymazal, J.; Bastianoni, S.; Angelis, D.; Graham, M.; Harmsen, R.; Svirezhev, Y.; Voinov, A. *Encyclopedia of Ecology*. Editora Elsevier. 2701-2707.

Winemiller, K. O. 1992. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*. 63, (2): 318-327.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*. 81: 225-241.

Wootton, R. J. 1984. Introduction: Strategies and tactics in fish reproduction. In G. W. Potts; R. J. Wootton (Eds.), *Fish reproduction: strategies and tactics* (p. 1-12). Oxford: Academic Press.

CAPÍTULO 1

Desenvolvimento de ovócitos e maturação ovariana de *Cichlasoma orientale*

(Perciformes: Cichlidae)

Jussiara Candeira Spíndola Linhares, Leonardo Peres de Souza, Carla Ferreira Rezende & José Roberto Feitosa Silva.

Resumo

Neste estudo os ovários de *Cichlasoma orientale* foram descritos macro e microscopicamente, e definidos os estágios de maturação ovariana e o grau de desenvolvimento dos ovócitos. As coletas foram realizadas mensalmente durante o período de agosto de 2011 a julho de 2013 em ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Curu, região semiárida do Nordeste brasileiro. Os ovários foram incluídos em parafina ou em historesina e as colorações utilizadas foram tricrômico de Gomori e Hematoxilina-Eosina. Os componentes somáticos encontrados nos ovários foram o revestimento ovariano, eritrócitos, vasos sanguíneos, células foliculares e material fibroso constituindo o estroma ovariano. Os componentes germinativos foram representados pelas células germinativas e estas apresentaram cinco fases de desenvolvimento: Fase cromatina nucléolo (diâmetro de $35,18 \pm 6,54 \mu\text{m}$); Fase perinucleolar (diâmetro de $88,81 \pm 19,02 \mu\text{m}$); Fase alvéolo-cortical (diâmetro de $400,12 \pm 75,60 \mu\text{m}$); Fase madura ($1637,50 \pm 137,04 \mu\text{m}$); Fase atrésica ($417,44 \pm 143,57 \mu\text{m}$). Após a ovulação as células foliculares que envolviam o ovócito formam o folículo pós-ovulatório que não apresenta forma fixa. Através da análise macro e microscópica foram identificados quatro estágios de maturação ovariana: imaturo (ovário translúcido com ovócitos nas fases núcleo-cromatina e perinucleolar); em maturação (ovário alaranjado com ovócitos e ovócitos nas fases núcleo-cromatina, perinucleolar e alvéolo-cortical podendo também ocorrer ovócitos atrésicos); maduro (ovário de coloração amarela a marrom, com ovócitos em todas as fases de desenvolvimento); parcialmente desovado (ovários rosados contendo vários espaços vazios com fibras conjuntivas evidentes e ovócitos em todas as fases de desenvolvimento, podendo ocorrer também folículos pós-ovulatórios). Com estes resultados pode-se concluir que a espécie *C. orientale* realiza múltiplas desovas em cada período reprodutivo e suas células germinativas desenvolvem-se de acordo com o que ocorre em teleósteos de água doce.

Palavras chaves: Reprodução, Ovário, Oogênese, Gametogênese, Desova múltipla.

INTRODUÇÃO

Os teleósteos constituem um grupo com grande variação de modos reprodutivos, desde a oviparidade até a viviparidade, e isso reflete a variabilidade morfológica nos ovários (Genten *et al.*, 2009). A reprodução é parte essencial do estudo da biologia de uma espécie. Os estudos de biologia reprodutiva enfocam principalmente a classificação macroscópica das gônadas, período reprodutivo, tamanho de maturidade, fecundidade e o comportamento reprodutivo. Apesar destes estudos, é necessário um maior conhecimento sobre a oogênese, pois este fenômeno é capaz de confirmar o estágio gonadal identificado a partir sua observação macroscópica, assim como elucidar as estratégias fisiológicas que a fêmea utiliza na sincronização de sua maturação.

A análise histológica é uma ferramenta importante para os estudos de desenvolvimento ovariano, uma vez que esta permite o detalhamento de estruturas que são fundamentais na maturação do ovário e não podem ser identificadas apenas por análise macroscópica (Hunter; Macewicz, 1985; Chellappa *et al.*, 2005). A identificação e observação da frequência de células germinativas de diferentes estágios permite o maior conhecimento sobre a maturação ovariana, bem como o tipo de desova exercido pela espécie. Várias fases de desenvolvimento gonadal dos peixes têm sido estudadas para esclarecer a dinâmica e regulação da ovogênese (Potts; Wootton, 1984; Wallace; Selman, 1981).

Os ciclídeos constituem uma das maiores famílias de vertebrados existentes (Keenleyside, 1991; Kullander, 2003), com ampla distribuição geográfica (Kullander, 2003) e vasta gama de estratégias reprodutivas (Lowe-McConnell, 1969). A maioria dos rios da costa atlântica do Brasil têm 1-3 espécies de ciclídeos (Kullander, 2003). Este táxon inclui diversas espécies de potencial comercial, sejam como espécies ornamentais, de pesca esportiva ou principalmente para fins de alimentação (Kullander, 2003). A maioria dos ciclídeos neotropicais ocupa habitats lênticos dentro de fluxos de areia de rio; mas há também um número de espécies reofílicas moderadamente a fortemente adaptadas e alguns representantes neotropicais registrados em ambientes de água salobra (Kullander, 2003).

O gênero *Cichlasoma* inclui indivíduos sul americanos de tamanho pequeno a moderadamente grande (Kullander; Nijssen, 1989). Espécies deste gênero foram registradas na bacia Amazônica, Orinoco, Paraguai, Paraná, Uruguai e São Francisco, assim como em rios da Trinidad e Guiana, do Nordeste do Brasil, do Rio Grande do Sul e do Uruguai

(Kullander, 2004). *Cichlasoma orientale* Kullander 1983 é uma espécie de considerada endêmica da região semiárida brasileira (Kullander, 2003).

O objetivo deste estudo foi determinar os estágios de desenvolvimento ovariano, bem como o processo de ovogênese em *Cichlasoma orientale* através de descrições macroscópica e histológica de ovários.

MATERIAL E MÉTODOS

A região semiárida brasileira apresenta um sistema irregular de chuvas entre os anos, o que resulta em secas severas imprevisíveis (Krol *et al.*, 2001, Chiang; Coutavas, 2004). A precipitação anual desta região apresenta grande variação (240 a 1500 mm) e as temperaturas médias observadas são de 24 a 26°C (Nimer, 1972). A sazonalidade da região é definida por curtos períodos de chuvas intensas (março-julho), juntamente com um longo período seco durante todo o resto do ano (Bouvy *et al.*, 2000). Devido a estes fatores, a maioria dos rios e riachos desta região caracterizam-se pela intermitência, onde o fluxo de água desaparece durante o período de estiagem (Maltchik, 1999).

As coletas dos exemplares de *Cichlasoma orientale* ocorreram em três pontos amostrais na bacia do Curu localizada no Ceará, região semiárida brasileira. O primeiro ponto amostral (3°47'03" S, 39°24'46" O) apresenta características lênticas devido a um represamento e os outros dois pontos amostrais (3°49'08" S, 39°19'57" O e 3°57'08" S, 39°25'56" O) são ambientes de características lóxicas.

Os exemplares foram capturados mensalmente durante o período de agosto de 2011 a julho de 2013. Foram utilizados como instrumentos de pesca redes de arrasto com 500 µm de malha e redes de espera com 4 – 10 cm de malha. Os espécimes capturados foram anestesiados em Eugenol e eutanasiados em gelo de acordo com leis ambientais brasileiras (coletas permitidas pelo ICMBio, número de autorização 28385-2). Exemplares testemunhos de *C. orientale* foram depositados na coleção ictiológica da Universidade Federal da Paraíba – UFPB 7067 e UFPB 7081.

Em laboratório, os indivíduos foram dissecados para identificação do sexo e do grau de maturação das gônadas, através de análise do volume, extensão, coloração e a frequência dos diferentes tipos de células germinativas. Os ovários dos espécimes foram observados e fotografados. Seções das regiões anterior, média e posterior da gônada foram comparadas para investigar possíveis diferenças de maturação entre regiões. As amostras foram fixadas em formol 10% e seguiram para rotina histológica padrão de desidratação em série etílica crescente, diafanização em xilol e inclusão em parafina líquida a 60°C. Os blocos confeccionados foram seccionados com 3-4 µm de espessura e as secções obtidas foram coradas com Tricrômico de Gomori (adaptado de Tolosa *et al.*, 2003). Algumas amostras foram fixadas em Karnovsky por 24h, desidratadas em série alcoólica crescente, incluídas em Resina (Leica), seccionadas com 3 µm de espessura e coradas com Hematoxilina-Eosina

(adaptado de Junqueira, 1983). Esta segunda rotina foi realizada para melhor preservação e descrição dos componentes em relação à inclusão em parafina.

Através do estudo histológico pode-se identificar os componentes germinativos e somáticos dos ovários de *C. orientale*. Estes componentes também foram observados em relação à sua organização com o decorrer da maturação dos ovários. Para determinação do estágio de desenvolvimento das células germinativas, foram analisados critérios como reação das células aos corantes utilizados, forma, presença de grânulos citoplasmáticos, aspecto do núcleo e o diâmetro da célula. Neste último foram mensuradas apenas células cujo núcleo estava presente nas secções histológicas.

RESULTADOS

Caracteres macroscópicos:

Os ovários de *Cichlasoma orientale* são órgãos bilaterais, alongados, localizados na cavidade celomática e que apresentam grande variação de volume de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Em um mesmo indivíduo, os lóbulos direito e esquerdo apresentam tamanho e estágios de maturação semelhantes. Sua coloração varia de translúcida, laranja e marrom claro, sendo sua cor relacionada com o grau de acúmulo de vitelo nas células germinativas (Fig. 1).

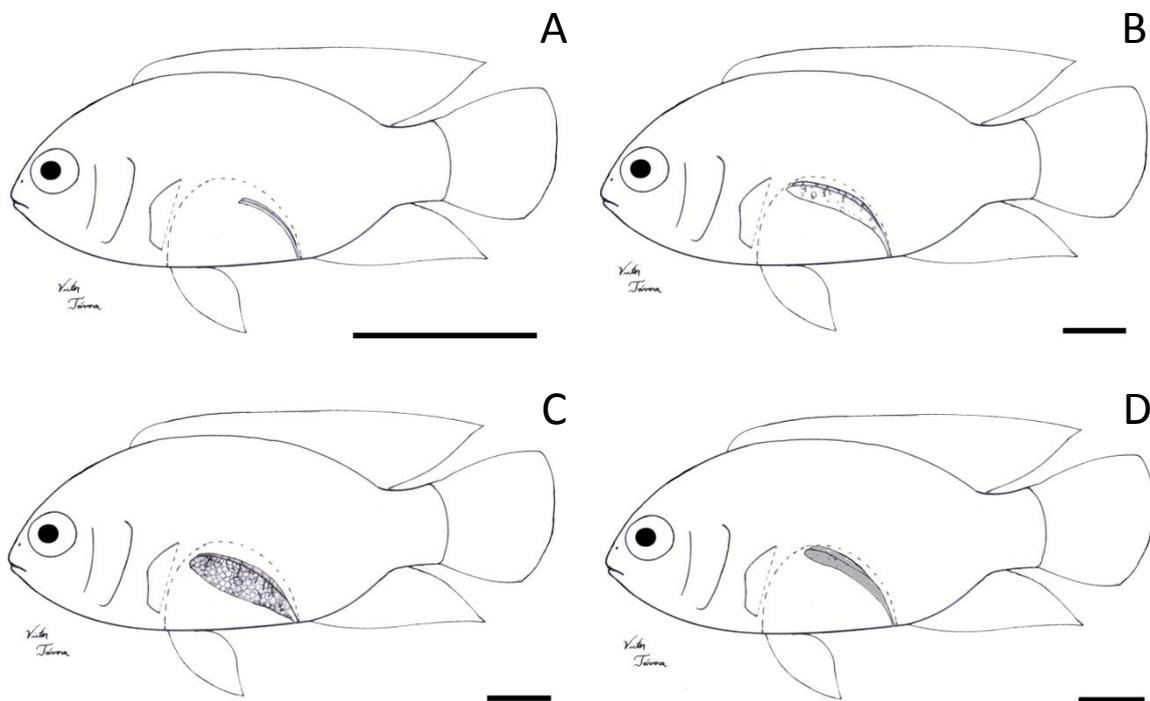


Figura 1. Representação dos estágios macroscópicos dos ovários de *Cichlasoma orientale*. A = Imaturo; B = Em maturação; C = Maduro; D = Parcialmente desovado. Barra de escala 1 cm.

Caracteres microscópicos:

O revestimento ovariano é constituído de tecido conjuntivo de natureza fibrosa, no qual se observam células semelhantes a fibroblastos, que apresentam citoplasma bastante delgado, pouco corado e de núcleo basófilo ao reagirem com a hematoxilina (Fig. 2A e 2B). Estas fibras invaginam-se em direção ao lúmen formando as subunidades denominadas lamelas, onde se desenvolvem as células germinativas (Fig. 2B e 2C).

Entre as fibras são observados vasos sanguíneos e eritrócitos geralmente visualizados na periferia do ovário (Fig. 2D). Os eritrócitos consistem de células com núcleo elíptico e de cromatina condensada, cujo citoplasma delgado é moderadamente acidófilo.

Células foliculares se apresentam inicialmente aglomeradas no ovário e posteriormente em volta das células germinativas. Estas células foliculares apresentam o núcleo basófilo, sendo o citoplasma de aspecto variável de acordo com sua localização nos ovários. Quando associados às células germinativas, as células foliculares formam um epitélio simples, cujas células podem variar de pavimentosa a cúbica (Fig. 2E). Quando aglomeradas em ninhos no ovário, o citoplasma dessas células é de difícil visualização, apresentando a forma pavimentosa.

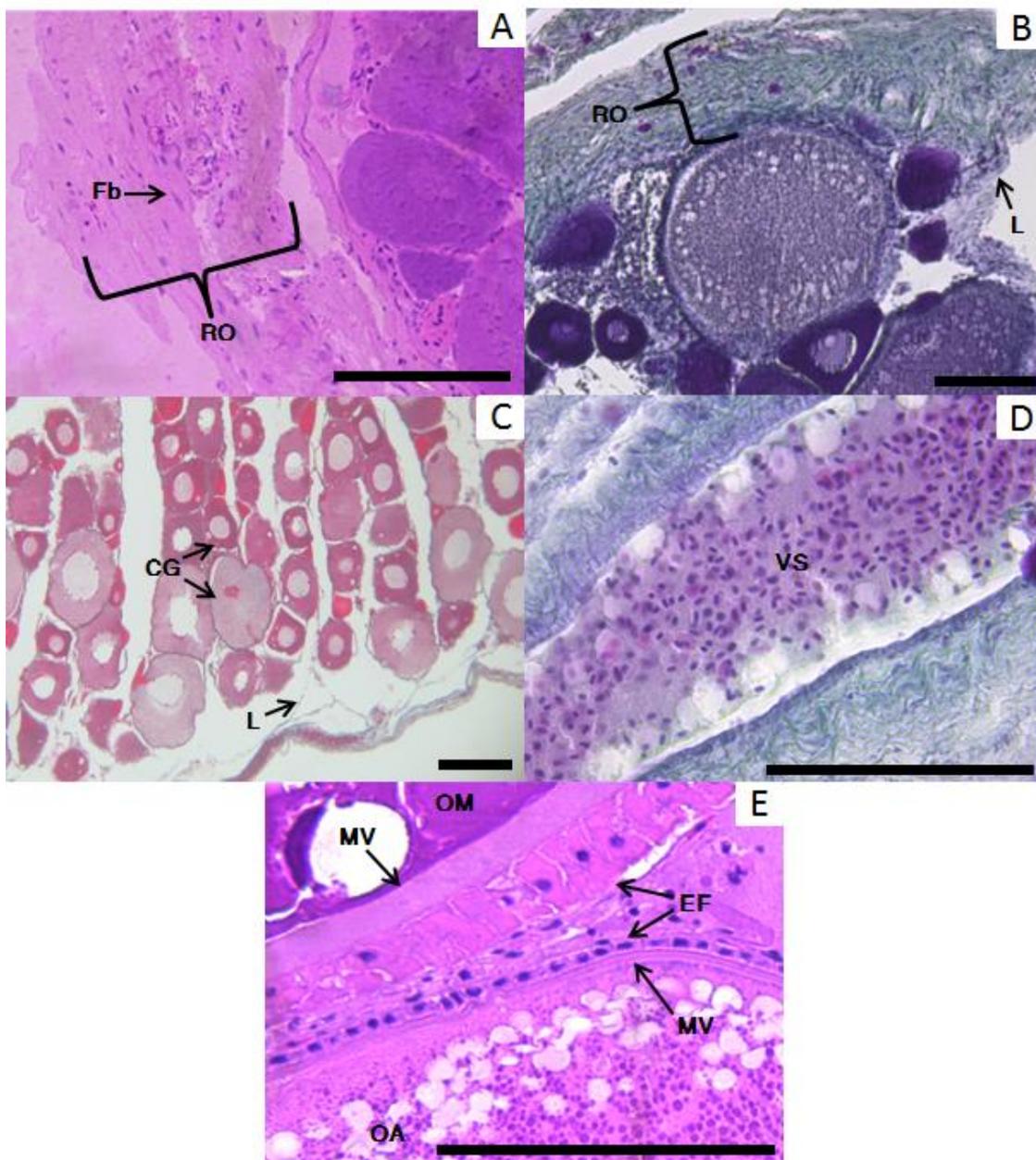


Figura 2. Componentes somáticos de ovários de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará. A: Revestimento ovariano. B: Revestimento ovariano indicando a lamela. C: Lamelas ovígeras com células germinativas aderidas. D: Vaso sanguíneo. E: Epitélio folicular e membrana vitelina de ovócitos alvéolos-corticais e maduros. (Legendas: AO = ovócito alvéolo-cortical; CG = células germinativas; EF = epitélio folicular Fb = fibroblastos; RO = revestimento do ovário; MV = membrana vitelina; OM = ovócito maduro; VS = vaso sanguíneo). Barra de escala = 100 μ m. Fotomicrografias A e E: inclusão em resina. Hematoxilina-Eosina; B, C e D: inclusão em parafina. Tricrômico de Gomori.

Os componentes germinativos estão representados pelos ovócitos em diferentes estágios de maturação caracterizados por sua forma e diâmetro, aspecto do núcleo, reação aos corantes utilizados. Foram identificadas seis fases de maturação: fase cromatina nucleolar, fase perinucleolar, fase alvéolo cortical, fase vitelogênica, fase madura, fase atrésica (Genten *et al.*, 2009).

Fase cromatina-núcleo (Fase I) (Fig. 3A): Células com diâmetro de $35,18 \pm 6,54 \mu$ m. Apresentam forma circular com citoplasma fortemente basófilo. O núcleo é esférico com grumos de cromatina. Poucas células foliculares são visualizadas circundando as células nesse estágio.

Fase perinucleolar (Fase II) (Fig. 3B): Células mais volumosas quando comparado ao estágio anterior (diâmetro de $88,81 \pm 19,02 \mu$ m), com citoplasma basófilo e de aspecto granular. Apresenta núcleo volumoso, cromatina descondensada e com vários nucléolos periféricos, próximos ao envoltório nuclear. É possível observar células foliculares de forma pavimentosa formando um epitélio uniestratificado no entorno da célula germinativa.

Fase alvéolo-cortical (Fase III) (Fig. 3C): Células com diâmetro de $350,12 \pm 75,60 \mu$ m. A principal característica dessa fase é a presença de vesículas na região cortical da célula. Estas podem ser incolores ou rosadas em reação a eosina. A deposição dessas vesículas inicia-se pela região cortical e gradativamente preenchem o citoplasma homoganeamente. O núcleo destas células apresenta forma irregular. Externamente a estes ovócitos e abaixo das células foliculares, observa-se a presença de uma camada acelular que reage em verde ao corante Tricrômico de Gomori (Fig. 2E). A camada uniestratificada de células foliculares em torno desses ovócitos tornam-se mais evidente devido a alteração de sua forma pavimentosa para cúbica (Fig. 2E).

Fase vitelogênica (Fase IV) (Fig. 3D): Células com diâmetro de $510,32 \pm 80,40 \mu$ m. O citoplasma é completamente preenchido por grânulos de vitelo. O núcleo está localizado na

região mediana da célula. A camada acelular e as células foliculares que envolvem o ovócito se tornam mais destacadas.

Fase madura (Fase V) (Fig. 3E): São as maiores células germinativas com diâmetro de $1637,50 \pm 137,04 \mu\text{m}$. O citoplasma destas células é completamente preenchido por vesículas vitelo incolores e coradas pela eosina. Não é possível visualizar o núcleo dessas células. As células foliculares apresentam a forma cubica e o citoplasma eosinófilo bem evidente (Fig. 2E). Externamente aos ovócitos e abaixo das células foliculares a camada acelular já observada no estágio anterior se torna mais evidente sendo esta identificada como a membrana vitelina (Fig. 2E).

Fase atrésica (Fase VI) (Fig. 3F): Células de forma irregular e apresentam grande variação em diâmetro ($417,44 \pm 143,57 \mu\text{m}$). São ovócitos que interromperam o processo de maturação e iniciaram sua degeneração. Devido a estas razões, seu interior se apresenta como uma massa amorfa acidófila formada pela liquefação dos grânulos de vitelo.

Como consequência da ovulação é formado no ovário o folículo pós-ovulatório (Fig. 3G). Esta estrutura não possui forma padrão e é constituído pela camada de células foliculares que circundavam o ovócito. Sua ocorrência é rara, tendo sido observado em apenas um dos ovários analisados.

O diâmetro das células observadas apresentou aumento à medida que ocorria a maturação destas células ($H = 145,09$; $p < 0,0001$). Apenas entre os ovócitos alvéolo-corticiais e atrésicos não foram encontradas diferenças em relação ao diâmetro celular.

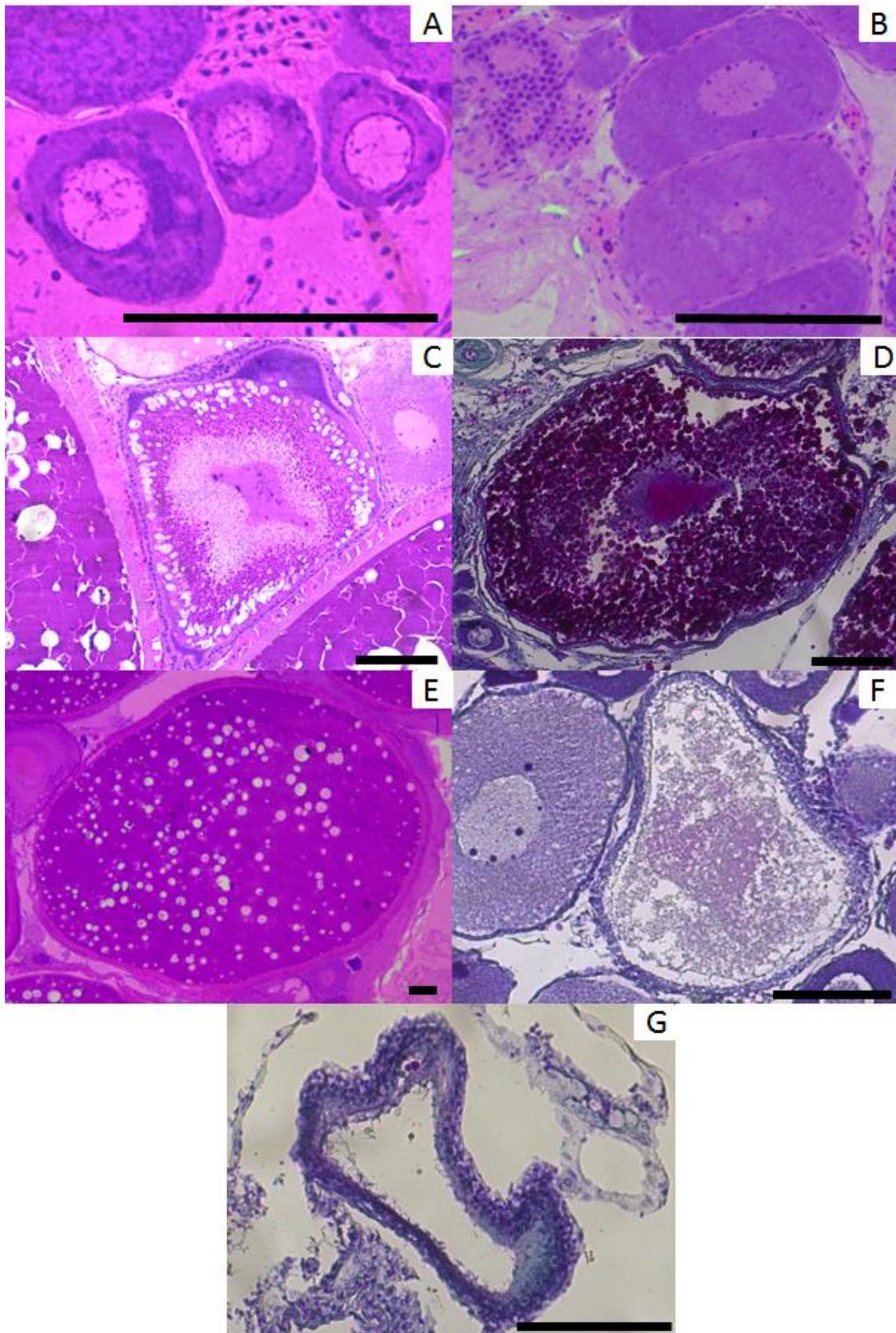


Figura 3. Componentes germinativos de ovários de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará. A = Ovócitos na fase cromatina-nucléolo; B = Ovócitos na fase perinucleolar; C = Ovócito na fase alvéolo-cortical; D = Ovócito vitelogênico; E = Ovócito maduro; F =

Ovócito atrésico; G = Folículo pós-ovulatório. Barra de escala = 100 μ m. Fotomicrografias A, B, C e E = material incluso em resina corado com Hematoxilina-Eosina, D, F e G = material incluso em parafina corado com Tricrômico de Gomori.

De acordo com as características macroscópicas, assim como a presença e frequência dos ovócitos em diferentes estágios de desenvolvimento, os ovários foram classificados em quatro diferentes estágios de maturação: imaturo, em maturação, maduro e parcialmente desovado. A análise das secções histológicas das regiões anterior, mediana e posterior dos ovários permitiu constatar que este órgão apresenta ao longo de seu comprimento o mesmo estágio de maturação.

Imaturo: Ovários neste estágio apresentam-se delgados e são translúcidos. Histologicamente os componentes germinativos dos ovários apresentam-se organizados em lamelas contendo apenas ovócitos em fases cromatina-nucleolar (fase I) e perinucleolar (fase II). Existe pouco espaço entre as células germinativas, contendo tecido conjuntivo que são as invaginações do revestimento ovariano para a formação das lamelas ovígeras e células foliculares (Fig. 4A).

Em maturação: Macroscopicamente os ovários apresentam coloração alaranjada e é possível a observação de alguns ovócitos a olho nu. Histologicamente é observada a presença de ovócitos nas fases I, II e alvéolo-cortical (fase III). Em alguns ovários também podem ser observado a presença de ovócitos atrésicos (fase VI). A organização em lamelas é menos evidente e o revestimento do ovário é mais delgado (Fig. 4B).

Maduro: Os ovários ocupam grande parte da cavidade celomática e apresentam coloração variando entre laranja a marrom claro. Os ovócitos são claramente distinguíveis a olho nu. Histologicamente observa-se a presença de ovócitos nas fases I, II, III e maduros (fase V). As lamelas ovígeras não são mais distinguíveis devido a grande compressão que os ovócitos maduros impõem uns aos outros (Fig. 4C).

Parcialmente desovado: Os ovários são flácidos de coloração amarelo claro podendo se observar em alguns casos zonas hemorrágicas. Alguns ovócitos maduros são observados a olho nu. Histologicamente os ovários se apresentam bastante desorganizados com espaços vazios e ovócitos nas fases I - V. Em um ovário foi observado a presença de folículos pós-ovulatórios. É encontrada grande quantidade de tecido conjuntivo e células foliculares dispersos no interior do ovário (Fig. 4D).

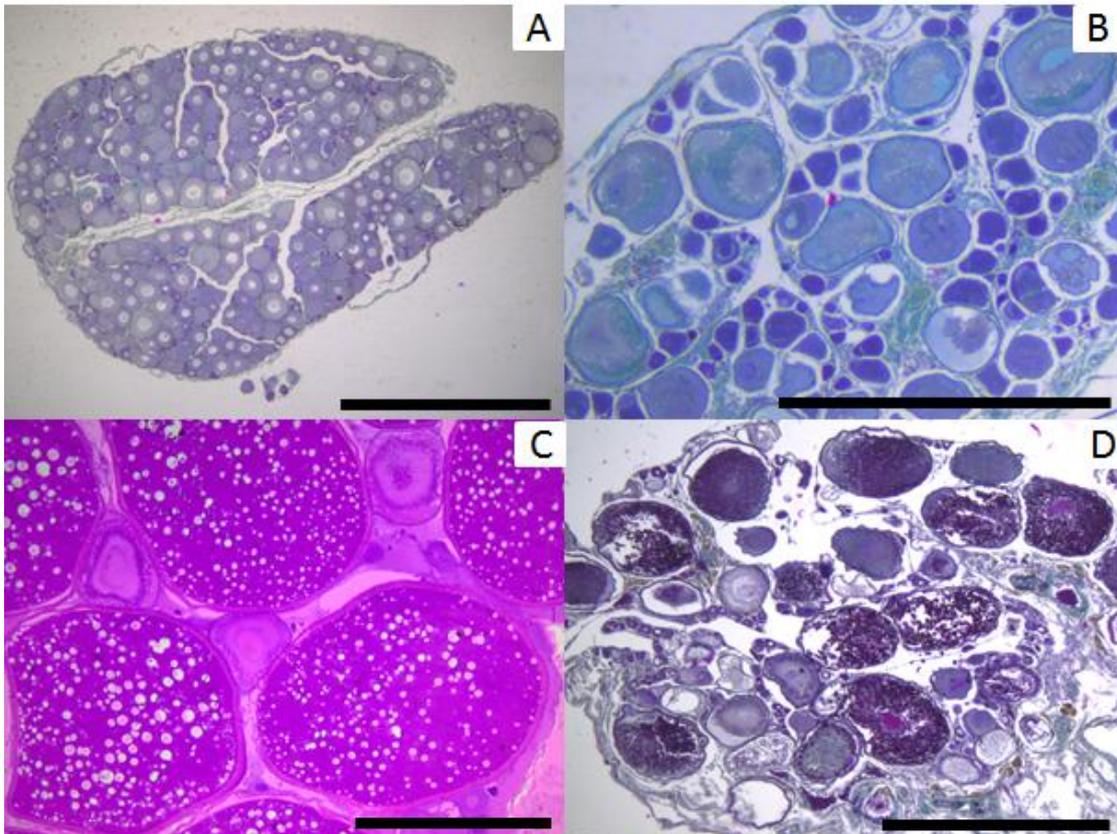


Figura 4. Estágios de desenvolvimento ovariano de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará. A = Imaturo; B = Em maturação; C = Maduro; D = parcialmente desovado; Barra de escala = 500 μ m. Fotomicrografia A, B e D = material incluso em parafina corado com Tricrômico de Gomori; C = material incluso em resina corado com Hematoxilina-Eosina.

DISCUSSÃO

Os exames macro e microscópico dos ovários de *Cichlasoma orientale* indicam que estes apresentaram morfologia e estrutura semelhante aos encontrados para a maioria dos teleósteos (Genten *et al.*, 2009). O tamanho e estágio de maturação semelhante para o lóbulo direito e esquerdo do ovário também foram características encontradas para outras espécies de ciclídeos (Chellappa *et al.*, 2005). Esta característica indica que, em cada evento reprodutivo, os dois lóbulos apresentam uma importância semelhante para a reprodução.

A ovogênese é um processo complexo em teleósteos que envolve divisões celulares, seguidas modificações do citoplasma e núcleo e formação de envoltórios acelular e celular. Um dos processos de maior significância na ovogênese é a vitelogênese, a qual se constitui da formação e acumulação de grânulos e glóbulos de vitelo no citoplasma do ovócito e é responsável pela maior parte do crescimento desta célula (Wallace; Selman, 1981).

Durante a maturação ovariana, células germinativas primordiais sofrem diversas modificações até sua transformação em um ovócito maduro. Os primeiros eventos ocorrem sem a influência hormonal e englobam a fase de crescimento primário, com a síntese inicial de ribonucleoproteínas, característica da transição do estágio cromatina nucleolar para o estágio perinucleolar (Cruz-Höfling; Cruz-Landim, 1990). Após esta fase se inicia a fase de crescimento secundário, na qual acontece a vitelogênese, que ocorre sobre controle hipofisário (Wallace; Selman, 1981). Todas estas fases são subdivididas em distintos estágios que estão relacionados a diferentes modificações na célula ao longo da ovogênese.

O diâmetro dos ovócitos em diferentes fases varia enormemente entre as espécies de teleósteos, sendo esta variação ocasionada por características fisiológicas e ambientais (Duarte; Alcaraz, 1989). Apesar desta grande variação, o padrão de aumento do diâmetro ovocitário em relação à sua evolução de maturação é observado em todos os teleósteos (Chellappa *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2012; Branco *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2013; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2013) e está relacionada ao incremento da quantidade de vitelo (Wallace; Selman, 1981). Este aumento do diâmetro também foi observado para *C. orientale* neste estudo, com diferenças de diâmetro ocorrendo entre todas as fases, com exceção das fases alvéolo-cortical e atrésica. A semelhança de tamanho entre estas fases se dá pelo fato dos ovócitos atrésicos não serem células que estão maturando para desova e sim ovócitos que interromperam sua maturação e estão sofrendo o processo de degeneração. Esta característica também explica a grande variação em tamanho que foi encontrada nestas células.

Os estágios iniciais de desenvolvimento ovocitário, representados pelos ovócitos cromatina-núcleo e perinucleolares, são células comumente denominadas de estoque de reserva (Vazzoler, 1996), pois ficam armazenados no ovário para maturação em futuras estações reprodutivas. Em *C. orientale* estes estágios são representados por pequenas células que estão presentes em todos os estágios de desenvolvimento do ovário.

Durante os estágios finais de maturação ovocitária de *C. orientale* não foi possível observar o núcleo do ovócito. Esta característica é comum na oogênese de teleósteos e é causada por uma série de fatores que ocorrem de maneira contínua (Chellappa *et al.*, 2005; Genten *et al.*, 2009; Branco *et al.*, 2013). O primeiro dele é observado em células que iniciaram o processo de vitelogênese, mas ainda não estão completamente maduras. Nestas células o grande tamanho do citoplasma do ovócito, quando comparado ao núcleo, faz com que as chances de se obter um corte histológico que ocorra na região do núcleo sejam pequenas. À medida que o processo de vitelogênese avança, o núcleo migra para o polo animal da célula e posteriormente sofre a dissolução da membrana nuclear, fazendo com que o núcleo não seja mais individualizado e conseqüentemente, não possa ser observado (Genten *et al.*, 2009).

Os ovócitos maduros de *C. orientale* apresentaram várias vesículas de lipídios. Em Perciformes é comum se observar grande quantidade destas vesículas (Melo *et al.*, 2014), que são consistidas de lipídios neutros e são ricos em ácidos graxos monoinsaturados, que atuam como reservas de energia metabólicas (Patiño; Sullivan, 2002; Martins *et al.*, 2010).

A presença de folículos pós-ovulatórios neste estudo só foi observada em um espécime de *C. orientale*. A duração dos folículos pós-ovulatórios em ovários é muito variável dependendo da espécie, podendo estes serem degenerados horas após a desova ou permanecer no ovário por alguns meses (Yoneda *et al.*, 2002; Ganas, 2012). Desta forma, visto a baixa frequência de ocorrência de espécimes com folículos pós-ovulatórios, a duração destes em ovários de *C. orientale* deve ser por um curto período de tempo.

Durante o período de maturação ovocitária, os ovócitos de teleósteos são envoltos por revestimentos acelular e celular que sofrem mudanças dinâmicas (Cruz-Höfling; Cruz-Landim, 1993). Na literatura não há consenso sobre a nomenclatura para o envoltório acelular, podendo este ser chamado de membrana vitelina, envelope vitelino, córion, zona pelúcida, zona radiata (Cruz-Landim; Cruz-Höfling, 1989; Genten *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2010). O revestimento celular corresponde ao epitélio folicular. Em teleósteos a membrana vitelina possui uma importância adaptativa que está relacionada em como os diferentes ambientes podem afetar a viabilidade das células germinativas, proteção e nos mecanismos de

fecundação (Cruz-Landim; Cruz-Höfling, 1989). Ocorre uma complexidade variável da organização estrutural da membrana vitelina de ovócitos maduros. Em parte esta variação ocorre pela grande diversidade de ambientes e processos reprodutivos dos teleósteos (Cruz-Höfling; Cruz-Landim, 1993).

Neste estudo se observou uma fina membrana vitelina em ovócitos alvéolos-corticais. Ovócitos maduros apresentaram esta membrana bem desenvolvida e de fácil visualização em microscopia de luz. Para a espécie *Astyanax bimaculatus*, com o uso de técnicas de eletromicroscopia, foi possível verificar que a membrana vitelina inicia seu desenvolvimento no estágio previtelogênico e termina no final do estágio vitelogênico (Cruz-Landim; Cruz-Höfling, 1989). Desta forma, estudos que envolvam técnicas de eletromicroscopia são necessários para melhor inferir a partir de qual estágio ovocitário se inicia a formação da membrana vitelina em *C. orientale*.

A camada de células foliculares possui diversas funções em teleósteos. Algumas destas funções são a aeração e/ou nutrição do ovócito e embrião em desenvolvimento (Hurley; Fisher, 1966), a produção de enzimas envolvidas na lise e reorganização de certas zonas da membrana vitelina (Anderson, 1967), a síntese dos revestimentos gelatinosos que abrange alguns tipos de ovos e produção dos constituintes do envelope secundário da membrana vitelina de alguns peixes (Wourms; Sheldon, 1976), a transferência de pequenas moléculas para os ovócitos em desenvolvimento por meio de junções comunicantes (Kessel *et al.*, 1985), a vitelogenese (Hirose, 1972), a esteroidogênese (Yaron, 1971).

Foram observadas modificações no epitélio folicular de *C. orientale* ao longo da maturação do ovócito. Em ovócitos de estágio inicial de maturação o epitélio folicular era composto por células pavimentosas. Os ovócitos de maturação mais avançada apresentavam células foliculares com forma cúbica. O epitélio pavimentoso das células foliculares na fase de crescimento primário pode prover uma barreira seletiva e tem também a função de formar uma camada protetora para o ovócito (Cruz-Höfling; Cruz-Landim, 1993). A mudança para a forma cúbica é relacionada com o momento em que as células foliculares aumentam seu citoplasma o que está associado com o aumento da função de esteroidogênese (Patiño; Sullivan, 2002).

Para a espécie de estudo foram identificados quatro estágios de desenvolvimento ovariano. A quantidade de estágios de maturação ovocitária para teleósteos apresenta variações entre diferentes autores (Genten *et al.*, 2009; Chellappa *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2012; Branco *et al.* 2013). Estas variações podem ocorrer tanto por diferenças nas metodologias de classificação usadas, como por características fisiológicas das espécies. A

maioria dos autores apresenta de quatro a seis estágios de classificação para o desenvolvimento ovariano, sendo os mais observados os estágios imaturo, em maturação, maduro, hidratado, desovado e em repouso. O estágio hidratado é observado para espécies marinhas ou de descendência marinha, onde anteriormente à desova o citoplasma dos ovócitos sofre hidratação (Hunter *et al.*, 1985). O estágio em repouso pode ser encontrado tanto em espécies marinhas como dulcícolas (Shinkafi *et al.*, 2011; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2013). Nas espécies que o apresentam, este estágio é observado após o período de desova e antes do espécime iniciar a nova maturação do ovário (Shinozaki-Mendes *et al.*, 2013). O fato de não ter sido observado o estágio em repouso em *C. orientale* pode ocorrer devido a esta se tratar de uma espécie com desova múltipla, na qual, mesmo imediatamente após uma desova ocorrer, estão presentes no ovário ovócitos que já iniciaram a vitelogênese para a próxima desova (Linhares *et al.*, 2014). Os quatro estágios de desenvolvimento ovocitário identificados para *C. orientale* também foram informados para outras espécies de ciclídeos (Chellappa *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2012), o que corrobora com a hipótese apresentada para não ocorrência do estágio em repouso para esta espécie. Em espécies que realizam desova múltipla, o estágio desovado é substituído pelo parcialmente desovado (Chellappa *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2012) devido a presença de ovócitos maduros que serão desovados na próxima atividade reprodutiva.

Ovócitos em estágios iniciais foram presentes em todos os ovários analisados. Isto sugere que eles estão em constante recrutamento, que é uma característica de espécies com desova múltipla com vários ciclos reprodutivos (Melo *et al.*, 2014; Coward; Bromage, 1999). Associado a isto, foi observado que *C. orientale* apresenta um padrão de desenvolvimento de ovócitos grupo sincrônico apresentando três grupos presentes em um ovário maduro: ovócitos que ainda não iniciaram a vitelogênese (fase I e II), ovócitos que iniciaram a vitelogênese (fase III e IV) e ovócitos maduros (fase V).

REFERÊNCIAS

- Anderson, E. 1967. The formation of the primary envelope during oocyte differentiation in teleosts. *The Journal of Cell Biology*. 35: 193-212.
- Araújo, A. S.; Nascimento, W. S.; Yamamoto, M. E.; Chellappa, S. 2012. Temporal dynamics of reproduction of the neotropical fish, *Crenicichla menezesi* (Perciformes: Cichlidae). *The Scientific World Journal*. 1-10.
- Bouvy, M.; Falção, D.; Marinho, M.; Pagano, M.; Moura, A. 2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*. 23: 13-27.
- Branco, I. S. L.; Viana, D. L.; Félix, R. T. S.; Vêras D. P.; Hazin, F. H. V. 2013. Oocyte development and ovarian maturation of the black triggerfish, *Melichthys niger* (Actinopterygii: Balistidae) in São Pedro e São Paulo Archipelago, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 11: 597-606.
- Chellappa, S.; Câmara, M. R.; Verani, J. R. 2005. Ovarian development in the Amazonian red discus, *Symphysodon discus* Heckel (Osteichthyes: Cichlidae) *Brazilian Journal of Biology*. 65: 609-616.
- Chiang, J. C. H.; Koutavas, A. 2004. Tropical flip-flop connections. *Nature*. 432: 684-685.
- Coward, K.; Bromage, N. R. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratoru-held stocks of a substrate-spawnig tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*. 171, 251-267.
- Cruz-Höfling, M. A.; Cruz-Landim, C. 1990. The ultrastructure of the developmental stages of the oocytes of *Astyanax bimaculatus* (Teleostei: Characidae). *Zoological Jb Anatomy*. 120: 163-181.

Cruz-Höfling, M. A.; Cruz-Landim, C. 1993. Differentiation of the follicular epithelium during oocyte growth in the Amazonia fish, *Crenicichla johanna* (Teleostei: Cichlidae). *Zoological Jb Anatomy*. 123: 59-74.

Cruz-Landim, C.; Cruz-Höfling, M. A. 1989. Electron microscopic studies on the development of the chorion of *Astyanax bimaculatus* (Teleostei: Characidae). *Zoological Jb Anatomy*. 119: 241-249.

Duarte, C. M.; Alcaraz, M. 1989. To produce many small or few large eggs: a size-independent reproductive tactic of fish. *Oecologia*. 80: 401-404.

Ganias, K. 2012. Thirty years of using the postovulatory follicles method: overview, problems and alternatives. *Fisheries Research*. 117-118: 63-74.

Genten, F.; Terwinghe, E.; Danguy, A. 2009. Atlas of fish histology. Enfield: Science Publishers, 215p.

Hirose, K. 1972. The ultrastructure of the ovarian follicle of medaka, *Oryzias latipes*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*. 123: 316-329.

Hunter, J. R.; Lo, N. C. H.; Leong, R. J. H. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes, pp. 67-78. In An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy *Engraulis mordax* (Lasker, R. ed.) NOAA Tech. Rep. NMFS-36.

Hunter, J. R.; Macewicz, B. J. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*. 83: 119-136.

Hurley, D. A.; Fisher, K. C. 1996. The structure and development of the external membrane in young eggs of the brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Canadian Journal of Zoology*. 44: 173-190.

Junqueira, L. C.; Junqueira, L. M. M. S. 1983. Técnicas Básicas de Citologia e Histologia. São Paulo: Livraria e Editora Santos. 123p.

Keenleyside, M. H. A. 1991. Parental care, pp. 191-208. In Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution (Keenleyside, M. H. A., ed.) London: Chapman & Hall.

Kessel, R. G.; Tung, H. N.; Roberts, R.; Beams, H. W. 1985. The presence and distribution of gap junctions in the oocyte-follicle cell complex of the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Journal of submicroscopic cytology and pathology*. 17: 239-53.

Krol, M. S.; Jaegar, A.; Bronstert, A.; Krywkow, J. 2001. The semi-arid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. *Physics and Chemistry of the Earth*. 26: 529-533.

Kullander, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids), pp. 605-654. In Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America (Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris C. J. JR. eds.). Porto Alegre: Edipucrs.

Kullander, S. O. 2004. Guide to the South American Cichlidae. <http://www.nrm.se/ve/pisces/acara/welcome.shtml>.

Kullander, S.O.; Nijssen, H. 1989. The cichlids of Surinam: Teleostei, Labroidei. Leiden: E.J. Brill, 256p.

Linhares, J. C. S.; Manna, L. R.; Mazzoni, R.; Rezende, C. F.; Silva, J. R. F. 2014. Reproductive tactics optimizing the survival of the offspring of *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae). *Revista de biologia tropical*. 62, (3): 1007-1018.

Lowe-McConnell, R. H. 1969. The cichlid fishes of Guyana, South America, with notes on their ecology and breeding behaviour. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 48: 255-302.

Maltchik, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais, pp. 77-89. In Perspectivas da limnologia no Brasil (Pompeo, M. L. M. ed.). São Luís: Gráfica e editora União.

- Martins, Y. S.; Moura, D. F.; Santos, G. B.; Rizzo, E.; Bazzoli, N. 2010. Comparative folliculogenesis and spermatogenesis of four teleost fish from a reservoir in south-eastern Brazil. *Acta Zoologica*. 91: 466-473.
- Melo, R. M. C.; Martins, Y. S.; Teixeira, E. A.; Luz, R. K.; Rizzo, E.; Bazzoli, N. 2014. Morphological and Quantitative Evaluation of the Ovarian Recrudescence in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) After Spawning in Captivity. *Journal of Morphology*. 275: 348-356.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*. 34: 3-48.
- Patiño, R.; Sullivan, C. V. 2002. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry*. 26: 57-70.
- Pereira, T. S. B.; Moreira, R. G.; Batlouni, S. R. 2013. Dynamics of ovarian maturation during the reproductive cycle of *Metynnis maculatus*, a reservoir invasive fish species (Teleostei: Characiformes). *Neotropical Ichthyology*. 11: 821-830.
- Potts, G. W.; Wootton, R. J. 1984. Fish reproduction: strategies and tactics. London: Academic Press, 410p.
- Shinkafi, B. A.; Ipinjolu, J. K.; Hassan, W. A. 2011. Gonad Maturation Stages of *Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes 1840) in River Rima, North-Western Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 6: 236-246.
- Shinozaki-Mendes, R. A.; Santander-Neto, J.; Silva, J. R. F.; Hazin, F. H. V. 2013. Gonad maturation of *Haemulon plumieri* (Teleostei: Haemulidae) in Ceará state, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 73: 383-390.
- Tolosa, E. M. C.; Rodrigues, C. J.; Behmer, O. A.; Freitas-Neto, A. G. 2003. Manual de técnicas para histologia normal e patológica. São Paulo: Editora Manole. 331p.
- Vazzoller, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM, 169p.

Wallace, R. A.; Selman, K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in Teleosts. *American Zoologist*. 21: 325-343.

Wourms, J. P.; Sheldon, H. 1976. Annual fish oogenesis: II. Formation of the secondary egg envelope. *Developmental Biology*. 50: 355–366.

Yaron, Z. Observations on the granulosa cells of *Acanthobrama terrae-sanctae* and *Tilapia nilotica* (Teleostei). *General and Comparative Endocrinology*. 17: 247-252.

Yoneda, M.; Futagawa, K.; Tokimura, M.; Horikawa, H.; Matsuura, S.; Matsuyama, M. 2002. Reproductive cycle, spawning frequency and batch fecundity of the female whitefin jack *Kaiwarinus equula* in the East China Sea. *Fisheries Research*. 57: 297-309.

CAPÍTULO 2

História de vida de *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae) na bacia do rio Curu, Nordeste do Brasil

Jussiara Candeira Spíndola Linhares, Carla Ferreira Rezende & José Roberto Feitosa Silva.

Resumo

Neste estudo são descritas características da história de vida, tais como estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, tipo de desova e tamanho da maturidade sexual de *Cichlasoma orientale*. As coletas ocorreram mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2013 em ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Curu, região semiárida do Nordeste brasileiro. Foram obtidos um total de 456 indivíduos. Houve dimorfismo sexual no comprimento padrão: machos maiores que as fêmeas. A relação peso-comprimento não diferiu entre os sexos e foi considerada alométrica positiva. A razão sexual não diferiu de 1:1 até o comprimento de 11,5 cm, porém acima deste valor os machos são mais frequentes que fêmeas. Quando analisados indivíduos de todas as classes de tamanho a razão foi de 1,49 machos para cada fêmea. Foram identificados quatro estágios de desenvolvimento gonadal para ambos os sexos de *C. orientale*: imaturo, em maturação, maturo e parcialmente esvaziado. Ovócitos em diferentes fases foram observados em uma mesma gônada, caracterizando esta espécie como realizadora de desova múltipla. Gônadas maduras foram registradas ao longo de todo o ano, com um pico de atividade reprodutiva durante o período chuvoso da região (abril a junho). A espécie apresentou pequenos valores para o tamanho de maturidade sexual. Fêmeas alcançam a maturidade sexual em tamanhos inferiores aos machos: 4,04 cm e 4,33 cm, respectivamente. Tácticas observadas no presente estudo e na literatura, como a reprodução contínua ao longo do ano, a realização de desova múltipla e a presença de cuidado parental, incluem esta espécie na guilda dos indivíduos que apresentam um grande esforço na capacidade de sobrevivência de sua prole. Apesar destas características, a táctica observada de maturidade alcançada em tamanhos pequenos, é relacionada às espécies de rápida colonização de ambientes. Desta forma nota-se que os ciclídeos não podem ser classificados em uma ou outra estratégia pré-definida, mas sim apresentam variações que permitem um melhor uso do ambiente.

Palavras-chave: Tácticas reprodutivas, estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, maturidade sexual.

INTRODUÇÃO

A história de vida de um indivíduo é definida como a evolução de táticas, com base em adaptações comportamentais, fisiológicas e anatômicas, que influenciam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo (Stearns, 2000; Ricklefs; Wikelski, 2002). Dentre as táticas de história de vida, as principais estudadas são: estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, número de ninhadas geradas na vida, fecundidade e idade/tamanho da maturidade sexual (Stearns, 1976). Ainda segundo esse autor, esta teoria informa que para cada ambiente, os indivíduos utilizam uma combinação de táticas para aumentar seu sucesso reprodutivo. Portanto, essa teoria pode fornecer elementos preditores de quais táticas serão exercidas em diversos tipos de ambiente.

Winemiller (1989) estudou padrões de variação em histórias de vida de peixes em ambientes sazonais e definiu as estratégias utilizadas pelos indivíduos: I - Estratégia oportunista caracterizada por organismos com maturidade sexual antecipada, baixa fecundidade e baixa taxa de sobrevivência da prole; II - Estratégia sazonal caracterizada por ciclos de reprodução, maturidade sexual tardia, alta fecundidade e baixa taxa de sobrevivência da prole; III - Estratégia do equilíbrio caracterizada por organismos com maturidade sexual tardia, baixa fecundidade e alta taxa de sobrevivência da prole (Winemiller, 1989; 1992).

A compreensão da história de vida de um teleósteo, principalmente os aspectos relacionados à maturidade sexual e ao período reprodutivo, é essencial para ao entendimento da espécie no ambiente. A compreensão destes aspectos permite a criação de medidas de gestão adequadas para a espécie.

Cichlidae é uma das famílias de teleósteos que, dentre os vertebrados apresenta maior número de espécies conhecidas e tem distribuição natural na América Central e do Sul, África Oriente Médio, Irã, Índia e Sri Lanka (Kullander, 2003). Incluída nesta família está *Cichlasoma orientale* Kullander 1983, uma espécie considerada endêmica da região semiárida brasileira (Kullander, 2003). Os ciclídeos são um dos táxons de teleósteos com as maiores gamas de variações em suas histórias de vida (Lowe-McConnell, 1969).

Utilizando o Ciclídeo Neotropical, *Cichlasoma orientale*, da bacia do Curu do nordeste brasileiro, o objetivo deste estudo foi descrever as características da história de vida: estrutura populacional, razão sexual, período reprodutivo, tipo de desova e tamanho da maturidade sexual.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e coletas

A região semiárida brasileira é caracterizada por um sistema irregular de chuvas entre os anos, resultando em secas severas imprevisíveis (Krol *et al.*, 2001, Chiang; Coutavas, 2004). O clima desta região caracteriza-se por apresentar precipitação anual variando de 240 a 1500 mm e temperaturas médias de 24 a 26°C (Nimer 1972). A sazonalidade é definida por curtos períodos de chuvas intensas (março-julho), juntamente com um longo período seco durante todo o resto do ano (Bouvy *et al.*, 2000). Devido a estes fatores, a maioria dos rios e riachos desta região caracterizam-se pela intermitência, onde o fluxo de água desaparece durante o período de estiagem (Maltchik, 1999).

As coletas dos exemplares de *Cichlasoma orientale* ocorreram em três locais na bacia do Curu localizada no Ceará, nordeste brasileiro. O primeiro local (3°47'03" S, 39°24'46" O) apresenta características lênticas devido a um represamento e os outros dois locais (3°49'08" S, 39°19'57" O e 3°57'08" S, 39°25'56" O) são ambientes de características lólicas.

Os exemplares foram capturados mensalmente durante o período de agosto de 2011 a julho de 2013. Foram utilizados como instrumentos de pesca redes de arrasto (500 µm de malha) e redes de espera (4 – 10 cm de malha). Após a captura, os espécimes foram anestesiados em Eugenol e eutanasiados em gelo de acordo com leis ambientais brasileiras (coletas permitidas pelo ICMBio, número de autorização 28385-2). Exemplares testemunhos de *C. orientale* foram depositados na coleção ictiológica da Universidade Federal da Paraíba – UFPB 7067 e UFPB 7081.

Dados biológicos

Em laboratório os indivíduos foram mensurados quanto ao comprimento padrão (cm) e peso corporal (g). A dissecação foi realizada para retirada da gônada, identificação do sexo, determinação visual do seu grau de maturação e do seu peso (em g). Fragmentos gonadais foram retirados para análises histológicas que identificaram o sexo e os estágios de desenvolvimento das células sexuais. Algumas amostras foram fixadas em Karnovsky por 24 h, desidratadas em série alcoólica crescente, incluídas em Resina (Leica), seccionadas com 3 µm de espessura e coradas com Hematoxilina-Eosina (adaptado de Junqueira, 1983). As amostras restantes foram fixadas em formol 10% e seguiram para rotina histológica padrão de

desidratação em série etílica crescente, diafanização em xilol e inclusão em parafina líquida a 60°C. Os blocos confeccionados foram seccionados com 3-4 µm de espessura e as secções obtidas foram coradas com Tricrômico de Gomori (adaptado de Tolosa *et al.*, 2003) para facilitar a diferenciação dos componentes celulares e histológicos. Apesar da análise macroscópica da gônada para prévia identificação do sexo e grau de maturação do animal, foi com o uso da análise histológica que estes dados foram confirmados.

O período reprodutivo foi estimado com base na análise na distribuição das frequências relativas dos estágios de desenvolvimento gonadal e do índice gonadosomático [IGS = (Pg/Pt)*100].

Análise estatística

Os valores de comprimento padrão e peso total foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro) e homocedasticidade (teste de Levene). O nível de significância utilizado em todos os testes foi $p < 0,05$. A comparação entre o comprimento padrão de fêmeas e machos foi feita pelo teste de Mann-Whitney. A razão sexual total e em cada classe de tamanho foi testada usando o qui-quadrado (X^2).

Para relação peso total x comprimento padrão, os dados foram log transformados para comparação entre as regressões de fêmeas e machos. O teste de correlação de Spearman confirmou a existência de associação entre o comprimento padrão e o peso total ($r_s = 0,99$; $t = 100,23$; $p < 0,0001$ para fêmeas e $r_s = 0,99$; $t = 126,86$; $p < 0,0001$ para machos) e os resíduos das regressões foram testados quanto à normalidade (teste Shapiro) e homocedasticidade (teste Goldfeld-Quandt). Quando aceitos estes pressupostos, foram estabelecidas as regressões.

O tamanho da primeira maturação sexual (L_{50}) foi estimado utilizando o valor de comprimento padrão em que 50% dos indivíduos são adultos. Os espécimes foram classificados em jovens e adultos, separados por sexo e estes foram divididos em classes de tamanho com amplitude de 0,5 cm. Foi observada a proporção de adultos em cada classe de tamanho e os dados foram ajustados no modelo logístico: $Y = 1/1+10^{[(L_{50}-SL)b]}$, onde Y é a proporção de adultos, SL é o comprimento padrão em cm e b é o coeficiente angular do modelo.

RESULTADOS

Distribuição de tamanho e razão sexual

Foram coletados 465 indivíduos de *C. orientale*. O comprimento padrão de machos variou de 2,52 a 16,22 cm. Fêmeas apresentaram comprimento padrão variando de 2,50 a 13,87 cm. Machos e fêmeas diferem na estrutura de comprimento padrão, com machos alcançando maiores tamanhos que fêmeas ($U = 17296,50$; $p < 0,0001$) (Fig. 1).

Dos indivíduos coletados, 278 foram machos e 187 foram fêmeas, com razão sexual diferindo de 1:1 ($X^2 = 17,81$; $p < 0,0001$). Quando analisadas as classes de tamanho separadamente, foi observado que até o tamanho 11,5 cm a razão sexual não difere de 1:1 e que em tamanhos superiores a esse valor, a razão é desviada para machos (Fig. 1).

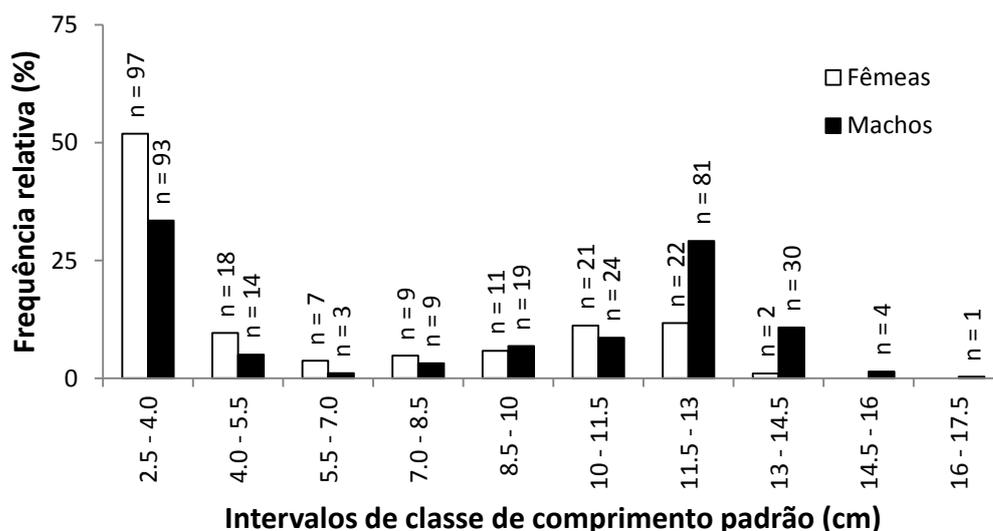


Figura 1. Distribuição de frequência relativa por intervalo de classes de comprimento padrão de fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará.

A relação entre peso total e comprimento padrão não diferiu entre machos e fêmeas ($t = 0,28$; $p = 0,78$). Em ambas as relações foram observados que os incrementos em peso são alometricamente positivos em relação aos comprimentos padrões ($p < 0,05$) (Fig 2.). Porém quando analisados dentro de cada sexo estas relações entre jovens e adultos, foram observadas diferenças na proporção do corpo entre diferentes estágios de desenvolvimento (fêmeas: $t = -10,50$; $p < 0,0001$; machos: $t = -9,32$; $p < 0,0001$). Foi observado que estas relações são

alométricas negativas para indivíduos jovens e alométricas positivas para indivíduos adultos ($p < 0,05$) (Tabela 1).

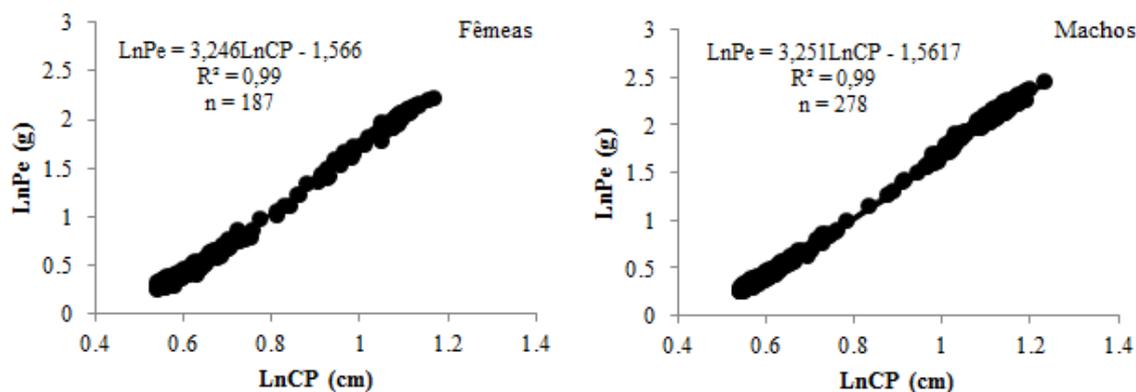


Figura 2. Relações peso-comprimento de fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará.

Tabela 1. Regressões peso x comprimento de jovens, adultos e geral de fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará.

	Fêmeas	Machos
Jovens	$\text{LnP} = 2,48\text{LnCP} - 1,09$	$\text{LnP} = 2,72\text{LnCP} - 1,24$
Adultos	$\text{LnP} = 3,43\text{LnCP} - 1,75$	$\text{LnP} = 3,38\text{LnCP} - 1,69$
Geral	$\text{LnP} = 3,25\text{LnCP} - 1,57$	$\text{LnP} = 3,25\text{LnCP} - 1,56$

Desenvolvimento gonadal

Os ovários e testículos são estruturas pares com lóbulos simétricos. Foram caracterizados quatro estágios de desenvolvimento gonadal com base em características macro e microscópicas das gônadas:

- Imaturo: Ovários e testículos neste estágio são muito pequenos e translúcidos. Histologicamente os ovários apresentam apenas ovócitos em fases cromatina-nucleolar (fase I) e perinucleolar (fase II). Nos testículos são predominantemente observadas espermatogônias (Fig. 3A e B).
- Em maturação: Os ovários apresentam coloração alaranjada e é possível a observação de alguns ovócitos a olho nu. Histologicamente é observada a presença de ovócitos nas fases I, II e alvéolo-cortical (fase III), sendo os ovócitos da fase III os que são

possíveis de observação a olho nu. Os testículos possuem coloração esbranquiçada e apresentam espermatogônias, espermatócitos e espermátides, no final desta fase podem ser observados alguns espermatozoides no lúmen (Fig. 3C e D).

- **Maturo:** Macroscopicamente os ovários apresentam coloração variando entre laranja a marrom claro e ocupam a maior parte da cavidade abdominal com fácil visualização dos ovócitos a olho nu. Histologicamente observa-se a presença de ovócitos nas fases I, II, III e maduros (fase IV). Os testículos são turgidos e esbranquiçados com grande quantidade de espermatozoides no lúmen (Figs 3E e F).
- **Parcialmente eliminado:** Os ovários e testículos são flácidos podendo se observar em alguns casos zonas hemorrágicas. Histologicamente os ovários apresentam espaços vazios, ovócitos nas fases I - IV e atrésicos e folículos pós ovulatórios. No lúmen dos testículos estão alguns espermatozoides residuais e espermatogônias (Figs 3G e H).

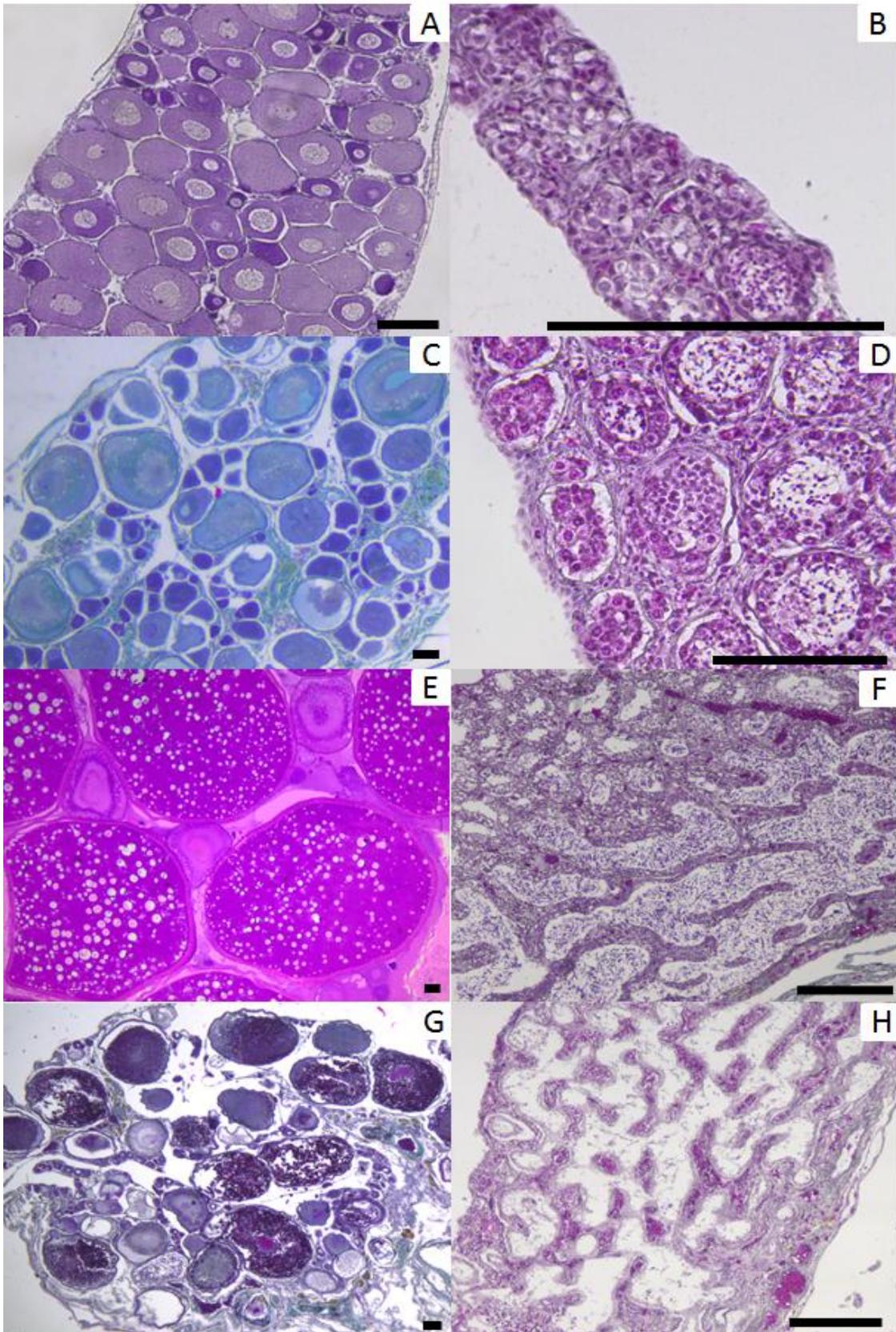


Figura 3: Fotomicrografias de secções de gônadas femininas e masculinas de *Cichlasoma orientale* em diferentes estágios de desenvolvimento. A = Ovário imaturo; B = Testículo imaturo; C = Ovário em maturação; D = Testículo em maturação; E = Ovário Maduro; F =

Testículo maduro; G = Ovário parcialmente eliminado; H = Testículo parcialmente eliminado. Barra de escala = 100 μ m. Fotomicrografia A, B, C, D, F, G e H = material incluído em parafina corado com Tricrômico de Gomori; E = material incluído em resina corado com Hematoxilina-Eosina.

Período reprodutivo

A distribuição das frequências relativas dos estágios de desenvolvimento gonadal demonstra que o período reprodutivo em ambos os sexos de *C. orientale* se estende ao longo de todo o ano, visto que o estágio maduro ocorre em todos os meses em que foram capturados animais (Fig. 4). Mesmo com a atividade reprodutiva ocorrendo ao longo de todo o ano, o IGS de fêmeas evidencia uma maior atividade reprodutiva entre os meses de abril-julho (Fig. 5).

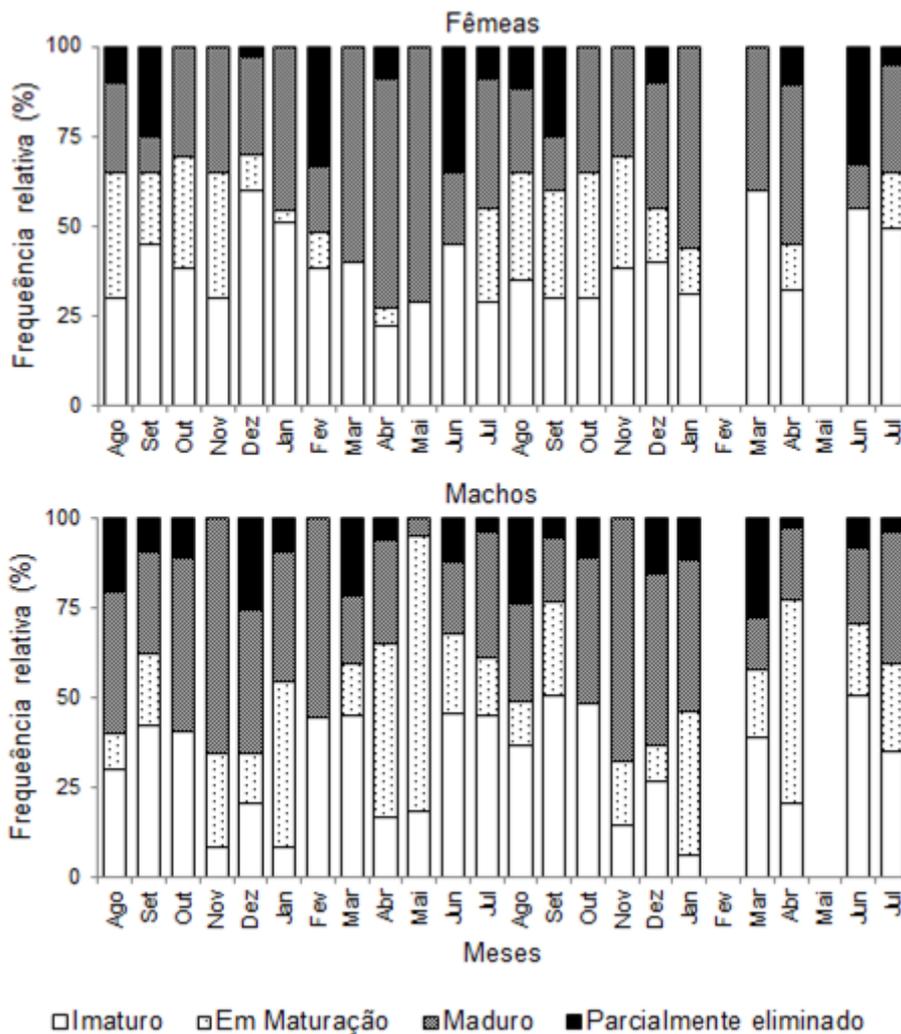


Figura 4. Frequência relativa mensal dos estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará. *Colunas vazias indicam meses no qual não foi possível fazer a coleta dos indivíduos.

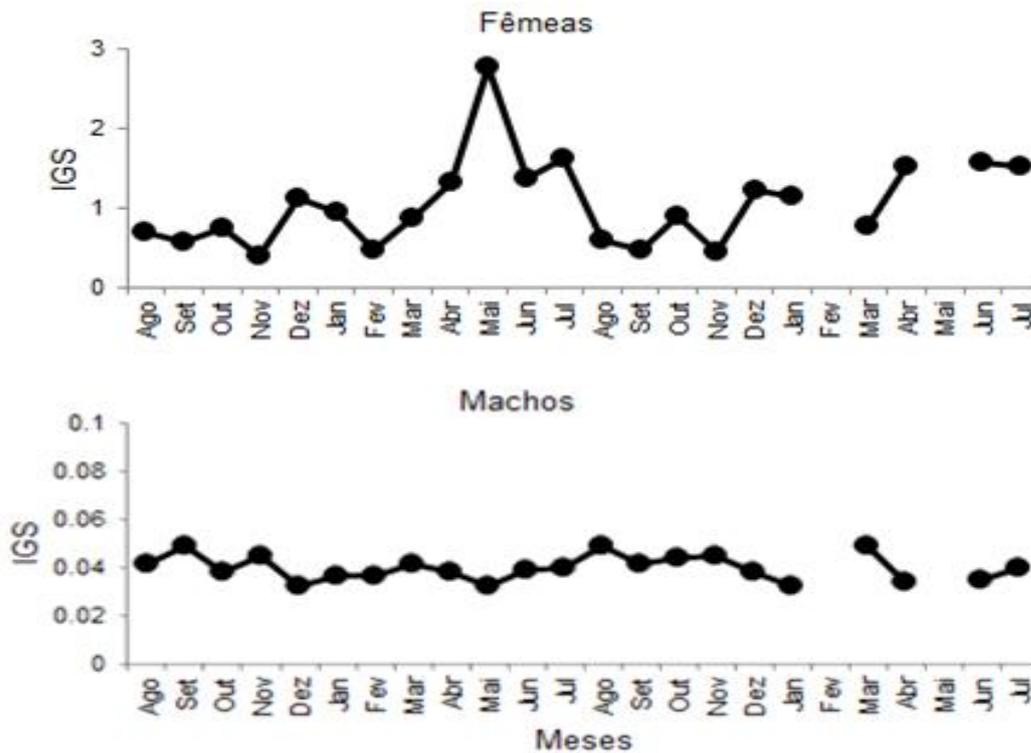


Figura 5: Variação mensal do índice gonadosomático (IGS) de fêmeas e machos adultos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará.

Maturidade sexual

Fêmeas jovens apresentaram comprimento padrão variando entre 2,50 a 4,51 cm. Em fêmeas adultas a amplitude de comprimento padrão variou de 3,36 a 13,87 cm. Machos apresentaram comprimento padrão variando de 2,51 a 4,50 cm em jovens e 4,15 a 16,22 nos adultos. O tamanho da primeira maturação (SL50) foi de 4,04 cm e 4,33 cm para fêmeas e machos respectivamente, com fêmeas atingindo a maturidade em tamanhos inferiores a machos ($F = 154$, $p < 0,001$) (Fig. 6). As equações logísticas determinadas para fêmeas e machos foram respectivamente: $Y = 1/1+10^{[(4.04-SL)2.66]}$ e $Y = 1/1+10^{[(4.33-SL)2.14]}$.

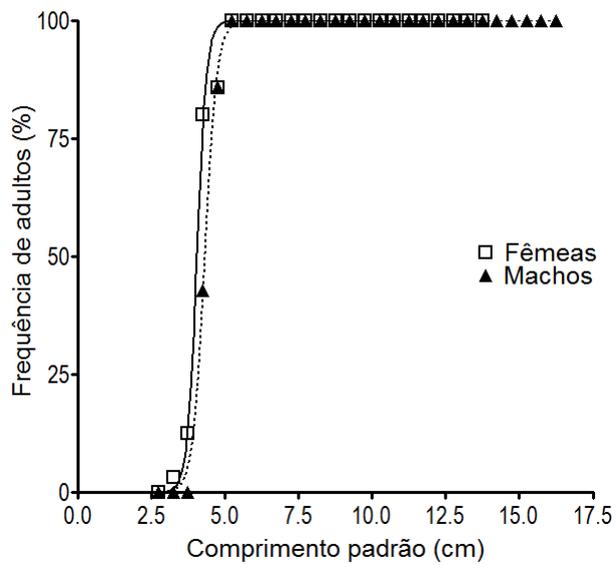


Figura 6. Estimativa do tamanho da primeira maturação para fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará.

DISCUSSÃO

O maior tamanho corporal apresentado pelos machos de *C. orientale*, quando comparado às fêmeas, é uma tática que difere de muitas espécies de teleósteos, nos quais as fêmeas apresentam maior comprimento devido às vantagens evolutivas associadas ao volume corporal e alocação de mais ovos (Nikolsky, 1963; Lowe-McConnell, 1999; Moraes *et al.* 2013). Em Ciclídeos, machos tendem a apresentar tamanhos corporais superiores aos de fêmeas (Garcia-Lizárraga *et al.*, 2011, Araújo *et al.*, 2012). Isso é uma consequência da evolução de comportamento de cuidado parental e formação de par no qual o tamanho do macho gera um maior sucesso reprodutivo (Keenleyside, 1991). Isso ocorre por, apesar do cuidado ser biparental, os machos apresentam o comportamento de defesa do ninho mais desenvolvido como em *Laetacara araguaiae* (Teresa; Gonçalves-de-Freitas, 2011) e pelo fato de machos maiores e agressivos obterem mais oportunidades de acasalamento como relatado em *Pteriphyllum scalare* (Cacho *et al.*, 2007).

A população de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu apresenta uma razão sexual que difere do 1:1. Porém esta diferença ocorre apenas para as classes de tamanho superiores. Em diversas espécies de teleósteos têm sido observadas razões sexuais desviadas para machos nas maiores classes de tamanho (Cheney; Côté, 2003; Sun *et al.*, 2013), sendo esta uma característica frequente em ciclídeos (Hodgkiss; Man, 1978; Ramos-Cruz. 1995; Peña-Mendoza *et al.*, 2005; Boussou *et al.*, 2010; García-Lizárraga, *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2012). Estas modificações na razão sexual têm sido explicadas por distintas hipóteses, como diferenças fisiológicas entre os sexos, mecanismos que tornam os machos mais propensos à captura ou menos propensos a mortalidade natural (Boussou *et al.*, 2010), às taxas de crescimento (Kume; Joseph, 1966) e na longevidade (Wu *et al.*, 2001). Adaptações à disponibilidade de recursos alimentares (Nikolsky, 1969) ou ocupação do hábitat de forma diferenciada para machos e fêmeas, principalmente após a maturidade (Nikolsky, 1969; Reynolds, 1974), também podem causar mudanças na proporção entre os sexos. Uma taxa de natalidade elevada para indivíduos de um sexo determinado também é uma hipótese utilizada para explicar diferenças nas razões sexuais (Raposo; Gurgel, 2001), porém isto não parece ser o caso para a espécie em estudo, visto que a razão sexual não difere nas primeiras classes de tamanho. Em lagos africanos é comum ciclídeos machos dominarem as populações, porque eles geralmente apresentam maior crescimento que as fêmeas (Fryer; Iles, 1972).

A relação peso-comprimento não diferiu entre os sexos para a espécie do presente estudo, com o crescimento classificado como alométrico positivo. Porém foram observadas

diferenças entre esta relação quando comparados jovens e adultos, com jovens apresentando um crescimento alométrico negativo e adultos, alométrico positivo. A forma de crescimento apresenta grandes variações dentre os teleósteos, com espécies apresentando crescimento alométrico positivo (Canan *et al.* 2011; Montchowui *et al.*, 2009), negativo (Ozcan; Balik, 2009; Shabana *et al.* 2012) ou isométrico (Hussain, 1992; Moraes *et al.*, 2013), mesmo dentro da família Cichlidae (Khallaf *et al.*, 2003; Gómez-Marquez *et al.*, 2008; Garcia-Lizarraga *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2012). Esta relação pode ser afetada por fatores como o habitat, a estação reprodutiva, o sexo (Yapici *et al.*, 2012), ou ainda o estágio de desenvolvimento, como foi visto no presente estudo. Diferenças na relação peso-comprimento entre os sexos são bastante comuns (Hussain, 1992; Khallaf *et al.*, 2003; Moraes *et al.*, 2013). O principal motivo apontado para esta diferença é o maior gasto energético que as fêmeas apresentam para a maturação das gônadas (Wootton, 1995); porém em espécies nos quais os machos realizam defesa de território esta diferença pode não ocorrer devido à energia que estes gastam neste comportamento poder ser equiparada a energia usada para maturação de ovários (Canan *et al.*, 2011). De fato, em espécies de ciclídeos nos quais machos realizam defesa de território, muitas vezes não são observadas diferenças entre os sexos para esta relação (Souza *et al.*, 2008; Gómez-Marquez *et al.*, 2008; Garcia-Lizarraga *et al.*, 2011).

O uso de técnicas histológicas para o estudo de maturação gonadal tem sido incentivado por diversos autores (Sun *et al.*, 2013; Honji, *et al.*, 2006) devido algumas mudanças não serem facilmente identificadas apenas com a observação macroscópica. *C. orientale* apresentou diferentes estágios gonadais que foram classificados como imaturo, em maturação, maturo e parcialmente desovado tanto para machos como para fêmeas. Este padrão de desenvolvimento gonadal é consistente com os observados em outros ciclídeos como *Cichla monoculus* (Chellapa *et al.*, 2003), *Cichla kelberi* (Souza *et al.*, 2008), *Crenicichla menezesi* (Araújo *et al.*, 2012) e *Symphysodon discus* (Chellapa *et al.*, 2005).

Com a análise de ovários maturos e parcialmente desovados foi possível observar ovócitos em diferentes fases de alocação de vitelo, indicando que a espécie realiza desova múltipla. Esta é uma característica comum em ciclídeos (Winemiller, 1989) visto que muitas espécies desse táxon desovam várias vezes na época reprodutiva (Coward; Bromage, 1999; Paugy, 2002; Campos-Mendonza *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2012; Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012). O estágio gonadal parcialmente desovado é característico de espécies com desova múltipla devido alguns ovócitos em estágio de vitelogênese permanecerem no ovário para a próxima desova (Chellapa *et al.*, 2005). O desenvolvimento testicular de *Cichlasoma orientale* no qual são observadas células em diferentes estágios em um mesmo testículo

também é condizente com várias reproduções em um ciclo. Este mesmo padrão foi observado para *Crenicichla menezesi* (Araújo *et al.*, 2012). A desova múltipla gera grandes vantagens à espécie devido a: I) aumentar o número de oócitos a serem desovados durante todo o período reprodutivo (Nikolsky, 1963); II) ocorrer ao longo de uma gama de condições ambientais o que propicia que ao menos parte da prole se desenvolva em condições ideais (Growth, 2004) e III) reduzir a competição de larvas e juvenis e a predação de ovos e larvas (McEvoy; McEvoy, 1992).

Os valores observados para o IGS da espécie foram pequenos, porém semelhantes aos encontrados para outros ciclídeos (Araújo *et al.*, 2012; Souza, *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2009; Boussou *et al.*, 2010; Peña-Mendoza *et al.*, 2005). Nesta família este índice geralmente assume valores inferiores a 5% (Paugy, 2002). Valores de IGS baixos são mais frequentes em espécies que realizam desova múltipla, enquanto que altos valores de IGS estão associados às espécies com desova total (Wootton, 1999). Este índice é de grande utilidade para identificar picos de atividade reprodutiva em espécies que realizam desova múltipla (Araújo *et al.*, 2012).

O período reprodutivo de *C. orientale* foi caracterizado como contínuo, com base na análise histológica gonadal. Longos períodos reprodutivos são comuns em ciclídeos (Chellappa *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013), com esta estratégia favorecendo um maior número de descendentes e menor competição entre as larvas (Nikolsky, 1963; McEvoy; McEvoy, 1992). A análise do IGS permitiu observar que *C. orientale* apresenta um pico de atividade reprodutiva no período chuvoso da região. A dinâmica da reprodução de peixes de regiões tropicais está associada principalmente à época chuvosa (Volpato; Trajano, 2006). Neste período ocorrem as condições ambientais mais favoráveis para a sobrevivência da prole, pois existe um aumento da disponibilidade de alimentos, mais abrigos para fuga de predadores podendo ocorrer também uma maior disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (Lowe-McConnell, 1999).

A histologia das gônadas é uma importante ferramenta para se inferir sobre a maturidade sexual de uma espécie, pois o uso apenas da análise macroscópica pode produzir erros na correta classificação de jovens e adultos (Souza *et al.*, 2008; Sun *et al.*, 2013). Os valores estimados para o tamanho e primeira maturidade sexual de *C. orientale* são pequenos, com valores pouco superiores a ¼ dos comprimentos máximos observados, o que é um indício de antecipação da maturidade sexual. A antecipação da maturidade sexual aumenta a quantidade de descendentes gerados ao longo da vida em ambientes imprevisíveis (Stearns, 1989). O tamanho de maturidade sexual é uma tática reprodutiva que apresenta grande

plasticidade, sendo influenciada principalmente pela disponibilidade de recursos alimentares (Twombly *et al.*, 1998) e pela a idade de morte (Stearns, 1976). Em ambientes com baixa disponibilidade de recursos alimentares, o animal aloca recursos mais lentamente o que faz com que o tamanho de maturidade seja pequeno (Stearns, 2000). Em relação à idade de morte, em ambientes onde as taxas de mortalidade de adultos são altas, o fenótipo favorecido é o de indivíduos que amadurecem cedo e podem se reproduzir várias vezes, enquanto que quando a mortalidade for alta em jovens, o fenótipo favorecido é o de maturidade tardia, que gera descendentes maiores e com maior chance de sobrevivência (Reznick *et al.*, 2002).

A região de estudo apresenta, durante o período seco, uma grande diminuição no volume de água dos corpos hídricos o que reduz a disponibilidade de recursos alimentares para os peixes. Esta característica pode ser a principal influência para o pequeno tamanho de maturidade sexual, já que a pesca na região do rio Curu não ocorre com tanta intensidade para esta espécie, sendo geralmente a pesca apontada como uma das principais responsáveis pela alta taxa de mortalidade adulta em peixes. A baixa captura comercial da espécie ocorre devido os pescadores terem preferência por espécies que foram introduzidas no ambiente como *Oreochromis niloticus* e *Cichla ocelatus*. Estas espécies introduzidas também podem direta ou indiretamente diminuir a disponibilidade de recursos alimentares para *Cichlasoma orientale*.

Foi observado que machos e fêmeas de *C. orientale* atingem a maturidade em tamanhos diferentes, com fêmeas apresentando um menor tamanho de maturidade sexual. Este padrão também foi observado em outras espécies de ciclídeos como *Crenicichla menezesi* (Araújo *et al.*, 2012), *Sarotherodon mossambicus* (Hodgkiss; Man, 1978), *Cichla kelberi* (Souza, *et al.*, 2008), *Aequidens tetramerus* (Silva *et al.*, 2013) e *Cichla piquiti* (Vieira *et al.*, 2009). A observação de pares reprodutivos de *Neetroplus nematopus* indicou que a menor fêmea observada em par apresentava tamanho inferior que o menor macho observado em par reprodutivo (McKaye *et al.*, 2010). O menor tamanho de maturidade sexual das fêmeas pode estar associado como o maior gasto de energia para o desenvolvimento ovariano, o que minimiza a energia alocada para o crescimento (Vieira *et al.*, 2009). Já o maior tamanho de machos pode se referir ao fato destes necessitarem de um maior tamanho corporal para a atividade de defesa do ninho que é observada em ciclídeos (Teresa; Gonçalves-de-Freitas, 2011).

As características de história de vida apresentadas por *C. orientale* neste estudo, como longo período reprodutivo e desova múltipla, associadas com outras táticas indicadas na literatura, como fecundidade baixa, tamanho do ovócito grande e cuidado parental (Linhares *et al.*, 2014), indicam que a espécie pertence à guilda da estratégia de equilíbrio (Winemiller,

1989). Espécies que constituem esta guilda apresentam um grande esforço na capacidade de sobrevivência de sua prole (Winemiller, 1995). Apesar desta associação com a guilda da estratégia do equilíbrio, o pequeno tamanho de maturidade sexual da espécie está mais associado à guilda oportunista. Esta guilda é desenvolvida por espécies com táticas reprodutivas destinadas à uma rápida colonização de ambientes que passam por distúrbios (Winemiller, 1995). As táticas reprodutivas de *C. orientale* ora associadas a uma guilda e ora a outra demonstram que os teleósteos não devem ser demarcados dentro de uma estratégia, mas sim apresentam características que estão encaixadas em um ponto do contínuo de estratégias de história de vida (Winemiller, 1995). Dependendo do ambiente e interações com outras espécies, as características apresentadas pelas espécies podem variar dentro deste contínuo para o melhor uso do ambiente e maior aptidão da espécie (Stearns, 1976, Wootton 1984; Winemiller, 1989; Silva *et al.*, 2013).

REFERÊNCIAS

- Araújo, A. S.; Nascimento, W. S.; Yamamoto, M. E.; Chellappa, S. 2012. Temporal dynamics of reproduction of the neotropical fish, *Crenicichla menezesi* (Perciformes: Cichlidae). *The Scientific World Journal*. 1-10.
- Boussou, C. K.; Edia, E. O.; Konan, F. K.; Ouattara, M.; Ouattara, A.; Gourène, G. 2010. Reproductive biology of *Chromidotilapia guntheri* (Sauvage, 1882) (Cichlidae, Perciformes) in four coastal rivers (Ehania, Noé, Soumié and Eholié) of Côte d'Ivoire in West Africa. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 396, (3): 1-16.
- Bouvy, M.; Falção, D.; Marinho, M.; Pagano, M.; Moura, A. 2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*. 23: 13-27.
- Cacho, M. S. R. F.; Yamamoto, M. E.; Chellappa, S. 2007. Mating system of the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare*. *Brazilian Journal of Biology*. 67, (1): 161-165.
- Campos-Mendoza, A.; McAndrew, B. J.; Coward, K.; Bromage, N. 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*. 231, (1-4): 299-314.
- Canan, B.; Pessoa, E. K. R.; Volpato, G. L.; Araújo, A.; Chellappa, S. 2011. Feeding and reproductive dynamics of the damselfish, *Stegastes fuscus* in the coastal reefs of northeastern Brazil. *Animal Biology Journal*. 2, (3): 113-126.
- Chellappa, S.; Câmara, M. R.; Verani, J. R. 2005. Ovarian development in the Amazonian red discus, *Symphysodon discus* Heckel (Osteichthyes: Cichlidae) *Brazilian Journal of Biology*. 65, (4): 609-616.
- Chellappa, S.; Bueno, R. M. X.; Chellappa, T.; Chellappa, N. T.; Val, V. M. F. A. 2009. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologia*. 39, (4): 325-329

- Chellappa, S.; Câmara, M. R.; Chellappa, N. T.; Beveridge, M.; Huntingford, F. A. 2003. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*. 63, (1): 17-26.
- Cheney, K. L.; Côté, I. M. 2003. Indirect consequences of parental care: sex differences in ectoparasite burden and cleaner-seeking activity in longfin damselfish. *Marine Ecology Progress Series*, 262: 267-275.
- Chiang, J. C. H.; Koutavas, A. 2004. Tropical flip-flop connections. *Nature*. 432: 684-685.
- Coward, K.; Bromage, N. R. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratoru-held stocks of a substrate-spawnig tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*. 171, (3-4): 251-267.
- Fryer, G.; Iles T. D. 1972. The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa. *Their Biology and Evolution*. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland.
- Garcia-Lizarraga, M. A.; Soto-Franco, F. E.; Jesús J. M.; Velazco-Arce, R.; Velázquez-Abunader J. I.; Ramírez-Pérez, J. S.; Peña-Messina, E. 2011) Population structure and reproductive behavior of Sinaloa cichlid *Cichlasoma beani* (Jordan, 1889) in a tropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*. 9, (3): 593-599.
- Gómez-Márquez, J. L; Peña-Mendoza B.; Salgado-Ugarte I. H.; Arredondo-Figueroa J. L.. 2008. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus*(Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 56: 875-884.
- Growns, I. 2004. A numerical classification of reproductive guilds of the freshwater fishes of south-eastern Australia and their application to river management. *Fisheries Management and Ecology*. 11, (6): 369-377.
- Hodgkiss, I. J.; Man, H. S. H. 1978. Reproductive biology of *Sarotherodon mossambicus* (Cichlidae) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Environmental Biology of Fishes*. 3, (3): 287-292.

Honji, R. M.; Vaz-dos-Santos, A. M.; Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. 2006. Identification of the stages of ovarian maturation of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 (Teleostei: Merlucciidae): advantages and disadvantages of the use of the macroscopic and microscopic scales. *Neotropical Ichthyology*. 4, (3): 329–337.

Hussain, S. M. 1992. The reproductive biology of the lantern fish *Benthoosema fibulatum* from the northern Arabian Sea. *Fisheries Research*. 13: 381-393.

Junqueira, L. C.; Junqueira, L. M. M. S. 1983. Técnicas Básicas de Citologia e Histologia. São Paulo: Livraria e Editora Santos. 123p.

Keenleyside, M. H. A. (1991). Parental care. In M. H. A Keenleyside. (Ed.), *Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution*. (p. 191-208). London: Chapman & Hall.

Khallaf, E. A.; M. Galal; M. Authman. 2003. The biology of *Oreochormis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology*. 12: 405-416

Korzelecka-Orkisz, A.; Szalast, Z.; Pawlos, D.; Smaruj, I.; Tañski, A.; Szulc, J.; Formicki, K. 2012. Early ontogenesis of the angelfish, *Pterophyllum scalare* Schultze, 1823 (Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*. 10, (3): 567-576.

Krol, M. S.; Jaegar, A.; Bronstert, A.; Krywkow, J. 2001. The semi-arid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. *Physics and Chemistry of the Earth*. 26, (7-8): 529-533.

Kullander, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). In R. E. Reis, S. O. Kullander, C. J. JR. Ferraris (Eds.), *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America* (p. 605-654). Porto Alegre: Edipucrs.

Kume, S.; Joseph, J. 1966. Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese long-line fishery in the eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*. 11, (2): 45-99.

Linhares, J. C. S.; Manna, L. R.; Mazzoni, R.; Rezende, C. F.; Silva, J. R. F. 2014. Reproductive tactics optimizing the survival of the offspring of *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae). *Revista de biologia tropical*. 62, (3): 1007-1018.

Lowe-McConnell, R. H. 1969. The cichlid fishes of Guyana, South America, with notes on their ecology and breeding behaviour. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 48, (2): 255-302.

Lowe-McConnell, R.H. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo, Edusp, 534.

Maltchik, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In: M. L. M. Pompeo. (Ed.), *Perspectivas da limnologia no Brasil* (p. 77-89). São Luís: Gráfica e editora União.

McEvoy, L. A.; McEvoy, J. 1992. Multiple spawning in several commercial fishes and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. *Journal of Fish Biology*. 41(Issue Supplement): 125-136.

Mckaye, K.R.; Hale, J.; Berghe, E. P. 2010. The reproductive biology of a Central American cichlid *Neotroplus nematopus* Lake Xiloá, Nicaragua. *Current Zoology*. 56, (1): 43–51.

Montchowui, Laleye, P.; Moreau, J., Philippart, J. C.; Poncin, P. 2009. Population parameters of African carp: *Labeo parvus* Boulenger, 1902 (Pisces: Cyprinidae) in the Ouémé River in Bénin (West Africa). *North-Western Journal of Zoology*. 5, (1): 26-33.

Moraes, M.; Filho, J. J. S.; Costa, R.; Miranda, J. C.; Rezende, C. F.; Mazzoni, R. 2013. Life history and ontogenetic diet shifts of *Pimelodella lateristriga* (Lichtenstein 1823) (Osteichthyes, Siluriformes) from a coastal stream of Southeast Brazil. *North-Western Journal of Zoology*. 9, (2): 1-10.

Nikolsky, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. London: Academic Press.

Nikolsky, G.V. 1969. *Theory of fish population dynamics*. Edinburgh, Oliver e Boyd, 323p.

Nimer, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*. 34, (1): 3-48.

Ozcan, G.; Balik, S. 2009. Some biological parameters of the bergamae barb, *Capoeta bergamae* Karaman, 1969 (Cyprinidae), in Kemer reservoir (Aydin, Turkey). *North-Western Journal of Zoology*. 5, (2):242-250.

Paugy, D. 2002. Reproductive strategies of fishes in a tropical temporary stream of the Upper Senegal basin: Baoulé River in Mali. *Aquatic Living Resources*. 15, (1): 25-35.

Peña-Mendoza, B.; Gómez-Márquez, J. L.; Salgado-Ugarte, I.H.; Ramírez-Noguera, D. 2005. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 53, (3-4): 515-522.

Ramos-Cruz, S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la Presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. *Ciencia Pesquera*. 11: 54-61.

Raposo, R. M. G.; Gurgel H. C. B. 2001. Estrutura populacional de *Serrasalmus spilopeura* Kner, 1860 (Pisces, Serrasalminidae), da lagoa de Extremoz, Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21, (1): 131-135.

Reynolds, J. D. 1974. Biology of the small pelagic fishes in the New Volta Lake in Ghana. Part III: Sex and reproduction. *Hydrobiologia*. 45, (4): 489-508.

Reznick, D.; Bryant, M. J.; Bashey, F. 2002. r- and k-selection revisited: the role of population regulation in life-history evolution. *Ecology*. 83, (6): 1509-1520.

Ricklefs, R. E.; Wikelski, M. 2002. The physiology/life-history nexus. *Trends in Ecology & Evolution*. 17, (10): 462-468.

Shabana, N. M. A.; Rahman, S. H. A. E. 2012. Reproductive biology of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) inhabiting the south eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 38, 147-156.

- Silva, T. C. G.; Cavalcante, D. P.; Queiroz, H. L. 2013. Aspects of the reproductive biology of *Aequidens tetramerus* (Cichlidae) in várzea areas of the middle Solimões river, Brazilian Amazon. *Uakari*. 9, (2): 63-74.
- Souza, J. E.; Fragoso-Moura, E. N.; Fenerich-Verani, N.; Rocha, O.; Verani, J. R. 2008. Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 6, (2): 201-210.
- Stearns, S. C. 1976. Life-history tactics: a review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology*. 51: 3-47.
- Stearns, S. C. 1989. *Trade-Offs in Life-History Evolution*. *Functional Ecology*. 3, (3): 259-268.
- Stearns, S. C. 2000. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. – *Naturwissenschaften*. 87: 476-486.
- Sun, C. L.; Yeh, S. Z.; Chang, Y. J.; Chang, H. Y.; Chu, S. L. 2013. Reproductive biology of female bigeye tuna *Thunnus obesus* in the western Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. 83: 250-271.
- Teresa, F. B.; Gonçalves-de-Freitas, E. 2011. Reproductive behavior and parental roles of the cichlid fish *Laetacara araguaia*. *Neotropical Ichthyology*. 9, (2): 355-362.
- Tolosa, E. M. C.; Rodrigues, C. J.; Behmer, O. A.; Freitas-Neto, A. G. 2003. *Manual de técnicas para Histologia Normal e Patológica*. 331p.
- Twombly, S.; Clancy, N.; Burns, C. W. 1998. Life history consequences of food quality in the freshwater copepod *Boeckella triarticulata*. *Ecology*. 79, (5): 1711-1724.
- Vieira, A. B. C.; Salvador-Jr, L. F.; Melo, R.M.C.; Santos, G.B.; Bazzoli, N. 2009. Reproductive biology of the peacock bass *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in a Neotropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*. 7, (4): 745-750.

Volpato, G. L.; Trajano, E. 2006. Biological rhythms. In: Val LA, Val VMFA, Randal DJ (Eds) *Fish physiology*. Elsevier: San Diego, 101-153.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*. 81, (2): 225-241.

Winemiller, K. O. 1992. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*. 63, (2): 318-327.

Winemiller, K. O. 1995. *Fish ecology*. In W. A. Nierenberg (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Biology* (p. 49-65). San Diego: Academic Press.

Wootton, R. J. 1984. Introduction: Strategies and tactics in fish reproduction. In G. W. Potts; R. J. Wootton (Eds.), *Fish reproduction: strategies and tactics* (p. 1-12). Oxford: Academic Press.

Wootton, R. J. 1995. Constraints in the evolution of fish life histories. *Netherland Journal of Zoology*. 42, (1): 291-303.

Wootton R.J., 1999. *Ecology of teleost fishes*, Kluwer, Academic Publishers, Dordrecht

Wu, C. C.; Su, W.C.; Kawasaki, T. 2001. Reproductive biology of the dolphin fish *Coriphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fisheries Science*. 67, (5): 784-793.

Yapici, S.; Filiz, H.; Ozkan, O. 2012: Age, growth, reproduction and feeding habits of brown comber, *Serranus hepatus* (L., 1758) in eastern Aegean Sea. *Biharrean Biologist*. 6, (2): 99-107.

CAPÍTULO 3

Táticas reprodutivas que otimizam a sobrevivência da prole de *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae)*

Jussiara Candeira Spíndola Linhares, Luisa Resende Manna, Rosana Mazzoni, Carla Ferreira Rezende & José Roberto Feitosa Silva

RESUMO

Teleósteos apresentam altas taxas de mortalidade nos estágios iniciais de vida, assim como também grandes variações nas táticas reprodutivas, as quais estão relacionadas à adaptação às condições ambientais e aos nichos ecológicos, cada espécie respondendo de uma forma particular. Este estudo descreve as diferentes táticas reprodutivas relacionadas à sobrevivência da prole de *Cichlasoma orientale*, tais como: tamanho corporal, cuidado parental, fecundidade, tamanho do ovócito e padrão de desova. As coletas ocorreram mensalmente durante o período de agosto de 2011 a julho de 2013, em ambientes lênticos e lóticos da bacia do rio Curu, região semiárida do Nordeste brasileiro. Foram realizadas observações subaquáticas do comportamento reprodutivo (n = 113) através dos métodos “*ad libitum*” e animal focal, totalizando 50 h e 24 min de registro comportamental. Também foram realizadas coletas de espécimes (machos n = 185, fêmeas n = 95) para inferência do comprimento padrão, fecundidade do lote, tamanho do oócito e padrão de desova dos indivíduos. Em fêmeas com ovários maduros, foi observada a quantidade de grupos de oócitos em diferentes estágios de desenvolvimento e estas células foram contadas e mensuradas, com a fecundidade estimada pelo método gravimétrico. A espécie apresentou cuidado parental exercido por ambos os pais. Machos apresentaram comprimento padrão superior ao das fêmeas. Baseado em 46 ovários, a fecundidade do lote variou de 254 a 3389 (média = 2052 ± 849). O comprimento padrão e a fecundidade do lote foram positivamente correlacionados, mas não foram encontradas correlações entre o tamanho do ovócito e o comprimento padrão. Os oócitos mais desenvolvidos apresentaram diâmetro máximo de 1,8 mm. A distribuição dos diâmetros dos oócitos demonstrou que a espécie apresenta desenvolvimento ovocitário sincrônico em três grupos. O primeiro grupo é representado pelos oócitos pré-vitelogênicos, o segundo por oócitos vitelogênicos e o terceiro por oócitos

maduros, o que indica que *C. orientale* apresenta desova múltipla. Houve diferença entre as quantidades de oócitos dos três grupos, com o grupo mais desenvolvido apresentando os menores valores. A baixa fecundidade apresentada, associado com o tamanho grande dos oócitos, é característica de espécies com desova demersal, devido a maior estabilidade deste ambiente. A estratégia de desova múltipla desenvolvida pela espécie aumenta o seu fitness principalmente devido ao aumento da fecundidade por período reprodutivo e redução de competição da prole. Em conclusão, o conjunto de características reprodutivas identificado na espécie demonstra que *C. orientale* realiza um alto investimento em capacidade de sobrevivência da prole, em detrimento da quantidade de prole gerada.

Palavras chaves: Fecundidade, Tamanho de Ovócito, Desova Múltipla, Cuidado Bi-Parental, Reprodução.

*Artigo publicado no periódico **International Journal of Tropical Biology and Conservation / Revista de Biología Tropical**. (Linhares, J. C. S.; Manna, L. R.; Mazzoni, R.; Rezende, C. F.; Silva, J. R. F. 2014. Reproductive tactics optimizing the survival of the offspring of *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae). *Revista de biologia tropical*. 62, (3): 1007-1018).

INTRODUÇÃO

Peixes teleósteos realizam um grande investimento em reprodução (Duarte; Alcaraz, 1989) por apresentarem elevada taxa de mortalidade nos primeiros estágios de vida (McGurk, 1986). A sobrevivência da prole destes organismos ocorre através de uma grande variedade de táticas reprodutivas como a fecundidade, o tamanho de ovo gerado, o padrão de desova e o nível de cuidado parental, sendo estas táticas adaptadas às condições ambientais e aos nichos ecológicos (Winemiller, 1989; Murua; Saborido-Rey, 2003).

A fecundidade é determinante na compreensão dos processos de recrutamento das espécies (Rickman *et al.*, 2000), sendo regulada por condições ambientais, disponibilidade de alimento, predação e fatores genéticos (Kjesbu *et al.*, 2003; Gantias, 2013). Teleósteos são classificados em dois grupos em relação ao padrão de fecundidade, os de fecundidade determinada e os de fecundidade indeterminada (Hunter *et al.*, 1985). No primeiro grupo, o recrutamento total de ovócitos é completado antes do início da desova e, portanto, o número de ovócitos maduros no ovário corresponde à fecundidade anual potencial (Hunter *et al.*, 1992). Em contraste, na fecundidade indeterminada, o recrutamento de ovócitos se sobrepõe ao período de desova e a fecundidade potencial não é determinada antes do início da desova (Hunter *et al.*, 1992; Fernandes *et al.*, 2012).

As táticas tamanho do oócito e padrão de desova influenciam no recrutamento da espécie e são características importantes para o conhecimento da sua reprodução. O tamanho do oócito é inversamente relacionado com a fecundidade (Reznick, 1985; Winemiller, 1995) e é um dos determinantes da qualidade das larvas geradas, com grande influência na taxa de sobrevivência da prole (McGurk, 1986). O padrão de desova está relacionado ao número de ninhadas que são produzidas por período reprodutivo e a extensão deste período. Estas características influenciam na quantidade de ovos gerados no período reprodutivo e na competição e predação das larvas produzidas (Nikolsky, 1963; McEvoy; McEvoy, 1992).

O cuidado parental é um comportamento que aumenta consideravelmente a taxa de sobrevivência da prole e a qualidade do desenvolvimento embrionário (Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012). É uma atividade que pode ser realizada somente pela fêmea, pelo macho, ou por ambos os sexos (Gross; Sargent, 1985). Este comportamento é composto por uma variedade de táticas de proteção tais como atividades de patrulhamento dos ovos e dos indivíduos jovens contra o ataque de predadores, além da aeração dos ovos (Zworykin *et al.*, 2000).

O habitat vivenciado pela espécie pode influenciar nas táticas desenvolvidas pela espécie para a maior sobrevivência de sua prole, com as espécies respondendo a mudanças de

habitat de diferentes maneiras (Stearns, 1976; Winemiller, 1989). Isto é claramente notado em um estudo que avaliou como as espécies apresentavam modificações de suas características reprodutivas em um ambiente sazonal (Winemiller, 1989). Este autor definiu três estratégias que indicam tipos de respostas à ambientes com variações. A primeira é a estratégia oportunista, que é desenvolvida por organismos pequenos, com rápida maturação e poucos ovos. A segunda é a estratégia sazonal, na qual as espécies apresentam alta fecundidade, período reprodutivo curto e uma pequena sobrevivência da prole. Concluindo o modelo triangular de estratégias, a estratégia do equilíbrio é realizada por espécies dependentes da densidade, que realizam cuidado parental, exibem um longo período reprodutivo e baixa fecundidade com ovos de grande tamanho e geralmente vivem em habitats com recursos limitados (Winemiller, 1989; 1995; Zeug; Winemiller, 2007).

Os ciclídeos são um dos táxons de teleósteos com as maiores gamas de variações em suas estratégias reprodutivas (Lowe-McConnell, 1969) e com alta variação na fecundidade (Araújo *et al.*, 2012). Esta família investe grande quantidade de energia da sobrevivência da prole, apresentando cuidado parental, que é realizado por um ou ambos os genitores (Lowe-McConnell, 1969), e construção de ninhos que são características que permitem que os ovos experimentem um habitat seguro durante o desenvolvimento inicial. Esta família tem distribuição natural na América Central e do Sul, África, Oriente Médio, Irã, Índia e Sri Lanka (Kullander, 2003). A espécie de ciclídeo neotropical *Cichlasoma orientale* Kullander 1983, objeto do presente estudo, é considerada endêmica da região semiárida brasileira (Kullander, 2003).

O objetivo deste estudo foi descrever diferentes táticas que estejam relacionadas à sobrevivência da prole de *Cichlasoma orientale*, incluindo aspectos de tamanho corporal, cuidado parental, fecundidade, tamanho do ovócito e padrão de desova, baseado em uma população da bacia do Curu, nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas ocorreram na bacia do rio Curu em três trechos. O primeiro trecho (3°47'03" S, 39°24'46" W) apresenta características lânticas devido a um barramento e os outros dois trechos (3°49'08" S, 39°19'57" W e 3°57'08" S, 39°25'56" W) são ambientes lóticos. Estes ambientes lóticos apresentavam grande variação em volume de água ao longo do ano, de acordo com regime de chuvas, variando de aproximadamente 6 metros de largura durante o período seco a 50 metros de largura durante o período chuvoso. A região semiárida é caracterizada por um sistema irregular de chuvas entre os anos, resultando em secas severas imprevisíveis (Krol *et al.*, 2001; Chiang; Coutavas, 2004). A precipitação anual varia de 240 a 1500 mm por ano e temperaturas médias de 24 a 26°C (Nimer, 1972). A sazonalidade da região é definida por curtos períodos de chuvas intensas (março-julho), juntamente com um longo período seco durante todo o resto do ano (Bouvy *et al.*, 2000). Devido a estes fatores, a maioria dos rios e riachos desta região caracterizam-se pela intermitência, onde o fluxo de água desaparece durante o período de estiagem (Maltchik, 1999). Devido às variações hidrológicas da região, as principais bacias hidrográficas encontram-se modificadas com grande número de açudes construídos no leito principal dos rios, o que assegura água para a população humana exercer suas atividades durante o período de estiagem (Andrade *et al.*, 2007; Chellappa *et al.*, 2009).

A descrição do cuidado parental foi baseada em 50 horas e 24 minutos de observações subaquáticas em um trecho do rio com 100 metros de extensão, em novembro de 2011, abril e setembro de 2012. Os dados foram coletados a partir dos métodos “*ad libitum*” (Lehner, 1996) e animal-focal, onde um único indivíduo é observado no tempo máximo de cinco minutos (*sensu* Sabino, 1999). Os comportamentos dos indivíduos foram classificados em categorias (agonístico; defesa da prole; patrulhamento de ninho e estabelecimento de par) e quantificados por um único mergulhador que se manteve imóvel, a uma distância de aproximadamente 2 metros dos indivíduos, a fim de evitar qualquer tipo de perturbação ao peixe (Sabino, 1999).

Os indivíduos coletados mensalmente de agosto de 2011 a julho de 2013 foram usados para obtenção de informações sobre comprimento padrão, fecundidade do lote, tamanho do oócito e padrão de desova. Foram utilizados como instrumentos de pesca redes de arrasto com 0,5 mm de malha e redes de espera com 40 – 100 mm de malha. Os espécimes capturados foram anestesiados em Eugenol (concentração = 100mg/L) e eutanasiados em gelo de acordo com leis ambientais brasileiras (coletas permitidas pelo ICMBio, número de autorização

28385-2). Exemplares testemunhos de *C. orientale* foram depositados na coleção ictiológica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB 7067; UFPB 7081).

Em laboratório os indivíduos foram mensurados (comprimento padrão em cm) e dissecados para identificação do sexo e do grau de maturação das gônadas. As gônadas foram classificadas em I – Imaturas: gônadas muito pequenas e translúcidas, características de espécimes jovens que ainda não se reproduziram. Histologicamente os ovários apresentam apenas ovócitos em fases cromatina-nucleolar (fase I) e perinucleolar (fase II). Nos testículos são predominantemente observadas as espermatogônias primárias e secundárias. II - Em maturação: os ovários apresentam coloração alaranjada e é possível a observação de alguns ovócitos a olho nu. Histologicamente é observada a presença de ovócitos nas fases I, II e alvéolo-cortical (fase III). Os testículos possuem coloração esbranquiçada e apresentam espermatogônias, espermatócitos e espermátides, no final desta fase podem ser observados alguns espermatozoides no lúmen. III - Maduro: Macroscopicamente os ovários apresentam coloração variando entre laranja a marrom claro e ocupam a maior parte da cavidade celomática com fácil visualização dos ovócitos a olho nu. Histologicamente observa-se a presença de ovócitos nas fases I, II, III e maduros (fase IV). Os testículos são turgidos e esbranquiçados com grande quantidade de espermatozoides no lúmen. IV - Parcialmente desovado: Os ovários e testículos são flácidos podendo se observar em alguns casos zonas hemorrágicas. Histologicamente os ovários apresentam espaços vazios, ovócitos nas fases I - IV e atrésicos e folículos pós ovulatórios. No lúmen dos testículos estão alguns espermatozoides residuais e espermatogônias.

Os ovários que apresentavam ovócitos maduros foram preservados em fluido de Gilson para dissociação dos ovócitos (Bagenal, 1967) e após a dissociação foram lavados e preservados em álcool 70% para contagem em estereomicroscópio (Hunter et al., 1985). Para inferência sobre o padrão de desova, foram realizados exames histológicos da distribuição das frequências dos diâmetros dos ovócitos em 76 ovários de diferentes estágios de maturação (em maturação, maduro e parcialmente desovado).

Para o exame histológico, amostras dos ovários foram fixadas em Karnovsky por 24h, desidratadas em série alcoólica crescente, incluídas em Resina (Leica), seccionadas com 3 µm de espessura e coradas com Hematoxilina-Eosina (adaptado de Junqueira, 1983).

A fecundidade do lote foi estimada gravitalmente com base no grupo de oócitos mais desenvolvido (ovócitos maiores que 900 µm), como proposto por Hunter *et al.*, (1985) para espécies de fecundidade indeterminada. A fecundidade foi estimada pelo método gravimétrico (Hunter *et al.*, 1985). Foram contados os ovócitos de três subamostras de cada ovário, cada

uma correspondendo aproximadamente 10% do peso total da gônada. A partir da quantidade de ovócitos encontrada em cada subamostra foi estimada para o ovário a quantidade total de ovócitos de cada grupo de diferente estágio de desenvolvimento ovocitário. Com os valores obtidos das três subamostras foi calculada uma média para o ovário.

A comparação entre o comprimento padrão de fêmeas e machos foi feita pelo teste de Mann-Whitney devido a estas variáveis não apresentarem distribuição normal e homocedasticidade. Testes de correlação de Pearson foram usados para verificar a existência de associação entre a variável comprimento padrão com as variáveis fecundidade do lote e tamanho do oócito. Quando observadas correlações ao nível de significância $< 0,05$ os resíduos foram testados quanto à normalidade (teste Shapiro) e homocedasticidade (teste Goldfeld-Quandt). Quando aceitos estes pressupostos foram estabelecidas as regressões. O tipo de regressão foi definido através dos maiores valores de r^2 . A comparação entre quantidades de ovócitos de diferentes estágios de desenvolvimento no ovário foi feita por teste t pareado.

RESULTADOS

Um total de 113 indivíduos de *C. orientale* foi observado em relação ao comportamento. Os indivíduos, na maior parte do período observado, foram avistados em locais de água parada e próximos a margem, formando grupos de no máximo cinco indivíduos.

Quatro diferentes categorias de comportamento foram registradas para a espécie (Fig. 1). O comportamento agonístico consistia em qualquer tipo de perseguição intra ou interespecífica, sendo a categoria mais frequente (56,52%). Indivíduos que apresentaram algum tipo de estabelecimento de par foram aqueles observados nadando juntos por um período máximo de 5 minutos e que apresentaram qualquer tipo de interação reprodutiva, representando a segunda categoria mais frequente (26,09%). Foram contabilizados três registros de defesa da prole, onde um casal cercava um grupo de indivíduos jovens, representando 13,04% das observações. A categoria comportamental de patrulhamento de ninho foi observada uma única vez (4,35%), onde um indivíduo permanecia imóvel sobre uma folha coberta de ovos.

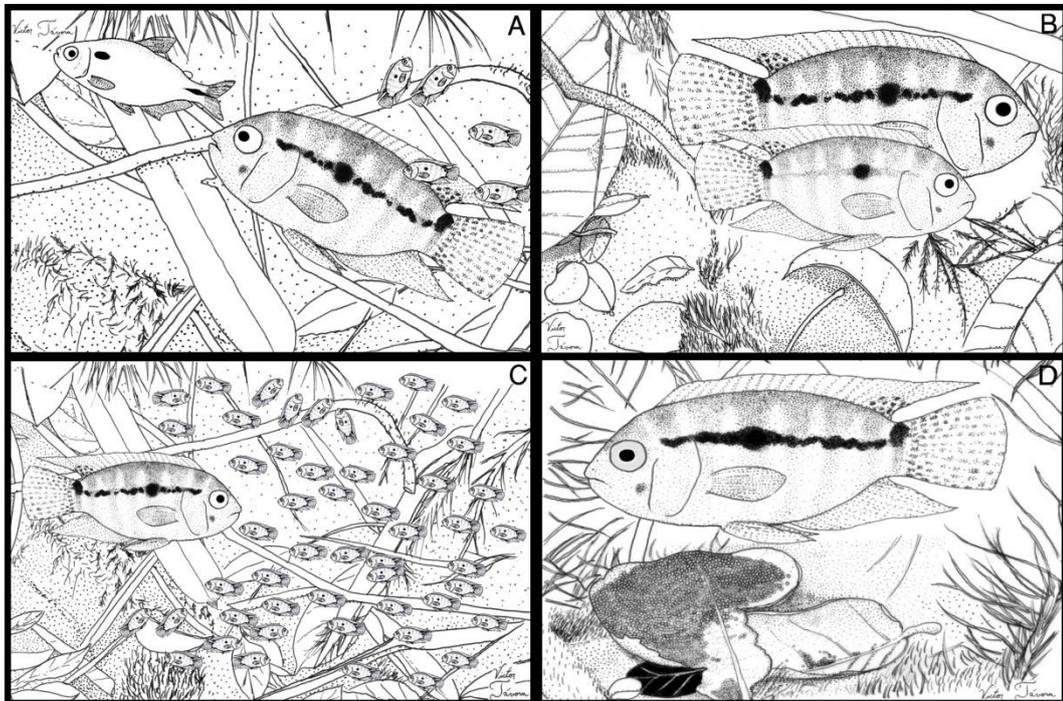


Figura 1. Categorias de comportamento observadas para *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curú, Pentecoste – CE (A = Agonístico; B = Formação de par; C = Proteção da prole; D = Patrulhamento do ninho).

Para a análise do comprimento padrão, fecundidade do lote, tamanho do oócito e padrão de desova, um total de 185 machos e 95 fêmeas foi capturado durante o estudo. O comprimento padrão dos machos variou de 4,01 a 16,22 cm com mediana de 11,91 cm. Fêmeas apresentaram comprimento padrão variando de 4,07 a 13,87 cm com mediana de 9,55 cm. Machos apresentaram comprimento padrão superior ao de fêmeas ($U = 4518.000$; $p < 0,0001$) (Fig. 2).

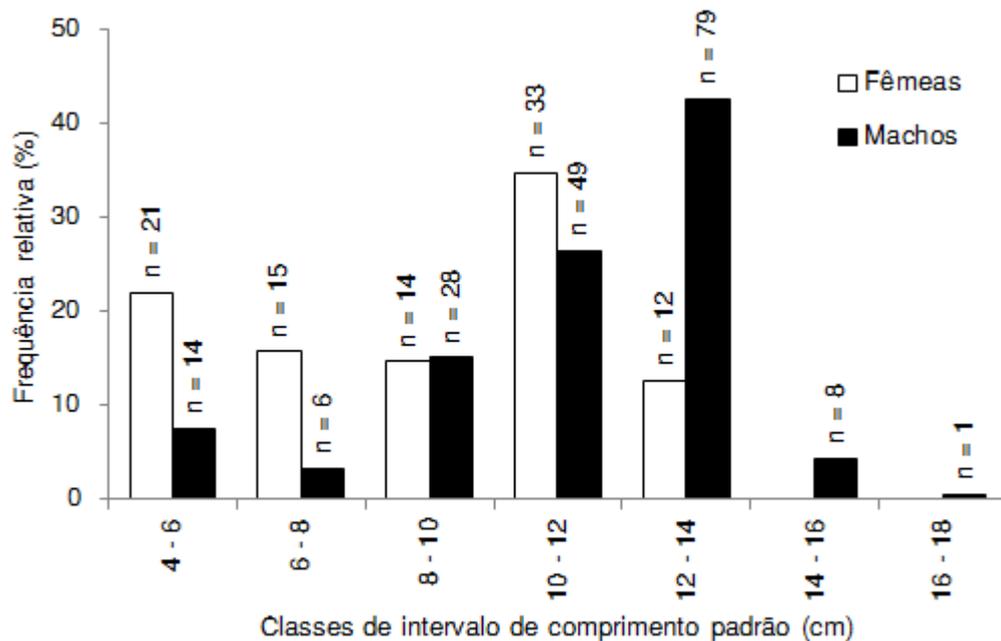


Figura 2: Distribuição de frequência relativa por intervalo de classes de comprimento padrão de fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* no rio Curu, Ceará.

Dentre as 95 fêmeas coletadas, 46 fêmeas apresentavam gônadas com ovócitos maduros. Estas fêmeas ocorreram em todos os meses do ano (Fig. 3). O comprimento padrão fêmeas que apresentavam ovócitos maduros variou de 4,34 a 12,80 cm com média de 10,38 cm. A fecundidade do lote apresentou uma amplitude de variação de 254 a 3389 ovócitos com média de 2052 ± 849 . A fecundidade do lote foi diretamente relacionada com o comprimento padrão e a regressão foi do tipo função potência ($r = 0,87$; $t = 11,53$; $gl = 44$; $p < 0,0001$) (Fig 4).

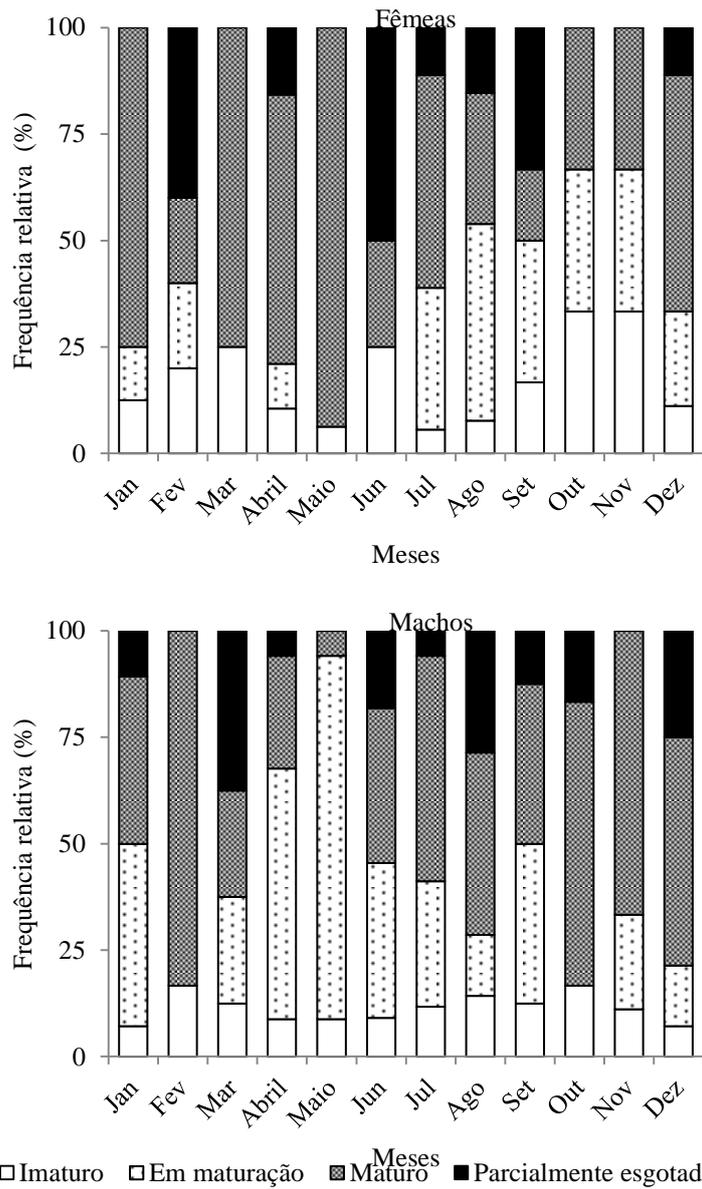


Figura 3. Frequência relativa mensal dos estágios de desenvolvimento gonadal em fêmeas e machos de *Cichlasoma orientale* da bacia do rio Curu, Ceará (anos agrupados).

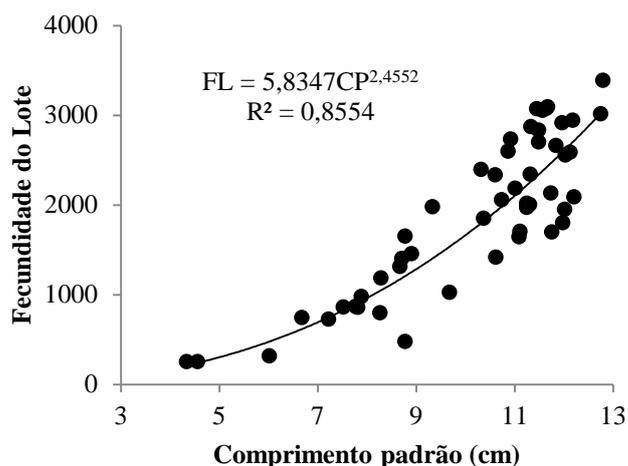


Figura 4. Relações entre a fecundidade do lote e o comprimento padrão de *Cichlasoma orientale* no Rio Curu, Ceará.

Os ovócitos apresentaram forma de elipse e sua mensuração foi realizada no maior diâmetro. Foram identificados três grupos de ovócitos nos ovários (Fig. 5):

O primeiro é composto por ovócitos pré-vitelogênicos, ou seja, que ainda não iniciaram o processo de vitelogênese. Estes ovócitos quando observados ao microscópio estereoscópico apresentam coloração esbranquiçada. Em microscopia de luz estes ovócitos apresentam citoplasma com uma homogênea e forte basofilia e seu diâmetro foi inferior a 150 μm . Este é o grupo que apresenta a maior quantidade de células, com média de 10570 ± 4813 ovócitos por ovário.

O segundo grupo é composto por ovócitos vitelogênicos, portanto macroscopicamente apresentam coloração alaranjada e quando observados em microscópio de luz apresentam algumas vesículas de vitelo principalmente na periferia do citoplasma. O tamanho destes ovócitos variou de 250 μm a 500 μm com média de 400 μm . Este grupo apresentou uma quantidade média de 2550 ± 1087 ovócitos por ovário.

O terceiro grupo foi o utilizado para se inferir sobre a fecundidade do lote. Ele é composto pelos ovócitos completamente maduros e que serão liberados na próxima desova. Estas são células grandes facilmente observadas ao olho nu com coloração que varia do laranja ao marrom claro. Em microscopia de luz estes ovócitos apresentam citoplasma completamente preenchido por vesículas de vitelo. São as maiores células observadas nos ovários e chegam a 1,8 mm de diâmetro. A sua quantidade no ovário foi em média 20% inferior que a do segundo grupo ($t_{\text{par}} = 180$; $gl = 44$; $p = 0,044$).

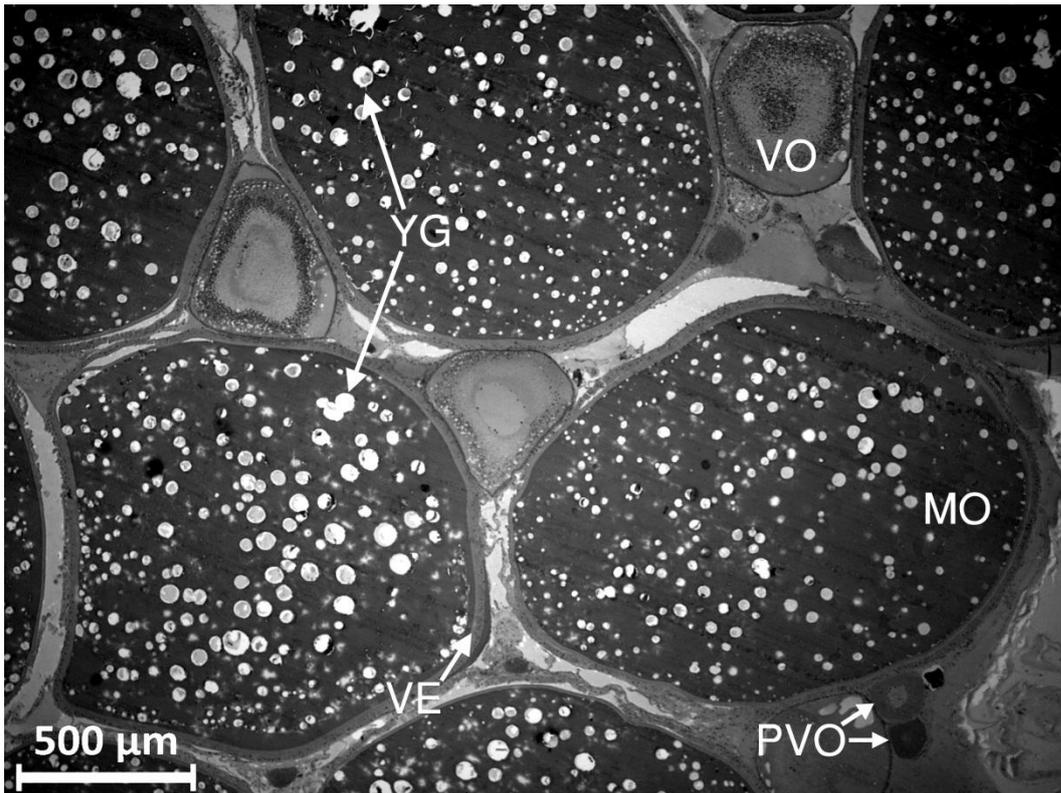


Figura 5. Fotomicrografia de um ovário de *Cichlasoma orientale* indicando os três grupos de ovócitos (PVO = oócitos pré-vitelogênicos; VO = oócitos vitelogênicos; MO = oócitos maduros; VE = envelope vitelino; YG = grânulos de vitelo). Coloração = Hematoxilina-Eosina.

Em cada gônada os ovócitos do mesmo grupo tiveram pequena variação de tamanho, porém em ovários de diferentes fêmeas, esta variação foi maior principalmente nos ovócitos maduros. Estes ovócitos tiveram 900 μm de diâmetro em alguns ovários e até 1800 μm em gônadas mais desenvolvidas. O diâmetro dos ovócitos maduros apresentou variações que eram independentes do comprimento padrão ($r = 0,22$; $t = 1,19$, $p = 0,20$).

Em 82% dos ovários analisados, além dos três grupos, foi observado um grupo de oócitos de coloração esbranquiçada que eram sensíveis à manipulação e quebradiças. Estes oócitos foram classificados como atrésicos e apresentaram grande variação do seu diâmetro em cada gônada sendo que os maiores chegavam a ser até três vezes o tamanho dos menores.

DISCUSSÃO

Foi observado que *C. orientale* produz oócitos grandes e em pouca quantidade quando comparado à maioria dos teleósteos. Este padrão também foi observado em outras espécies do gênero (Townshend; Wootton, 1984; Martinez-Palacios; Ross, 1992; Chavez-Lopes *et al.*, 2005) e da família (Coward; Bromage, 1999; Campos-Mendoza *et al.*, 2004). Nas diferentes espécies de teleósteos é observada uma grande variação na fecundidade, mesmo em indivíduos de tamanho semelhantes (Mazzoni; Caramaschi, 1997; Serezli *et al.*, 2010; Casimiro *et al.*, 2011; Juchno; Boroń, 2012; Peressi *et al.*, 2012; Fernandes *et al.*, 2012; Trujillo-Jiménez *et al.*, 2013), indicando a existência de uma gama de táticas reprodutivas envolvendo a alocação de recursos para a produção de muitos ovócitos pequenos ou poucos ovócitos grandes (Wootton, 1984; Casimiro *et al.*, 2011). Um dos fatores que influenciam esta demanda entre o tamanho e a quantidade de ovócitos produzidos é o habitat onde os ovos serão depositados (Duarte; Alcaraz, 1989). Para estes autores a mortalidade larval de peixes com desova pelágica é influenciada principalmente pela grande variabilidade ambiental. Neste ambiente, o aumento da fecundidade eleva o número de ovos que podem se estabelecer em habitats favoráveis o que gera um maior sucesso reprodutivo. Peixes com desova demersal possuem grande controle sobre as características que sua prole irá experimentar e isso reduz a variabilidade das condições de crescimento. Desta forma, o maior investimento é na capacidade de sobrevivência de cada larva gerada, produzindo assim ovos de maior tamanho (Duarte; Alcaraz, 1989).

A produção de poucos e grandes ovócitos que foi observada para *C. orientale* demonstram que a espécie apresenta um maior investimento em chances de sobrevivência das larvas, como o padrão mostrado para as espécies de desova demersal. De fato, foi observado que esta espécie além de realizar desova demersal, também apresenta cuidado biparental, assim como em muitas espécies de ciclídeos (Winemiller, 1995; Teresa; Gonçalves-de-Freitas, 2011; Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012). Estas características estão associadas com a guilda da estratégia de equilíbrio proposta por Winemiller (1989) que corresponde em grande parte com o conjunto de características associadas com a estratégia K (MacArthur; Wilson, 1967; Pianka, 1970), de adaptação à vida em ambientes de recursos limitados ou dependentes da densidade. Espécies que constituem estas guildas apresentam um grande esforço na capacidade de sobrevivência de sua prole. Isto ocorre devido aos pais destinarem grande quantidade de reservas nutritivas aos filhotes e/ou cuidado direto da prole no período inicial da vida (Winemiller, 1995; Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012).

C. orientale apresenta cuidado biparental efetivo no Rio Curu, aumentando assim a chance de sobrevivência da prole. O cuidado com a prole envolve qualquer tipo de comportamento de defesa direta a prole após a fertilização (Gross; Sargent, 1985), seja em relação aos ovos (e.g. defender o território do ninho) ou a prole em si (e.g. acompanhamento dos indivíduos jovens até eles se tornarem independentes) (Baylis, 1981). Ovócitos grandes também elevam o potencial de sobrevivência de um peixe devido a larvas maiores serem sujeitas a mortalidades menores (McGurk, 1986), poderem comer presas maiores, nadarem mais rápido e a grande quantidade de vitelo permitir a larva resistir por mais tempo à fome e consequentemente, aumentar a probabilidade de encontrar um ambiente favorável (Duarte; Alcaraz, 1989). Larvas maiores geralmente também são melhores defendidas de predadores pelos pais, garantindo assim uma alta sobrevivência da prole e grande sucesso reprodutivo (Souza *et al.*, 2008). O formato de elipse dos oócitos de *C. orientale* é outra característica que facilita o cuidado parental, pois permite que vários ovos possam ser depositados em uma área pequena, o que facilita o cuidado realizado pelo casal de proteção e oxigenação dos ovos (Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012). Devido a estas vantagens, várias espécies de ciclídeos apresentam ovos com este formato (Coward; Bromage, 1999; Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012).

O maior tamanho corporal apresentado pelos machos de *C. orientale* quando comparado às fêmeas é uma estratégia que difere de muitas espécies de teleósteos. Estas diferenças na razão sexual em algumas classes de tamanho têm sido explicadas por diferentes hipóteses, como diferenças fisiológicas entre os sexos, mecanismos que tornam os machos mais propensos à captura ou menos propensos a mortalidade natural (Boussou *et al.*, 2010), às taxas de crescimento (Kume; Joseph, 1966) e na longevidade (Wu *et al.*, 2001). Usualmente o maior volume corporal possibilita a fêmea carregar mais ovócitos, sendo assim considerado uma vantagem evolutiva (Moraes *et al.*, 2013). Em Ciclídeos, entretanto, machos tendem a apresentar tamanho corporal superior ao de fêmeas (Garcia-Lizárraga *et al.*, 2011, Araújo *et al.*, 2012). Isso é uma consequência da evolução do comportamento de cuidado parental no qual o tamanho do macho gera um maior sucesso reprodutivo (Keenleyside, 1991a). Na espécie de ciclídeo *Laetacara araguaiae* apesar de no cuidado parental a defesa do ninho ser realizada por ambos os pais, os machos apresentam este comportamento mais desenvolvido, principalmente na fase de pré-acasalamento e cuidado com o ovo/larva (Teresa; Gonçalves-de-Freitas, 2011). Em relação ao sucesso de obtenção de acasalamentos, experimentos realizados com a espécie de ciclídeo *Pteriphyllum scalare*, concluíram que machos maiores e mais agressivos obtiveram novas oportunidades de acasalamento quando comparados a indivíduos menores (Cacho *et al.*, 2007).

A relação de aumento da fecundidade do lote com o aumento do tamanho de fêmeas de *C. orientale* também foi observada para várias outras espécies (Mazzoni; Iglesias-Rios, 2002; Ortega-Salas *et al.*, 2009; Rodrigues; Macchi, 2010; Serezli *et al.*, 2010; Araújo *et al.*, 2012; Peressin *et al.*, 2012; Reid; Chaput, 2012). Esta correlação pode ser explicada devido aos peixes maiores possuírem mais energia disponível para a produção de ovócitos (Patimar; Mohammadzadeh, 2011) e fêmeas maiores terem mais espaço na cavidade abdominal, o que provém uma maior fecundidade.

Em muitas espécies de teleósteos, quando analisados intraespecificamente, o tamanho do ovócito é relacionado ao tamanho da progenitora, com fêmeas maiores e mais velhas produzindo ovos maiores e conseqüentemente com maior probabilidade de sobrevivência da prole (Rana, 1988; Kjesbu, 1989; Reid; Chaput, 2012). Entretanto, no presente estudo, o tamanho dos ovócitos apresentou variações independentes do tamanho das fêmeas, assim como observado em outras espécies de ciclídeos (Rana, 1988; Coward; Bromage, 1999) e de algumas espécies de teleósteos (Rodrigues; Macchi, 2010; Peressin *et al.*, 2012). Dentro de uma população, alguns fatores podem influenciar no tamanho máximo dos ovos de uma fêmea, como modificações no habitat que causem condições inadequadas para a fêmea (Hainfellner *et al.*, 2012) e a quantidade de ninhadas produzidas anteriormente no período reprodutivo, já que ovócitos de ninhadas iniciais tendem a serem maiores (Kjesbu, 1989).

Mesmo em ovários maduros, o incremento em tamanho dos ovócitos continua a ocorrer devido a constante atividade de vitelogênese. Todos os ovários examinados neste estudo foram considerados maduros, porém os ovócitos do lote mais avançado de vitelogênese apresentavam diferentes estágios de desenvolvimento sendo em alguns ovários menos avançados e outros mais avançados, de acordo com a proximidade da desova. Desta forma, um estudo que seja realizado com a mensuração dos ovos no momento da desova irá inferir melhor sobre a relação tamanho dos ovos pelo tamanho da fêmea, e poderá confirmar, ou não, o resultado obtido neste estudo de que em *C. orientale* o tamanho de ovócitos não está relacionado com o tamanho maternal.

Em *C. orientale*, a distribuição da frequência absoluta dos ovócitos de diferentes tamanhos demonstra um desenvolvimento sincrônico em grupos o que indica que a espécie apresenta desova múltipla. Teleósteos com este padrão de desova geralmente produzem poucos ovos, várias vezes, durante vários meses no ano (Growth, 2004). A desova múltipla é característica em espécies tropicais e subtropicais e possibilita maior probabilidade de sobrevivência da espécie (Nikolsky, 1963; Hunter *et al.*, 1985). Este padrão de desova gera grandes vantagens à espécie devido a: I) aumentar o número de oócitos a serem desovados

durante todo o período reprodutivo (Nikolsky, 1963); II) ocorrer ao longo de uma gama de condições ambientais o que propicia que ao menos parte da prole se desenvolva em condições ideais (Growth, 2004) e III) reduzir a competição de larvas e juvenis e a predação de ovos e larvas (McEvoy; McEvoy, 1992). A desova parcelada é comum em ciclídeos (Winemiller, 1989; Coward; Bromage, 1999; Paugy, 2002; Campos-Mendonza *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2012; Korzelecka-Orkisz *et al.*, 2012), com muitas espécies desse táxon desovando várias vezes na época reprodutiva (Coward; Bromage, 1999). Isto permite que estas espécies tenham uma fecundidade elevada ao longo do período reprodutivo, assim como uma alta sobrevivência da prole devido a menor taxa de competição das larvas.

A atresia observada em diversas fêmeas neste estudo pode ser um dos fatores que fazem o lote de ovócitos mais desenvolvido ser cerca de 20% menor que o lote que está em processo inicial de vitelogenese. Ovócitos atresicos tem sido descritos em diversas espécies de teleósteos (Byskov, 1978). Ciclídeos apresentam um comportamento reprodutivo complexo que pode ser influenciado por parâmetros bióticos e dinâmicas ambientais (Keenleyside 1991b). Características ambientais como diminuição da quantidade de alimento ou altos níveis de predação podem estar associados com a grande quantidade de fêmeas com ovócitos atresicos. De fato, um dos fatores que influencia a atresia é estado nutricional da mãe, no qual fêmeas com poucas reservas energéticas interrompem o desenvolvimento de alguns ovócitos e assim regulam o número de ovos que serão gerados (McEvoy; McEvoy, 1992), gerando apenas o número que é ideal para as condições que o ambiente apresenta naquele momento. O ambiente sazonal da região semiárida pode ser ainda um grande influenciador da alta quantidade de fêmeas encontradas portando ovócitos atresicos devido às drásticas variações no nível da água e consequente disponibilidade de mesohabitat para a construção de ninhos.

As combinações das diversas estratégias reprodutivas desenvolvidas por *Cichlasoma orientale* no Rio Curu demonstram que esta espécie realiza um baixo investimento em quantidade de prole gerada e um alto investimento na capacidade de sobrevivência da prole. Esta alta sobrevivência ocorre pelo ovócitos grandes, o que está associado à alta reserva nutritiva, aos pais realizarem cuidado biparental e a desova da espécie ser parcelada.

REFERÊNCIAS

- Araújo, A. S.; Nascimento, W. S.; Yamamoto, M. E.; Chellappa, S. 2012. Temporal dynamics of reproduction of the neotropical fish, *Crenicichla menezesi* (Perciformes: Cichlidae). *The Scientific World Journal*. 2012: 1-10.
- Andrade, E. M.; Araújo, L. F. P.; Rosa, M. F.; Gomes, R. B.; Lobato, F. A. 2007. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. *Ciência Rural*. 37, (6): 1791-1797.
- Bagenal, T. G. 1967. A short review of fish fecundity. pp. 89-111. In: *The biological basis of freshwater fish production* (S. D. Gerking, ed.). New York: John Wiley.
- Baylis, J. R. 1981. The evolution of parental care in fishes, with reference to Darwin's rule of sexual selection. *Environmental Biology of Fishes*. 6, (2): 233-251.
- Boussou, C. K.; Edia, E. O.; Konan, F. K.; Ouattara, M.; Ouattara, A.; Gourène, G. 2010. Reproductive biology of *Chromidotilapia guntheri* (Sauvage, 1882) (Cichlidae, Perciformes) in four coastal rivers (Ehania, Noé, Soumié and Eholié) of Côte d'Ivoire in West Africa. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 396, (3): 1-16.
- Bouvy, M.; Falção, D.; Marinho, M.; Pagano, M.; Moura, A. 2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*. 23: 13-27.
- Byskov, A. 1978. Follicular atresia. pp. 533-562. In: *The vertebrate ovary* (R. E. Jones, ed.). New York: Plenum Press.
- Cacho, M. S. R. F.; Yamamoto, M. E.; Chellappa, S. 2007. Mating system of the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare*. *Brazilian Journal of Biology*. 67, (1): 161-165.
- Campos-Mendoza, A.; McAndrew, B. J.; Coward, K.; Bromage, N. 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*. 231, (1-4): 299-314.

- Casimiro, A. C. R.; Garcia, D. A. Z.; Almeida, F. S.; Orsi, M. L. 2011. Reproductive aspects of *Moenkhausia intermedia* Eigenmann, 1908 (Pisces, Characidae) in the Upper Paraná River Basin, Brazil. *ISRN Zoology*. 2011: 1-8.
- Chávez-López, R.; Peterson, M. S.; Brown-Peterson, N. J.; Morales-Gómez, A. A.; Franco-López, J. 2005. Ecology of the Mayan Cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* Günther, in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*. 16, (2): 1-10.
- Chellappa, S.; Bueno, R. M. X.; Chellappa, T.; Chellappa, N. T.; Val, V. M. F. A. 2009. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica*. 39, (4): 325-329.
- Chiang, J. C. H.; Koutavas, A. 2004. Tropical flip-flop connections. *Nature*. 432: 684-685.
- Coward, K.; Bromage, N. R. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratoru-held stocks of a substrate-spawnig tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*. 171, (3-4): 251-267.
- Duarte, C. M.; Alcaraz, M. 1989. To produce many small or few large eggs: a size-independent reproductive tactic of fish. *Oecologia*. 80, (3): 401-404.
- Fernandes, C. A. F.; Oliveira, P. G. V.; Travassos, P. E. P.; Hazin, F. V. H. 2012. Reproduction of the Brazilian snapper, *Lutjanus alexanderi* Moura & Lindeman, 2007 (Perciformes: Lutjanidae), off the northern coast of Pernambuco, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 10, (3): 587-592.
- Ganias, K. 2013. Determining the indeterminate: Evolving concepts and methods on the assessment of the fecundity pattern of fishes. *Fisheries Research*. 138: 23-30.
- Garcia-Lizarraga, M. A.; Soto-Franco, F. E.; Jesús J. M.; Velazco-Arce, R.; Velázquez-Abunader J. I.; Ramírez-Pérez, J. S.; Peña-Messina, E. 2011. Population structure and reproductive behavior of Sinaloa cichlid *Cichlasoma beani* (Jordan, 1889) in a tropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*. 9, (3): 593-599.

- Gross, M. R.; Sargent, R. C. 1985. The evolution of male and female parental care in fishes. *American Zoologist*. 25, (3): 807-822.
- Growns, I. 2004. A numerical classification of reproductive guilds of the freshwater fishes of south-eastern Australia and their application to river management. *Fisheries Management and Ecology*. 11, (6): 369-377.
- Hainfellner, P.; Souza, T. G.; Moreira, R. G.; Nakaghi, L. S. O.; Batlouni, S. R. 2012. Gonadal steroids levels and vitelogenesis in the formation oocytes in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Teleostei: Characiformes). *Neotropical Ichthyology*. 10, (3): 601-612.
- Hunter, J. R.; Macewicz, B. J.; Lo, N. C. H.; Kimbrell, C. A. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover Sole, *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fishery Bulletin*. 90: 101-128.
- Hunter, J. R.; Lo, N. C. H.; Leong, R. J. H. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. pp. 67-78. In: *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy Engraulis mordax* (R. Lasker., ed.). NOAA Tech. Rep. NMFS-36.
- Juchno, D.; Boroń, A. 2012. Reproduction and fecundity of the golden loach, *Sabanejewia baltica* Witkowski, 1994 from Bug River in Poland. *Reproductive Biology*. 12, (1): 73-79.
- Junqueira, L. C.; Junqueira, L. M. M. S. 1983. *Técnicas Básicas de Citologia e Histologia*. São Paulo: Livraria e Editora Santos.
- Keenleyside, M. H. A. 1991a. Parental care. pp. 191-208. In: *Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution*. (M. H. A Keenleyside, ed.). London: Chapman & Hall.
- Keenleyside, M. H. A. 1991b. *Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution*. London: Chapman & Hall.

Kjesbu, O. S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology*. 34, (2): 195-206.

Kjesbu, O. S.; Hunter, J. R.; Witthames, P. R. 2003. Report on the working group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm-and cold-water fish and squids. Bergen.

Korzelecka-Orkisz, A.; Szalast, Z.; Pawlos, D.; Smaruj, I.; Tański, A.; Szulc, J.; Formicki, K. 2012. Early ontogenesis of the angelfish, *Pterophyllum scalare* Schultze, 1823 (Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*. 10, (3): 567-576.

Krol, M. S.; Jaegar, A.; Bronstert, A.; Krywkow, J. 2001. The semi-arid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. *Physics and Chemistry of the Earth*. 26, (7-8): 529-533.

Kullander, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). pp. 605-654. In: *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. (R. E. Reis, S. O. Kullander, C. J. JR. Ferraris, eds.). Porto Alegre: Edipucrs.

Kume, S.; Joseph, J. 1966. Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese long-line fishery in the eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*. 11, (2): 45-99.

Lehner, P. N. 1996. *Handbook of Ethological Methods*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Lowe-McConnell, R. H. 1969. The cichlid fishes of Guyana, South America, with notes on their ecology and breeding behaviour. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 48, (2): 255-302.

MacArthur, R. H.; Wilson, E. O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press's.

Maltchik, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais. pp. 77-89. In: *Perspectivas da limnologia no Brasil* (M. L. M. Pompeo, ed). São Luís: Gráfica e editora União.

- Martinez-Palacios, C. A.; Ross, L. G. 1992. The reproductive biology and growth of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther). *Journal of Applied Ichthyology*. 8, (1-4): 99-109.
- Mazzoni, R.; Iglesias-Rios, R. 2002. Environmentally related life history variations in *Geophagus brasiliensis*. *Journal of Fish Biology*. 61, (6): 1606-1618.
- Mazzoni, R.; Caramaschi, E. P. 1997. Observations on the reproductive biology of female *Hypostomus luetkeni* Lacépède 1803. *Ecology of Freshwater Fish*. 6, (1): 53-56.
- McEvoy, L. A.; McEvoy, J. 1992. Multiple spawning in several commercial fishes and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. *Journal of Fish Biology*. 41, (Issue Supplement): 125-136.
- McGurk, M. D. 1986. Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness. *Marine Ecology Progress Series*. 34: 227-242.
- Moraes, M.; Filho, J. J. S.; Costa, R.; Miranda, J. C.; Rezende, C. F.; Mazzoni, R. 2013. Life history and ontogenetic diet shifts of *Pimelodella lateristriga* (Lichtenstein 1823) (Osteichthyes, Siluriformes) from a coastal stream of Southeast Brazil. *North-Western Journal of Zoology*. 9, (2): 1-10.
- Murua, H.; Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 33: 23-31.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. London: Academic Press.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*. 34, (1): 3-48.
- Ortega-Salas, A. A.; Cortés, I.; Reyes-Bustamante, H. 2009. Fecundity, growth, and survival of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. *Revista de Biología Tropical*. 57, (3): 741-747.

Patimar, R.; Mohammadzadeh, B. 2011. On the biological characteristics of *Capoeta fusca* Nikolskii, 1897 in eastern Iran. *Journal of Applied Ichthyology*. 27, (3): 873-878.

Paugy, D. 2002. Reproductive strategies of fishes in a tropical temporary stream of the Upper Senegal basin: Baoulé River in Mali. *Aquatic Living Resources*. 15, (1): 25-35.

Peressin, A.; Gonçalves, C. S.; Braga, F. M. S. 2012. Reproductive strategies of two Curimatidae species in a Mogi Guaçu impoundment, upper Paraná River basin, São Paulo, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 10, (4): 847-854.

Pianka, E. R. 1970. On r- and K-Selection. *The American Naturalist*. 104, (940): 592-597.

Rana, K. J. 1988. Reproductive biology and the hatchery rearing of tilapia eggs and fry. pp. 343-406. In: *Recent Advances in Aquaculture*. (J. F. Muir & R. J. Roberts, eds.). Longon: Croom Helm.

Reid, J. E.; Chaput, G. 2012. Spawning history influence on fecundity, egg size, and egg survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from the Miramichi River, New Brunswick, Canadá. *Journal of Marine Science*. 69, (9): 1678-1685.

Reznick, D. 1985. Costs of reproduction: an evaluation of the empirical evidence. *Oikos*. 44, (2): 257-267.

Rickman, S. J.; Dulvy, N. K.; Jennings, S.; Reynolds, J. D. 2000. Recruitment variation related to fecundity in marine fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57, (1): 116-124.

Rodrigues, K. A.; Macchi, G. G. 2010. Spawning and reproductive potential of the Northern stock of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*). *Fisheries Research*. 106, (3): 560-566.

Sabino, J. 1999. Comportamento de peixes de riachos brasileiros: métodos de estudos para uma abordagem naturalística. pp. 183-208. In: *Ecologia de Peixes de Riachos, Série*

Oecologia Brasiliensis. (E. P. Caramaschi, R. Mazzonei, & P. R. Peres-Neto, eds.). Rio de Janeiro: Computer & Publish Editoração Ltda.

Serezli, R.; Guzel, S.; Kocabas, M. 2010. Fecundity and egg size of three salmonid species (*Oncorhynchus mukiss*, *Salmo labrax*, *Salvelinus fontinalis*) cultured at the same farm condition in North-Eastern, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9, (3): 576-580.

Souza, J. E.; Fragoso-Moura, E. N.; Freneich-Verani, N.; Rocha, O.; Verani, J. R. P. 2008. Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 6, (2): 201-210.

Stearns, S. C. 1976. Life-history tactics: a review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology*. 51, (1): 3-47.

Teresa, F. B.; Gonçalves-de-Freitas, E. 2011. Reproductive behavior and parental roles of the cichlid fish *Laetacara araguaiaae*. *Neotropical Ichthyology*. 9, (2): 355-362.

Townshend, T. J.; Wootton, J. 1984. Effects of food supply on the reproduction of the convict cichlid, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Journal of Fish Biology*. 24, (1): 91-104.

Trujillo-Jiménez, P.; Sedeño-Díaz, J. E.; Camargo, J. A.; López-López, E. 2013. Reproductive traits and population structure of *Astyanax aeneus* (Characiformes: Characidae) from a subtropical river in Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 61, (2): 769-786.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*. 81, (2): 225-241.

Winemiller, K. O. 1995. Fish ecology. pp. 49-65. In: *Encyclopedia of Environmental Biology* (W. A. Nierenberg, ed.). San Diego: Academic Press.

Wootton, R. J. 1984. Introduction: Strategies and tactics in fish reproduction. pp. 1-12. In: *Fish reproduction: strategies and tactics* (G. W. Potts & R. J. Wootton, eds.). Oxford: Academic Press.

Wu, C. C.; Su, W.C.; Kawasaki, T. 2001. Reproductive biology of the dolphin fish *Coriphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fisheries Science*. 67, (5): 784-793.

Zeug, S. C.; Winemiller, K. O. 2007. Ecological correlates of fish reproductive activity in floodplain rivers: a life history-based approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 64, (10): 1291-1301.

Zworykin, D. D.; Budaev, S. V.; Mochek, A. D. 2000. Does parental fin digging improve feeding opportunities for offspring in the convict cichlid? *Environmental Biology of Fishes*. 57, (4): 443-449.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O estudo sobre a estratégia reprodutiva das espécies permite maior compreensão da adaptação que estes organismos apresentam para a melhor exploração do habitat em que eles se encontram, e assim maximizar seu sucesso reprodutivo. Este conhecimento também se faz necessário para o melhor manejo de espécies que são capturadas por apresentarem valor comercial ou que podem sofrer diminuição de suas populações por competição exercida por espécies introduzidas.

Poucos são os estudos de estratégias reprodutivas de peixes na região semiárida brasileira quando comparados às outras regiões. Isto está associado a diversos fatores, tais como a menor quantidade de pesquisadores nesta região e as dificuldades de coletas mensais nos meses de seca ou grande cheia dos rios.

As características hidrográficas da região semiárida brasileira é uma grande modeladora das estratégias reprodutivas dos peixes da região. Durante o período da estiagem, os recursos disponíveis (habitats e alimentares) se tornam cada vez mais limitados, o que gera uma grande pressão nas populações de peixes. Com isso os peixes da região desenvolveram diferentes táticas reprodutivas que possibilitem a manutenção das suas populações nestes ambientes.

Este estudo gerou um maior conhecimento sobre diferentes táticas reprodutivas de *Cichlasoma orientale*. As táticas de desova parcelada e ciclo reprodutivo constante da espécie, diferente do que é observado para diversas espécies de teleósteos de ambientes tropicais, os quais apresentam a reprodução associada à estação chuvosa (Lowe-McConnell, 1999; Volpato; Trajano, 2006). Um longo período reprodutivo pode gerar vantagens em ambientes com certo grau de imprevisibilidade por permitir que ao menos parte da descendência de uma espécie sobreviva (Den Boer, 1968). Maiores investigações em diferentes famílias de teleósteos e em ambientes com variados graus de previsibilidade ambiental podem gerar maiores esclarecimentos sobre a dinâmica reprodutiva anual de teleósteos em ambientes com as características particulares do semiárido.

O maior tamanho corporal de machos, associado com a formação de um par reprodutivo, o qual permanece até a época de cuidado com os filhotes, como apresentado pela espécie do presente trabalho, são características que geram uma maior sobrevivência da prole (Korzelecka-Orkisz, 2012). Isto gera uma vantagem na manutenção da espécie em um ambiente de grandes variações hidrológicas.

A maior parte das táticas reprodutivas identificadas para *C. orientale* permitem incluir a espécie na guilda da estratégia de equilíbrio, que está associada com um alto gasto energético na capacidade de sobrevivência de sua prole (Winemiller, 1989). Apenas o pequeno tamanho de maturidade sexual observado no estudo não é padrão para espécies desta guilda. Esta tática divergente pode ser uma resposta adaptativa da espécie para a sobrevivência no ambiente. Em ambientes com baixa disponibilidade de recursos alimentares, o animal aloca recursos mais lentamente o que pode gerar tamanhos de maturidade pequenos (Stearns, 2000). Outro fator que também está associado a pequenos tamanhos de maturidade sexual é a grande mortalidade nas maiores classes de tamanho, a qual, em peixes, geralmente é causada pela pesca comercial (Allendorf *et al.*, 2008; Dunlop *et al.*, 2009; Jørgensen; Fiksen, 2010; Swain, 2011; Jørgensen; Holt, 2013). Na região, a pesca da espécie não ocorre com intensidade, porém, a grande sazonalidade hídrica gera muita influência na disponibilidade de alimentos para as espécies. Desta forma, a sazonalidade hídrica e seu consequente impacto na disponibilidade de alimento deve ser a característica de maior influência para o pequeno tamanho de maturidade observado.

A maioria das táticas reprodutivas realizadas por esta espécie é semelhante às de outros ciclídeos, o que demonstra que as características reprodutivas desta família sofrem poucas modificações, mesmo em ambientes contrastantes. O presente estudo, com *Cichlasoma orientale* permitiu um maior conhecimento sobre a ecologia reprodutiva desta espécie de um ambiente com grande variação no regime hídrico e com introdução de espécies exóticas. Descrições sobre a reprodução de outras espécies, inclusive pertencentes às outras famílias, servirão como base de dados para o melhor entendimento das adaptações realizadas para a sobrevivência das populações neste ambiente.

REFERÊNCIAS

- Allendorf, F. W.; England, P. R.; Luikart, G.; Ritchie, P. A.; Ryman, N. 2008 Genetic effects of harvest on wild animal populations. *Trends in Ecology & Evolution*. 23: 327–337.
- Den Boer, P. J. 1968. Spreading of risk and stabilization of animal numbers. *Acta Biotheoretica*. 17: 165-194.
- Dunlop, E. S.; Enberg, K.; Jørgensen, C.; Heino, M. 2009. Toward Darwinian fisheries management. *Evolutionary Applications*. 2: 245–259.
- Jørgensen, C.; Fiksen, Ø. 2010. Modelling fishing-induced adaptations and consequences for natural mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 67: 1086–1097.
- Jørgensen, C.; Holt, R. E. 2013. Natural mortality: Its ecology, how it shapes fish life histories, and why it may be increased by fishing. *Journal of Sea Research*. 75: 8–18.
- Korzelecka-Orkisz, A.; Szalast, Z.; Pawlos, D.; Smaruj, I.; Tański, A.; Szulc, J.; Formicki, K. 2012. Early ontogenesis of the angelfish, *Pterophyllum scalare* Schultze, 1823 (Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*. 10, (3): 567-576.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Edusp, 534p
- Stearns, S. C. 2000. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. – *Naturwissenschaften*. 87: 476-486.
- Swain, D. P. 2011. Life-history evolution and elevated natural mortality in a population of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Evolutionary Applications*. 4: 18–29.
- Volpato, G. L.; Trajano, E. 2006. Biological rhythms. Pp. 101-153. In: Fish physiology (Val, L. A.; Val, V. M. F. A.; Randal, D. J., Eds). Elsevier: San Diego, 101-153.

Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*. 81, (2): 225-241.