

## 研究简报

### A Letter

## 在浮式网箱中饲养巨骨舌幼鱼的最佳摄食率的初步研究

Valdemir Queiroz de Oliveira<sup>1</sup>, Antônio Roberto Barreto Matos<sup>2</sup>, Tacito Araújo Bezerra<sup>2</sup>, Pedro Eymard Campos Mesquita<sup>2</sup>, Valdeir Queiroz de Oliveira<sup>2</sup>, Aquiles Moreira de Moraes<sup>3</sup>, Elenise Gonçalves de Oliveira<sup>4</sup>, Manuella Gazzineo de Moraes<sup>4</sup>, Rommel Rocha de Sousa<sup>4</sup>, Francisco Hiran Farias Costa<sup>4</sup>✉

1 巴西农业研究公司农业研究部, 64200-970, 巴纳伊巴- PI, 巴西

2 国家防止干旱工程署-DNOCS, 62640-000, 庞特科斯蒂- CE, 巴西

3 高等应用神学研究所-INTZ, 62011-230, 索布拉尔- CE, 巴西

4 塞浦路斯联邦大学捕鱼工程系, 60455-760, 福塔雷塞- CE, 巴西

✉ 通讯作者: [hiran1968@hotmail.com](mailto:hiran1968@hotmail.com)

水生生物研究, 2013 年, 第 2 卷, 第 7 篇 doi: 10.5376/aor.cn.2013.02.0007

本文首次以英文发表在 *International Journal of Marine Science*, 2013, Vol.3, No.25, 147-151 上。现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License 协议对其进行授权, 用中文再次发表与传播。只要对原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。如果读者对中文含义理解有歧义, 请以英文原文为准。

引用格式:

Oliveira et al., 2013, Preliminary Studies on the Optimum Feeding Rate for Pirarucu *Arapaima gigas* Juveniles Reared in Floating Cages, *International Journal of Aquaculture*, Vol.3, No.25 147-151 (doi: 10.5376/ija.2013.03.0025)

**摘要** 本研究测试饲养在笼子里的青年巨骨舌鱼的生长性能。对安装在 Pereira de Miranda 水库的四个网箱中进行了 210 天的实验(Pentecoste, Ceará, Brazil)。将巨骨舌鱼幼鱼(1550.0±85.0 克和 59.2±1.15 厘米)以 40 尾/笼存养, 并用含 40%粗蛋白的商业膨化饲料进行一天四次的喂养。实验过程中, 鱼喂食率是 2%和 3%体重/天的比例。对于生长性能的研究, 我们设计了两种不同的进料速率实验, 并且每种处理都具有两个重复的笼。存活率高, 并且不受进食率的显著影响。平均存活率在 91.2±1.2 和 92.5±2.5%之间。进食率不显著影响最终的平均长度(89.8±3.2 到 88.7±3.5 cm), 最终平均体重(6800.0±170.0 到 6680.0±420.0 g)和产量(46.8±0.7 到 46.0±1.2 kg/m<sup>3</sup>), 但是 FCR 显著影响了饲喂率。分别以 3%和 2%体重/天饲喂的鱼的饲料转化率分别为 4.32±0.08 和 2.82±0.09。因此, 获得的数据表明, 重量范围在 1550.0±85.0 到 6800.0±170.0 克之间的青年巨骨舌鱼可以以 2.0%体重/天的喂养率喂食。

**关键词** 巨骨舌鱼; 笼; 生长性能; 摄食率

## Preliminary Studies on the Optimum Feeding Rate for Pirarucu *Arapaima gigas* Juveniles Reared in Floating Cages

Valdemir Queiroz de Oliveira<sup>1</sup>, Antônio Roberto Barreto Matos<sup>2</sup>, Tacito Araújo Bezerra<sup>2</sup>, Pedro Eymard Campos Mesquita<sup>2</sup>, Valdeir Queiroz de Oliveira<sup>2</sup>, Aquiles Moreira de Moraes<sup>3</sup>, Elenise Gonçalves de Oliveira<sup>4</sup>, Manuella Gazzineo de Moraes<sup>4</sup>, Rommel Rocha de Sousa<sup>4</sup>, Francisco Hiran Farias Costa<sup>4</sup>✉

1. Brazilian Enterprise for Agricultural Research – EMBRAPA, 64200-970, Parnaíba – PI, Brazil

2. National Department of Works against Droughts – DNOCS, 62640-000, Pentecoste – CE, Brazil

3. Higher Institute for Applied Theology – INTA, 62011-230, Sobral – CE, Brazil

4. Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará 60455-760, Fortaleza – CE, Brazil

✉ Corresponding author, [hiran1968@hotmail.com](mailto:hiran1968@hotmail.com)

**Abstract** This study aimed at testing the feeding rates on growth performance of pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*, reared in cages. A 210-day experiment was conducted in four cages installed at the Pereira de Miranda reservoir (Pentecoste, Ceará Brazil). Pirarucu juveniles (1550.0±85.0 g and 59.2±1.15 cm) were stocked at 40 fish/cage and fed four times a day with a commercial extruded feed with 40% crude protein. Fish were fed at rates of 2.0% and 3.0% body weight/day during the experiment. Growth performance was investigated in a designed experiment employing two different feeding rates and each treatment had two replicate cages. Survival was high and not significantly affected by feeding rate. Mean survival rate ranged between 91.2±1.2 and 92.5±2.5%. Feeding rate not affect significantly final mean length (89.8±3.2 to 88.7±3.5 cm), final mean weight (6800.0±170.0 to 6680.0±420.0 g) and production (46.8±0.7 to 46.0±1.2 kg/m<sup>3</sup>), but FCR was significantly affected by feeding rate. Feed conversion rates were 4.32±0.08 and 2.82±0.09 for fish fed with 3% and 2% body weight/day, respectively. Therefore, the data obtained suggest that pirarucu juveniles with weight ranged from 1550.0±85.0 to 6800.0±170.0 g could be fed with feeding rate of 2.0% body weight/day.

**Keywords** Pirarucu; Cage; Growth performance; Feeding rate

## 介绍

在过去几年中, 巴西水产养殖业试图选择新品种的鱼, 以使其产量多样化(Núñez et al., 2011; Oliveira et al., 2012; Silva et al., 2012, Fiúza et al., 2013)。巨骨舌鱼是一种亚马逊盆地独有的空气呼吸的鱼。这个物种被认为是世界上最大的淡水尺寸鱼类之一, 是在亚马逊种植中最有潜力的物种之一(Roubach et al.,

2003)。根据圣保罗的记载(1986), 巨骨舌鱼可达到 200 公斤的重量, 可长达 3 米, 并且寿命可以超过 50 年。巨骨舌鱼是亚马逊栽培鱼类中最快的, 生长周期在 27-41 克/天, 可达到 10-15 千克/年(Bard and Imbiriba, 1986; Imbiriba, 2001; Pereira-Filho et al., 2003; Núñez, 2009; Rebaza et al., 2010)。然而到目前为止, 对这个物种的动物技术和经济上可行的研究很少(Ono et al., 2003; Oliveira et al., 2012)。巨骨舌鱼可能适合网箱养殖, 因为它是一种耐受挤压的物种, 但到目前为止, 对笼子使用的研究几乎没有。

鱼类饲养是商业鱼类养殖最重要的因素之一, 因为饲养体系可能对鱼类的生长速度有影响(Okorie et al., 2013)。几个研究已经显示生长与食物摄取有关系(Wang et al. 2007; Ozorio et al. 2009)。喂养率对鱼的生长速率和饲料效率有重要影响。因此, 最佳的喂养率不仅对于促进最佳存活, 生长和最小化饲料转化率是重要的, 而且对于经济和环境原因, 防止包括水质恶化的环境破坏是重要的(Eroldogan et al., 2004; De Riu et al., 2012; Okorie et al., 2013)。目前, 没有公开的饲料率对青年巨骨舌鱼生长影响的信息。这项初步研究旨在评估喂养率对位于巴西赛阿腊州水库中的巨骨舌鱼的性能影响。

## 1 结果

水的特征在鱼密度或在池中两个监测点之间没有显示出任何的差异。培养期间, 水温平均值上午为 27.8°C, 下午为 28.6°C。平均溶解氧度在早晨为 3.6 mg/L, 在下午为 5.8 mg/L, 整个培养期期间, pH 值在 7.6 和 7.8 之间波动。在所有的笼子中, 透明度读数在 100 和 135 之间, 氨、亚硝酸盐和硝酸盐分别在 0.01 mg/L 和 0.02 mg/L, 0.00 和 0.63 和 0.00 mg/L 到 1.00 mg/L。

它的存活率很高, 并且不受进食率的影响。以 2% 3% 体重/天饲养的鱼的平均存活率分别为 91.2±1.2% 到 92.5% (表 1)。喂食率不影响青年巨骨舌鱼的体重和长度。平均最终重量分别为 6800.0±170.0 和 6680.0±420.0 克, 而分别以 2% 和 3% 体重/天喂养的组平均长度为 89.8±3.2 和 88.7±3.5 厘米(图 1)。在做不同处理的笼中, 青年巨骨舌鱼的生长率如图 1 所示。与 2% 体重/天的 24.4±4.9 克/鱼/天和 0.7±0.1%/天相比, 2% 体重/天的平均 AGR 和 SGR 分别为 25.0±9.4 克/鱼/天和 0.7±0.1% 体重/天。类似的, 在分别以 2% 和 3% 体重/天饲喂的笼中, 生产不受进食率的显著影响, 并且范围从 46.8±0.7 到 46.0±1.2 kg/m<sup>3</sup>。然而, 喂养率确实影响这 FCR。在以 2% 体重/天(2.8±0.1)喂养的组里, FCE 显著低于 3% 体重/天(4.3±0.1)。

表 1 以 2.0% 或 3.0% 体重/天速率在 4 m<sup>3</sup> 的网箱喂养 210 天的巨骨舌鱼幼苗的生存, 初始和最终体重, 体重增加, 绝对生长速率(AGR), 特殊生长率(SGR), 生产和饲料转化率(FCR) (初始平均体重, 1550.0±85.0 g)

Table 1 Survival, initial and final weights, weight gain, absolute growth rate (AGR), specific growth rate (SGR), production and feed conversion ratio (FCR) of pirarucu juveniles (initial mean weights, 1550.0±85.0 g) fed at rates of 2.0% or 3.0% body weight/day in 4 m<sup>3</sup> cages and cultured for 210 days

| Parameter(参数)                        | Feeding rate (饲养率) (% of body weight/day) |                      |
|--------------------------------------|---|----------------------|
|                                      | 2   | 3                    |
| Survival (生存) (%)                    | 91.2±1.2                                  | 92.5±2.5             |
| Initial weight (原始体重) (g)            | 1550.0±85.0                               | 1550.0±85.0          |
| Final weight (最终体重) (g)              | 6800.0±170.0                              | 6680.0±420.0         |
| Weight gain (体重增加) (g)               | 5250.0±155.0                              | 5130.0±350.0         |
| AGR (g/day)                          | 25.0±9.4                                  | 24.4±4.9             |
| SGR (%/day)                          | 0.7±0.1                                   | 0.7±0.1              |
| Production (生产) (kg/m <sup>3</sup> ) | 46.8±0.7                                  | 46.0±1.2             |
| FCR                                  | 2.8±0.1 <sup>a</sup>                      | 4.3±0.1 <sup>b</sup> |

注: 数据为平均值±S.D.的两个复制笼. 每行, 具有不同字母作为上标的平均值不同(P<0.05)

Note: Data are means±S.D. of two replicate cages. For each row, means with different letters as superscripts are significantly different (P<0.05)

## 2 讨论

在整个实验中, 水的大多数物理化学参数保持在网箱养殖的适当范围内(Beveridge, 1996; Boyd and Tucker, 1998)。然而, 强调巨骨舌鱼接受低水溶解氧水平是由于其强制性空气呼吸是很重要的(Ono et al., 2004; Núñez, 2009)。另一方面, 没有研究表明巨骨舌鱼培养中的临界氧水平和其他物理化学参数。除了 FCR 以外, 测试的进食速率不影响生长参数。许多研究没有发现进食率对存活率有什么显著影响(Eroldogan et al., 2004; Silva et al., 2007; Okorie et al., 2013)。对巨骨舌鱼的各种研究报告类似的结果根据文化的类型而不同。Pereira-Filho et al. (2003), Menezes et al. (2006) and Oliveira et al. (2012)报道, 在池塘和网箱养殖中, 巨骨舌鱼的存活率从 90% 到 100% 不等。尽管这种增加可能不符合增量饲料消耗(Okorie et al.,

2013), 鱼的体重显著增加, 直到饱食。在这项研究中, 巨骨舌鱼的生长不受增加进食率的影响。因此, 获得的数据表明 2.0% 体重/天的喂养率可接近 1550g 巨骨舌鱼幼苗的饱食水平。然而, 各位作者报道了关于巨骨舌鱼生长的类似结果。Bard 和 Imbiriba (1986) 报道称, 当初始体重为 126 到 388g 时, 池塘中的巨骨舌鱼在短短 152 天内重量范围达到 4037 到 4497g。根据 Pereira-Filho et al. (2003), 在强化生产系统下在池塘培养的这个物种在 365 天后达到最大重量  $7000 \pm 1100$ g。其他食肉鱼类的网箱养殖也有类似的养殖密度和生产率: 在 120-2000 立方米的笼子里, 大西洋鲑(*Salmo salar*)为 14.5 至  $34 \text{kg/m}^3$  (Turnbull et al., 2005; Oppedal et al., 2011), 在 100 立方米的网箱中的斑狼鱼(*Anarhichas minor*)为  $42.0 \text{kg/m}^3$  (Mortensen et al., 2007), 和 1 立方米网箱中的中虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)是 35.0 到  $61.2 \text{kg/m}^3$  (Wallat et al., 2004)。然而 Ono et al. (2004) 报告称, 在 15-300 立方米网箱中, 巨骨舌鱼的生产率为 80 至  $140 \text{kg/m}^3$ 。据报道, 几种鱼类的生长速度随着饲养率的增加而增加 (Eroldogan et al., 2004; Yuan et al., 2010; De Riu et al., 2012; Okorie et al., 2013)。在低进食率条件下, 鱼倾向于优化其消化以有效地提取更多营养物, 从而降低 FCR (Puvanendran et al., 2003; Van Ham et al., 2003)。在研究中发现, 只有 FCR 受喂养率有显著影响。显然, 实验表明 2.0% 体重/天的比率可以在饱足附近。由于几个作者已经指出了鱼类的最佳摄食率低于饱食 (Kim et al., 2007; Okorie et al., 2013), 在 1500-7000 的巨骨舌鱼中, 3.0% 体重/天的比率似乎更高。巨骨舌鱼培养的平均 FCR 随着饲喂率的增加而增加。以 2% 和 3% 体重/天饲喂的组中鱼的 FCR 高于对于其它研究确定的 FCR。Pereira-Filho et al. (2003), Crescencio et al. (2005) and Oliveira et al. (2012) 报道, 对于少年巨骨舌鱼来说, FCR 是 1.2 至 1.9。然而, 对于在笼中培养的其他鱼类, 已经报道了类似的观察结果。Mazzola et al. (2000) 报道地中海琥珀鱼饲喂颗粒饮食, FCR 为 3.5。在池塘中培养并用颗粒饲料喂养的石斑鱼, 鲈科鱼的 FCR 为 3.2 (Bombero-Tuburan et al., 2001)。

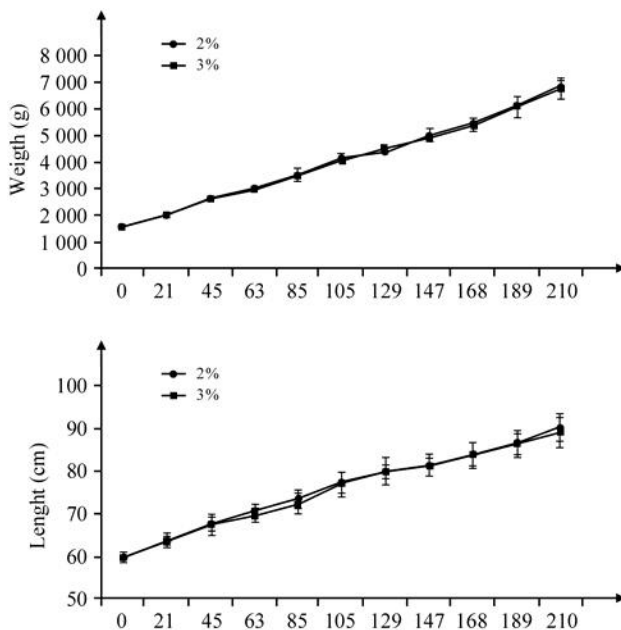


图 1 在  $4 \text{m}^3$  的笼中以 2.0% 和 3.0% 体重/天的速率喂养巨骨舌鱼在培养 210 天后的生长. 数据是 Pereira de Miranda 水库两个重复网箱的平均值  $\pm$ SD (Cear áState, 巴西)

Figure 1 Growth of pirarucu fed at rates of 2.0% or 3.0% body weight/day in  $4 \text{m}^3$  cages and cultured for 210 days. Data are means  $\pm$ SD of two replicate cages in Pereira de Miranda Reservoir (Cear áState, Brazil)

## 2 结论

这项研究表明, 巨骨舌鱼可以使网箱的市场规模得到有效的增长, 其增长比拥有几十年的研究和遗传改良优势的其他鱼类要快得多。从数据中可知, 以 2% 体重/天饲喂的巨骨舌鱼显示了更好的动物技术指标。然而, 最佳喂食率尚未确定, 需要进一步使用几个培养阶段来进行研究(0.1~1 kg; 1~2 kg; 2~5 kg; 5~10 kg)和各种喂食率(1, 1.5, 2, 2.5 and 3.0% 体重/天)。

## 3 材料与方法



从国家旱作工程水产养殖研究中心(DNOCS; Pentecoste, Cear 巴西)获得了 7 个月大的巨骨舌鱼的幼苗( $1550.0 \pm 85.6$  g;  $59.2 \pm 5.5$  cm; mean $\pm$ SD), 并转移到 Pereira de Miranda 水库中(Pentecoste, Cear 巴西)。Pereira de Miranda 水库的面积为 5486 公顷, 体积为 395 000 000 立方米, 平均深度为 7.2 米, 最大深度为 22 米。开放渔业和罗非鱼水产养殖是水库的主要用途。

随机选择巨骨舌鱼, 计数并储存在  $4 \text{ m}^3$  的笼子中, 每个测量为  $2.0 \times 2.0 \times 1.0$  米深度, 密度为 10 鱼/立方米, 每个处理使用两个重复的笼子。在实验开始前, 将鱼用商业饲料喂养至表观饱食一周, 以此使它们适应实验条件。笼架由涂有带 UV 抗 PVC 的 30 毫米镀锌丝网的钢管制成。沿着每个笼子的四边抖附着着塑料瓶用来做浮子。笼子安装在离水库边缘 70 米距离的地方, 水位根据水位从 4.5 米到 7 米不等。网箱之间的距离是 2 米, 笼子用锚定杆固定在岸边。

将巨骨舌鱼幼苗饲养 210 天, 并用含有 40%粗蛋白和 14.2 MJ/kg 饲料(TC 40; Purina®, So Paulo, 巴西)的商业颗粒饲料每天喂养四次。直径为 6.0-8.0 毫米的饲料用于头 168 天, 直径为 12-14 毫米直径的从 169 天直到终止。以 2.0%或 3.0%体重/天的速率喂养鱼, 直到终止。由于塞阿拉州幼鱼供应量低, 发生处理和重复数量较少。这是由于缺乏对浮游生物或其他可用食物来源的幼虫喂养的具体研究, 导致幼虫和鱼种阶段的低生存率(Carreiro et al., 2011; Nunez et al., 2011; Oliveira et al., 2012)。每 21 天对鱼进行取样以评价体重和总长度的生长。为此, 捕获每个笼子中的 100%的鱼, 用 100 mg/L 苯佐卡因麻醉, 称重并测量。在每个取样期后, 将给予饲料的量调节至每个笼中的平均重量和生物量。

温度和溶解氧(DO)在每天 8 点和 17 点用欧姆计(YSI model 55)监测两次。每天在 12 小时用数字 pH 计和 Secchi 盘测量 pH 值和透明度。水样从所有网箱内部和从储存器中距离网箱 20m 的距离处的两个不同点收集。根据 APHA (1995)在水样中分析总氨氮(TANK), 亚硝酸盐和硝酸盐。

在 210 天后收获鱼, 查看存活率(%), 分期重量和长度, 绝对生长速率(AGR, g/fish/day), 特殊生长率(SGR =最终重量-初始重量/天 $\times$ 100, %/天), 计算每个笼处理生产率( $\text{kg}/\text{m}^3$ )和饲料转化率(FCR, 饲料重量/鱼的湿重增加量)。

使用学生 *t*-test 检验分析治疗组之间的差异。 $p < 0.05$  的概率水平被认为是统计学明显的结果。数值表示用平均值 $\pm$ SD 来表示。

## 致谢

我们感谢巴西科技技术发展国家科学和技术发展委员会(CNPq)为这项工作提供财政支持, 这项工作是通过 CT-HIDRO 部门基金提供的联邦援助(拨款号: 504367/2003-0)。

## 参考文献

- Bard J., and Imbiriba E.P., 1986, Piscicultura de pirarucu, *Arapaima gigas*. EMBRAPA-CPATU, Belm, Brazil, No. 52, pp.17
- Beveridge M.C.M., 1996, Cage Aquaculture. Fishing News Books, Carlton. pp.346
- Bombero-Tuburan I., Coniza E.B., Rodriguez E.M., and Agbayani R.F., 2001. Culture and economics of wild grouper *Epinephelus coioides* using three feed types in ponds. *Aquaculture* 201, 229-240  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00744-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00744-X)
- Boyd C.E., and Tucker C.S., 1998, Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. pp.700  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Crencncio R., ItuassD.R., Roubach R., Pereira-Filho M., Cavero B.A.S., and Gandra A.L., 2005. Influncia do perodo de alimentao no consumo e ganho de peso do pirarucu. *Pesq. Agropec. Bras.* 40, 1217-1222  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200009>
- De Riu N., Zheng K.K., Lee J.W., Lee S.H., Bai S.C., Noniello G., and Hung S.S.O., 2012, Effects of feeding rates on growth performances of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fries. *Aquaculture Nutrition* 18, 290-296  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00895.x>
- Eroldogan O.T., Kumlu M., and Aktas M., 2004, Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture* 231, 501-515  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.020>
- Flza L.S., Arago N.M., Ribeiro-Junior H.P., Moraes M.G., Rocha I.R.C.B., Lustosa-Neto A.D., Sousa R.R., Madrid R.M.M., Oliveira E.G., and Costa F.H.F., 2013, Effects of salinity on the growth, survival, hematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles. *Aquaculture Research* 1-9
- Imbiriba E.P., 2001, Potencial de criao de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazonica* 31, 299-316

- Kim K.D., Kang Y.J., Kim K.W., and Kim K.M., 2007, Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 38, 169-173  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00086.x>
- Mazzola A., Favalaro E., and Sarà G., 2000, Cultivation of the Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), in submerged cages in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture* 181, 257-268  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00243-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00243-4)
- Menezes G.C., Tavares-Dias M., Ono E.A., Andrade J.I.A., Brasil E.M., Roubach R., Urbinati E.C., Marcon J.L., and Affonso E.G., 2006, The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. *Comp. Biochem. Physiol. Part A* 145, 274-279  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.06.035>
- Mortensen A., Toften H., and Aas K., 2007. Cage culture of spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). *Aquaculture* 264, 475-478  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.037>
- Núñez J., 2009, Domestication de nouvelles espèces d'intérêt aquacole en Amazonie. *Cahiers Agriculture* 18, 136-143
- Núñez J., Chu-Koo F., Berland M., Arévalo L., Ribeyro O., Duponchelle F., and Renno J.F., 2011, Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. *Aquaculture Research* 42, 815-822  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02886.x>
- Okorie O.E., Bae J.Y., Kim K.W., Son M.H., Kim J.W., and Bai S.C., 2013, Optimum feeding rates in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, at the optimum rearing temperature. *Aquaculture Nutrition* 19, 267-277  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00956.x>
- Oliveira E.G., Pinheiro A.B., Oliveira V.Q., Silva-Júnior A.R.M., Moraes M.G., Rocha I.R.C.B., Sousa R.R., and Costa F.H.F., 2012, Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture*, 370-371: 96-101  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.027>
- Ono E.A., Halverson M.R., and Kubitz F., 2004. Pirarucu – O gigante esquecido. *Panorama da Aqüicultura* 14, 14-25
- Ono E.A., Roubach R., and Pereira M.F., 2003, Pirarucu production – advances in Central Amazon, Brazil. *Global Aquac. Adv.* 6, 44-46
- Oppedal F., Vågseth T., Dempster T., Juell J.E., and Johansson D., 2011. Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 315, 361-368  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.037>
- Ozorio R.O.A., Andrade C., Timoteo V.M.F.A., Conceicao L.E.C., and Valente L.M.P., 2009, Effects of feeding levels on growth response, body composition, and energy expenditure in blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo*, Juveniles. *J. World Aquacult. Soc.* 40, 95-103  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00231.x>
- Pereira-Filho M., Cavero B.A.S., Roubach R., Ituassú D.R., Gandra A.L., and Crescêncio R., 2003, Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. *Acta Amazonica* 33, 715-718  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000400017>
- Puvanendran V., Boyce D.L., and Brown J.A., 2003, Food ration requirements of 0+ yellowtail flounder *Limanda ferruginea* (Storer) juveniles. *Aquaculture* 220, 459-475  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00620-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00620-8)
- Rebaza M., Rebaza C., and Deza S., 2010, Densidad de siembra para cultivos de Paiche en jaulas flotantes. *Aquavisió* 6, 26-27.
- Roubach R., Correia E.S., Zaiden S., Martino R.C., and Cavalli R.O., 2003, *Aquaculture in Brazil*. *World Aquac.* 34, 28-35
- Saint-Paul U., 1986, Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240  
[http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90329-7](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(86)90329-7)
- Silva C.R., Gomes L.C., and Brandão F.R., 2007, Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture* 264, 135-139  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.007>
- Silva L.L., Parodi T.V., Reckziegel P., Garcia V.O., Bürger M.E., Baldisserotto B., Malmann C.A., Pereira A.M.S., and Heinzmann B.M., 2012, Essential oil of *Ocimum gratissimum* L.: Anesthetic effects, mechanism of action and tolerance in silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture* 350-353, 91-97  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.012>
- Turnbull J., Bell A., Adams C., Bron J., and Huntingford F., 2005. Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture* 243, 121-132  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.022>
- Van Ham E.H., Bemtssen M.H.G., Imsland A.K., Parpoura A.C., Wenderlaar Bongar S.E., and Stefansson S.O., 2003, The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrition retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 217, 547-558  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00411-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00411-8)
- Wallat G.K., Tiu L.G., Rapp J.D., and Moore R., 2004. Effect of stocking density on growth, yield and costs of producing rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in cages. *J. Appl. Aquac.* 15 (3/4), 73-82  
[http://dx.doi.org/10.1300/J028v15n03\\_06](http://dx.doi.org/10.1300/J028v15n03_06)
- Wang Y., Kong L.J., Li, K., and Bureau D.P., 2007. Effects of feeding frequency and ration level on growth, feed utilization and nitrogen waste output of cuneate drum (*Nibea miichthioides*) reared in net pens. *Aquaculture* 271, 350-356  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.03.022>

---

Yuan Y.C., Yang H.J., Luo Z., Yuan H.W., and Chen X.K., 2010, Effects of feeding levels on growth performance, feed utilization, body composition and apparent digestibility coefficients of nutrients for juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture Research* 41, 1030-1042