

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pesca e Aquicultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Piscicultura de água doce

Multiplicando conhecimentos

Embrapa
Brasília, DF
2013

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na:

Embrapa Pesca e Aquicultura

Quadra 104 Sul, Av. LO-1, nº 34,
Conjunto 04, 1º e 2º Pavimentos,
Plano Diretor Sul
Palmas, TO
CEP 77020-020
Fone: (63) 3229.7800
(63) 3229.7850
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Unidade responsável pelo
conteúdo e edição**

Embrapa Pesca e Aquicultura

Revisão de texto
*Scritta Cursos e Consultoria em
Linguagem LTDA.*

Capa
Jefferson Christofoletti

Diagramação
Arte Final - Web & Gráfica

1ª edição

1ª impressão (2013): 2.000 exemplares

2ª impressão (2014): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (lei nº 9.610)

Dados internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

Embrapa Pesca e Aquicultura

Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos / editores técnicos, Ana
Paula Oeda Rodrigues ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2013.
440 p. : il. color. ; 17 cm x 25 cm.

ISBN 978-85-7035-272-9

1. Aquicultura. 2. Piscicultura. 3. Peixe. 4. Tecnologia. I. Rodrigues, Ana Paula
Oeda. II. Lima, Adriana Ferreira. III. Alves, Anderson Luís. IV. Rosa, Daniele Klöppel.
V. Torati, Lucas Simon. VI. Santos, Viviane Rodrigues Verdolin dos. VII. Embrapa
Pesca e Aquicultura.

CDD 639.3

©Embrapa 2013

*Este livro é dedicado aos técnicos
multiplicadores de conhecimento em piscicultura*

Apresentação

A Embrapa, como geradora de conhecimentos e de tecnologias, tem entre os resultados de suas pesquisas a geração de novas sementes. E este livro é uma semente, assim como as sementes que mudaram o Brasil, levando lavouras ao Cerrado, aumentando a produtividade e transformando o país em uma potência agrícola. E, com esse intuito, esta obra faz parte de uma nova etapa da agropecuária nacional, a qual levará ao domínio da aquicultura.

Aos moldes das boas sementes, esta publicação foi elaborada em linguagem direta, contendo informações importantes para técnicos agropecuários e piscicultores. Apresenta práticas que fazem parte das principais etapas produtivas da piscicultura brasileira, tornando-se uma ferramenta para o produtor alcançar melhores resultados em sua produção e levar sua atividade a patamares tecnológicos mais elevados.

Sabemos que, com o apoio da Embrapa, por meio de seu suporte tecnológico, iremos dominar a criação das principais espécies brasileiras de peixes. Iremos suprir o mercado interno, de forma a auxiliar sobremaneira no combate à fome no País. E, com esse esforço, sem dúvida seremos grandes exportadores de pescado, colocando nas mesas da população nacional e estrangeira produtos de alto valor nutritivo, no mesmo nível dos mais valorizados peixes e crustáceos.

E toda essa valorização da produção nacional só será uma realidade se você técnico multiplicador e piscicultor passarem adiante os valiosos conhecimentos contidos nesta obra. Uma vez que o desenvolvimento científico e tecnológico não produz mudanças se for guardado em prateleira, esses benefícios têm de voltar à sociedade que o financiou. E para isso, a Embrapa conta com a sua atuação para que a missão dela seja cumprida. Os semeadores dessas mudanças são vocês.

Esperamos que nos próximos 40 anos a dedicação, o esforço e o comprometimento de todos os colaboradores da Embrapa, juntamente com o empreendedorismo do aquicultor brasileiro, aliados à pertinência dos colegas da assistência técnica e extensão rural, todos unidos, possamos transformar o Brasil também numa potência aquícola.

Carlos Magno Campos da Rocha

Chefe-Geral da Embrapa Pesca e Aquicultura

Prefácio

A natureza foi generosa com o Brasil. Temos um enorme potencial hídrico, 12% da água doce do planeta, diversidade de espécies e um clima que favorece a produção de pescado o ano inteiro. Precisamos explorar mais toda essa riqueza para que a piscicultura brasileira seja como a agropecuária – campeã em produção.

O consumo de peixe vem crescendo no País, a uma média de 12% ao ano. Há mercado, o que precisamos é desenvolver o nosso imenso potencial de produção. Para isso, além de informação e motivação, precisamos garantir o acesso dos produtores à capacitação, financiamento e material técnico.

Esta obra da Embrapa Pesca e Aquicultura vem preencher a lacuna do conhecimento. A entidade, que tanto orgulha o povo brasileiro, já é parceira do Sistema CNA/SENAR na capacitação de multiplicadores em piscicultura de água doce, com foco nas principais espécies nativas cultivadas.

Agora a Embrapa consolida informações e recomendações técnicas, traduzindo as pesquisas que desenvolve para atender a quem precisa de todo esse conhecimento: profissionais de assistência técnica e extensão rural, pesqueira e aquícola, consultores, estudantes de escolas agrotécnicas e universidades, produtores rurais e líderes de cooperativas e associações.

Ao multiplicar conhecimento, esta obra da Embrapa também vai multiplicar renda. Então, ótima leitura, ótima aprendizagem e mãos à obra. Há muito que fazer para que o Brasil deixe de ser um importador e passe a ser um exportador de pescado, gerando mais riqueza para a nossa gente.

Senadora Kátia Abreu

Presidente do Sistema CNA/SENAR

Capítulo 1

Espécies de peixe para piscicultura 29

*Giovanni Vitti Moro, Fabrício Pereira Rezende,
Anderson Luís Alves, Diogo Teruo Hashimoto,
Eduardo Sousa Varela, Lucas Simon Torati*

1. Introdução	29
2. Espécies nativas	31
2.1. Peixes redondos: tambaqui, pirapitinga, pacu e seus híbridos	36
2.2. Matrinxã e piracanjuba	38
2.3. Surubins, pintado, cacharas e seus híbridos	39
2.4. Piaus e piaparas	42
2.5. Curimatás	43
2.6. Pirarucu	44
2.7. Dourado	45
2.8. Traíra e trairões	47
2.9. Lambaris	47
2.10. Jundiá	48
3. Espécies exóticas	50
3.1. Tilápias	51
3.2. Bagre americano	51
3.3. Truta arco-íris	53
3.4. Carpas	54
4. Espécies ornamentais	56
4.1. Arraias de água doce	57
4.2. Aruanãs	58
4.3. Cascudos	59
4.4. Baiacus e linguados	60
4.5. Piaus ornamentais	61
4.6. Tetras	61
4.7. Acará-bandeira e acará-disco	62

4.8. Kinguios e carpas coloridas	64
4.9. Beta e colisas	66
5. Bibliografia consultada e recomendada	68

Capítulo 2

Anatomia e fisiologia de peixes de água doce 71

*Giovanni Vitti Moro, Ana Paula Oeda Rodrigues,
Lucas Simon Torati, Renata Melon Barroso,
Lícia Maria Lundstedt*

1. Introdução	71
2. Forma corporal e locomoção	72
3. Revestimento externo	74
4. Temperatura corporal	75
5. Comportamento	75
6. Sistema circulatório	76
7. Sistema excretor	77
8. Sistema respiratório	79
9. Sistema nervoso	81
10. Sistema de integração	83
11. Sistema glandular	84
12. Sistema digestório	86
12.1. Cavidade bucal, faringe e esôfago	86
12.2. Estômago	89
12.3. Intestino	89
12.4. Fígado, pâncreas e vesícula biliar	90
13. Sistema imunológico	91
13.1. Rim	91
13.2. Baço	91
13.3. Tecido linfoide associado à mucosa	91
14. Sistema reprodutor	92
14.1. Ovários	92
14.2. Testículos	93
15. Bibliografia consultada e recomendada	95

Capítulo 3

Sistemas de produção de peixes 97

Adriana Ferreira Lima

1. Introdução	97
2. Classificação do sistema de produção quanto ao uso da água	98
2.1. Sistema de água parada ou estático	98
2.2. Sistema com renovação de água	99
2.3. Sistema com recirculação de água	101
3. Classificação do sistema de produção quanto à intensificação da produção	101
3.1. Sistema extensivo	101
3.2. Sistema semi-intensivo	102
3.3. Sistema intensivo	103
4. Classificação do sistema de produção quanto à utilização das espécies	104
4.1. Cultivos consorciados	104
4.2. Policultivo	106
4.3. Monocultivo	106
5. Bibliografia consultada	108
6. Bibliografia recomendada	108

Capítulo 4

Implantação de piscicultura em viveiros escavados e tanques-rede 109

Fabrcio Pereira Rezende, Giovani Taffarel Bergamin

1. Introdução	109
2. Requisitos para construção de viveiros	110
2.1. Clima	110
2.2. Restrições ambientais	110
2.3. Infraestrutura básica, mão de obra, insumos e serviços	111
2.4. Topografia	111
2.5. Tipo de solo	111
2.6. Qualidade e disponibilidade de água	114

3. Infraestrutura de viveiros escavados e açudes	117
3.1. Dimensionamento das estruturas de cultivo	117
3.2. Estimativa de vazão de água para abastecimento	119
3.3. Construção de viveiros escavados	122
3.4. Proteção de taludes em viveiros escavados	130
4. Requisitos para instalação de tanques-rede	132
4.1. Áreas de criação	133
4.2. Instalação de tanques-rede	133
5. Infraestrutura de tanques-rede	135
5.1. Componentes básicos	135
5.2. Tamanho e formato dos tanques-rede	137
6. Bibliografia consultada e recomendada	138

Capítulo 5

Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas	141
---	------------

*Giovanni Vitti Moro, Lucas Simon Torati,
Danielle de Bem Luiz, Flávia Tavares de Matos*

1. Introdução	141
2. Limnologia e práticas de piscicultura	142
3. Principais parâmetros de qualidade da água medidos em piscicultura	144
3.1. Turbidez e transparência	144
3.2. Temperatura	147
3.3. Oxigênio (O ₂) dissolvido na água	148
3.4. Potencial hidrogeniônico (pH)	151
3.5. Alcalinidade, dureza e pH	152
3.6. Nitrogênio (N), nitrificação, desnitrificação e amonificação	153
3.7. Toxidez dos compostos nitrogenados	155
3.8. Fósforo (P)	157
3.9. Carbono inorgânico	157
4. Variações dos parâmetros de qualidade de água	157
5. Eutrofização	159
6. Práticas de manejo que minimizam os impactos ambientais de uma piscicultura	160

7. Caracterização de efluentes de piscicultura	161
8. Técnicas para tratamento de efluentes de pisciculturas	163
8.1. Sistemas de policultivo	163
8.2. Sistema de recirculação	164
8.3. Lagoas de estabilização	164
8.3.1. Lagoas anaeróbias	165
8.3.2. Lagoas facultativas	165
8.3.3. Lagoas de maturação	166
8.3.4. Lagoas de macrófitas	167
8.3.5. <i>Wetlands</i> construídos (Sistema de tratamento de efluentes com macrófitas enraizadas)	167
9. Bibliografia consultada	169
10. Bibliografia recomendada	169

Capítulo 6

Nutrição e alimentação de peixes	171
---	------------

*Ana Paula Oeda Rodrigues, Giovani Taffarel Bergamin,
Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos*

1. Introdução	171
2. Hábitos alimentares	172
3. Rações para peixes	173
3.1. Tipos de rações	174
3.1.1. Quanto à natureza	174
3.1.2. Quanto à umidade	174
3.1.3. Quanto ao processamento	175
3.1.4. Quanto à função	177
4. Alimentação	180
4.1. Percepção e aceitação do alimento	180
4.2. Ingestão do alimento	180
4.3. Fornecimento do alimento	182
4.4. Horário da alimentação	184
4.5. Técnicas de alimentação	184

5. Exigências nutricionais	185
5.1. Energia	186
5.2. Proteína e aminoácidos	187
5.3. Lipídios	188
5.4. Carboidratos	189
5.5. Vitaminas	189
5.6. Minerais	191
6. Outros componentes da dieta	192
6.1. Água	192
6.2. Fibra alimentar	192
6.3. Antioxidantes	193
6.4. Pigmentos	193
6.5. Imunoestimulantes	194
6.6. Atrativos	194
6.7. Aglutinantes	195
6.8. Antinutrientes e toxinas	195
6.9. Metais pesados	199
6.10. Bifenis policlorados	199
6.11. Defensivos agrícolas	199
7. Ingredientes para a formulação de dietas para peixes	200
7.1. Ingredientes proteicos de origem animal	201
7.2. Ingredientes proteicos de origem vegetal	203
7.3. Ingredientes energéticos	205
8. Armazenamento de rações e ingredientes secos	206
9. Índices de desempenho e eficiência alimentar	208
10. Bibliografia consultada	210
11. Bibliografia recomendada	213

Capítulo 7

Princípios básicos de sanidade de peixes	215
---	------------

Marina Keiko Pieroni Iwashita, Patricia Oliveira Maciel

1. Introdução	215
2. Fisiologia de peixes aplicada à sanidade	216

2.1. Defesa inespecífica	216
2.2. Defesa específica	218
3. Manejo sanitário na piscicultura	219
3.1. Coleta de dados	221
3.2. Desinfecção	222
3.2.1. Desinfecção de estruturas de cultivo	223
3.2.2. Limpeza e desinfecção de equipamentos e utensílios	223
3.3. Qualidade da água e as doenças ambientais	224
3.4. Aquisição de animais para a piscicultura	227
3.5. Procedimentos para manipulação dos peixes	228
3.6. Gestão de resíduos e carcaças	230
4. Principais doenças de peixes de cultivo	231
4.1. Doenças virais	234
4.2. Doenças bacterianas	236
4.3. Doenças fúngicas	241
4.4. Doenças parasitárias	245
4.4.1. Ectoparasitos	247
4.4.2. Endoparasitos	254
5. Zoonoses	260
6. Uso de medicamentos	261
6.1. Vacinação	262
7. Necropsia de peixes e envio de material ao laboratório	263
8. Bibliografia consultada e recomendada	269

Capítulo 8

Genética aplicada à piscicultura

*Anderson Luis Alves, Eduardo Sousa Varela,
Diogo Teruo Hashimoto*

1. Introdução	273
2. Melhoramento genético de peixes	274
2.1. Princípios de genética quantitativa	274
2.2. Seleção genética de reprodutores	275
2.3. Produção de animais consanguíneos	277

2.4. Interação genótipo-ambiente	281
2.5. Manipulação cromossômica	282
2.5.1. Controle do sexo dos peixes	284
2.6. Transgenia	285
3. Conservação genética em projetos de piscicultura	286
3.1. Bancos genéticos para programas de repovoamento	286
3.2. Impactos de linhagens geneticamente manipuladas	288
4. Marcadores genéticos em espécies de peixes	290
4.1. Marcadores cromossômicos	291
4.2. Marcadores moleculares	293
4.2.1. Alozymas	295
4.2.2. RAPD (Polimorfismo de DNA amplificado ao acaso)	295
4.2.3. PCR-RFLP (PCR de Polimorfismo de tamanho de fragmentos de restrição)	296
4.2.4. Microssatélites	297
4.2.5. Sequências de DNA mitocondrial (mtDNA)	298
5. Bibliografia consultada	299
6. Bibliografia recomendada	300

Capítulo 9

Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes 301

*Adriana Ferreira Lima, Giovanni Vitti Moro,
Luciana Nakaghi Ganeco Kirschnik, Renata Melon Barroso*

1. Introdução	301
2. Estratégias reprodutivas	301
3. Modificações no peixe durante o período reprodutivo	305
4. Reprodução de peixes migradores	306
5. Reprodução artificial de peixes migradores	309
5.1. Hipofisectomia	317
6. Larvicultura e alevinagem de peixes	318
7. Reprodução, larvicultura e alevinagem do tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	319
8. Reprodução, larvicultura e alevinagem de surubins (<i>Pseudoplatystoma spp.</i>)	322

9. Reprodução, larvicultura e alevinagem do jundiá <i>(Rhamdia quelen)</i>	325
10. Reprodução e alevinagem do pirarucu <i>(Arapaima gigas)</i>	326
11. Reprodução, larvicultura e alevinagem da tilápia-do-Nilo <i>(Oreochromis niloticus)</i>	330
11.1. Reprodução em hapas	330
11.2. Reprodução em tanques de alvenaria ou viveiros escavados	333
11.3. Coleta de ovos incubados x coleta de nuvens de larvas	333
11.4. Incubação dos ovos	333
11.5. Produção de alevinos revertidos	334
11.5.1. Processo de reversão sexual	334
11.5.2. Ração para o processo de reversão sexual	335
12. Reprodução e larvicultura do bagre do canal ou americano <i>(Ictalurus punctatus)</i>	337
13. Reprodução e larvicultura da carpa comum <i>(Cyprinus carpio)</i>	339
14. Transporte de larvas e alevinos	340
15. Bibliografia consultada	343
16. Bibliografia recomendada	346

Capítulo 10

Engorda de peixes	347
--------------------------------	------------

*Adriana Ferreira Lima, Giovanni Taffarel Bergamin,
Giovanni Vitti Moro*

1. Introdução	347
2. Cuidados iniciais para a engorda de peixes	347
3. Cuidados na aquisição e estocagem de alevinos	350
4. Engorda de pirarucu <i>(Arapaima gigas)</i>	352
5. Engorda de tilápia <i>(Oreochromis niloticus)</i>	354
6. Engorda de jundiá <i>(Rhamdia quelen)</i>	361
7. Engorda de tambaqui <i>(Colossoma macropomum)</i>	363
8. Engorda de surubins	367
9. Engorda de carpas	370

10. Engorda de catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	372
11. Bibliografia consultada	375
12. Bibliografia recomendada	377

Capítulo 11

Despesca e abate de peixes	379
---	------------

*Patrícia Costa Mochiaro Soares Chicrala,
Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos*

1. Introdução	379
2. Despesca	380
2.1. Planejamento	381
2.2. Jejum e depuração	382
2.3. Retirada dos peixes	384
2.4. Transporte	386
3. Insensibilização e abate de peixes	388
3.1. Métodos de insensibilização e abate	390
4. Bibliografia consultada e recomendada	397

Capítulo 12

Composição, alterações pós-morte e métodos de conservação do pescado	401
---	------------

*Leandro Kanamaru Franco de Lima,
Peter Gaberz Kirschnik*

1. Introdução	401
2. Composição do pescado e alterações pós-morte	402
2.1. Estrutura do corpo dos peixes	402
2.2. Composição química	403
2.3. Alterações pós-morte em pescado	404
3. Métodos de conservação	406
3.1. Aspectos gerais	406
3.2. Conservação pelo uso do frio	407
3.2.1. Fundamento tecnológico	407
3.2.2. Resfriamento	407

3.2.3. Congelamento	408
3.2.4. Pós-tratamento ao congelamento	409
3.3. Conservação pelo uso do calor	410
3.3.1. Fundamento tecnológico	410
3.4. Salga e secagem	411
3.4.1. Secagem	411
3.4.1.1. Fundamento tecnológico	411
3.4.2. Salga	412
3.4.2.1. Fundamento tecnológico	413
3.4.2.2. Métodos de salga	413
3.4.2.3. Características do sal	414
3.5. Defumação	414
3.5.1. Fundamento tecnológico	415
3.5.2. Etapas de defumação	416
3.5.3. Tipos de defumação	416
3.6. Fermentação	417
3.6.1. Fundamento tecnológico	417
3.6.2. Produtos fermentados	418
3.7. Carne mecanicamente separada	418
3.7.1. Obtenção da polpa de pescado	418
3.7.2. <i>Surimi</i>	419
3.7.3. Elaboração do <i>surimi</i>	420
4. Bibliografia consultada e recomendada	421

Lista de nomes comuns e científicos das espécies de peixe citadas	423
--	------------

Glossário	427
------------------------	------------

Capítulo 1

Espécies de peixe para piscicultura

*Giovanni Vitti Moro
Fabrício Pereira Rezende
Anderson Luís Alves
Diogo Teruo Hashimoto
Eduardo Sousa Varela
Lucas Simon Torati*

1. Introdução

Os peixes constituem cerca de 50% de todas as espécies de animais vertebrados conhecidas, ou seja, é o grupo de maior diversidade dentre os vertebrados. De acordo com Nelson (2006), entre os 54.700 vertebrados descritos, 28.400 são peixes, sendo 11.952 de água doce. Para a região Neotropical, são descritas por volta de 4.500 espécies válidas de peixes de água doce (REIS et al., 2003). Por esse motivo, existem espécies com as mais variadas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, garantindo o sucesso nos mais diversos tipos de ambientes. Os peixes estão divididos em duas classes, a dos Chondrichthyes, que compreende todos os peixes cartilagosos, como os tubarões e as arraias, e a dos Osteichthyes, que é composta pelos peixes ósseos da superclasse Actinopterygii. As espécies de peixes ósseos estão distribuídas na subclasse Neopterygii, infraclasse Halecostomi e infraclasse Teleostei, sendo esta a maior em número de espécies (20.812), composta ainda por 35 ordens, 409 famílias e 3.876 gêneros.

Dessas 35 ordens, as mais conhecidas, exploradas tanto na pesca como na aquicultura, e com maior diversidade são: ordem dos Cypriniformes, composta por peixes com boca protrátil, sem dentes, cabeça não coberta de escamas e sem nadadeira adiposa; ordem dos Characiformes, com peixes endêmicos do continente Africano e das Américas Central e do Sul, são os peixes de escama típicos, com uma variedade muito grande de forma, distribuídos em mais de 10 diferentes famílias que normalmente possuem dentes e nadadeira adiposa reduzida; ordem dos Siluriformes, formada pelos peixes com o corpo recoberto de couro (bagres) ou placas ósseas (cascudos), podem apresentar os ossos do crânio expostos (placa nugal), possuem barbilhões, fortes acúleos nas nadadeiras dorsal e peitoral e nadadeira adiposa