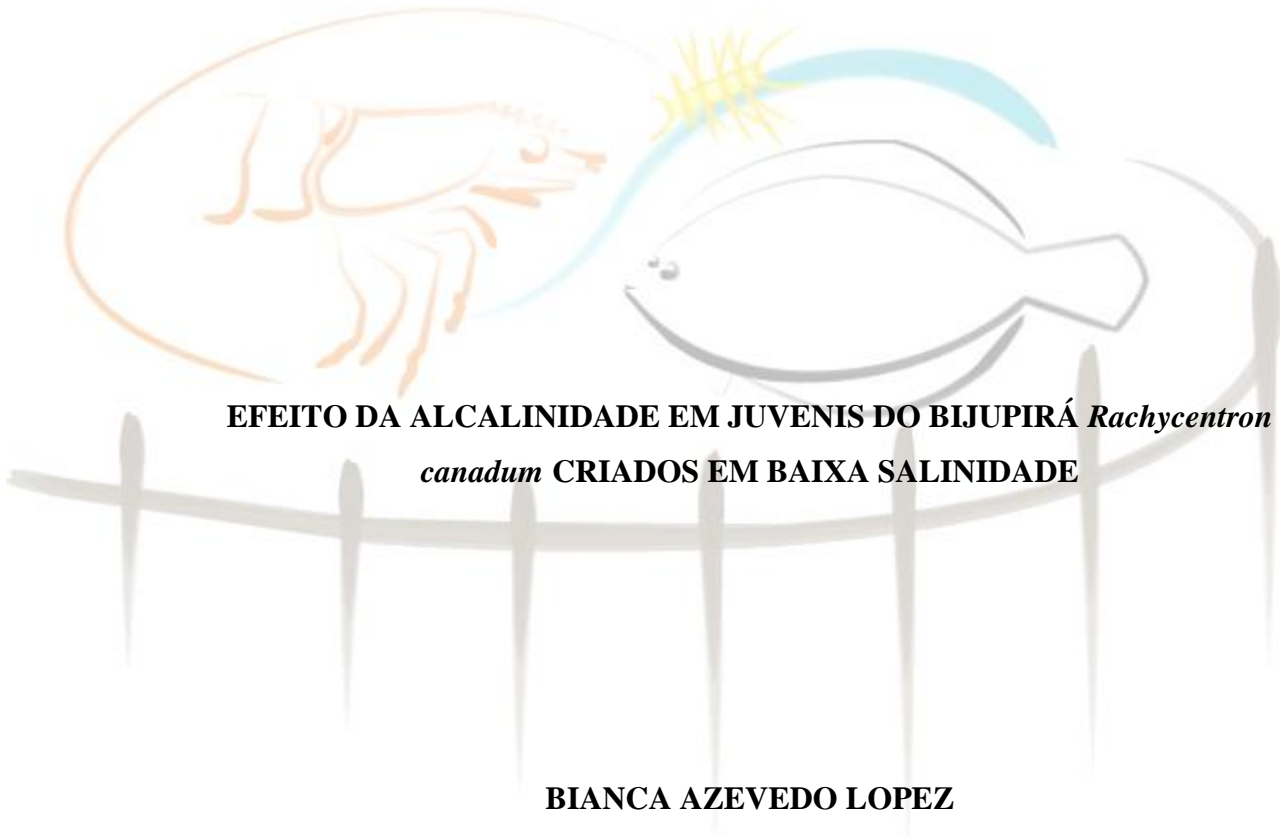




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG**

**INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**



**EFEITO DA ALCALINIDADE EM JUVENIS DO BIJUPIRÁ *Rachycentron canadum* CRIADOS EM BAIXA SALINIDADE**

**BIANCA AZEVEDO LOPEZ**

**FURG  
RIO GRANDE, RS  
MARÇO 2015**

**Universidade Federal do Rio Grande - FURG**

**Instituto de Oceanografia**

**Programa de Pós-Graduação em Aquicultura**

**EFEITO DA ALCALINIDADE EM JUVENIS DO BIJUPIRÁ *Rachycentron  
canadum* CRIADOS EM BAIXA SALINIDADE**

**BIANCA AZEVEDO LOPEZ**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Aquicultura no programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Orientador: Dr. Luís André Sampaio

Coorientador: Dr. Ricardo Vieira Rodrigues

Rio Grande -RS- Brasil

Março, 2015

## ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
1. RESUMO GERAL.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUÇÃO GERAL.....	3
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
5. OBJETIVOS.....	20
6. ARTIGO ANEXO.....	21
7. CONCLUSÕES GERAIS.....	44

Dedico este trabalho ao meu pai Manoel (*in memoriam*) e a minha mãe Leticia.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, próximos e antepassados, que contribuíram pra que este exato momento fosse possível: gratidão!

Agradeço ao meu orientador e, especialmente, ao meu duas vezes coorientador que muitas vezes, mesmo que talvez nem saiba, me inspirou a não desistir. Gratidão!

Agradeço aos colegas de laboratório e aos amigos de verdade. Gratidão!

Agradeço aqueles que de alguma forma, positiva ou negativa, contribuíram para esta conclusão e nenhuma outra no infinito das possibilidades. Gratidão!

Tudo do jeito que é.

## 1. RESUMO GERAL

O bijupirá tem ganhado popularidade como um excelente candidato para maricultura devido ao seu rápido crescimento e a sua qualidade de carne. No presente estudo, foi estudada a performance dos juvenis de bijupirá criados em baixa salinidade (3 e 6) com e sem a correção da alcalinidade (50 e 200 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) em sistema de recirculação de água, mais um tratamento controle (salinidade 30, e alcalinidade 200 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ), totalizando cinco tratamentos. A sobrevivência foi de 100% em todos os tratamentos, mas os parâmetros de crescimento (peso final, ganho de peso, SRG e consumo de ração) foram negativamente afetados ( $P < 0,05$ ) pela redução da salinidade, quando comparadas com o tratamento controle. Entretanto, a alcalinidade parece afetar o ganho de peso e a taxa de crescimento específico apenas dos peixes mantidos em salinidade 3. A osmolalidade plasmática decresceu com o decréscimo da salinidade, mas apenas o controle apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com os demais tratamentos. O conteúdo de proteínas e lipídeos do músculo foi reduzido nos tratamentos da salinidade 3, sem apresentar uma relação com a alcalinidade. A composição iônica da água e do plasma tem relação direta com a salinidade. Os resultados sugerem que *R. canadum* possui uma boa capacidade eurialina, podendo ser criados por 6 semanas sem que haja mortalidade em baixas salinidades (6 e 3). Entretanto, em salinidade 3 a manutenção do pH adequado, proporcionado pela alta alcalinidade, tem um efeito benéfico aos peixes, melhorando o ganho de peso e a taxa de crescimento específico.

26 **2. ABSTRACT**

27 Cobia has gained popularity as a good candidate for mariculture due to its rapid growth.  
28 In the present study, we studied the performance of juvenile cobia reared at low  
29 salinities (3 and 6), with or without alkalinity correction (50 and 200 mg/L of CaCO<sub>3</sub>) in  
30 a recirculating aquaculture system (RAS), plus one control treatment (salinity 30 and  
31 200 mg/L of CaCO<sub>3</sub>), totalizing five treatments. The survival was 100% at all  
32 treatments, but growth parameters (final weight, weight gain, SRG and feed intake)  
33 decreased significantly at salinity 6 and 3 when compared with control. However,  
34 alkalinity seem to affect weight gain and SRG only fish kept in salinity 3. Plasma  
35 osmolality significantly decreased at lower salinities compared to the control, varying  
36 between a maximum 374±2 and a minimum 356±2 mOsm kg<sup>-1</sup>. Muscle protein and  
37 lipid contents did not follow a clear pattern, but were lower for fish reared at salinity 3,  
38 regardless of alkalinity. Ionic composition of water and plasma were directly related  
39 with salinity. Results suggest that *R. canadum* is has a good euryhaline capacity and  
40 they can be reared in low salinities (3 and 6) for 6 weeks with no mortality. However in  
41 salinity 3, maintained the appropriated pH level propitiated by high alkalinity, resulting in  
42 best weight gain and SRG.

43

44

45

46

47

48

49

50

### 51 3. INTRODUÇÃO GERAL

#### 52 Descrição da espécie

53 O bijupirá, *Rachycentron canadum*, é um teleósteo da ordem Perciformes e único  
54 representante da família Rachycentridae. No Brasil é comumente conhecido como  
55 bijupirá (Figueiredo & Menezes, 1980), beijupirá ou pirambijú (Carvalho Filho, 1999).  
56 O bijupirá tem um corpo alongado e redondo com uma cabeça ampla e achatada. A boca  
57 está na posição terminal com a mandíbula inferior projetável. A primeira nadadeira  
58 dorsal apresenta de 7 a 9 espinhos curtos isolados cada um dentro de um sulco. A  
59 segunda nadadeira dorsal é longa com raios anteriores formando um lóbulo raiado. A  
60 nadadeira anal é similar à segunda dorsal e ambas são cobertas com uma pele espessa. A  
61 nadadeira caudal é lunada e crescente nos adultos, com o lobo superior mais longo que o  
62 lobo inferior. Em juvenis bem novos a nadadeira caudal tem formato de remo. As  
63 escamas são pequenas e embutidas na pele. A coloração do bijupirá é bastante variada.  
64 Os adultos são de coloração uniforme marrom chocolate a bronze no dorso e laterais  
65 com uma barriga de cor branca a creme. Também podem apresentar duas listras laterais  
66 em todo o comprimento do corpo. As listras laterais podem ir do branco ao bronze,  
67 sendo que nos juvenis podem ser mais claras, indo do branco claríssimo e com um  
68 possível toque rosado na nadadeira caudal (Collete, 2002).

69 O bijupirá está distribuído por águas tropicais e subtropicais em todos os oceanos,  
70 com exceção do leste do Pacífico (Shaffer & Nakamura, 1989; Meyer & Franks, 1996).  
71 No Atlântico ocidental distribui-se desde Massachusetts (EUA) até a Argentina. No  
72 Brasil a espécie está presente em toda a costa, sendo predominante na região Nordeste  
73 (Figueiredo & Menezes, 1980). É uma espécie euritérmica, sendo encontrada em águas  
74 de temperatura variando de entre 16,8 a 32°C (Shaffer & Nakamura, 1989).



75 É uma espécie costeira, pelágica, distribuindo-se pela plataforma continental até  
76 1200 m de profundidade. Também pode ser encontrada em recifes de corais rasos,  
77 costões rochosos e, menos frequentemente, em regiões estuarinas (Collete, 2002). A  
78 alimentação do bijupirá é composta principalmente de carangueijos e outros  
79 invertebrados bentônicos, além de peixes (Collete, 2002), sendo caracterizado como  
80 uma espécie carnívora oportunista (Shaffer & Nakamura, 1989). Apresenta rápido  
81 crescimento (Collete, 2002) e vive até 14 anos no ambiente natural (Smith, 1995). Na  
82 natureza o bijupirá alcança até 2 m de comprimento, sendo mais comum encontrar  
83 exemplares com cerca de 1,10 m (Collete, 2002). Os maiores exemplares oriundos da  
84 pesca pesaram 61,5 kg na região oeste da Austrália (Collete, 2002) e 62,2 kg no Golfo  
85 do México (Franks et al., 1999).

86 Smith (1995) verificou que machos capturados na Carolina do Norte estavam  
87 sexualmente maduros com 2 anos de idade e comprimento entre 60 a 65 cm. As fêmeas  
88 também estavam maduras com 2 anos, porém com um comprimento médio de 80 cm. Já  
89 no Golfo do México chegaram a ser encontrados machos maduros com idade de 1 ano e  
90 comprimento de 64 cm, e que apesar de todos os machos de 2 anos estarem maduros, as  
91 fêmeas do Golfo começam a maturar próximo aos 3 anos e 83 cm de comprimento  
92 (Burns et al., 1998). A desova do bijupirá ocorre preferencialmente na primavera e  
93 verão (Hamilton, 2013). O bijupirá é um desovante múltiplo, em média com desovas a  
94 cada 4 dias, durante um mesmo período reprodutivo (Burns et al., 1998), tendo sua  
95 fecundidade estimada variando entre 377.000 e 2.877.669 ovos por desova (Burns et al.,  
96 1998; Brown- Peterson et al., 2001; Weirich et al., 2007; Velde et al., 2010).

97 O bijupirá é uma espécie pouco encontrada no mercado devido à sua baixa captura  
98 pela pesca. Com cardumes pequenos, com 5 a 10 peixes, a captura ocorre de forma  
99 acidental, não havendo uma pesca específica para o bijupirá (Hamilton et al, 2013).

100 Segundo dados da FAO (2012) a captura mundial do *R. canadum* em 2010 foi de 11.944  
101 ton. Já no Brasil, a pesca em 2010 produziu 923 ton de bijupirá, o que representa cerca  
102 de 0,2% do total de 465.455 t de peixes marinhos pescados no país (Brasil, 2012).

103

#### 104 Aquicultura do bijupirá

105 O primeiro relato de esforços de se conduzir uma larvicultura de *R. canadum*  
106 datam da década de 70 nos Estados Unidos, quando Hassler & Rainville (1975)  
107 coletaram ovos do ambiente e produziram juvenis em laboratório até 131 dias após  
108 eclosão. Porém, foi apenas na década de 90 que as primeiras desovas em cativeiro foram  
109 obtidas em Taiwan. A partir disso, foi obtida a produção em larga escala de juvenis em  
110 Taiwan (Liao et al., 2004). A partir da disponibilidade de juvenis e dos bons resultados  
111 na engorda do bijupirá, a produção vietnamita cresceu exponencialmente (Liao et al.,  
112 2004; Miao et al., 2009), despertando o interesse de outros países na sua produção  
113 (Benetti et al., 2010; Hamilton et al., 2013). Além dos países asiáticos, mais  
114 recentemente o bijupirá vem sendo criado em alguns países da Europa e América  
115 Central, Austrália, Estados Unidos, Brasil e Colômbia (Benetti et al., 2010; Cavalli et  
116 al., 2011; Sampaio et al., 2011). Ainda segundo a FAO (2012), a produção aquícola  
117 mundial de bijupirá cresceu rapidamente, partindo de 9 toneladas em 1997 atingindo  
118 aproximadamente 49.000 toneladas em 2012.

119 Muitos estudos vêm sendo realizados sobre o bijupirá e suas necessidades em  
120 cativeiro, especialmente focando na reprodução (Franks et al., 2001; Arnold et al.,  
121 2002), qualidade de água (Faulk & Holt, 2006; Resley et al., 2006; Rodrigues et al.,  
122 2011) e fatores nutricionais (Faulk & Holt, 2005; Wang et al., 2005; Craig et al., 2006;  
123 Ren et al., 2014). Porém, diferentemente da criação de outros peixes marinhos, que já  
124 estão bem estabelecidos, como o salmão *Salmo salar* (FAO, 2012), o robalo europeu

125 *Dicentrarchus labrax* (Shields, 2001) e o turbot *Psetta maxima* (FAO, 2012), a criação  
126 de bijupirá é recente e, por isso, possui limitações significativas no seu ciclo produtivo  
127 (Holt et al., 2007), como: ausência de laboratórios de produção de juvenis com  
128 esquemas de biossegurança e com a devida diversidade genética, uma produção limitada  
129 e inconsistente de ovos e juvenis de qualidade, e limitações referentes aos sistemas de  
130 engorda (Craig et al., 2006 Holt et al., 2007;). Existe também, a necessidade de  
131 desenvolvimento de mercado para a espécie, que é pouco conhecida do mercado  
132 consumidor (Cavalli et al., 2011; Nhu et al., 2011).

133 A produção de bijupirá pela aquicultura brasileira foi de apenas 49 toneladas, em  
134 2009 (MPA, 2010). Esta quantidade relativamente pequena se deve a uma série de  
135 gargalos na cadeia produtiva, como baixa qualidade e variabilidade na composição das  
136 dietas disponíveis no mercado nacional, instabilidade na produção de juvenis em  
137 laboratório, incidentes de colisões de embarcações contra gaiolas em mar aberto (o que  
138 se agrava pela inexistência de seguro para aquicultura no Brasil), escassez de pessoal  
139 técnico qualificado na atividade (em especial em relação à sanidade), inexistência de  
140 legislação trabalhista específica para a aquicultura em mar aberto e os altos custos para  
141 a importação de equipamentos e embarcações especializadas (Cavalli et al., 2011). A  
142 temperatura da água também é um fator importante a ser considerado. Sun et al. (2006),  
143 Nakamura (2007) e Schwarz et al. (2007) observaram desempenho superior na faixa de  
144 27 a 29°C para bijupirá em cativeiro. Apesar desta baixa temperatura no inverno,  
145 bijupirás de peso final médio de 4,2 kg foram produzidos ao final de um ano de cultivo  
146 na costa do Rio de Janeiro (Sampaio et al., 2011).

147 O principal sistema de engorda do bijupirá utilizado no mundo são os tanques-  
148 redes, com formas e tamanhos variados, que são instalados em áreas protegidas, como  
149 baias e enseadas, ou mesmo em mar aberto (Liao & Leño, 2007; Benetti et al., 2010;

150 Nhu et al., 2011). Outra possibilidade é a utilização de sistemas de recirculação, os  
151 quais embora tenham um custo elevado, permitem um maior controle de doenças e  
152 parasitas, e uma redução do impacto ambiental (Timmons & Ebeling, 2010 ).

153

#### 154 Salinidade

155 A salinidade é definida como a concentração total de íons dissolvidos na água  
156 (Tucker,1998). A maior contribuição de íons dissolvidos na água são o cálcio, sódio,  
157 potássio, bicarbonato, cloreto e sulfato. Esses elementos conservativos mantêm  
158 aproximadamente a mesma proporção independente da salinidade. A proporção dos  
159 outros elementos tende a flutuar mais (Tucker, 1988), sendo que a salinidade de águas  
160 naturais tende a refletir as condições climáticas, geográficas, geológicas e hidrológicas  
161 das imediações (Timmons & Ebeling, 2010).

162 Através da evolução os peixes desenvolveram três principais estratégias para  
163 manter a homeostase osmótica e iônica: osmoconformação, quando a osmolalidade dos  
164 fluidos extracelulares internos é mantida similar a da água marinha; hipoosmoregulação,  
165 quando os peixes regulam seus fluidos extracelulares internos abaixo da concentração  
166 salina do meio circundante; e hiperosmoregulação, quando os peixes regulam seus  
167 fluidos extracelulares internos a uma concentração salina superior a do ambiente diluído  
168 circundante. A maior parte dos peixes marinhos está restrita a um tipo de ambiente, o  
169 que permite que sejam ditos organismos marinhos estenoalinos. Um pequeno número de  
170 peixes são considerados eurialinos e possuem a capacidade de adaptar-se a um amplo  
171 espectro de salinidades (McCormick et al., 2013).

172 Os teleósteos marinhos mantêm seu fluidos externos (ECF) a aproximadamente  
173 um terço da concentração osmótica da água do mar, e assim sofrem uma perda osmótica  
174 de água através das brânquias e outras membranas externas permeáveis (McCormick et

175 al., 2013). Por serem hiposmóticos em relação ao meio, os teleósteos marinhos  
176 necessitam ingerir água do meio para manter o balanço osmótico (Marshall & Grosell,  
177 2005; Cioni et al., 1991). Os peixes marinhos bebem para manter o balanço osmótico,  
178 absorvendo água e sais, mas excretando o excesso de sais (McCormick et al., 2013).  
179 Este processo osmorregulatório, envolvendo as brânquias, o trato digestório e os rins,  
180 requer energia para que os teleósteos marinhos possam manter a osmolalidade do  
181 plasma em níveis próximos a 300–350 mOsmol/L (Marshall & Grosell, 2005; Stieglitz  
182 et al., 2012). O local de absorção da água e sais ingeridos são o esôfago e o intestino.  
183 Inicialmente a entrada de água e sais é passiva, e quando o quimo se torna isotônico,  
184 ocorre absorção ativa de sais, o que permite a entrada osmótica da água. Os sais  
185 absorvidos são transportados pelo sangue e o excesso de NaCl é excretado pelas células  
186 de cloreto no epitélio das brânquias e pele (Wilson et al., 1996). Para sobreviver na água  
187 salgada, os peixes têm de excretar os sais que foram absorvidos no intestino ativamente  
188 ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ). O órgão primariamente envolvido na osmorregulação dos teleósteos são as  
189 brânquias. Células transportadoras de íons, as células de cloreto, são ricas em  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -  
190 ATPase, que funcionam como mecanismo de excreção (Sardella, 2004). As células de  
191 cloreto (ionócitos) são responsáveis pela excreção iônica em juvenis e adultos de peixes  
192 aclimatados à água salgada (Marshall & Bryson, 1998). O potencial transepitelial das  
193 brânquias na água marinha é positivo e favorável ao transporte paracelular de  $\text{Na}^+$ ,  
194 enquanto que o transporte do  $\text{Cl}^-$  é carregado em um processo transcelular. Acredita-se  
195 que o  $\text{Cl}^-$  é trocado pelo bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), mas o mecanismo envolvendo o  $\text{Na}^+$  ainda  
196 não é totalmente claro. Os íons divalentes em excesso são excretados pelos rins  
197 (McCormick et al., 2013).

198 Quando um peixe se move da água salina para um ambiente com menor  
199 concentração, a osmolalidade sanguínea decresce temporariamente, uma mudança que

200 induz estresse hiposmótico e aumenta o volume celular (McCormick et al., 2013).  
201 Hoffmann et al. (2007) reportaram uma queda da osmolalidade em torno de 60  
202 mOsmol/kg após 6 horas quando transferiu-se o “killifish” (*Fundulus heteroclitus*) da  
203 água marinha para a água doce, sendo que a sua osmolalidade retornou a valores  
204 normais após 24 horas. Um teleósteo eurialino em uma água tipicamente marinha  
205 (salinidade 35) tem uma concentração osmótica do sangue mais baixa (~300  
206 mOsmol/kg) que o ambiente (1100 mOsmol/kg); assim a água é perdida osmoticamente  
207 para o ambiente. Da mesma forma, o contrário, um peixe eurialino na água doce (1–10  
208 mOsmol/kg) tende a ganhar água osmoticamente por que sua osmolalidade do sangue é  
209 similar a dos peixes marinhos.

210 Os estudos existentes são controversos quanto aos valores de salinidade limitantes  
211 ao cultivo do bijupirá. Atwood et al. (2004) constataram que juvenis de bijupirá  
212 aclimatados à salinidade 20 e mantidos em tanques tendo a salinidade reduzida em 2 ao  
213 dia, começaram a morrer em salinidade 8 e a mortalidade foi quase que total em  
214 salinidade de 2. Denson et al. (2003) relatam que juvenis de bijupirá cultivados em água  
215 salobra (5 e 15) exibiram redução significativa no crescimento e sobrevivência quando  
216 comparado com peixes cultivados em água salgada (30). Enquanto Resley et al. (2006)  
217 concluíram que juvenis de bijupirá podem ser criados abrangendo salinidades de 5 a 30,  
218 porém pode ser necessária uma maior biodisponibilidade de minerais, que devem ser  
219 suplementados na dieta. Santos et al. (2014) reportaram que o bijupirá pode ser criado  
220 em salinidade 5, contudo a suplementação de sal (NaCl) na dieta não beneficiou o  
221 crescimento do bijupirá.

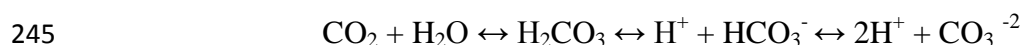
222 Tendo em vista que a salinidade é uma variável facilmente manipulável em RAS e  
223 a osmorregulação é um processo que demanda energia, o crescimento dos peixes pode  
224 ser maximizado a partir de salinidades selecionadas que diminuiriam a energia

225 despendida para manter a homeostase (Sampaio & Bianchini, 2002). Estudos têm  
226 mostrado que entre 20 e 50% da energia total dos peixes é dedicada à osmorregulação,  
227 entretanto outros estudos sugerem que esse percentual pode ser muito mais baixo, em  
228 torno de 10% (Boeuf & Payan, 2001). Além de reduzir a energia necessária para a  
229 osmorregulação, a salinidade pode afetar diretamente o crescimento do peixe ao afetar  
230 as taxas de consumo de alimento ou a habilidade de digeri-lo eficientemente (Resley et  
231 al., 2006). Woo & Kelly (1995) também relatam que a salinidade pode influenciar o  
232 estado nutricional de teleósteos eurialinos devido ao custo metabólico da  
233 osmorregulação e reorganização da energia metabólica. A tolerância à variação da  
234 salinidade em peixes depende do apropriado ajuste fisiológico, bioquímico e  
235 morfológico a uma determinada salinidade (Sardella, 2004).

236

### 237 Alcalinidade

238 A alcalinidade da água refere-se à concentração total de bases tituláveis da água  
239 capazes de neutralizar cátions de hidrogênio, sendo os íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ),  
240 carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) as principais bases responsáveis pela alcalinidade  
241 total da água, que é expressa em equivalência de carbonato de cálcio (mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$   
242 ou mEq/L) (Tucker, 1998). A alcalinidade total é a capacidade de tamponamento da  
243 água, ou seja, a capacidade da água manter o equilíbrio acido-básico, como segue na  
244 equação segundo Arana (1997):



246 A alcalinidade da água do mar é em torno de 120 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (Tucker, 1998;  
247 Timmons & Ebeling, 2010). A alcalinidade não costuma ter um peso tão grande para  
248 maricultura, exceto em sistemas fechados, onde a concentração iônica tende a variar ao  
249 longo do cultivo (Timmons & Ebeling, 2010). Quando peixes marinhos são produzidos

250 em baixa salinidade, se a dureza está adequada, a alcalinidade provavelmente também  
251 estará (Tucker, 1998).

252 Como a alcalinidade e dureza da água do mar costumam ser altas, elas não  
253 recebem a devida consideração na maricultura. Entretanto, quando peixes marinhos são  
254 cultivados em água doce ou salobra, um certo grau de dureza é necessário (pela  
255 necessidade de cálcio e magnésio) (Tucker, 1998). Porém, o alimento pode suprir os  
256 minerais necessários, como é o caso do barramundi (*Lates calcarifer*), que cresce tão  
257 bem em água doce (5 mg de  $\text{CaCO}_3$ /L dureza), quanto em água marinha (Tucker, 1998).  
258 Como o cálcio e o magnésio são os maiores contribuintes da dureza total, ela é  
259 considerada equivalente à dureza de carbonato, que poder ser calculada a partir da  
260 alcalinidade  $\text{CaCO}_3$  equivalente. Segundo a APHA (1998): 1 mg/L de  $\text{CaCO}_3$   
261 equivalente é igual a 2.497 mg/L de  $\text{Ca}^{2+}$  mais 4.118 mg/L de  $\text{Mg}^{2+}$ .

262 Alcalinidade geralmente é resultante dos bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonatos  
263 ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) provenientes da dissolução de calcário e silicato de cálcio (Boyd, 2000). Porém,  
264 na maioria das águas naturais com pH de 8,3 ou menos, a maior fonte de alcalinidade  
265 são os bicarbonatos (Boyd et al., 2011). O bicarbonato é responsável pelo  
266 tamponamento dos ecossistemas aquáticos com pH entre 7 e 9 (Yao et al., 2010).

267 O pH da água é um fator de intensidade, enquanto que a acidez e a alcalinidade da  
268 água são fatores de capacidade. Mais precisamente, a acidez é a capacidade da água de  
269 neutralizar bases fortes e a alcalinidade é a capacidade da água em neutralizar ácidos  
270 fortes. A capacidade de neutralizar ácidos ou bases é definida por qualquer sistema  
271 tampão, porém essa propriedade química na água é definida baseada no sistema  
272 carbonático, que é o sistema tampão inorgânico mais comum em águas naturais (Boyd  
273 et al., 2011).



274           Recentemente, os sistemas aquícolas têm aumentado a densidade de estocagem e  
275 o tempo de retenção da água, assim a relação entre pH e alcalinidade tornou-se um tema  
276 importante (Timmons & Ebeling, 2010). Em sistemas de recirculação, conforme a  
277 amônia é oxidada por bactérias nitrificantes, o íon H<sup>+</sup> é liberado, aumentando a acidez  
278 do meio e a alcalinidade conseqüentemente a capacidade de tamponamento da água, é  
279 reduzida (Tucker, 1998). Se o pH atingir baixos níveis, vários métodos podem ajudar a  
280 mantê-lo em um nível adequado, como renovação da água, aumento da aeração (atua  
281 retirando o excesso de dióxido de carbono e adiciona oxigenando a água, aumentando o  
282 pH) (Tucker, 1998). A redução da alcalinidade deve ser suplementada ou o pH do  
283 sistema será reduzido. A redução do pH resulta em espécies de carbono inorgânicas  
284 passando de bicarbonato para dióxido de carbono dissolvido na água, o que pode afetar  
285 algumas espécies aquícolas. A nitrificação é um processo formador de acidez e, se a  
286 água do sistema de biofiltro é mal tamponada, o pH do sistema será reduzido muito  
287 rapidamente e afetar a performance do biofiltro (Timmons & Ebeling, 2010).

288           Rodrigues et al. (2015) relataram que a exposição aguda de juvenis do bijupirá a  
289 pH inferior a 6,5 afeta a fisiologia e induz efeitos histopatológicos nos peixes.  
290 Enquanto, um estudo de exposição crônica concluiu que os juvenis de bijupirá podem  
291 ser cultivados em pH 6,5 desde que controle-se os níveis de nitrato da água (Rodrigues,  
292 2013). Contudo, Sampaio et al. (2008) relataram uma redução no crescimento dos  
293 juvenis de bijupirá cultivados em pH 6 quando comparados aos mantidos em pH 7 e 8.  
294 Desta forma a manutenção de elevados níveis de alcalinidade, mantendo o pH próximo  
295 ao nível da água marinha, poderia beneficiar o crescimento de juvenis do bijupirá em  
296 baixa salinidade.

297

298

299 **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 300 Arnold, C.R., Kaiser, J.B., Holt, G.J., 2002. Spawning of cobia (*Rachycentron*  
301 *canadum*) in captivity. J. World Aquac. Soc. 33, 205–208.
- 302 Atwood, H.L., Young, S.P., Tomasso, J.R., Smith, T.I.J., 2004. Resistance of cobia,  
303 *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high  
304 environmental nitrite concentrations. J. Appl. Aquacult. 15(3/4), 191–195.
- 305 Benetti, D.D., O’Hanlon, B., Rivera, J.A., Welch, A.W., Maxey, C., Orhun, M.R., 2010.  
306 Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged  
307 cages in the Caribbean. Aquaculture 302, 195-201.
- 308 Boeuf, G., Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth? Comp.  
309 Biochem. Physiol. C. 130(4), 411–23.
- 310 Boyd, C.E., 2000. Water quality, an introduction, 1ª ed., Kluwer Academic Publishers,  
311 Boston.
- 312 Boyd, C.E., Tucker, C.S., Viriyatum, R., 2011. Interpretation of pH, acidity, and  
313 alkalinity in aquaculture and fisheries. N. Am. J. Aquacult. 73(4), 403–408.
- 314 Brasil, 2012. Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura. Ministério da Pesca e  
315 Aquicultura, Brasília, 128p.
- 316 Brown-Peterson, N.J., Overstreet, R.M., Lotz J.M., Franks, J.S., Burns, K.M., 2001.  
317 Reproductive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of the  
318 southern United States. Fish B-NOAA. 99, 15–28.
- 319 Burns, K.M., Neidig, C., Lotz, J., Overstreet, R., 1998. Cobia (*Rachycentron canadum*)  
320 stock assessment study in the Gulf of Mexico and in the south Atlantic. Mote Mar.  
321 Lab. Tech. Rep. 571, 108 pp.

322 Cavalli, R.O., Domingues, E.C., Hamilton, S., 2011. Desenvolvimento da produção de  
323 peixes marinhos em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. R. Bras.  
324 Zootec. 40, 151-164.

325 Carvalho Filho, A., 1999. Peixes da Costa brasileira. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo, Melro. 320p

326 Collete, B.B., 2002. *Rachycentridae*. Cobia. In: Carpenter, K.E., FAO species  
327 identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the  
328 western central Atlantic. v. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea  
329 turtles and marine mammals. Roma, pp. 1420-1421.

330 Craig, S.R., Schwarz, M.H., McLean, E., 2006. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)  
331 can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production  
332 characteristics. Aquaculture 261(1), 384–391.

333 Denson, M.R., Stuart, K.R., Smith, T.I.J., 2003. Effects of salinity on growth, survival,  
334 and selected hematological parameters of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. J.  
335 World Aquac. Soc. 34, 496–504.

336 Domingues, E.C., Hamilton, S., Bezerra, T.R.Q., Cavalli, R.O., 2014. Viabilidade  
337 econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. Bol. Inst. Pesca  
338 40(2), 237–249.

339 Faulk, C.K., Holt, G.J., 2005. Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae  
340 in recirculating aquaculture systems: live prey enrichment and green water culture.  
341 Aquaculture 249, 231–243.

342 Faulk, C.K., Holt, G.J., 2006. Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to  
343 abrupt or gradual changes in salinity. Aquaculture 254(1-4), 275–283.

344 FAO, 2012. Fisheries and Aquaculture Department, Statistic and Information Service.  
345 FishStatJ: Universal software for fishery statistical time series. 2011.

- 346 Figueiredo, J.L., Menezes, N.A., 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do  
347 Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia da USP, São Paulo. 90p.
- 348 Franks J.S., Warren, J.R., Buchanan, M.V., 1999. Age and growth of cobia,  
349 *Rachycentron canadum*, from the north-eastern Gulf of Mexico. Fish B-NOAA.  
350 97, 459–471.
- 351 Franks, J.S., Ogle, J.T., Lotz, J.M., Nicholson, L.C., Barnes, D.N., Larsen, K.M., 2001.  
352 Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, induced by human  
353 chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching and larval  
354 development. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 52, 598–609.
- 355 Hamilton, S., Severi, W., Cavalli, R.O., 2013. Biologia e aquicultura do beijupirá: uma  
356 revisão. Bol. Inst. Pesca 39(4), 461–477.
- 357 Hassler, W.W., Rainville, R.P., 1975. Techniques for hatching and rearing cobia,  
358 *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages. Univ. of N. C. Sea  
359 Grant Coll. Prog., Raleigh, USA. 26 pp.
- 360 Hoffmann, E.K., Schettino, T., Marshall, W.S., 2007. The role of volume-sensitive ion  
361 transport systems in regulation of epithelial transport. Comp. Biochem. Physiol. A  
362 Mol. Integr. Physiol. 148, 29–43.
- 363 Holt J.G., Faulk, C.K., Schwarz, M.H., 2007. A review of the larviculture of cobia  
364 *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. Aquaculture 268(1-4), 181–  
365 187.
- 366 Liao, I.C., Huang, T.S., Tsai, W.S., Hsueh, C.M., Chang, S.L., Leano, E.M., 2004.  
367 Cobia culture in Taiwan: current status and problems. Aquaculture 237, 155–165.
- 368 Liao, I.C., Leño, E.M., 2007. Cobia aquaculture: research, development and  
369 commercial production. Asian Fisheries Society. 178p.

370 Marshall, W.S., Bryson S.E., 1998. Transport mechanisms of seawater chloride cells:  
371 An inclusive model of a multifunctional cell. *Comp. Biochem. Physiol. A* 119, 97–  
372 106.

373 Marshall, W.S., Grosell, M., 2005. Ion transport, osmoregulation and acid-base balance.  
374 In: Evans D., & Claiborne, J.B. *Physiology of Fishes*. Vol. 3, Boca Raton: CRC  
375 Press. pp. 177-230.

376 McCormick, S.D., Farrell, A.P., Colin J.B., 2013. *Euryhaline Fishes*. 1st Ed, Elsevier,  
377 Waltham.

378 Meyer, G.H., Franks, J.S., 1996. Food of cobia *Rachycentron canadum* from the  
379 northcentral Gulf of Mexico. *Gulf Res. Rep.* 9, 161–167.

380 Miao, S., Jen, C.C., Huang, C.T., Hu, S.H., 2009. Ecological and economic analysis for  
381 cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. *Aquacult. Int.*  
382 17, 125–141.

383 Nakamura, H., 2007. Cobia culture in Okinawa. In: Liao, I.C., Leño, E.M. *Cobia*  
384 *aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian  
385 Fisheries Society. p. 97-103.

386 Nhu, V.C., Nguyen, H.Q., Le, T.L., Tran, M.T., Sorgeloos, P., Dierckens, K.,  
387 Svennevig, N., 2011. *Cobia Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam:  
388 Recent developments and prospects. *Aquaculture* 315(1-2), 20-25.

389 Perry, S.F., Gilmour, K.M., 2006. Acid–base balance and CO<sub>2</sub> excretion in fish:  
390 unanswered questions and emerging models. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 154, 199–  
391 215.

392 Resley, M.J., Webb, K.A., Holt, G.J., 2006. Growth and survival of juvenile cobia,  
393 *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system.  
394 *Aquaculture* 253(1-4), 398–407.

395 Rodrigues, R.V., Schwarz, M.H., Delbos, B., Carvalho, E.L., Romano, L.A., Sampaio,  
396 L.A. 2011. Acute exposure of juvenile cobia *Rachycentron canadum* to nitrate  
397 induces gill, esophageal and brain damage. *Aquaculture* 322-323, 223-226.

398 Rodrigues, R.V., Pedron, J.D.S., Romano, L.A., Tesser, M.B., Sampaio, L.A., 2015.  
399 Acute responses of juvenile cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766) to acid  
400 stress. *Aquac. Res.* 46, 1241-1247.

401 Rodrigues, R.V., 2013. Efeitos do ambiente ácido e do nitrato em juvenis do bijupirá  
402 *Rachycentron canadum*. Tese de doutorado. FURG. Disponível em:  
403 [http://www.aquicultura.furg.br/images/stories/TESES/ricardo\\_rodrigues\\_tesefinal\\_](http://www.aquicultura.furg.br/images/stories/TESES/ricardo_rodrigues_tesefinal_2013.pdf)  
404 [2013.pdf](http://www.aquicultura.furg.br/images/stories/TESES/ricardo_rodrigues_tesefinal_2013.pdf). Acessado em: fevereiro, 2015

405 Sampaio, L.A., Bianchini, A., 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of  
406 the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 269,  
407 187-196.

408 Sampaio, L.A. Santos, R.A., Delbos, B.C., Schwarz, M.H., 2008. Growth and survival  
409 of juvenile cobia *Rachycentron canadum* exposed to chronic acid stress. In: *World*  
410 *Aquaculture 2008*, Busan.

411 Sampaio, L.A., Moreira, C.B., Miranda- Filho, K.C., Rombenso, A.N., 2011. Culture of  
412 cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast.  
413 *Aquac. Res.* 42, 832-834.

414 Sardella, B.A., Matey V., Cooper J., Gonzalez R.J., Brauner C.J., 2004b. Physiological,  
415 biochemical and morphological indicators of osmoregulatory stress in ‘California’  
416 Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. urolepishornorum*) exposed  
417 to hypersaline water. *J. Exp. Biol.* 207, 1399-1413.

418 Schwarz, M.H., Mclean, E., Craig, S.R., 2007. Research experience with cobia: larval  
419 rearing, juvenile nutrition and general physiology. In: Liao, I.C., Leño, E.M.

420 Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production. Taiwan:  
421 Asian Fisheries Society. p.1-17.

422 Shaffer, R.V., Nakamura, E.L., 1989. Synopsis of biological data on the cobia  
423 *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). FAO Fisheries Synopsis, 153.  
424 U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C. 21p.

425 Smith J.W., 1995. Life history of cobia, *Rachycentron canadum* (Osteichthys:  
426 Rachycentridae), in North Carolina waters. *Brimleyana*. 23, 1–23.

427 Stieglitz, J.D., Benetti, D.D., Serafy, J.E., 2012. Optimizing transport of live juvenile  
428 cobia (*Rachycentron canadum*): Effects of salinity and shipping biomass.  
429 *Aquaculture* 364-365, 293–297.

430 Sun, L., Chen, H., Huang, L., 2006. Effect of temperature on growth and energy budget  
431 of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 261, 872–878.

432 Timmons, M.B., Ebeling, J.M., 2010. *Recirculating Aquaculture*. 2nd ed., Cayuga Aqua  
433 Ventures. 948 p

434 Tucker, J. W. 1998. *Marine Fish Culture*. 1th ed, Springer, Boston.

435 Velde, T.D., Griffiths, S.P., Fry, G.C., 2010. Reproductive biology of the commercially  
436 and recreationally important cobia *Rachycentron canadum* in northeastern  
437 Australia. *Fisheries Sci.* 76, 33-43

438 Vinatea, L., 1997. *Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura*.  
439 Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 166 pp.

440 Wang, J.T., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S., Du, Z.Y. Wang, Y., Yang H.J., 2005.  
441 Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition,  
442 hepaticlipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 249,  
443 439–447.

444 Weirich, C.R., Stokes, A.D., Smith T.I.J., Jenkins,W.E., Denson, M.R., Tomasso, J.R.,  
445 Chappel, J., Burnside, D., 2007. Cobia aquaculture research in South Carolina,  
446 USA: captive reproduction, pond nursery production, and selected environmental  
447 requirements of juveniles. In: Liao, I.C., Leño, E.M.. Cobia Aquaculture:  
448 Research Development and Commercial Production. Asian Fisheries Society,  
449 Manila, Philippines. pp. 19–44.

450 Wilson, R.W., Gilmour, K., Henry, R., Wood, C., 1996. Intestinal base excretion in the  
451 seawater-adapted rainbow trout: A role in acid-base balance? J. Exp. Biol. 199,  
452 2331–2343.

453 Woo, N.Y.S., Kelly, S.P., 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and  
454 metabolism of *Sparus sarba* in closed seawater system. Aquaculture 135, 229-238.

455 Yao, Z.L., Lai, Q.F., Zhou, K., Rizalita, R.E., Wang, H., 2010. Developmental biology  
456 of medaka fish (*Oryzias latipes*) exposed to alkalinity stress. J. Appl. Ichthyol.  
457 26(3), 397–402.

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468



469 **5. OBJETIVOS**

470

471 **OBJETIVO GERAL**

472 Avaliar o efeito da alcalinidade da água em juvenis do bijupirá *Rachycentron*  
473 *canadum* mantidos em baixa salinidade.

474

475 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

476 Verificar o efeito da alcalinidade da água no crescimento e parâmetros  
477 fisiológicos de juvenis do bijupirá mantidos em diferentes salinidades.

478 Determinar o efeito da alcalinidade da água na composição iônica da água e  
479 plasmática dos juvenis de bijupirá mantidos em baixa salinidade.

480 Investigar o efeito da alcalinidade da água na composição proximal dos juvenis de  
481 bijupirá mantidos em baixa salinidade.

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518

**ARTIGO EM ANEXO**

**EFEITO DA ALCALINIDADE EM JUVENIS DO BIJUPIRÁ *Rachycentron*  
*canadum* CRIADOS EM BAIXA SALINIDADE**

Artigo nas normas da revista Aquacultural Engineering

519 **Effects of alkalinity on juvenile cobia *Rachycentron canadum* reared in**  
520 **recirculating aquaculture system with low salinity**

521  
522 Bianca A. Lopes<sup>a</sup>, Ivanildo O. Silva<sup>a</sup>, Marcelo B. Tesser<sup>b</sup>, Luis A. Sampaio<sup>a</sup> and  
523 Ricardo V. Rodrigues<sup>a</sup>

524  
525 <sup>a</sup>Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha, Universidade Federal do Rio Grande  
526 – FURG, CP 474, Rio Grande, RS, 96201-900, Brazil

527 <sup>b</sup>Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Universidade Federal do Rio  
528 Grande, CP 474, Rio Grande, RS, 96201-900, Brazil

529  
530 Corresponding author: Ricardo Vieira Rodrigues

531 e-mail: vr.ricardo@gmail.com

532 Tel: + 55 53 32361685, Fax: +55 53 32368042

544 **Abstract**

545 Cobia has gained popularity as a good candidate for mariculture due to its rapid growth.  
546 In the present study, five treatments were with juvenile cobia reared at low salinities (3  
547 and 6), with or without alkalinity correction (50 and 200 mg/L of CaCO<sub>3</sub>) in a  
548 recirculating aquaculture system (RAS), plus one control treatment (salinity 30 and 200  
549 mg/L of CaCO<sub>3</sub>). The survival was 100% at all treatments, but growth parameters (final  
550 weight, weight gain, SRG and feed intake) decreased significantly at salinity 6 and 3  
551 when compared with control. However, alkalinity seem to affect weight gain and SRG  
552 only fish kept in salinity 3. Plasma osmolality significantly decreased at lower salinities  
553 compared to the control, varying between 374±2 at salinity 30 and 356±2 mOsm kg<sup>-1</sup> at  
554 salinity 3 with low alkalinity. Muscle protein and lipid contents did not follow a clear  
555 pattern, but were lower for fish reared at salinity 3, regardless of alkalinity. Ionic  
556 composition of water and plasma were directly related with salinity. Cobia reared in  
557 high salinity (30) presents the best growth compared to all treatments, however results  
558 suggest that *R. canadum* is has a good euryhaline capacity and they can be reared in low  
559 salinities (3 and 6) for 6 weeks with no mortality. Nevertheless, in salinity 3, maintained  
560 the appropriated pH level propitiated by high alkalinity, resulting in best weight gain and  
561 SRG.

562

563

564

565

566

567 **1. Introduction**

568           The cobia *Rachycentron canadum* is a marine teleost found worldwide in tropical,  
569 subtropical, and warm temperate waters (Shaffer & Nakamura 1989). Cobia has gained  
570 popularity as a good candidate species for aquaculture due to its rapid growth (Nhu et  
571 al., 2011). However, in several countries, as Denson et al. (2003) pointed to the US,  
572 coastal sites can be expensive for aquaculture development. Besides that, permits are  
573 difficult to obtain due to environmental regulations. In order to overcome this, highly  
574 valuable marine species, tolerant to freshwater or to low salinity environments, are  
575 targeted for inland production in recirculating aquaculture system (RAS). Cobia is one  
576 of this species and several studies have focused on low salinity tolerance for larvae and  
577 juveniles (Holt et al., 2007; Burkey et al., 2007; Resley et al., 2006; Atwood et al.,  
578 2004; Denson et al., 2003). Additionally, as Summerfelt et al. (2015), related for  
579 Norway, knowledge about the required RAS alkalinity concentration is important,  
580 especially in locations that have low alkalinity in the water, because flushing water  
581 washes out base added to the system (as bicarbonate, hydroxide, or carbonate),  
582 increasing farm operating costs to maintain high alkalinity concentrations; but levels too  
583 low of alkalinity could interfere in pH stability and nitrification process.

584           Therefore, characterization of the salinity requirements of cobia is essential, since  
585 the location of land-based culture systems will be dependent on salinity of available  
586 water (Burkey et al., 2007). Meanwhile, there is no agreement on limiting levels of  
587 salinity for cobia juvenile. Atwood et al. (2004) reported that when salinity was reduced  
588 2 ppt/day, cobia start to die at salinity 8, reaching total mortality at salinity 2. In a  
589 chronic study Denson et al. (2003) reported that cobia reared at salinity 5 and 15 has  
590 lower growth and survival compared with 30. While, Resley et al. (2006) stated that  
591 juvenile cobia could be reared from salinity 5 to 30,. However, Santos et al. (2014)  
592 reported that growth of juvenile cobia in salinity 5 was not affected with dietary salt

593 (NaCl) supplementation. Some studies report support the hypothesis that when the  
594 gradients between blood and water are lower or even minimal (isosmotic medium), that  
595 the energetic cost of osmoregulation is lower and that these energy savings are  
596 substantial enough to increase growth (Bouef & Payan, 2001).

597 Considering the controversial information related to the effect of salinity on  
598 juvenile cobia, the objective of the present study was to determine the effect of  
599 alkalinity correction on survival, growth, muscle composition and hematological  
600 parameters of cobia reared at low salinity.

601

## 602 **2. Material and Methods**

603 Juvenile cobia ( $72.3\pm 0.2$  g;  $22.4\pm 0.1$  cm) were obtained from a commercial  
604 hatchery and transported to the Federal University of Rio Grande, Rio Grande, Brazil,  
605 where the experiment was conducted.

606 Five individual RAS were used, one for each treatment. Three tanks (300L each),  
607 a sump with biofilter, a sand filter, a protein skimmer and an UV sterilizer (95 W)  
608 comprised each RAS. Fish were exposed to salinities 6 and 3, and each salinity was  
609 maintained at high (200 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) or low (50 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) alkalinity. A control  
610 treatment (salinity 30 and alkalinity of 200 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) was also evaluated.

611 Water used in the experiments was originated from two sources: freshwater was  
612 dechlorinated tap water (sodium thiosulfate 5 ppm) and seawater was pumped from the  
613 near coast (Cassino Beach, Rio Grande, Brazil) through sand filters. Fresh and saltwater  
614 were mixed at different proportions in order to achieve the desired salinities.

615 Fish were stocked in the culture tanks (10 fish/tank), acclimated to the  
616 experimental tanks for one week and the salinity was reduced during four days to the  
617 desired experimental salinities. After acclimation the fish were sedated with benzocaine

618 (Delaware, Brazil), fish were measured and weighed and the trial was formally initiated.  
619 Throughout the acclimation period and experiment fish were hand fed twice a day (9:00  
620 AM; 17:00 PM) with a commercial diet (Matsuda Marine Fish, Brazil, 4-6 mm, 48%  
621 crude protein and 16% lipids) and the photoperiod was maintained at 14 h of light per  
622 day.

623 Every day the water was prepared for the next renovation at salinities 3 and 6  
624 adding marine water to the tap water, then the prepared water stayed 24 h with constant  
625 aeration. Sodium thiosulfate was used to eliminate any chlorine in the prepared water.  
626 Daily water renovation of 10% was carried out with water previously prepared at the  
627 different experimental conditions. In order to maintain the pH levels higher than 7,  
628 sodium carbonate was added to low alkalinity treatments. In high alkalinity, sodium  
629 bicarbonate was used to maintain the levels around 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

630 Everyday water quality parameters were measured. Temperature, dissolved  
631 oxygen concentration and salinity were measured with a multiparameter YSI Model 556  
632 MPS (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA), salinity with a hand  
633 refractometer (Atago, S/Mill, Japan), pH with a pHmeter (Mettler Toledo Five Easy  
634 FE20, Switzerland). Ammonia and nitrite were determined according to Solorzano  
635 (1969) and Bendschneider and Robinson (1952) respectively. Alkalinity was measured  
636 by titration according to APHA (1998).

637

#### 638 Hematological parameters

639 After 42 days of exposure to different alkalinities and salinities, 4 fish per tank  
640 were euthanized in a benzocaine bath (300 mg/L). Blood samples were collected from  
641 the caudal vein using heparinized 3 mL syringe (22 gauge needle). Subsamples of  
642 whole blood were immediately used for glucose and lactate measurement using portable

643 meters (glucose with Accu-chek Active, Germany; and lactate with Accutrend<sup>®</sup> Plus,  
644 Roche, Germany). Hematocrit was determined by centrifugation of whole blood at  
645 12,000 rpm for 10 min with a centrifuge (Model H-240, Hsiang Tai Machinery Industry  
646 CO., Taiwan). Remaining blood was placed in micro tubes (1.5 mL), centrifuged during  
647 10 min at 10,000 rpm and 4 °C (SOLAB, SL- 703, Brazil) and stored at -80 °C. Plasma  
648 osmolality was determined using a vapor-pressure osmometer (Vapro 5600, Wercor  
649 Inc., Logan, UT, USA). Cl<sup>-</sup> and Ca<sup>2+</sup> ions were measured with colorimetric commercial  
650 kits (Cl<sup>-</sup> Doles, Brazil; Ca<sup>2+</sup> Vida biotecnologia, Brazil), while Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> were  
651 determined using a flame photometer (Micronal, B462, Brazil). Samples of muscle  
652 were dissected and stored in ultra freezer (-80 °C).

653

#### 654 Chemical analysis

655 Proximate analyses (dry matter, crude protein, lipid and ash) were conducted in  
656 the diet and fish muscle samples (n=9 per treatment). Dry matter was obtained by  
657 keeping samples at 105°C for 6 h. Ash content was determined after sample incineration  
658 at 600°C in a muffle furnace for at least 6 h until constant weight was achieved. Lipid  
659 content was determined by the ether extraction procedure using a Soxhlet extractor.  
660 Crude protein content was determined using the Kjeldahl method (N × 6.25). All  
661 analyses were determined by standard procedures of Association of Official Analytical  
662 Chemists (AOAC, 1998).

663

#### 664 Performance parameters

665 The following formulae were used to assess growth and feed utilization  
666 parameters:

667  $\text{Weight gain (\%)} = 100 \times (\text{final weight} - \text{initial weight}) \times (\text{initial weight})^{-1}$ ;



668 Specific growth rate (SGR) ( $\% \text{ day}^{-1}$ ) =  $100 \times [\text{Ln}(\text{final weight}) - \text{Ln}(\text{initial weight})] \times$   
669 (experimental days)<sup>-1</sup>;

670 Feed intake =  $100 \times (\text{mean dry feed fed daily} \times \text{mean fish mass}^{-1})$ ;

671 Feed conversion ratio (FCR) = (dry feed fed)  $\times$  (wet weight gain)<sup>-1</sup>;

672 Condition Factor (K) = (Weight  $\times$  100/Total length<sup>3</sup>).

673

#### 674 Statistical analyses

675 All data were expressed as mean  $\pm$  standard error. Differences among treatments  
676 were determined using one-way ANOVA followed by Newman–Keuls *post-hoc* test or  
677 a nonparametric Kruskal-Wallis test to observe differences between means. Normality  
678 was verified by the Kolmogorov–Smirnov test, and homogeneity of variance using the  
679 Levene’s test. Significance level for all analysis was established at 5%.

680

### 681 **3. Results**

682 Some differences ( $P < 0.05$ ) were observed in the dissolved oxygen and pH values,  
683 that varied according salinity/alkalinity treatments. Small differences were also observed  
684 in nitrogenous compounds (ammonia and nitrite) among treatments (Table 1).

685 No mortality was observed throughout the experimental time. All treatments with  
686 low salinity (6 and 3) exposure significantly ( $P < 0.05$ ) reduced final weight, weight gain,  
687 SGR, feed intake and condition factor comparing to control treatment. However, high  
688 alkalinity improved growth parameters only in fish maintained at salinity 3 (Table 2).

689 Blood glucose and lactate presented significant differences ( $P < 0.05$ ) among  
690 treatments, but they are not directly related with salinity or alkalinity values. Hematocrit  
691 levels were not affected by treatments (Table 3).

692 Ionic composition of water and plasma were directly related with salinity. A slight  
693 increasing trend of plasma osmolalities was observed with an increase the  
694 environmental salinity (Table 4). The  $\text{Na}^+$  values was significant different just in  
695 treatment with low alkalinity (S3LA and S6LA). The  $\text{Cl}^-$  values showed significant  
696 differences only in comparison to the control, while the levels of  $\text{K}^+$  had significant  
697 differences only in S3LA treatment.  $\text{Ca}^+$  levels did not show a clear variation pattern  
698 between the treatments.

699 Humidity and dry matter of the muscle showed no significant differences ( $P>0.05$ )  
700 among treatments. Protein level was significantly ( $P<0.05$ ) lower in treatments at  
701 salinity 3, while lipid contents were significantly lower ( $P<0.05$ ) only in treatment at  
702 salinity 3 and low alkalinity (S3HA) compared to other treatments (Table 5).

703

704

#### 705 **4. Discussion**

706 The comparison of effects of salinity on teleost performance under culture  
707 conditions is not easy, since various species of fish respond differently to salinity  
708 changes even when the culture simulate their environments. Additionally, each  
709 researcher conduct his/her experiments at different salinity regimes, which makes  
710 comparisons more complicated, even when comparing contradicting results for the same  
711 fish species (Saoud et al., 2007). All the results are also dependent on the water  
712 temperature, the duration of the experiment or on the developmental stage of the animal  
713 (Boeuf and Payan, 2001).

714 In this study cobia presents no mortality throughout the experimental time.  
715 Unlike, Atwood et al., 2004) related when salinity was reduced at 2 units per day,  
716 juvenile cobia (31 g) start to die at salinity 8, and all fish died after 24 h in salinity 2.

717 However, Burkey et al. (2007) reducing 1 unit per day of salinity juvenile cobia (3 g)  
718 survived for 24 h at a salinity 2, however 73% died within 24 h of a reduction to salinity  
719 1. No significant differences were detected by Denson et al. (2003) in survival among  
720 cobia juveniles (8.5 g) reared at salinities 5, 15, and 30 (84, 94, and 94%, respectively).  
721 In a study with juvenile cobia, Resley (2006) found no significantly differences among  
722 treatments in the first trial, but in the second trial survival was significantly lower at  
723 salinity 5 (68.3%) than in the salinities 15 (90%) or 30 (92.5%). In another study,  
724 Santos et al. (2014) reported no mortality for juvenile cobia reared at salinity 5. Ribeiro  
725 et al. (2014) reported higher survival of juvenile cobia reared in ponds between  
726 salinities 7 and 15 compared to salinities 35 and 45. Our results confirm that juvenile  
727 cobia could be maintained at salinity 3 with no mortality, at least for 6 weeks in RAS.

728         The lower pH values observed in the treatments with low alkalinity could be  
729 explained by the close relationship between pH and alkalinity. In general, pH tends to  
730 increase as alkalinity increases as well (Boyd, 2000). However, all pH values were  
731 higher than 7. Juvenile cobia exposed to acid waters changes blood physiology and  
732 induces histopathological alteration only at pH values below 6.5 (Rodrigues, 2013;  
733 Rodrigues et al., 2015). Therefore, in the present study an interaction between low  
734 availability of ions and pH in the treatment with low alkalinity and salinity 3 may have  
735 influenced cobia growth. , because there are no information of the effects of low pH  
736 levels on juvenile cobia exposed to low salinities.

737         The growth parameters were reduced by the decrease of salinity levels, but  
738 alkalinity appears to benefit only the fish exposed to salinity 3. Denson et al. (2003)  
739 reported that mean total length, final weight and SGR of juvenile cobia increased with  
740 the increase in salinity (30>15>5). Similar to the trend, SGR and food conversion  
741 efficiency for cobia also increased with the increases in salinity, starting in salinity 5

742 maximized at 30, and then decreased when salinity reached 35 (Chen, 2009). Resley et  
743 al. (2006), found in a first trial differences in weight gain, SGR and feed efficiency of  
744 juvenile cobia reared at salinity 5 when comparing with salinity 15 and 30. However, in  
745 the second trial, no differences was found between the growth parameters at different  
746 salinities. Ribeiro et al. (2014), observed that final weight and final length of juvenile  
747 cobia of inicial weight of 72.3g decreased with the increased of the salinity, been higher  
748 in salinity 7 when compared with salinity 15 or 30. But, for fish with mean inicial  
749 weigth 4.7g, that final weight and final length increased in direct relationship with  
750 salinity.

751 Previous studies have indicated that the reduced growth of seawater fish at low  
752 salinities may be explained by reduction on feed intake, exactly what was observed in  
753 the present study. Rubio et al. (2005) found that lowering the salinity from 25 to 7 and 0  
754 reduced feed intake in European sea bass *Dicentrachus labrax*. Juvenile black bream  
755 *Acanthopagrus butcheri* reared in the 0 to 60 salinity range had greater growth, highest  
756 food intake and most efficient FCR at 24 (Partridge and Jenkins, 2001). However, Chen  
757 (2009) revealed that salinity had no significant effects on food intake of cobia of 17 g.  
758 Perhaps, no differences in FCR, despite significantly differences in feed intake, that was  
759 found in this study, had relationship whith the drinking mechanisms. According Boeuf  
760 and Payan (2001), that mecanism could controle growth, because such a behaviour has  
761 an energetic cost and it can also be presumed that digestive enzymes are affected by  
762 water content in the gut.

763 Differences that are observed in production characteristics of marine fish reared  
764 at low salinities can be attributed to a multitude of variables including metabolism,  
765 activity, endocrinology, and culture conditions (Boeuf & Payan, 2001). Forsberg and  
766 Neill (1997), noted that survival and growth of marine fishes in freshwater is possible as

767 long as minimum concentrations of specific dissolved ions such as calcium, chloride,  
768 and magnesium are present.

769 Arjona et al. (2007) reported that changes in salinity promotes stress response,  
770 such as metabolic changes reflected in alterations in plasma glucose and lactate; that  
771 could be related with energy repartitioning process occurring in osmotic acclimation  
772 and the direction (increase or decrease) of the effect depending on the salinity. The  
773 increase in lactate levels can also suggest an increase of anaerobic metabolic rate that  
774 could be related to osmotic stress due to the change of salinity (Arjona et al., 2007).  
775 Glucose and lactate values are good parameters to assess acute stress conditions in  
776 juvenile cobia (Trushenski et al. 2010), but no clear pattern of these parameters with  
777 salinity or alkalinity were observed accordingly salinity reduction in our chronic study.  
778 The same behavior of these parameters in a chronic exposition of juvenile Wedge sole  
779 *Dicologlossa cuneata* (Herrera et al. 2009) and Senegalese sole *Solea senegalensis*  
780 (Arjona et al. 2007) to low salinity was observed.

781 The plasma osmolality and ions concentrations of euryhaline fish tends to  
782 decrease slightly as environmental salinity is reduced, as reported by rabbitfish *Siganus*  
783 *rivulatus* (Saoud, 2007), Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* (Sampaio and  
784 Bianchini, 2002) and Wedge sole (Herrera et al. 2009). Plasma osmolality of juvenile  
785 cobia decreased significantly with decreasing salinity after 7 days at salinities 8, 5 and 2  
786 (Burkey et al., 2007). Juvenile cobia also had plasma osmolality reduced in salinities  
787 5 ( $318.1 \pm 14.6$ ) and 15 ( $353.7 \pm 1.2$ ) when compared with control at salinity 30 ( $355.4$   
788  $\pm 2.3$ ) (Denson et al., 2003). In this study, plasma osmolality as expected has increased  
789 with salinity, but was not affected by alkalinity.

790 In the present study we observed a reduction on protein and lipids composition of  
791 juvenile cobia reared at salinity 3, however these results were not directly related to

792 alkalinity. The values for muscle composition were similar to those found by other  
793 authors for cobia's muscle (Craig et al., 2006; Sun and Chen, 2009), but this  
794 experiments were performed in higher salinity 15-33. While, Chen et al. (2009),  
795 reported that salinity (5,10,15, 20, 25, 30, 35) significantly affected the contents of lipid,  
796 ash and protein,with the best results in salinity 30, but no clear pattern was found.

797 Calcium is known to decrease ion and water flux across the gills of fish because it  
798 affects the permeability of biological membranes to other ions and to water, and is  
799 responsible for the maintenance of intercellular cement (Oduleye, 1975), what could be  
800 helpful when a fish moves across the isosmotic point. However, Burkey et al. (2007)  
801 reported that adding environmental  $\text{Ca}^{2+}$  had no observable effect on plasma osmolality  
802 of cobia exposed to low salinities levels. Maybe  $\text{Ca}^{2+}$  had a major effect on cobia  
803 exposed to the lower salinity, which could contribute to the lower weight gain, SRG and  
804 condition factor in fish kept at salinity 3. The cobia isosmotic point was established in  
805 11.2 and 332 mmol/kg by Burkey et al. (2007). Although, in this study no relationship  
806 was found between alkalinity and  $\text{Ca}^{2+}$  concentration in water media, but between  $\text{Ca}^{2+}$   
807 and salinity, there are improvement in weight gain and SRG in fish maintained at  
808 salinity 3, this could be relevant in locations that have low alkalinity or ionic  
809 concentrations in natural water. For example Cavalcante et al. (2012), report that except  
810 for the results of fish body length, no significant effect on tilapia's growth performance  
811 was observed by the increase in total alkalinity of water without expressive change in  
812 the water's total hardness and, as consequence, calcium level. On the other hand, the  
813 increase of total hardness without raise of total alkalinity has produced significantly  
814 better indices of growth performance (Cavalcante et al., 2012). Another supposition,  
815 was that the higher pH at high alkalinity treatments provide better health conditions for  
816 the fish, being more important to cobia maintained at salinity 3.

817

## 818 **5. Conclusion**

819 Results of the present study indicate that juvenile cobia could be maintained for 6  
820 weeks at salinity 3 without affecting their survival. However, growth parameters  
821 decreases with salinity. Notwithstanding, when cobia is reared at salinity 3 the high pH  
822 propiated by high alkalinity benefit the fish, resulting in higher weight gain and SRG.

823

## 824 **References**

- 825 APHA (American Public Health Association), 1998. Standard Methods for the  
826 Examination of Water and Wastewater. 20st edition, Washington, DC. 1193 pp.
- 827 AOAC (Association of official Analytical Chemist), 1998. Official methods of analysis  
828 of the AOAC international. 16th edn, AOAC, Gaithersburg.
- 829 Arjona, F.J., Vargas-Chacoff, L., Ruiz-Jarabo, I., Martín del Río, M.P., Mancera, J.M.,  
830 2007. Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes  
831 in environmental salinity. *Comp. Biochem. Physiol. A* 148(2), 413–21.
- 832 Atwood, H.L., Young, S.P., Tomasso, J.R., Smith, T.I.J., 2004. Resistance of cobia,  
833 *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high  
834 environmental nitrite concentrations. *J. Appl. Aquacult.* 15(3/4), 191–195.
- 835 Boeuf, G., Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp.*  
836 *Biochem. Physiol. C* 130(4), 411–23.
- 837 Boyd, C.E., 2000. Water quality: an introduction. First ed, Kluwer Academic  
838 Publishers, Norwell. 330 p.
- 839 Boyd, C.E., Tucker, C.S., Viriyatum, R., 2011. Interpretation of pH, acidity, and  
840 alkalinity in aquaculture and fisheries. *N. Am. J. Aquacult.* 73(4), 403–408.

841 Bendschneider, K., Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the  
842 determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87–96.

843 Burkey, K., Young, S.P., Smith, T.I.J., Tomasso, J. R., 2007. Low-salinity resistance of  
844 juvenile cobias. *N. Am. J. Aquacult.* 69(3), 271–274.

845 Cavalcante, D.H., Silva, S.R., Pinheiro, P.D., Akao, M.M.F., Sá, M.V.C., 2012. Single  
846 or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile  
847 tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. *Acta. Sci. Technol.* 34(2), 177–183.

848 Chen, G., Wang, Z., Wu, Z., Gu, B., 2009. Effects of salinity on growth and energy  
849 budget of juvenile Cobia, *Rachycentron canadum*. *J. World Aquacult. Soc.* 40(3),  
850 374–382.

851 Craig, S.R., Schwarz, M.H., McLean, E., 2006. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)  
852 can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production  
853 characteristics. *Aquaculture* 261(1), 384–391.

854 Denson, M.R., Stuart, K.R., Smith, T.I.J., 2003. Effects of salinity on growth, survival,  
855 and selected hematological parameters of juvenile cobia *Rachycentron canadum*.  
856 *Journal of the J. World Aquac. Soc.* 34, 496–504.

857 Forsberg, J.A., Neill, W.H., 1997. Saline groundwater as an aquaculture medium:  
858 physiological studies on the red drum *Sciaenops ocellatus*. *Environ. Biol. Fishes.*  
859 49, 119–128.

860 Gaumet, F., Boeuf, G., Severe, A., Le Roux, A., Mayer-Gostan, N., 1995. Effects of  
861 salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *J. Fish Biol.* 47, 865–  
862 876.

863 Herrera, M., Vargas-Chacoff, L., Hachero, I., Ruíz-Jarabo, I., Rodiles, A., Navas, J.I.,  
864 Mancera, J.M., 2009. Osmoregulatory changes in wedge sole ( *Dicologlossa*



865 *cuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities.  
866 Aquacult. Res. 40(7), 762–771.

867 Holt, G.J., Faulk, C.K., Schwarz, M.H., 2007. A review of the larviculture of cobia  
868 *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. Aquaculture 268, 181-187.

869 Nhu, V.C., Nguyen, H.Q., Le, T.L., Tran, M.T., Sorgeloos, P., Dierckens, K.,  
870 Svennevig, N., 2011. Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam:  
871 Recent developments and prospects. Aquaculture 315(1-2), 20–25.

872 Oduleye, S.O., 1975. The effects of calcium on water balance of the brown trout *Salmo*  
873 *trutta*. J. Exp. Biol. 63, 343–356.

874 Partridge, G.J., Jenkins, G.I., 2002. The effect of salinity on growth and survival of  
875 juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture 210, 219–230.

876 Resley, M.J., Webb, K. A., Holt, G.J., 2006. Growth and survival of juvenile cobia,  
877 *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system.  
878 Aquaculture 253(1-4), 398–407.

879 Ribeiro, F.A.S., Júnior, A.P.B., Medeiros, A.E.L., Blanco, B.S., Marques, D.F., Soares,  
880 D.C.E., Maia, E.P., Oliveira, F.A., Oliveira, F.A.G., Silva, G.H.G., Fernandes,  
881 J.T.S., Oliveira, J.L.F., Filho, J.R.L., Cacho, J.C.S., Souza L.D., Medeiros,  
882 M.A.A., Celedonio, N.R., Pinto, R.C.C., Azevedo, C.M.S.B., 2014. In: Nunes,  
883 A.J.P. Ensaio com o Beijupirá: *Rachycentron canadum*. Chapter 7: Influência da  
884 salinidade no desempenho do beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) e  
885 avaliação da engorda em viveiros escavados. Ministério da Pesca e Aquicultura,  
886 CNPQ, UFC. Fortaleza, 352 p.

887 Rodrigues, R.V., Schwarz, M.H., Delbos, B.C., Sampaio, L.A., 2007. Acute toxicity  
888 and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron*  
889 *canadum*. Aquaculture 271(1–4), 553–557.

890 Rodrigues, R.V., Pedron, J.D.S., Romano, L.A., Tesser, M.B., Sampaio, L.A., 2015.  
891 Acute responses of juvenile cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766) to acid  
892 stress. *Aquac. Res.* 46, 1241-1247.

893 Rubio, V.C., Sánchez-Vázquez, F.J., Madrid, J.A., 2005. Effects of salinity on food  
894 intake and macronutrient selection in European sea bass. *Physiol. Behav.* 85, 333–  
895 339.

896 Sampaio, L.A., Bianchini, A., 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of  
897 the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 269,  
898 187-196.

899 Saoud, I.P., Kreydiyyeh, S., Chalfoun, A., Fakih, M., 2007. Influence of salinity on  
900 survival, growth, plasma osmolality and gill  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  activity in the  
901 rabbitfish *Siganus rivulatus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 348(1-2), 183–190.

902 Shaffer, R.V., Nakamura, E.L., 1989. Synopsis of biological data on the cobia  
903 *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). *FAO Fisheries Synopsis*, 153.  
904 U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C. 21p.

905 Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol  
906 hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.* 14, 799–801.

907 Sun, L., Chen, H., 2009. Effects of ration and temperature on growth, fecal production,  
908 nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron*  
909 *canadum*). *Aquaculture* 292(3-4), 197–206.

910 Trushenski, J., Schwarz, M., Takeuchi, R., Delbos, B., Sampaio, L.A., 2010.  
911 Physiological responses of cobia *Rachycentron canadum* following exposure to  
912 low water and air exposure stress challenges. *Aquaculture* 307, 173-177.

913 Venturini, G., Cataldi, E., Marino, G., Pucci, P., Garibaldi, L., Bronzi, P., Cataudella,  
914 S., 1992. Serum ions concentration and ATPase activity in gills, kidney and

915 oesophagus of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Pisces, Perciformes)  
916 during acclimation trials to fresh water. *Comp. Biochem. Physiol. A* 103, 451–454.

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939 Table 1. Water quality parameters (mean±SE) through the evaluation of the effect of  
 940 different alkalinities and salinities in juvenile cobia *Rachycentron canadum*. Different  
 941 letters in the rows represent significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ). Means  
 942 lack significance when no letter is shown; Not significant ( $p > 0.05$ ).

Parameter	Control	S6HA	S6LA	S3HA	S3LA
Temperature (°C)	27.7±0.1	27.7±0.1	27.6±0.1	27.8±0.1	27.7±0.1
DO (mg/L)	5.35±0.03 <sup>c</sup>	6.10±0.05 <sup>b</sup>	6.38±0.03 <sup>a</sup>	6.47±0.04 <sup>a</sup>	6.41±0.04 <sup>a</sup>
Salinity	30.41±0.07	6.55±0.03	6.31±0.04	3.66±0.08	3.50±0.03
pH	7.70±0.01 <sup>b</sup>	7.87±0.01 <sup>c</sup>	7.18±0.03 <sup>d</sup>	7.98±0.01 <sup>a</sup>	7.17±0.04 <sup>d</sup>
Alkalinity	206±3 <sup>a</sup>	194±4 <sup>a</sup>	57±4 <sup>b</sup>	196±5 <sup>a</sup>	55±5 <sup>b</sup>
TAN	0.16±0.05 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>b</sup>	0.08±0.06 <sup>b</sup>	0.06±0.02 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>
NH <sub>3</sub> -N	0.004±0.01	0.003±0.00	0.001±0.00	0.003±0.00	0.001±0.00
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	0.67± 0.07 <sup>a</sup>	0.37±0.06 <sup>ab</sup>	0.41±0.09 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>c</sup>	0.26±0.02 <sup>b</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/L	14.5±4.1	10.0±4.0	10.7±3.8	8.0±2.0	7.6±2.2

943 <sup>1</sup>Treatments are: control (salinity 30, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S6HA (salinity 6, alkalinity 200 mg  
 944 CaCO<sub>3</sub>/L), S6LA (salinity 6, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S3HA (salinity 3, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L)  
 945 and S3LA (salinity 3, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L). <sup>2</sup> TAN: total ammonia nitrogen.

946 DO = dissolved oxygen; Alkalinity in mg/L of CaCO<sub>3</sub>; TAN in mg/L of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+NH<sub>3</sub>-N

947

948

949

950

951

952

953 Table 2. Production performance (mean  $\pm$  SE) of juvenile cobia *Rachycentron canadum*  
 954 exposed to different salinities and alkalinities. Different letters in the rows represent  
 955 significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

Parameter	Control	S6HA	S6LA	S3HA	S3LA
Initial Weigth (g)	72.5 $\pm$ 0.9	72.1 $\pm$ 0.2	72.0 $\pm$ 0.3	72.3 $\pm$ 0.2	72.7 $\pm$ 0.8
Final Weigth (g)	219.9 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	197.5 $\pm$ 4.6 <sup>b</sup>	200.3 $\pm$ 1.8 <sup>b</sup>	180.6 $\pm$ 1.4 <sup>c</sup>	171.4 $\pm$ 6.3 <sup>c</sup>
Weigth Gain (%)	203.1 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	174.0 $\pm$ 6.2 <sup>b</sup>	178.13 $\pm$ 1.8 <sup>b</sup>	150.0 $\pm$ 1.8 <sup>c</sup>	135.5 $\pm$ 6.1 <sup>d</sup>
SGR (% body weigth/day)	2.70 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.46 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	2.49 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.23 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	2.09 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>
Feed Intake (% body weigth/day)	2.93 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.68 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	2.80 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	2.58 $\pm$ 0.03 <sup>cd</sup>	2.52 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>
FCR	1.19 $\pm$ 0.02	1.18 $\pm$ 0.01	1.24 $\pm$ 0.03	1.23 $\pm$ 0.02	1.28 $\pm$ 0.05
Condition Factor (K)	0.75 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.70 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.72 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup>	0.70 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.64 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>
Survival (%)	100	100	100	100	100

956 <sup>1</sup>Treatments are: control (salinity 30, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S6HA (salinity 6, alkalinity 200 mg  
 957 CaCO<sub>3</sub>/L), S6LA (salinity 6, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S3HA (salinity 3, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L)  
 958 and S3LA (salinity 3, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L). <sup>2</sup>FRC: Feed conversion ratio. <sup>3</sup>SGR: Specific growth  
 959 rate.

960

961

962

963

964

965

966 Table 3. Blood parameters of juvenile cobia *Rachycentron canadum* (mean  $\pm$  SE) reared  
 967 in different salinities and alkalinities. Different letters in the rows represent significant  
 968 differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

Parameter	Control	S6HA	S6LA	S3HA	S3LA
Glucose (mg/dL)	81 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	68 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	79 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	79 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	83 $\pm$ 3.9 <sup>a</sup>
Lactate (mmol/L)	4.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	3.4 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	3.2 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	3.3 $\pm$ 2.3 <sup>b</sup>	3.7 $\pm$ 0.2 <sup>ab</sup>
Hematocrit (%)	40 $\pm$ 2	38 $\pm$ 1	41 $\pm$ 1	38 $\pm$ 2	39 $\pm$ 1

969 <sup>1</sup>Treatments are: control (salinity 30, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S6HA (salinity 6, alkalinity 200 mg  
 970 CaCO<sub>3</sub>/L), S6LA (salinity 6, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S3HA (salinity 3, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L)  
 971 and S3LA (salinity 3, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986 Table 4. Osmolality and ionic composition (mean±SE) of the water employed during  
 987 the experiment and plasma of juvenile cobia *Rachycentron canadum* reared in different  
 988 salinities and alkalinities. Different letters in the rows represent significant differences  
 989 among treatments ( $P<0.05$ ).

Parameter	Control	S6HA	S6LA	S3HA	S3LA
<u>Water</u>					
Osmolality	890±33 <sup>a</sup>	111±7 <sup>b</sup>	99±7 <sup>b</sup>	65±3 <sup>c</sup>	59±4 <sup>c</sup>
Na <sup>+</sup> (mEq/L)	256.9±44.5 <sup>a</sup>	23.6±5.8 <sup>b</sup>	21.5±6.3 <sup>b</sup>	7.0±1.9 <sup>c</sup>	6.7±1.7 <sup>c</sup>
Cl <sup>-</sup> (mEq/L)	304.3±17.1 <sup>a</sup>	63.3±6.3 <sup>b</sup>	61.69±7.0 <sup>b</sup>	37.09±3.2 <sup>c</sup>	29.21±2.7 <sup>c</sup>
K <sup>+</sup> (mEq/L)	5.2±0.3 <sup>a</sup>	1.0±0.1 <sup>b</sup>	0.9±0.1 <sup>b</sup>	0.6±0.1 <sup>c</sup>	0.6±0.1 <sup>c</sup>
Ca <sup>+2</sup> (mEq/L)	8.9±0.4 <sup>a</sup>	4.3±0.5 <sup>b</sup>	5.2±0.4 <sup>b</sup>	2.2±0.7 <sup>c</sup>	2.3±0.4 <sup>c</sup>
<u>Plasma</u>					
Osmolality	374±2 <sup>a</sup>	361±3 <sup>b</sup>	356±2 <sup>b</sup>	360±4 <sup>b</sup>	357±2 <sup>b</sup>
Na <sup>+</sup> (mEq/L)	187.5±6.76	185.5±11.9	162.8±18.7	186.9±11.4	165.1±15.4
Cl <sup>-</sup> (mEq/L)	181.6±5.1 <sup>a</sup>	170.7±2.7 <sup>b</sup>	162.8±3.4 <sup>b</sup>	163.7±3.4 <sup>b</sup>	163.0±2.7 <sup>b</sup>
K <sup>+</sup> (mEq/L)	7.1±0.2 <sup>a</sup>	7.8±0.3 <sup>a</sup>	7.5±0.3 <sup>a</sup>	7.9±0.3 <sup>a</sup>	7.4±0.4 <sup>b</sup>
Ca <sup>+2</sup> (mEq/L)	7.27±0.42 <sup>ab</sup>	5.97±0.15 <sup>b</sup>	6.13±0.37 <sup>ab</sup>	6.75±0.35 <sup>ab</sup>	7.26±0.22 <sup>a</sup>

990 <sup>1</sup>Treatments are: control (salinity 30, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S6HA (salinity 6, alkalinity 200 mg  
 991 CaCO<sub>3</sub>/L), S6LA (salinity 6, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S3HA (salinity 3, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L)  
 992 and S3LA (salinity 3, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

993

994

995

996 Table 5. Muscle composition (% of wet weight; mean  $\pm$  SE) of juvenile cobia reared in  
 997 low salinity and different alkalinity. Different letters at the same line represent  
 998 significant differences among treatments ( $P<0.05$ ).

Parameter	Control	S6HA	S6LA	S3LA	S3HA	Dry Feed
Humidity (%)	74.5 $\pm$ 0.3	73.9 $\pm$ 0.2	74.0 $\pm$ 0.2	74.3 $\pm$ 0.2	74.5 $\pm$ 0.2	7.9 $\pm$ 0.1
Dry matter (%)	25.5 $\pm$ 0.4	26.1 $\pm$ 0.2	26.0 $\pm$ 0.2	25.7 $\pm$ 0.2	25.5 $\pm$ 0.2	92.1 $\pm$ 0.1
Protein (%)	19.5 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	20.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	20.3 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	18.0 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	18.5 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	39.8 $\pm$ 0.6
Lipid (%)	3.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	4.6 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	4.2 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	3.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	3.0 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	12.5 $\pm$ 0.1
Ash (%)	1.29 $\pm$ 0.06	1.48 $\pm$ 0.16	1.49 $\pm$ 0.04	1.58 $\pm$ 0.14	1.29 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.2

999 <sup>1</sup>Treatments are: control (salinity 30, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S6HA (salinity 6, alkalinity 200 mg  
 1000 CaCO<sub>3</sub>/L), S6LA (salinity 6, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L), S3HA (salinity 3, alkalinity 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L)  
 1001 and S3LA (salinity 3, alkalinity 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014



1015 **7. CONCLUSÕES**

1016 Os resultados do presente estudo indicam que os juvenis de bijupirá tem a capacidade  
1017 eurihalina limitada, podendo ser criados em baixas salinidades (6 e 3) por um período de  
1018 6 semanas sem que haja mortalidade. Porém, valores dos parâmetros de crescimento  
1019 decrescem com a redução da salinidade. Os resultados em salinidade 3 sugerem que  
1020 mantendo o nível adequado de pH proporcionado pela alta alcalinidade beneficiam os  
1021 peixes, resultando em maiores ganho de peso e SRG.

1022