

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

O objetivo desta revisão é resumir a estratégia para o cultivo comercial de salmão a partir da produção de ovos em laboratórios e depois cultivá-los até ao tamanho comercial em tanques-rede próximo da costa através da aquicultura. O Chile é o segundo maior produtor de salmão de cultivo do mundo depois da Noruega. O salmão não é nativo do Chile. O salmão foi introduzido no Chile para fins de aquicultura. Os resultados demonstram que o cultivo do salmão cresceu nos últimos anos. O cultivo do salmão pode ser uma indústria significativa. O cultivo do salmão tem um impacto positivo na geração de divisas e na geração de oportunidades de emprego. Naturalmente, O salmão desova em água doce, onde as larvas eclodem e crescem antes de migrar para o mar. No mar, crescem no ambiente marinho e depois os salmões adultos do Atlântico regressam predominantemente aos rios onde eclodiram para desovar. As atividades de aquicultura do salmão contribuem significativamente para a economia local. Enormes quantidades de salmão são exportadas para mercados internacionais. Espera-se que os casos de sucesso dos produtores de salmão motivem o cultivo do salmão em outros países que pretendem introduzir este peixe para fins de aquicultura.

Palavras-chave: salmão, potencial, produção, cultivo, tanques-rede.

Produção comercial de salmão principalmente no Chile: perspectivas, obstáculos e tecnologia de cultivo

Salmão, potencial, produção, cultivo, tanques-rede.

Marco Antonio Igarashi

PhD em Engenharia de Pesca pela Universidade de Kitasato, Japão. E-mail: igarashi@ufc.br

COMMERCIAL PRODUCTION OF SALMON MAINLY IN CHILE: PERSPECTIVES, OBSTACLE AND CULTURE TECHNOLOGY

ABSTRACT

The purpose of this review is to summarize the strategy for commercial production of salmon from eggs in hatcheries and then grow them to market size in net cages near the coast through aquaculture. Chile is the second largest farmed salmon producer in the world after Norway. Salmon is not native to Chile. Salmon have been introduced into Chile for aquaculture purposes. The results show that the salmon culture has grown during the past years. Salmon culture can be a significant industry. Salmon culture has a positive impact in creating a foreign exchange and generating employment opportunities. Naturally salmon spawn in freshwater, where the larvae hatch and grow before migrating to sea. At sea, they grow in the marine environment and then adult Atlantic salmon predominantly return to the rivers where they hatched to spawn. Salmon aquaculture activities contribute significantly to local economy. Huge amounts of salmon are exported to international markets. It is hoped that the success stories of the salmon producers will motivate salmon culture in other countries that intend to introduce this fish for aquaculture purposes.

Keyword: salmon, potential, production, culture, net cages.

INTRODUÇÃO

O Chile é o segundo maior produtor de salmão cultivado do mundo. O salmão foi introduzido pela primeira vez em 1921 por CORFO (VICTOR, 2023) com a chegada dos primeiros salmões Coho (*Oncorhynchus kisutch*) (ISIDRO CRISTÓBAL, 2017). De acordo com Víctor (2023) o CORFO é a agência de desenvolvimento econômico no Chile, estudou a viabilidade da produção de salmão no Chile e mais tarde começou a colaborar com universidades nos Estados Unidos e expôs pesquisadores chilenos para tecnologias japonesas (MONTERO, 2006). Em 1976, foram importadas 500 mil ovas desta espécie e, em 1977, iniciou-se o cultivo em circuito aberto em que foram utilizados mais de 200 mil indivíduos (ISIDRO CRISTÓBAL, 2017). A indústria do cultivo de salmão começou no final da década de 1970, após alguns problemas de gestão e jurídicos (ALVIAL, 2019).

Desde a década de 1980, um dos maiores desenvolvimentos na aquicultura tem sido impulsionado por salmonídeos carnívoros (VICTOR, 2023).

No ano de 1990, conseguiram reproduzir os salmões dentro do território chileno e, obtiveram-se as primeiras ovas nacionais, sendo o ponto de partida para o maior desenvolvimento da atividade (ISIDRO CRISTÓBAL, 2017). Após o ano de 2000 o salmão do Atlântico tornou-se a espécie dominante devido ao seu maior mercado (ALVIAL, 2019). Vasconcelos et al. (2003) relataram que o salmão do Atlântico *S. salar* é um peixe com hábitos migratórios, proveniente de regiões árticas e temperadas localizadas ao norte do globo terrestre e o nome salmão deriva do latim *Salmo*, cujo significado é saltador; os oceanos Atlântico e Pacífico do Norte são as principais fontes desse peixe (salmão) (BEHS, 2011).

Víctor (2023) relatou que o salmão do Atlântico é a espécie mais produzida no Chile, com 75 % da produção total de salmonídeos em 2021 e o salmão do Pacífico seguiu-se com uma participação de 19 % e a truta constituiu 6 % da produção (CONSEJO DEL SALMÓN, 2023).

Barasa et al. (2022) relataram que o salmão do Atlân-

tico, *S. salar*, é um dos produtos pesqueiros globais, icônicos, de alto valor e amplamente comercializado, contribui substancialmente para a segurança alimentar, econômica e de emprego em muitos países (HOUSTON; MACQUEEN, 2019). Devido a restrições biológicas, a temperatura da água do mar e outras exigências e restrições naturais, o salmão de cultivo é produzido principalmente em águas marinhas na Noruega, Chile, Reino Unido, América do Norte, Ilhas Faroe, Islândia, Irlanda, Nova Zelândia e Tasmânia (MOWI, 2023) que são os principais produtores desta espécie (BARASA et al., 2022).

O salmão do Atlântico *S. salar*, tem importância no Brasil devido ao incremento no seu consumo, principalmente pela facilidade de importação e disseminação da culinária japonesa pelo país (TORREZAN et al., 2016). O Brasil em 2023 importou 114.812 toneladas de salmão (PEIXEBR, 2024). Portanto o salmão é um peixe bastante consumido no Brasil, principalmente na forma de filé.

A tecnologia para a produção de salmão vem apresentando um rápido e significativo desenvolvimento. Assim sendo, no presente artigo é relatada uma sinopse dos principais avanços no cultivo de salmão, as perspectivas e a evolução recente da sua produção. Além disso, devido, ao fato de que são escassas as informações disponíveis sobre o cultivo de salmão no Brasil, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os aspectos estratégicos para o desenvolvimento da salmonicultura.

DESENVOLVIMENTO

Ciclo de vida

O salmão do Atlântico é o único salmão nativo do Oceano Atlântico (NOAA Fisheries, 2024). O salmão do Atlântico, *S. salar*, por vezes referido como o "Rei dos Peixes", ocorre nas regiões temperadas e árticas do Oceano Atlântico, na vertente ocidental distribui-se desde a costa oeste da Groenlândia e bacias hidrográficas do Quebec (Canadá) até ao Connecticut (E.U.A.) (DGRM, 2018). Presenza (2019) relatou que o salmão do Atlântico pertencente à família dos salmonídeos, pode atingir 150 cm e pesar 40 kg (BEHS, 2011; GONÇALVES et al., 2019).

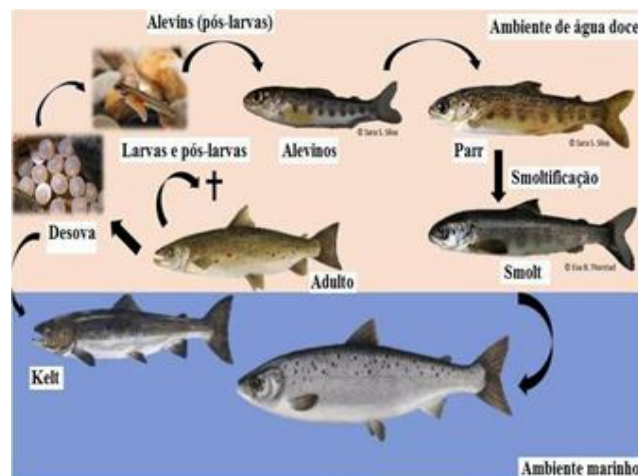
O maior salmão do Atlântico capturado alcançou aproximadamente 35 kg e foi capturado no rio Tana na Noruega (JUNIOR; ANTONIO, 2017).

O salmão do Atlântico é anádromo – ele sai do oceano para retornar aos riachos e rios de água doce para se reproduzir (NOAA Fisheries, 2024) durante a primavera-verão (SALMONLINK, 2020). Rivera et al. (2021) relataram que o salmão do Atlântico na natureza pode incluir uma fase de reprodução e fase de engorda iniciação da maturação sexual no oceano (WEBB et al., 2007; MOHAMED et al., 2019). Em relação a maturação do salmão podemos citar como principais fases: 1) maturação sexual em água doce como macho parr; 2) maturação sexual de peixes conhecidos como jacks, o termo 'jack' refere-se a machos anádromos e é diferente de 'macho precoce', que normalmente se refere a machos que amadurecem sexualmente como parr sem migrar para o mar (também conhecido como macho parr maduro), como visto em algumas populações de salmão chinook, truta "steelhead" e salmão do Atlântico (KING et al., 2023), que amadurecem prematuramente em água doce antes da transferência para o mar ou que atingem um tamanho corporal de aproximadamente 0,5 kg no mar antes da maturação (GUERRERO-TORTOLERO; BROMAGE, 2008); e 3) maturação dos peixes conhecidas como grilse, que atingem a maturidade, com tamanho corporal tipicamente de 2 a 5 kg, após 1,5 anos no mar (WHALEN; PARRISH, 1999) adaptados para retornar (TARANGER et al., 2010) a água doce (RIVERA et al., 2021). Portanto grilse é o adulto que retornou à água doce para desovar depois de passar um inverno no mar (MOBLEY et al., 2021).

O salmão do Atlântico desova nos rios costeiros do nordeste da América do Norte, Islândia, Europa e noroeste da Rússia; após a desova, migra por várias porções do Oceano Atlântico Norte (NOAA Fisheries, 2024), podem atingir milhares de quilômetros do rio de origem até às regiões subárticas do Atlântico Norte e as primeiras fases do ciclo de vida ocorrem em água doce, e posteriormente, migram para o oceano onde se desen-

volvem até à fase adulta (DGRM, 2018) (Figura 1). A fase de água doce é caracterizada por desenvolvimento embriônico, eclosão e desenvolvimento até a smoltificação (MOBLEY et al., 2021).

FIGURA 1. Esquema representativo do ciclo de vida do salmão do Atlântico



Fonte: Salmonlink (2020).

Na natureza, o salmão realiza a migração para reproduzirem-se em riachos e rios. Junior e Antonio (2017) relataram que a fêmea escava uma depressão batendo a areia do fundo do rio com o auxílio da sua barbatana caudal e pedúnculo formando o ninho; o macho se alinha lado a lado a fêmea, após a construção do ninho ocorre a liberação na água dos ovócitos e do esperma, sendo fertilizados durante a mistura dos gametas. De acordo com os mesmos autores a fêmea então cobre os ovos com cascalho, os ovos são enterrados em cascalho a uma profundidade variando de 12,7 a 25,4 cm; a desova completa pode levar uma semana ou mais, e nesta altura, os reprodutores tanto machos quanto fêmeas estão esgotados sendo a fase reprodutiva estressante; e os ovos eclodem após dois ou três meses dependendo da temperatura da água (JONSSON; JONSSON, 2009).

Ao contrário das espécies de salmão do Pacífico, o salmão do atlântico sobrevive normalmente ao "stress" da desova e pode repetir o ciclo reprodutivo (GONÇALVES, 1998).

As fêmeas do salmão do Atlântico podem pôr em média 7.500 ovócitos (NOAA Fisheries, 2024) no outono ou no inverno, quando as fêmeas depositam

entre 1000 a 2000 ovócitos por quilo de peso em ninhos escavados nos leitos de cascalho, a eclosão ocorre na primavera seguinte; os indivíduos (fase inicial) são nutridos entre 3 a 8 semanas pelas reservas vitelinas do ovo, até abandonarem os leitos pedregosos e iniciarem a alimentação exógena (fry) através da captura de presas (DGRM, 2018).

Junior e Antonio (2017) relataram que o salmão nos estágios iniciais, chamado "alevins" ou alevino, permanece nos rios até ter cerca de 65 mm de comprimento quando o peixe é chamado de "parr", onde seu crescimento é lento. De acordo com os mesmos autores parr são chamados de "smolts" quando atingem um comprimento de 12 a 15 cm e estão prontos para ir para o mar onde crescem rapidamente. Smolt é um parr que sofreu smoltificação para migrar da água doce para o ambiente marinho (MOBLEY et al., 2021).

Os juvenis de salmões do Atlântico (chamados parr) permanecem em rios ou riachos durante os primeiros 1 a 2 anos de vida, preferindo águas rasas, frescas, de fluxo rápido e com sombra (NOAA Fisheries, 2024). Os parr sofrem um processo de transformação fisiológica e morfológica, chamada smoltificação (SALMONLINK, 2020), que permitem a transição de água doce para o ambiente marinho (MOBLEY et al., 2021), portanto prepara os indivíduos para se adaptarem ao meio marinho (smoltificação).

Após a conclusão da smoltificação na primavera, com transformações morfofisiológicas, originando os smolts, fase que antecede a (DGRM, 2018) migração para o oceano (KLEMETSEN, 2003; TONIAL et al., 2010; PRESENZA, 2019) onde crescem, se alimentam e amadurecem (NOAA Fisheries, 2024) podendo durar um período de um a cinco anos após a eclosão das larvas (RIVERA et al., 2021) iniciando um novo ciclo (THORSTAD et al., 2011).

Entre os salmões anádromos, as fêmeas geralmente amadurecem na fase marinha após o processo de smoltificação, no entanto machos, por outro lado, podem amadurecer antes ou depois da smoltificação (MOBLEY et al., 2021).

Mobley et al. (2021) relataram que o salmão do Atlân-

tico normalmente vive de um a três anos (mas até 5 anos) no ambiente marinho antes de retornar à água doce para desovar (JONSSON; JONSSON 2011; WEBB et al., 2007), muitas vezes em seus rios natais (MOBLEY et al., 2021). O retorno do salmão maduro ao seu habitat natal é chamado de homing, um processo complexo no qual a maioria dos peixes retornam aos seus riachos natais reais, enquanto alguns se desviam para riachos diferentes (BARASA et al., 2022). Os mecanismos pelos quais o salmão migra com tanta precisão não são totalmente compreendidos (DGRM, 2018).

Mobley et al. (2021) relataram que a cada ano adicional no ambiente marinho resulta no dobro da massa individual; indivíduos que retornam após um ano pesam normalmente de 1 a 3 kg com 50 a 65 cm, em comparação com 10 a 20 kg com o tamanho maior que 100 cm após passar três ou mais anos no mar (HUTCHINGS; JONES, 1998; MOBLEY et al., 2020).

Persson et al. (2023) relataram que o salmão do Atlântico *S. salar* apresenta grande variação na história de vida, incluindo o número de eventos reprodutivos. De acordo com os mesmos autores há uma grande variação no tempo gasto nos rios e no mar antes da primeira reprodução, tanto dentro como entre as populações, mas a maioria dos indivíduos permanece de 1 a 4 anos em água doce (idade de smolt) e de um a três invernos no mar (idade marinha) (HUITFELDT-KAAS, 1946; HUTCHINGS; JONES, 1998; KLEMETSEN et al., 2003). Alguns indivíduos sobrevivem para uma segunda desova e alguns sobrevivem para desovar mais de duas vezes; os reprodutores migram repetidamente para o mar entre cada evento de desova para recuperar energia e desenvolver novas gônadas (PERSSON et al., 2023). Portanto, geralmente as fêmeas de salmão do Atlântico sobrevivem e podem completar novamente o ciclo reprodutivo (espécie iterópara) (DGRM, 2018). Espécie iterópara reproduz-se mais de uma vez na vida (WEITKAMP et al., 2014; ABREU, 2015).

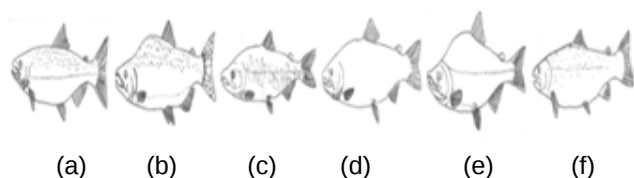
Os salmões adultos que regressam ao mar após se reproduzirem são designados de kelts. Kelt é um indivíduo adulto que desovou recentemente, muitas vezes em condições pobres (MOBLEY et al., 2021).

No entanto, algumas espécies, como a truta arco-íris, completam seus ciclos de vida em água doce (BARASA et al., 2022).

A maioria dos salmões do Pacífico, pertencentes ao gênero *Oncorhynchus*, são conhecidos por desovar e passar um período inicial (sua infância) em água doce migram para o mar, vive e desenvolve (GROOT; MARGOLIS, 1991) durante vários anos no oceano (WETZEL, 2024).

Barasa et al. (2022) relataram que o salmão do Pacífico possui 5 espécies: chinook (*O. tshawytscha*), chum (*O. keta*), coho (*O. kisutch*), masu (*O. masou*), pink (*O. gorbuscha*) e sockeye (*O. nerka*) (CRIDDLE; SHIMIZU, 2014) (Figura 2). O termo Salmão do Atlântico é utilizado para relatar a espécie *S. salar* (MCFEETERS, 1991).

FIGURA 2. Espécies de salmão: (a) chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) (ALEXANDER, 2011); (b) pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) (WIKIMEDIA, s. d.); *Oncorhynchus keta* (CHITOSE SALMON AQUARIUM, s. d.); (d) *Oncorhynchus masou* (CHITOSE SALMON AQUARIUM, s. d.); (e) *Oncorhynchus nerka* (CHITOSE SALMON AQUARIUM, s. d.) e (f) *Salmo salar* (DEC, 2012).



A maioria das espécies de salmão do Pacífico cresce no oceano (YOSHIZAKI et al., 2024), regressa ao seu rio nativo aos 3 a 7 anos de idade após a maturação (GROOT; MARGOLIS, 1991) para se reproduzir e depois morre (tipo semelparo: reproduzem-se apenas uma vez na vida). A morte é principalmente devido à exaustão pelas longas distâncias percorridas durante o retorno, e ao excesso de energia gastas durante a desova (BARASA et al., 2022). Na natureza as aves, mamíferos marinhos e peixes podem atacar o salmão do Atlântico (NOAA Fisheries, 2024).

A dieta do salmão do Atlântico depende da idade. Os salmões jovens comem insetos, invertebrados em

em água doce e plâncton no mar; o salmão adulto do Atlântico se alimenta principalmente de peixes como o arenque do Atlântico, alewife, rainbow smelt, capelin, mummichogs, sand lances, flatfish e cavala do Atlântico (NOAA Fisheries, 2024).

O salmão pode viver tanto na água do mar como na água doce. Isso significa que eles começam suas vidas em água doce e migram para o oceano.

Produção e aspectos do ciclo de produção

Existem 6 espécies comercialmente importantes de salmão. Uma *S. salar*, é nativa do oceano Atlântico, as outras 5 (todas do gênero *Oncorhynchus*) do oceano Pacífico (GONÇALVES, 1998). Atualmente, o Chile produz três espécies de salmonídeos (salmão do Atlântico *S. salar*, salmão prateado *O. kisutch* e truta arco-íris *O. mykiss*) (Figura 3) (GARCIA, 2011; SALMONCHILE, 2016; SERNAPESCA, 2016; LEPE-LOPEZ et al., 2021; SALMÃO CHILE, 2023a).

O salmão do Atlântico em quantidade é a maior espécie de salmonídeo (MOWI, 2023).

A oferta de salmão do Atlântico em 2022 foi de 2.863.700 toneladas (VICTOR, 2023). Sauphar et al. (2024) relataram que em 2020, a Noruega produziu 1,5 milhões de toneladas de salmão do Atlântico (*S. salar*), representando mais da metade da produção total mundial (FAO, 2022).

Em 2022, Noruega foi o maior exportador de salmonídeos com 1.255.851 toneladas (FAO, 2023); o segundo maior produtor mundial foi o Chile com uma produção anual superior a 700 mil toneladas (AVENDANO, 2018) de salmão (RENATO et al., 2019). A produção restante veio de outras nações com resultados negligenciáveis. No total, cerca de 81 % do salmão fornecido veio da Noruega e do Chile em 2022 (VICTOR, 2023). A maioria do salmão cultivado vem da Noruega, Chile, Escócia e Canadá e cerca de 80 % da produção mundial de salmão é de indivíduos cultivados (MOWI, 2023).

A crise da doença do salmão desde 2008 não causou uma diminuição acentuada do total na produção de salmonídeos no Chile (Figura 3) até 2010 também devido ao aumento da produção da

truta e da produção de coho salmão (ALVIAL, 2019).

FIGURA 3. Salmonídeos produzidos no Chile



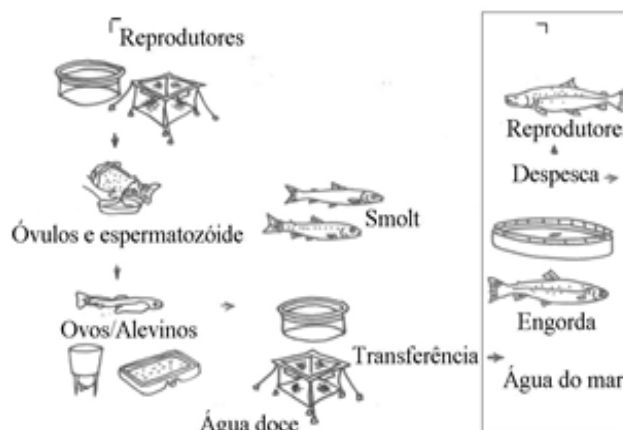
Fonte: Salmão. Globo Rural (2016).

No Chile, existem atualmente cerca de 3.300 concessões para desenvolver a aquicultura, destinadas a cultivar espécies aquáticas, incluindo salmonídeos, mexilhões, algas e abalones (SUBPESCA, 2023). Sernapesca (2023) relatou que cerca de 1.353 concessões se destinam a produção de salmonídeos (VICTOR, 2023) ou centros aquícolas (ACUIESTUDIOS, 2023).

O salmão em sua cadeia produtiva possui uma fase na água doce e outra na água salgada (PENHA, 2022). O ciclo de produção (Figura 4) em água doce até smolt leva aproximadamente 10 a 16 meses e o ciclo de produção de água do mar dura cerca de 12 a 24 meses (em tanques – rede ou gaiolas até aproximadamente 4 a 5 kg), com uma duração total do ciclo em média cerca de 3 anos, incluindo o vazio sanitário (fallowing) (MOWI, 2023). No final de cada ciclo de cultivo o salmão do Atlântico passa por um vazio sanitário durante 2 a 6 meses após a despesca (WERKMAN et al., 2016). O período de vazio sanitário é uma medida de gestão na aquicultura onde a produção é interrompida por alguns meses para reduzir o impacto no ambiente bêntico (ZHULAY et al., 2015). Porém é necessário verificar a legislação vigente para obedecer ao período de vazio sanitário.

O salmão pode também ser cultivado em sistemas de fluxo contínuo e sistemas de recirculação aquícola (RAS – Recirculation Aquaculture System).

FIGURA 4. Ciclo de produção de *Salmo salar*



Fonte: (adaptado de FAO, 2004, 2015).

Barasa et al. (2022) relataram que o sistema de recirculação aquícola (RAS – Recirculation Aquaculture System) pode ser aplicado para o cultivo de smolts (CLARK; BOSTOCK, 2007; BADIOLA et al., 2017) e engorda (LIU et al., 2016).

Os sistemas de fluxo contínuo também chamado de raceways ou sistemas de cultivo semifechados, são unidades de cultivo nas quais a água flui continuamente; raceways são construídos principalmente de concreto, algumas são de terra, revestidos com materiais impermeáveis, alguns são fabricados em madeira, fibra de vidro, metal, plástico e outros materiais; são principalmente projetados para cultivo altamente intensivo, por exemplo na produção do salmão juvenil e de smolts (BARASA et al., 2022).

Junior e Antonio (2017) relataram que os estudos sobre a qualidade física e química da água dos rios e mar costeiro da região sul do Brasil, podem abrir possibilidades de expansão na criação e adaptação do *S. salar*. De acordo com os mesmos autores estudos da previsão de impacto ambiental, social e econômico também devem nortear as decisões para introdução desta espécie nos rios, lagos e mares do sul do Brasil.

Porém, para haver um desenvolvimento mais efetivo da produção de salmão, pode ser necessário maior união entre as instituições, incentivos a realização de pesquisas e extensão aquícola, e melhor preparação dos produtores às técnicas de cultivo de organismos aquáticos. Além da autorização dos órgãos competentes em todas as etapas no caso para a possibilidade da realização da pesquisa. Dentro das

expectativas os alimentos (ração) compostos incorporarão métodos de processos inovadores, ingredientes de baixo custo, aditivos para reduzir os riscos de doenças e promotores de crescimento que melhoram a sobrevivência enquanto reduzem a poluição ambiental. Portanto é necessário desenvolver uma tecnologia nos mares baseada em fundamentos científicos que garanta o equilíbrio entre a preservação e a obtenção da matéria-prima, que são os organismos aquáticos.

Reprodutores, larvas e smolts

No outono, os reprodutores são utilizados para a obtenção de ovos (MOWI, 2023). A desova pode ser realizada selecionando os reprodutores da água salgada, desde que previamente à desova se efetue uma cuidadosa lavagem em água doce (GONÇALVES, 1998) normalmente transferidos para tanques de água doce ou tanques-rede no outono, aproximadamente 2 meses antes da extração (FAO, 2009).

No Chile com as três principais espécies identificadas (salmão do Atlântico, salmão prateado e truta arco-íris) o ciclo de produção do salmão começa com a fertilização artificial de ovócitos de salmão feita sob condições controladas nos laboratórios com água doce (VICTOR, 2023).

Através de massagens abdominais extraem os ovócitos de várias fêmeas (Figura 5a) e o esperma de vários machos e misturam a seco (fecundação sem a adição de água) (Figura 5b) e os ovócitos não fertilizados são removidos (FAO, 2009). Portanto Gonçalves (1998) relatou que a desova pode ser a seco, onde o reprodutor depois de anestesiado, é mergulhado em água isenta de anestésico e enxuto, extraindo os ovócitos por compressão, no sentido anteroposterior e após a desova de 4 a 6 fêmeas, deve se adicionar-se o esperma de pelo menos 2 machos. De acordo com o mesmo autor, os ovos e os alevinos oriundos de cada casal de reprodutores são introduzidos em compartimentos individuais e mantidos até os salmões atingirem aproximadamente 10 g.

Os ovos são transferidos para bandejas de incubação (38 cm x 32 cm) (Figura 5c) empilhadas fornecidas com um suprimento constante de água com

2.500 ovos por bandeja (CHALUPNICKI et al., 2024) (Figura 5d) geralmente mantidos em condições de escuridão e a incubação de ovos e alevinos (Figura 5e e 5f) normalmente ocorre em água a temperatura menor que 10 °C (FAO, 2009).

Tabata et al. (2011) relataram que o período de incubação, desde a fertilização até o início da primeira alimentação teve a duração de cerca de 105 dias, o equivalente a 840 UTAs (unidades térmicas acumuladas em graus centígrados dias). De acordo com os mesmos autores após 37 dias da fertilização, o equivalente a 300 UTAs, os embriões apresentaram olhos bem pigmentados e a eclosão ocorreu quando foram totalizados 500 UTAs. Salmon de Chile (2025) relatou que a incubação dos ovos ocorre em água doce, onde estas completam seu desenvolvimento, até a eclosão. O período de incubação depende da temperatura da água. Esta etapa requer águas claras e bem oxigenadas em condições de penumbra ou semipenumbra. Neste período, ocorre a extração de ovos mortos, que se distinguem pela sua cor esbranquiçada opaca.

As larvas do salmão do Atlântico eclodem nas bandejas de incubação onde permanecem durante o primeiro mês enquanto absorvem nutrindo do saco vitelino e perto do início da alimentação exógena, os alevinos são transferidos para tanques circulares de fundo cônico de 500 L (1,83 m de diâmetro) (CHALUPNICKI et al., 2024), podendo fornecer *Artemia salina* ou alimentações especiais de granulometria adequada e conteúdo vitamínico (KIRCHNER, 2004). Esta etapa é chamada de fase de laboratório.

No entanto após a absorção do saco vitelino, os alevinos "nadarão" na coluna d'água, indicando que estão prontos para a primeira alimentação; podendo utilizar ração inerte embora a ração possa inicialmente ser oferecida em bandejas instaladas no laboratório (FAO, 2009). A Figura 5 demonstra os aspectos da reprodução do salmão.

Quando os indivíduos são suficientemente grandes para tolerar a água do mar são denominados de "smolt". A produção de smolt pode ser feita em sistema de fluxo contínuo terrestre, em sistemas de recirculação e, em tanques - rede ou gaiolas flutuantes

nos lagos, nos estuários e nos rios (QUINONES et al., 2019). As densidades na produção variam dependendo do sistema; em berçários com sistemas muito intensivos podem manter peixes em densidades altas e, os peixes podem ser mantidos em temperatura ambiente e iluminação controlada para produzir smolts na primavera do ano seguinte à eclosão, ou os regimes de luz e temperatura podem ser manipulados artificialmente para induzir a smoltificação precoce (FAO, 2009). No entanto um smolt é produzido durante um período de 8 a 12 meses pesando 100 a 250 gramas, num ambiente controlado de água doce (BERGHEIM et al., 2009; MORERA et al., 2021) e a produção pós - smolt (250 a 1.000 gramas) tornou-se mais comum nos últimos anos (MOWI, 2023).

FIGURA 5. Aspectos da reprodução do salmão: (a) desova; (b) extração de esperma e mistura; (c) incubação; (d) ovos; (e) tanque de cultivo e (f) alevinos



Fonte: Salmão. (a); (b) Hokkaido Research Organization e (c) a (f) Globo Rural (2016).

Alguns sistemas de cultivo de smolt tem sido utilizados (BADIOLA et al., 2017), maximizando ao mesmo tempo a densidade populacional (BARASA et al., 2022). No entanto podem ser sugeridas que as densidades para o cultivo de smolt (salmão Chinook) podem variar de 44.000 a 87.000 smolts/raceways (14,8 a 22,2 kg/m³) (FELDHAUS et al., 2016).

A maioria dos piscicultores opta por uma adaptação progressiva: a dias na água do mar (KIRCHNER, 2004). Portanto Morera et al. (2021) relataram que posteriormente, os peixes são transferidos para tanques-rede na água do mar, onde continuam a crescer até atingirem aproximadamente 4 a 5 kg durante 14 a 24 meses e após atingir o tamanho de despesca, o peixe é transportado para unidades de processamento onde é abatido e eviscerado (MOWI, 2020).

Todavia, será necessário garantir o fornecimento de

salmão para a engorda levando-se em conta a segurança e a proteção do meio ambiente dos mares. Entre algumas das qualidades que fazem do salmão um dos peixes com maior potencial para piscicultura estão: boa conversão alimentar, boa rentabilidade e consumo de diferentes alimentos.

Engorda

O período de engorda do salmão do Atlântico pós-smolt ocorre principalmente em tanques rede ou gaiolas em mar aberto; o grande número de peixes numa única gaiola, até 200.000 indivíduos na Noruega, combinado com os grandes tamanhos das gaiolas com circunferência circular entre 60 m e 240 m, dificultam aos aquicultores a captura de amostras representativas de peixes para estimativa do tamanho (SAUPHAR et al., 2024).

Barasa et al. (2022) relataram que os tanques - rede ou gaiolas são móveis e flutuam, variam de cerca de 1 m² a mais de 1000 m² de área superficial, com profundidade de cerca de 20 a 50 m e circunferência máxima de 157 m (COLT et al., 2008).

Portanto a engorda de salmão pode ser realizada em tanques – rede ou gaiolas em mar aberto, onde se inicia a fase de engorda (Figuras 6a e 6b). O salmão permanece nestas estruturas de cultivo até atingir o tamanho comercial. O período de engorda para alcançar o tamanho do mercado depende da espécie de salmão (MONTERO et al., 2006). O salmão do Atlântico permanece nos locais de cultivo (recintos) marinhos, também conhecidos como tanques – rede ou gaiolas marinhas por 12 a 22 meses (VICTOR, 2023). Barasa et al. (2022) relataram que normalmente, peixes juvenis com menos de 250 g (criados em água doce) são introduzidos em tanques-rede ou gaiolas no oceano, onde são cultivados até o tamanho comercial de 2 a 8 kg por indivíduo, em um período de 16 a 24 meses (INGELAND, 2017).

Tanques – rede ou gaiolas são implantados em baías naturais ou semi-abrigadas onde a linha costeira forma um lado com o local fechado (BARASA et al., 2022) ou implantadas em fiordes (QUINONES et al., 2019). Os tanques - rede ou gaiolas com polietileno e estrutura metálica foram introduzidas na década de 1990 (ALVIAL, 2019).

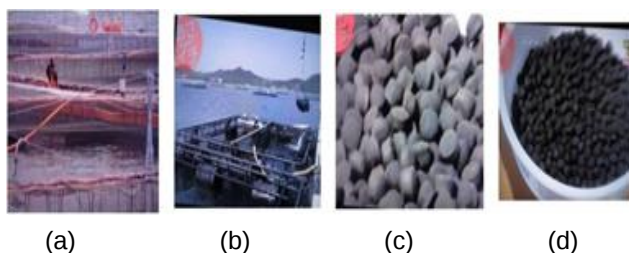
A fuga dos peixes, a predação pelas focas e as alterações climáticas são os principais desafios enfrentadas no cultivo de salmão em tanques – rede ou gaiolas (BARASA et al., 2022).

Os tanques-rede podem ser quadrados ou circulares e ter vários tamanhos e sistemas. Os tanques-rede podem ter um diâmetro de 24 m² ou 100 m² (FAO, 2007).

No Chile Acuiestudios (2023) e Burrows (2023) relataram densidade máxima de 17 kg/m³. Portanto as densidades comerciais devem ser observadas de acordo com a legislação vigente de cada localidade (FOLKEDALA et al., 2012; DIFFORD et al., 2020; LINHAS et al., 2001), dentro dos limites legais (DIFFORD et al., 2020; LINHAS et al., 2001) para orientar os aquicultores (SAUPHAR et al., 2024).

Barasa et al. (2022) relataram que sendo um grupo de peixes carnívoros, os salmonídeos de cultivo necessitam de alimentos de alta qualidade (alto teor de proteína bruta) 35,6 % de proteína bruta (AAS et al., 2019) ou contêm 42 % de proteína (DGRM, 2018) e as dietas formuladas (Figura 6c e 6d) para salmão constituem 40 a 60 % de farinha de peixe, proveniente principalmente de anchovas marinhas, cavala, sardinha, arenque e blue whiting (GILLUND; MYHR, 2010).

FIGURA 6. (a) e (b) tanques-rede; (c) e (d) ração



Fonte: Salmão. (a) Globo Rural (2016); (b) a (d) NHK (2015).

As condições da água do cultivo de salmão devem ser monitoradas. A água utilizada na produção de salmão deve ter um valor de pH variando entre 6 e 9, e em nenhum caso o teor de oxigênio dissolvido na água deve ter valor abaixo de 5 mg/l e no embrião até eclosão 10 °C (GONÇALVES, 1998) no entanto a temperatura da água do cultivo tem sido estudada (HEVROY et al., 2013; BUSCHMANN; JLP, 2019; BARASA et al., 2022).

Investigações fisiológicas mostraram que o crescimento mais rápido e eficiente do salmão é atingido em temperaturas entre 13 e 17 °C (WALACE, 1993) ou uma faixa ideal de temperatura para o salmão do Atlântico varia de 8 a 14 °C, mas prospera bem entre 4 a 18 °C (MOWI, 2023). A salinidade pode ser próxima ao valor da maioria dos oceanos (aproximadamente 35 ‰) e o oxigênio da água do cultivo com aproximadamente 8 mg/l (FAO, 2007).

Quando atingem o tamanho comercial são despescados e os peixes são transportados para unidades de processamento (Figura 7) onde são abatidos e eviscerados (MOWI, 2023) ou para obter como produto final salmão desossado, salmão defumado, salmão fresco e salmão congelado (VICTOR, 2023). Salmon de Chile (2025) relatou que nas unidades de processamento inicia o preparo de diferentes produtos, conforme seu destino e; nesta fase, se aplica o Programa de Assessoramento de Qualidade (HACCP, por suas siglas em inglês), universalmente utilizado pelas plantas de processamento do salmão, para controlar e identificar todos os pontos críticos de segurança e higiene que possam existir; assegurando a rastreabilidade em toda a cadeia de processo.

FIGURA 7. Aspectos da engorda e processamento do salmão: (a) tanques- rede; (b) início do processamento; (c) filetagem; (d) retirada de espinhos e (e) filé



Fonte: Salmão. Globo Rural (2016).

No entanto, principalmente para o mercado internacional, é necessário neste procedimento elaborar plano ou uma proposta estratégica, a execução de um programa de garantia da qualidade do salmão cultivado em toda a cadeia, desde o cultivo até o processamento. Neste contexto é necessário assegurar a qualidade durante o transporte e nos principais canais de comercialização

e o monitoramento periódico da qualidade do salmão comercializado. Além disso, é importante que os produtores de salmão promovam em conjunto com o Governo um programa de marketing para melhorar a imagem do salmão produzido de forma autossustentável, seja participando de feiras e congressos, seja com uma ação direta junto aos importadores.

Aspectos econômicos

Um desenvolvimento significativo na aquicultura de *S. salar* é registrado em regiões temperadas regiões costeiras de países como Noruega, Canadá e Escócia (BERGHEIM; FIVELSTAD, 2014), com o Chile entre os principais produtores (AVENDANO, 2018; BARASA et al., 2022).

No Chile as exportações de salmão e truta atingiram um total de 751.259 toneladas em 2022, um aumento de 3,8% em relação a 2021 e o valor destas exportações totalizou USD 6.606 milhões, um aumento de 27,3% em relação a 2021 (VICTOR, 2023).

O Chile exportou salmão e truta para 100 países em 2022 (SALMÓN CHILE, 2023b). Seus principais mercados em 2021 foram Estados Unidos, Japão, Brasil, Rússia, China e México (VICTOR, 2023).

A indústria do salmão fornece cerca de 30.000 empregos diretos (DRESDNER et al., 2016) e mais de 14.500 empregos indiretos (DRESDNER et al., 2016) são fornecidos pela indústria do salmão no Chile (BARASA et al., 2022). No entanto, argumenta-se (QUINONES et al., 2019) que empregos indiretos têm sido muito subestimados (SOTO et al., 2019).

Barasa et al. (2022) relataram que os salmonídeos cultivados representam mais de 73 % da produção aquícola no Chile e tornou-se o segundo maior contribuinte para a economia chilena (BUSCHMANN et al., 2009).

Nos EUA, Europa e Japão o salmão apresenta preços elevados de cerca de US\$ 11,9 nos EUA e US\$ 7,3 por kg na Europa e a alta demanda também é impulsionado por lucrativos mercados emergentes na China, Rússia e Brasil (BUSCHMANN; JLP, 2019) sendo um importante item alimentar (BARASA

et al., 2022).

Em qualquer circunstância, o setor deve estar preparado para operar com maior eficiência operacional visando a redução dos custos de produção e do preço do salmão ao nível do consumidor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em algumas regiões do mundo o salmão ainda é pescado. A produção proveniente do cultivo de salmão responde por uma grande parte do salmão comercializado. A Noruega e o Chile são os maiores produtores de salmão. O cultivo é realizado em duas etapas. A primeira etapa é a desova, que ocorre em água doce. A engorda é realizada no mar.

O cultivo de salmão é uma atividade rentável a nível mundial, sobretudo para a Noruega e Chile. Só a Noruega produz mais da metade do salmão cultivado no mundo, mas a alimentação dos peixes pode possuir ingredientes originários do Brasil e de outros países. Sugerindo que todos os alimentos para salmão sejam sustentáveis. A maior parte do salmão consumido pelos brasileiros é importada do Chile, onde existem fazendas de produção que se desenvolveram após a introdução das espécies no país.

No Brasil, provavelmente a temperatura da água seja um grande entrave para o desenvolvimento do cultivo de salmão. Portanto por enquanto é praticamente impraticável esta atividade nesses moldes.

Agradecimentos

Agradeço imensamente ao Professor Yoshiaki Deguchi (Nihon University, Japan) “in memoriam” pelas importantes informações adquiridas sobre o cultivo do salmão.

REFERÊNCIAS

- AAS, T. S.; YTRESTOYL, T.; ASGARD, T. Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon *Salmo salar*, in Norway: An update for 2016. **Aquaculture Reports**, Amsterdam. v. 15, n. 100216, 2019, 37 p.
- ABREU, M. R. **Maturação gonadal e seleção de fêmeas de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) em condições de cativeiro**. 2015, 66 p.

Dissertação (Mestre em Aquicultura) Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

ACUIESTUDIOS SPA. **Chilean aquaculture market report update 2023**. Norwegian embassy in Chile: Aquaculture profile. 2023, 43 p.

ALVIAL, A. Challenges for developing emerging economies to engage in off-the coast and offshore aquaculture: the perspective from a case study. In **Expanding mariculture farther offshore: technical, environmental, spatial and governance challenges**. Editors: A. LOVATELLI, A.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; SOTO, D. FAO Technical Workshop, 22–25 March 2010, Orbetello, Italy. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings n. 24. Rome, FAO. p. 297–314, 2019.

ANTTIL, A. K.; COUTURIER, C. S.; OVERLI, O.; JOHNSEN, A.; MARTHINSEN, G.; NILSSON, G. E.; FARRELL, A. P. **Atlantic salmon show capability for cardiac acclimation to warm temperatures**. *Nature Communications*. London. Jun 24; v. 5, n. 4252, 2014, 6 p.

AVENDANO, H. R. Proper antibiotics use in the Chilean salmon industry: Policy and technology bottlenecks. **Aquaculture Reports**, Amsterdam. v. 495, n. 9, p. 803-805, 2018.

BADIOLA, M.; BASURKO, O.; GABIÑA, G.; MENDIOLA, D. Integration of energy audits in the life cycle assessment methodology to improve the environmental performance assessment of recirculating aquaculture systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam. v. 157, n. 7, p. 155-166, 2017.

BARASA, J. E.; MUKHONGO, P. N.; NGETICH, C. C. **Perspectives on Salmon Aquaculture: Current Status, Challenges and Genetic Improvement for Future Growth**. London: Intechopen. 2022, 29 p.

BEHS, G. **Efeito do processamento na composição centesimal e na análise sensorial de salmão selvagem e de cativeiro**. 2011. 63 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Nutrição) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS – Brasil.

BEHS, G. **Efeito do processamento na composição centesimal e na análise sensorial**

de salmão selvagem e de cativeiro. 2011, 64 p. Trabalho de conclusão Bacharel em Nutrição de curso de graduação, Curso de Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BERGHEIM, A.; DRENGSTIG, A.; ULGENES, Y.; FIVELSTAD, S. Production of Atlantic salmon smolts in Europe - current characteristics and future trends. **Aquacultural Engineering**, London. v. 11, n. 41, 46-52, 2009.

BERGHEIM, A.; FIVELSTAD, S. Atlantic salmon, *Salmo salar* in aquaculture: Metabolic rate and water flow requirements. In: **Salmon: Biology, Ecological Impact and Economic Importance**. Editors: Nook, P. T. J.; Noakes, D. J.; 1st ed. Hauppauge, New York, USA: Nova Publishers Inc. 2014, Chapter 8. 20 p.

BIGELOW, H. B. Genus *Salvelinus* Richardson 1836. Fishes of the western North Atlantic. **Memoirs Sears Foundation for Marine Research**, Yale. v. 1, n. 3, p. 503-542, 1963.

BURROWS, J. R. J. **Testimony of the Atlantic Salmon Federation on LD 1951**. Maine: An Act Regarding Marine Finfish Aquaculture May 25, 2023, 6 p.

BUSCHMANN, A. H.; CABELLO, F.; YOUNG, K.; CARVAJAL, J.; VARELA, D. A.; HENRIQUEZ, L. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. **Ocean and Coastal Management**, Essex. v. 52, n. 5, p. 243-249, 2009.

BUSCHMANN, A. H.; JLP, M. Challenges for future salmonid farming. In: **Encyclopeadia of Ocean Sciences**. In: Cochran JK, Bokuniewicz JH, Yager LP, editors. 3rd ed. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. p. 313-319, 2019.

CHALUPNICKI, M. A.; CHIAVELLI, R.; MCKENNA, J. E., Jr. **Atlantic salmon (*Salmo salar*) culture manual**: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 2, chap. A21, 2-24, 2024, 17 p.

CLARK, R.; BOSTOCK, J. **Regional review on Status and Trends in Aquaculture in Europe-2015**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2007. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1135/1 FIAA/C1135/1 (En). 2007, 52 p.

COLT, J.; SUMMERFELT, S.; PFEIFFER, T.; FIVELSTAD, S.; RUST, M. Energy and

- resource consumption of land-based Atlantic salmon smolt hatcheries in the Pacific Northwest (USA). **Aquaculture**, Amsterdam v. 280, n. 1 – 4, 80, p. 94-108, 2008.
- CONSEJO DEL SALMÓN. **Monitoreo exportaciones salmón y trucha primer semestre 2023**, Consejo del Salmón. 2023, 1 p.
- CRIDDLE, K. R.; SHIMIZU, I. The economic importance of wild Pacific salmon. In: PTK W, Noakes DJ, editors. **Salmon**. Hauppauge, New York, USA: Nova Science Publishers Inc., Chapter 14. 2014, 39 p.
- DGRM - Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos. **Ciclo de vida do Salmão**, Portuga Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos I. 2018, 4 p.
- DIFFORD, G. F.; BOISON, S. A.; KHAW, H. L.; GJERDE, B. Validating non-invasive growth measurements on individual Atlantic salmon in sea cages using diode frames. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam. v. 173, n. 105411, 2020, 8 p.
- DRESDNER, J.; CHÁVEZ, C.; ESTAY, M.; GONZÁLEZ, N.; SALAZAR, C.; SANTIS, O.; FIGUEROA, Y.; LAFON, A.; LUENGO, C.; QUEZADA, F. **Evaluacion socioeconomica del sector salmonicultor, en base a las nuevas exigencias de la Ley General de Pesca y Acuicultura**. Informe Final, Proyecto FIPA 2015-42, Fondo de Investigacion Pesquera y de Acuicultura, Ministerio de Economia, Chile, 2016, 351 p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultured Aquatic Species Information Programme *Salmo salar***. 2007, 11 p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. ***Salmo salar***. In: **Cultured aquatic species fact sheets**. Text by Jones, M. Edited and compiled by CRESPI, V.; NEW, M. CD-ROM (multilingual). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009, 9 p. Disponível em < https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/l1129m/file/en/en_atlanticsalmon.htm > Acesso em 18 de junho de 2024.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultured Aquatic Species Information Programme. *Salmo salar***. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Jones, M. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 1 January 2004. 2004-2015 [Cited 25 November 2015]. Disponível em < http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en > acesso em 25 de novembro de 2015.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (Ed.). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome: FAO. 2022, 266 p. FAO, Rome. Disponível em <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. FAO. ed >Acesso em 28 de junho de 2024.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pesca y acuicultura**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023, 17 p.
- FELDHAUS, J. W.; HOFFNAGLE, T. L.; CARMICHAEL, R. W. The Influence of Size at Release on Performance of Imnaha River Chinook Salmon Hatchery Smolts. **North American Journal of Fisheries Management**, Bethesda. v. 36, n. 2, p. 363-374, 2016.
- FOLKEDALA, O.; STIEN, L. H.; NILSSON, J.; TORGERSEN, T.; FOSSEIDENGEN, J. A.; OPPEDAL, F. Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. **Aquatic living resources**, Les Ulis. v. 25, n. 2, p. 143-149, 2012.
- GARCIA, F. Produção de salmonídeos no Chile: o que podemos aprender a aplicar na aquicultura brasileira? **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas. v. 8, n. 2, 2011, 9 p.
- GILLUND, F.; MYHR, A. I. Perspectives on salmon feed: A deliberative assessment of several alternative feed resources. **Journal of Agricultural and Environmental Ethic**, Guelph. v. 23, n. 6, p. 527-550, 2010.
- GLOBO RURAL. Salmão. **Veja como é feito a engorda do salmão e o impacto da criação para o meio ambiente/Entenda como funciona o cultivo de salmão**. Globo Rural. Rio de Janeiro, Rede Globo. Postado em 24 de julho de 2016. Programa de TV. Disponível em:

- <https://globoplay.globo.com/v/3071996/?s=0s> >
Acesso em 29 de junho de 2024.
- GONÇALVES, J. F. M. Salmão do Atlântico. Enguia. In **Manual de Aquicultura** (Editores Henriques, M. A. R. Marca Artes Gráfica, Porto, Universidade do Porto. 1998, p.115-137.
- GONÇALVES, E. P. M.; BARROS, M. C. S.; PESSÔA, M. C.; CARDILLI, D. L.; ROOS, T. B.; MORAES, C. M. Padronização de uma PCR para a autenticação do *Salmo salar* em pratos da culinária japonesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. v.71, n.2, 2019, p. 640 – 646, 2019.
- GOVERNEMENT DU CANADA. **Production d'aquaculture en quantité et en valeurs**. Gouvernement du Canada. 2023, 3 p. <https://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/aqua/aqua21-eng.htm>.
- GROOT, C.; MARGOLIS, L. **Pacific Salmon Life Histories**. Vancouver: UBC Press, 1991, 87 p.
- GUERRERO-TORTOLERO, D. A.; BROMAGE, N. Growth and maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations with different grilse proportions under natural photoperiod and superimposed nighttime light. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 285, n. 1-4, p. 63-66, 2008.
- HEVROY, E. H.; HUNOSKAR, C.; DE GELDER, S.; SHIMINZU, M.; WAAGBO, R.; BRECK, O.; TAKLE, H.; SUSSORT, S.; HANSEN, T. GH-IGH system regulation of attenuated muscle growth and lipolysis in Atlantic salmon, reared at elevated sea temperature. *Journal of Comparative Physiology*, New York. v. 8, n. 2, p. 243-259, 2013.
- HOKKAIDO RESEARCH ORGANIZATION. Fisheries Research Department. Disponível em: http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/saibai/section/saibai/att/180531_bakagai.pdf Acesso em 04 de março de 2020.
- HOUSTON, R. D.; MACQUEEN, D. J. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) genetics in the 21st century: Taking leaps forward in aquaculture and biological understanding. **Animal Genetics**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 3-14. 2019.
- HUITFELDT-KAAS, H. Tribes of salmon in Norway. *Nytt Mag. Naturvidensk*, Kristiania. B85: p. 115–159, 1946.
- HUTCHINGS, J. A.; JONES, M. E. B. Life history variation and growth rate thresholds for maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa. v. 55, Suppl. 1, p. 22–47, 1998.
- INGELAND. **Levantamiento de informacion de pisciculturas en chile y su incorporacion a la IDE de la Division de Acuicultura**. Informe Final Proyecto FIPA N° 2016-19. Chile: Fondo de Investigacion Pesquera y de Acuicultura, Ministerio de Economia. 2017, p. 109.
- ISIDRO CRISTÓBAL, H. M. **Depressão endogâmica em características de crescimento e resistência a *Piscirickettsia salmonis* em salmão coho (*Oncorhynchus kisutch*)**. Jaboticabal, 2017, 22 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- JONSSON, B.; JONSSON, N. A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. **Journal of Fish Biology**, Oxford. v. 75, n. 10, p. 2381-2447, 2009.
- JONSSON, B.; JONSSON, N. **Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for Life Histories**. London Springer, 2011, 730 p.
- JUNIOR, E. J. S.; ANTONIO, S. Possibilidades de adaptação do *Salmo salar* para criação no litoral da região sul do Brasil. *Anais da X Mostra Científica Famez / Ufms*, Campo Grande, 10. **Anais Campo Grande**. p. 270 – 275, 2017.
- KING, E. M.; TALLMON, D. A.; VULSTEK, S. C.; RUSSELL, J. R.; MCPHEE, M. V. Reproductive success of jack and full-size males in a wild coho salmon population. **Royal Society Open Science**, London. v. 10, n. 221271, 2023, 13 p.
- KIRCHNER, J. V. **"La Cartilla del maricultor"**, documento público editado por la Secretaría General de Pesca Marítima (España). 2004, 238 p.
- KLEMETSEN, A.; AMUNDSEN, P. A.; DEMPSON, J. B.; JONSSON, B.; JONSSON, N.; O'CONNELL, M. F.; MORTENSEN, E. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): A review of aspects of their life histories. **Ecology of Freshwater Fish**, London. v. 12, n. 1, 2003, 59 p.

- LEPE-LOPEZ, M.; ESCOBAR-DODERO, J.; ZIMIN-VESELKOFF, N.; AZAT, C.; MARDONES, F. O. Assessing the present and future habitat suitability of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall and Bravo, 2000) for salmon farming in Southern Chile. **Frontiers in Veterinary Science**, Lausanne. v. 7, n. 61539, 2021,10 p.
- LINES, J. A.; TILLET, R. D.; ROSS, L. G.; CHAN, D.; HOCKADAY, S.; MCFARLANE, N. J. B. An automatic image-based system for estimating the mass of free-swimming fish. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam. v. 31, n. 2, p. 151–168, 2001.
- LIU, Y.; ROSTEN, T. W.; HENRIKSEN, K.; HOGNES, E. S.; SUMMERFELT, S.; VINCI, B. Comparative economic performance and carbon foot print of two farming models for producing Atlantic salmon (*Salmo salar*): Land-based closed containment in freshwater and open net in sea water. **Aquacultural Engineering**, Baton Rouge. v. 71, n. 7, p. 1-12, 2016.
- MCFEETERS, B. D. **Review of World Salmon Culture**. Marine Fisheries Review. U. S. Government Printing Office: 1991 – 691 – 082/40,004 Region n. 10. v. 53, n. 1, 1991, p. 27 - 40.
- MOBLEY, K. B.; GRANROTH-WILDING, H.; ELLMEN, M.; ORELL, P.; ERKINARO, J.; PRIMMER, C. R. Time spent in distinct life-history stages has sex-specific effects on reproductive fitness in wild Atlantic salmon. **Molecular Ecology**, Hoboken. v. 29, n. 3, p.1173–1184, 2020.
- MOBLEY, K.; KANAT, T.; CZORLICH, Y.; HOUSE, A.; KURKO, J.; MIETTINEN, A.; MOUSTAKAS-VERHO, J.; SALGADO, A.; SINCLAIR-WATERS, M.; VERTA, J.; PRIMMER, C. Maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*, Salmonidae) : a synthesis of ecological, genetic, and molecular processes '. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London. v. 31 , n. 3 , p. 523-571, 2021.
- MOHAMED, A. R.; VERBYLA, K. L.; AL-MAMUN, H. A.; MCWILLIAM, S.; EVANS, B.; KING, H.; KUBE, P.; KIJAS, J. W. Polygenic and sex specific architecture for two maturation traits in farmed Atlantic salmon. **BMC Genomics**, London. v. 20, n. 1, 139, 2019, 12 p.
- MONTERO, C.; KONDE, V.; FARINELLI, F.; AERNI, P.; HAQUE, I. U.; GANIATSOS, T.; MOSCOSO, J.; OMER, A.; PIERMARTINI, R.; REJIBA, M. B.; ROFFE, P.; VIVAS, D.; WEBER, J.; ADJIVON-CONTEH, M. **A Case Study of the Salmon Industry in Chile**. United Nations New York and Geneva. UNCTAD/ITE/IIT/2005/12, 2006, 42 p. Disponível em < https://unctad.org/system/files/official-document/iteit200512_en.pdf> Acesso em 22 de junho de 2024.
- MORERA, F. J.; CASTRO-GUARDA, M.; NUALART, D.; ESPINOSA, G.; MUÑOZ, J. L.; VARGAS-CHACOFF, L. The biological basis of smoltification in Atlantic salmon. **Austral Journal of Veterinary Sciences**, Valdivia. v. 53, n. 1, p. 73 – 82, 2021.
- MOWI. **Salmon Farming Industry Handbook 2020**. Bergen: Mowi ASA. 2020, 118 p.
- MOWI. **Mowi Salmon Farming Industry Handbook**. Bergen: Salmon Farming Industry Handbook. 2023, 123 p.
- NOAA Fisheries. **Fun Facts About Amazing Atlantic Salmon**. Silver Spring: NOAA Fisheries. 2023, 6 p.
- NOAA Fisheries. **Atlantic Salmon**. Silver Spring: NOAA Fisheries. 2024, 16 p. Disponível em < <https://www.fisheries.noaa.gov/species/atlantic-salmon> > Acesso em 19 de junho de 2024.
- PEIXES BR. **Anuários Peixe BR da Piscicultura 2024**. Peixe BR, São Paulo. 2024, 63 p. PENHA, B. D. C. C. **Obtenção de produto proteico de salmão (*Salmo salar*)** . Recife, 2022. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2022.
- PERSSON, L.; RAUNSGARD, A.; THORSTAD, E. B.; ØSTBORG, G.; URDAL, K.; SÆGROV, H.; UGEDAL, O.; HINDAR, K.; KARLSSON, S.; FISKE, P.; BOLSTAD, G. Teroparity and its contribution to life-history variation in Atlantic salmon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa. v. 80, n. 3, p. 577–592, 2023.
- PRESENZA, L. S. **Desenvolvimento de fishburger utilizando salmão do atlântico (*Salmo salar* - Linnaeus, 1758): caracterização microbiológica, físico-química e sensorial**. 2019,

- 63 p. Trabalho de conclusão, Bacharel em Engenharia de Pesca. Curso de Engenharia de Pesca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Piúma.
- QUINONES, R. A.; FUENTES, M.; MONTES, R. M.; SOTO, D.; LEON-MUNOZ, J. Environmental issues in Chilean salmon farming: A review. **Reviews in aquaculture**, Richmond. v. 11, n. 2, p. 375-402, 2019.
- RENATO, A.; QUINONES, R. A.; FUENTES, M.; MONTES, R. M.; SOTO, D.; LEON-MUNOZ, J. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. **Reviews in Aquaculture**, Richmond. v. 11, n. 2, p. 375–402, 2019.
- RIVERA, P.; GALLARDO, J.; ARANEDA, C.; VASEMÄGI, A. **Sexual Maturation in Farmed. Atlantic Salmon (*Salmo salar*): A Review**. London: Intechopen. 2022, 12 p.
- RYPEL, A. L.; DAVID, R. S. Pattern and scale in latitude–productionrelationships for freshwater fishes. **Ecosphere**, Washington. v. 8, n. 1, e01660, 2017, 26 p.
- SALMONCHILE. **Industrias del salmon de Chile A.G. 2016**. Respuesta de la Industria. Asuntos laborales. SalmonChile A.G Respuesta de la Industria. 2006. p.1. Disponível em < <https://www.salmonchile.cl> > Acesso em 10 de maio de 2016.
- SALMON CHILE. **Productos**. Araucania: Salmon Chile. 2023a, 5 p. <https://www.salmonchile.cl/en/product/>. 23.09.2023.
- SALMON CHILE. Exports. Salmon Chile. 2023b, 5 p. Disponível em < <https://www.salmonchile.cl/en/product/>. Acesso em 22 de junho de 2024. 08.10.2023.
- SALMON DE CHILE. Sistema de produção do salmão do Chile. 2025, 3 p. Disponível em < <https://www.salmondechile.com.br/pt/el-salmon-de-chile/sistema-de-produccion-del-salmon-de-chile/#:~:text=A%20incuba%C3%A7%C3%A3o%20das%20ovas%20ocorre,da%20%C3%A1gua%20durante%20a%20incuba%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 11 de março de 2025.
- SALMONLINK. **Biologia e ecologia, *Salmo salar***. Évora: Centro de Ciências do Mar e do Ambiente.2020,4p
- SANTOS JUNIOR, E. J.; ANTONIO, F. Anais da X Mostra Científica Famez, 10, UFMS, Campo Grande, 2017. Anais... Fundação Universidade Federal do Mato Grosso. 2017, p. 270 – 275.
- SAUPHAR, C.; STOLZ, C.; TUENE, S. A.; GANSEL, L. C.; FØLSVIK, G. K.; AAS, H. Atlantic salmon (*Salmo salar*) distribution and vertical size-stratification in a commercial sea cage: A case study. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 581, n. 740356, 2024, 11 p.
- SCOTT W. B.; CROSSMAN, E. J. Freshwater fishes of Canada. **Fisheries Research Board of Canada Bulletin**, Ottawa. v. 184, 1973, 966 p.
- SERNAPESCA. **SERNAPESCA statistical report 2016**, Subdirección de Acuicultura, Departamento de Salud Animal, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile, 2016, 2 p.
- SOTO, D.; LEON-MUNOZ, J.; DRESDNER, J.; LUENGO, C.; TAPIA, F. J.; GARREAUD, R. Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. **Reviews in Aquaculture**, Wallingford, UK: CABI Publishing. v. 11, n. 1, p. 1 – 21, 2019.
- SUBPESCA. **List of salmonid aquaculture concessions grouped by concessions in the regions, June 2023**. Chile: Subpesca, 2023, 1 p.
- SERNAPESCA. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Chile: Sernapesca. 2023, 2p.
- SILVA, M. C. **Avaliação microbiológica de carne mecanicamente separada e caracterização de indicadores sensoriais de salmão-do-atlântico (*Salmo salar* - Linnaeus, 1758)**. 2011, 54 p. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás. Disponível em < https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/67/o/Dissertacao2011_Marcela_Costa.pdf > Acesso em junho de 2024.
- TABATA, Y. A.; RIGOLINO, M. G.; TSUKAMOTO, R. Y.; TAKAHASHI, M. S. Incubação de ovos de salmão do atlântico (*Salmo salar*) landlocked em sistema de recirculação de água. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas. v. 8, n. 2, 2011, 8 p.
- TARANGER, G. L.; CARRILLO, M.; SCHULZ, R. W.; FONTAINE, P.; ZANUY, S.; FELIP, A.; WELTZIEN, F. A.; DUFOUR, S.; KARLSEN, O.; NORBERG, B. ANDERSSON, E.; HANSEN, T. Control of puberty in farmed fish. **General and**

- comparative endocrinology**, New York. v.165, n. 3, p. 483-515, 2010.
- THORSTAD, E.; WHORISKEY, F.; RIKARSEN, A.; AARESTRUP, K. Aquatic nomads: The life and migrations of the Atlantic Salmon. In: **Atlantic Salmon Ecology**, editors: AAS Ø, EINUM, S.; KLEMETSEN, A.; SKURDAL, J. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2011, p. 1-23.
- TONIAL, I. B.; OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C. Caracterização físico-química e perfil lipídico do salmão (*Salmo salar* L.). **Alimento e Nutrição**, Araraquara. v. 21, n. 1, p. 93-98, 2010.
- TORREZAN, R.; BRÍGIDA, A. I. S.; OLIVEIRA, A. H.; FREITAS, S. C.; LIMA, L. K. F.; LUIZ, D. B. Qualidade dos resíduos sólidos do processamento de salmão (*Salmo salar* L.). Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25. Gramado, RS, 24 a 27 de outubro de 2016. **Anais...** FAURGS, Gramado, RS. 2016, 6 p.
- VASCONCELOS, O. M. R.; AMATO, B. P.; GRASSI, T. L. M. Research of *Aeromonas* spp. in salmon fillets sold in the municipality of Bauru- SP. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 3149-3157, 2023.
- VICTOR, F. **The State of the Chilean Salmon Industry**. Exploring opportunities for Belgian companies. 2023, 66 p. Karelia University of Applied Sciences, BBA, Degree Programme in International Business.
- WALLACE, J. Environmental considerations. In: **Salmon aquaculture**, HEEN, K; MONAHAN, R. L.; UTTER, F. (eds). England: Fishing News Books Ltd. p. 127-143, 1993.
- WEBB, J.; VERSPOOR, E.; AUBIN-HORTH, N.; ROMAKKANIEMI, A.; AMIRO, P. The Atlantic Salmon. In: **The Atlantic Salmon: Genetics, Conservation and Management**. Editors: VERSPOOR, E.; STRADMEYER, L.; NIELSEN, J. Hoboken: Blackwell Publishing Ltd. p. 17-56, 2007.
- WEITKAMP, L. A.; GOULETTE, G.; HAWKES, J.; O'MALLEY, M.; CHRISTINE, L. Juvenile salmon in estuaries: Comparisons between North American Atlantic and Pacific salmon populations. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London. v. 24, n. 1, 2014, 27 p.
- WERKMAN, M.; MURRAY, M.; TURNBULL, J. The effectiveness of fallowing strategies in disease control in salmon aquaculture assessed with an SIS model. **Preventive Veterinary Medicine**, Seoul. v. 98, n. 1, p. 64-73, 2010.
- WETZEL, D. **Semelparity versus Iteroparity**. Provost: Libretext. 2024, 3 p.
- WHALEN, K. G.; PARRISH, D. L. Effect of maturation on parr growth and smolt recruitment of Atlantic salmon. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**, Ottawa. v. 56, n. 1, p. 79-86, 1999.
- YOSHIZAKI, G.; FUJIHARA, R.; NAMURA, S.; KANZAKA, K.; KAMIYA, K.; TERASAWA, M.; SHIMAMORI, S.; MORIYA, N.; MIWA, M.; HAYASHI, M. Gametes of semelparous salmon are repeatedly produced by surrogate rainbow trout. **Science Advances**, Washington. v. 10, eadm 8713, 2024, 9 p.
- ZHULAY, I.; REISS, K.; REISS, H. Effects of aquaculture fallowing on the recovery of macrofauna communities. **Marine pollution bulletin**, London. v. 97, n. 1-2, p. 381 – 390, 2015.