



# Limites de captura para a pescaria do pargo (*Lutjanus purpureus*) nas regiões Norte e Nordeste

Análise das estratégias com  
dados limitados



# Limites de captura para a pescaria do pargo (*Lutjanus purpureus*) nas regiões Norte e Nordeste

Análise das  
estratégias com  
dados limitados



**Diretor-Geral**  
Ademilson Zamboni

**Diretor Administrativo e Financeiro**  
José Machado

**Diretora de Comunicação**  
Camilla Valadares

**Diretor Científico**  
Martin Dias

**Cientista Marinha**  
Lara Iwanicki

**Analista de Campanha**  
Miriam Bozzetto

**Analista Administrativa e Financeira**  
Lúcia Silva

**Analista de Operações**  
Juliana Silva

**Assistente Executiva**  
Edna Santana

**Assistente de Comunicação**  
Beatriz Ribeiro

**Estagiária de Comunicação**  
Nathalia Carvalho



---

## FICHA TÉCNICA

### Autores

Marcelo Costa Feltrim  
Martin Dias

### Revisão Gramatical

Denise Goulart

### Projeto Gráfico e Diagramação

Duo Design

### Imagem da Capa

Duo Design

### Oceana Brasil

SIG Quadra 1, Centro Empresarial Parque Brasília,  
Sala 251 – Brasília/DF – 70610-410

Telefone: +55 (61) 3247-1800

imprensa@oceana.org

brasil.oceana.org

🐦 [twitter.com/oceanabrasil](https://twitter.com/oceanabrasil)

📘 [facebook.com/oceanabrasil](https://facebook.com/oceanabrasil)

📷 [instagram.com/oceanabrasil](https://instagram.com/oceanabrasil)

📺 [youtube.com/oceanabrasil](https://youtube.com/oceanabrasil)

10.5281/zenodo.5237240

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Feltrim, Marcelo Costa  
Limites de captura para a pescaria do pargo  
(Lutjanus purpureus) nas regiões norte e nordeste  
[livro eletrônico] : análise das estratégias com  
dados limitados / Marcelo Costa Feltrim, Martin Dias.  
-- Brasília, DF : Oceana Brasil, 2020.  
PDF

ISBN 978-65-992012-8-8

1. Ecologia 2. Meio ambiente 3. Pesca -  
Aspectos econômicos - Brasil 4. Preservação ambiental  
5. Sustentabilidade ambiental I. Dias, Martin.  
II. Título.

20-53280

CDD-304.2

### Índices para catálogo sistemático:

1. Sustentabilidade ambiental : Ecologia 304.2

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

# Limites de captura para a pescaria do pargo (*Lutjanus purpureus*) nas regiões Norte e Nordeste

Análise das estratégias  
com dados limitados

---

8	<b>APRESENTAÇÃO</b>
10	<b>SUMÁRIO EXECUTIVO</b>
12	<b>1. INTRODUÇÃO</b>
16	<b>2. METODOLOGIA</b>
16	2.1 Informação Biológico-Pesqueira
16	2.2 Procedimentos de Gestão
17	2.3 Avaliação de Estratégias de Gestão
17	2.4 Análise de Sensibilidade
18	<b>3. RESULTADOS</b>
18	3.1 Avaliação de Estratégias de Gestão
18	3.2 Estimativas de Limites de Captura (LCs)
19	3.3 Sensibilidade nos Cálculos de LCs
20	3.4 Sensibilidade na MSE
22	<b>4. CONCLUSÃO</b>
26	<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>
30	<b>6. FIGURAS</b>
34	<b>7. TABELAS</b>

# SUMÁRIO



# APRESENTAÇÃO

**E**sta publicação é resultado de um estudo realizado para a Oceana com o intuito de testar diferentes estratégias de exploração aplicadas à pescaria do pargo (*Lutjanus purpureus*), pescado nas regiões Norte e Nordeste do país. A iniciativa faz parte da nossa campanha para acabar com a sobrepesca e tem por objetivo contribuir com subsídios técnicos para a gestão do uso sustentável desse recurso pesqueiro.

Pela primeira vez, em 2018, o Brasil adotou planos para recuperar espécies importantes para o sustento de comunidades pesqueiras, mas consideradas ameaçadas de extinção. A partir do modelo científico proposto pela Oceana, foram definidas medidas para a recuperação das populações e para o uso sustentável de sete espécies, entre elas, o pargo. Uma das estratégias a serem consideradas para recuperar o estoque do pargo listadas seria a adoção de limites de captura. Na época, contudo, não havia embasamento técnico suficiente para medidas de gestão desta natureza, lacuna esta que este relatório pretende preencher.

Entendemos que o futuro da pescaria do pargo pode estar comprometido se não houver uma mudança efetiva no atual padrão de pesca. Defendemos o estabelecimento de limites de captura para esta pescaria e sistemas digitais transparentes e acessíveis para o seu monitoramento, a exemplo do modelo de sucesso adotado na pesca da tainha.

Divulgamos a avaliação de estoque atualizada da tainha em 2018 e, a partir dela, propusemos um limite de captura para a safra daquele ano. A proposta foi aprovada pelo Governo Federal, após passar pelas instâncias consultivas, e os limites de captura para uma espécie de interesse comercial foram estabelecidos de maneira inédita em nosso país a partir de dados científicos. Tratou-se de um avanço histórico que, agora, buscamos replicar em outras pescarias, como a do pargo e da lagosta-vermelha.

A Oceana é a maior organização não governamental, sem fins lucrativos, exclusivamente dedicada à proteção e recuperação dos oceanos em escala global. Trabalhamos para construir, melhorar e acompanhar os resultados de políticas públicas destinadas à proteção dos ecossistemas marinhos e aumentar a abundância de pescados pelo fortalecimento da pesca sustentável. Acreditamos que o conhecimento científico, a transparência e a participação da sociedade na construção das políticas públicas de pesca são a base para alcançar nossos objetivos.

Nossa atuação no Brasil teve início em 2014 e, entre outras conquistas, já levou à adoção de cotas para pesca da tainha no Sul do país e à Política Estadual de Desenvolvimento Sustentável da Pesca, no Rio Grande do Sul.

Esperamos contribuir para a existência de estoques futuros do pargo em níveis sustentáveis e para a subsistência das famílias que dependem de sua pescaria.



# SUMÁRIO EXECUTIVO

A gestão de recursos pesqueiros vem sendo um dos grandes desafios no âmbito da conservação marinha e da sustentabilidade das atividades humanas no mar, especialmente a partir da metade do século 20, com os avanços tecnológicos “turbinando” o poder de pesca das embarcações industriais. A pesca extrativista tende, salvas raras exceções, a extrapolar os limites de captura sustentáveis de seus recursos na ausência de controle das remoções, levando-os ao estado de sobrepesca, situação de quase 30% dos estoques mundiais atualmente, segundo reporte da FAO (2020).

Sem o controle das capturas, alguns recursos jamais se recuperam, enquanto outros, mais resilientes, adotam padrões cíclicos de recuperação e crise, insalubres ao ecossistema e indesejáveis à atividade pesqueira sob a ótica econômica. Surpreendentemente, apesar da ciência pesqueira ter desenvolvido métodos simples e relativamente confiáveis para estimar rendimentos sustentáveis há mais de 50 anos, ainda existem recursos importantes social e economicamente, explorados em nível industrial há décadas, sem qualquer estudo para definir tais parâmetros.

Essa é a realidade para a maioria das pescarias importantes no Brasil. O país jamais se preocu-

pou, seja em nível governamental ou privado, em avaliar os rendimentos potenciais e controlar os níveis de remoção de seus recursos pesqueiros de forma efetiva. Avaliações de estoques são raras, geralmente fruto de esforços pontuais em nível acadêmico ou no âmbito de parcerias com organizações internacionais, como no caso dos atuns. A falta de dados sobre a atividade pesqueira é, atualmente, um fator limitante à aplicação dos tradicionais modelos de avaliações de estoque. O pargo (*Lutjanus purpureus*), recurso de grande importância econômica capturado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil desde a década de 1950, é um desses casos.

No presente estudo, utilizamos métodos recentemente desenvolvidos para pescarias com dados limitados, aplicados às informações obtidas na literatura sobre a biologia e a pescaria do pargo, para estimar níveis sustentáveis de capturas. Tais métodos simulam a população e a pescaria estudadas para testar diferentes procedimentos de gestão e calcular cotas de captura. A incerteza no status do estoque e na biologia do recurso nos levou a avaliar diferentes cenários de depleção, bem como de mortalidade natural. No caso-base, com 30% de depleção e mortalidade natural igual a 0.3, os resultados sugerem certo risco na manutenção das capturas observadas em 2017, acima das 6 mil toneladas, sendo necessária uma redução a 4 mil

toneladas para manter a probabilidade de sobre-  
pesca abaixo de 20%.

Os resultados na análise de sensibilidade mostraram que, mesmo no cenário mais otimista e com o método mais arriscado, os limites de captura calculados sequer se aproximaram do máximo de 15 mil toneladas observado em 1973, tampouco alcançando as 10 mil toneladas registradas em diversos anos daquela década. Já no caso pessimista, as capturas recentes estariam representando um alto risco ao recurso. Essa amplitude nos resultados, especialmente devido à incerteza na depleção, reforça a necessidade de avaliações periódicas para definir o status do estoque e aprimorar os estudos aqui propostos.

Por outro lado, o presente estudo logra extrair conclusões relevantes dos escassos dados disponíveis sobre o pargo, podendo assim orientar as discussões iniciais sobre a adoção de limites de captura para a espécie. O estudo conclui que, muito embora se observe um cenário de estabilidade atual na produção, a manutenção das capturas nos níveis hoje praticados (6 mil toneladas) representa risco futuro ao estoque. Análises da probabilidade de se evitar sobrepesca frente a diferentes cenários de captura indicam que uma produção da ordem de 4 mil toneladas anuais representa risco baixo de sobrepesca futura do estoque.

# 1. INTRODUÇÃO

**A**s avaliações de estratégias de gestão (*Management Strategy Evaluation* - MSE) vêm sendo propostas como alternativa às tradicionais avaliações de estoques, e têm atualmente papel relevante no auxílio à tomada de decisões de administração de recursos pesqueiros em todo o mundo (Butterworth, 1993; De Oliveira & Butterworth, 2004; De Oliveira *et al.*, 2008; Punt *et al.*, 2014). A grande vantagem com relação aos métodos tradicionais é que as MSE não buscam um “melhor ajuste” de um modelo populacional a uma série de dados pesqueiros, senão simulam população e pescaria similares às estudadas, com combinações de parâmetros biológico-pesqueiros dentro dos espectros de dispersão definidos nos dados de entrada. Assim, avalia-se a eficiência de diferentes procedimentos de gestão (*Management Procedures* - MPs) que definem as formulações e estratégias para os cálculos de limites através das probabilidades de resultados desejados. Esses resultados são expressos por meio dos indicadores de desempenho (*Performance Metrics* - PMs), geralmente associados (1) aos pontos biológicos de referência da espécie e pescaria e (2) à otimização e estabilidade nos rendimentos. Assim, além de esforços pela redução das fontes e níveis de incerteza, pode-se também avaliar as respostas do sistema em função daquelas de difícil abordagem e às vezes irreduzíveis. Desenvolvidos inicialmente pela

Comissão Internacional Baleeira (ICW, 1992), os MPs logo se expandiram, com aplicações em diferentes estoques e pescarias (Butterworth & Berg, 1993; Francis, 1997; Geromont *et al.*, 1999; Sainsbury *et al.*, 2000). Na atualidade, tornou-se ampla a utilização na gestão de pescarias em todo o mundo, sendo a metodologia sugerida por organismos como FAO e NOAA e frequentemente adotada pela comunidade técnico-científica (De Oliveira, 2004; Szuwalski & Punt, 2013; Punt *et al.*, 2014). Outro aspecto positivo das MSE reside na possibilidade de iteração com os usuários na definição tanto das MPs como dos PMs, o que incrementa a participação desses e a aceitação das medidas de gestão.

No entanto, historicamente, a falta de recursos e informação para atualizações periódicas sobre a situação dos estoques é um grande empecilho para a implementação do controle quantitativo e da gestão científica de muitas pescarias em países sem tradição em ciência e gestão pesqueira, como o Brasil (Dias-Neto & Dias, 2015). A escassez de informações pode ser considerada o padrão no país, onde não existe um sistema integrado de acompanhamento e estudos direcionados para a gestão. Mesmo em pescarias de interesse comercial não há suficientes dados ou estudos históricos, sejam biológicos (de idade, crescimento e reprodução) ou pesqueiros (capturas, esforço e rendimentos) para a gestão adequada, o que

dificulta a avaliação do impacto da pesca sobre as populações e de seus níveis sustentáveis de exploração pelos métodos tradicionais.

Nesse contexto, a utilização das MSE fazendo uso de MPs simples, com base nas capturas históricas globais, rendimentos e/ou estimativas pontuais de parâmetros biológicos, chamados “métodos genéricos” ou “*data-limited*”, tiveram seu uso ampliado (Geromont & Butterworth, 2014; Newman *et al.*, 2014; Carruthers *et al.*, 2014), principalmente com o desenvolvimento das ferramentas computacionais avançadas para essas análises (Carruthers *et al.*, 2016; Carruthers & Hordyck, 2018). Frente à imensa lacuna de informação existente para a grande maioria das pescarias em nível mundial, inclusive em grande número nos países desenvolvidos, tais estudos oferecem uma opção à sua gestão quantitativa com o controle das capturas. As MSE com métodos genéricos não substituem nem competem com as avaliações de estoque tradicionais, diretas ou indiretas, senão que a informação daí obtida também pode ser incorporada ao sistema nas MPs, melhorando a confiabilidade nos resultados e nos processos de simulação, até que a pescaria deixe de ser “dados-limitada”. Esses estudos quantitativos tradicionais para definir o estado do recurso e os níveis de biomassa devem ser prioridade para espécies comercialmente mais visadas, com investimentos intensos em monitoramento e estudos periódicos de idade e repro-

dução. No entanto, os métodos genéricos podem tirar da total escuridão pescarias sem qualquer perspectiva de investimento em curto e médio prazo, estimando variáveis de gestão importantes e com uma gama de possibilidades de testes com o uso de simulações. Ainda que a aplicação dos métodos genéricos tenha suas limitações e perigos, como a generalização paramétrica dos modelos e o uso indiscriminado, sem considerar as circunstâncias e requerimentos de cada pescaria (Dowling *et al.*, 2017), há de se considerar que esta pode ser a única alternativa em países sem investimento em monitoramento e ciência pesqueira, como o Brasil, com fortes evidências de diversos estoques em estado de sobrepesca (Dias-Neto & Dias, 2015).

Uma das atividades pesqueiras mais importantes do Brasil é a exploração do pargo-vermelho (*Lutjanus purpureus*), que ocorre nas regiões Norte e Nordeste. A quantidade média de recursos econômicos gerados anualmente pelas exportações, entre 2012 e 2019, é superior a US\$ 20 milhões (Comex-Stat, 2020), com quase US\$ 30 milhões nos últimos dois anos. Os desembarques são registrados a partir de 1950, mas a falta de monitoramento consistente das diferentes frotas operantes e dos múltiplos pontos de descarga é um obstáculo ao registro dos volumes reais capturados anualmente. Por um lado, dados disponibilizados pela FAO (2020) indicam uma situação estável

durante os últimos 20 anos, enquanto, por outro lado, muitos estudos consideram a possibilidade de sobrepesca de crescimento, devido à redução do tamanho do indivíduo, idade e peso nas amstras de pesca (Ivo & Souza, 1988; Souza, 2002; Resende *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2017). Estimativas sugerem que a população do pargo no Brasil poderia render entre 4.000 e 6.800 t, aproximadamente, por ano (Coelho, 1974; SUDEPE/PDP, 1984; Ivo & Souza, 1988), o que concorda com as capturas registradas recentes. No entanto, é claro que novos e regulares estudos são necessários para gerenciar melhor esse recurso, incluindo avaliações de estoque e projeções para as estratégias propostas. Nosso objetivo neste cenário é atender a essa segunda demanda com o presente trabalho.

Grande parte da literatura sobre o pargo está compilada no recente documento técnico sobre a situação atual dessa pescaria (Silva *et al.*, 2017) produzido pelo projeto “*Fishery Improvement Project – FIP*”, que busca acompanhar a pesca para desenvolver práticas sustentáveis para certifi-cá-lo internacionalmente. Outro documento importante sobre a espécie é o Plano Nacional de Recuperação do Pargo (MMA/SEAP, 2018), elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pela Secretaria de Aquicultura e Pesca (SEAP), em 2018. No entanto, esses estudos não geram informações quantitativas sobre a situação do estoque nem sobre seus níveis sustentáveis de exploração.

Dentre as principais fontes de incerteza em um recurso pesqueiro estão os parâmetros de depleção, que indica a situação atual da biomassa do recurso com relação ao seu estado virginal, e da taxa de mortalidade natural (Hilborn & Walters, 1992; Haddon, 2011). O primeiro é o objetivo de toda avaliação de estoque, e mesmo com grandes investimentos sempre mantém certo grau de incerteza, e o segundo está entre os mais controversos parâmetros biológico-pesqueiros, visto que influencia diretamente na dinâmica populacional e nas estimativas de pontos biológicos de referência, e conta com distintos métodos para sua estimativa que resultam valores igualmente variáveis (Sparre & Venema, 1997; Cubillos *et al.*, 2005). Sendo assim, os efeitos da incerteza sobre esses parâmetros nas estimativas de limites de captura e variáveis de gestão com métodos genéricos pode ser de grande interesse para diversas pescarias, especialmente com a recente ampliação do uso desta abordagem. Ditos efeitos foram analisados para a pescaria do pargo para o Norte e Nordeste do Brasil, que pode ser considerada bastante limitada com relação à informação disponível (Bentes *et al.*, 2017), sendo estimados tanto limites de captura como variáveis de interesse para a gestão e suas anomalias em função da incerteza. Particularmente não existem registros de esforço disponível para esta pescaria, o que impede o cálculo dos rendimentos para uso como índice de abundância relativa nos MPs e aumenta a importância dos parâmetros aqui analisados.



# 2. METODOLOGIA

## 2.1 INFORMAÇÃO BIOLÓGICO-PESQUEIRA

Os parâmetros específicos do pargo utilizados no presente trabalho foram obtidos dos estudos mais recentes sobre a espécie no país (Souza, 2002; Bentes *et al.*, 2017) e da literatura internacional para os parâmetros em nível de ordem e classe taxonômica (Thorson *et al.*, 2012; Zhou *et al.*, 2012; TABELA 1). Foram assumidos coeficientes de variação de 10% (CVs = 0,1) para todos os parâmetros, bem como para as capturas. De acordo com dados estatísticos da FAO (2019), o pico de capturas de pargo no N/NE do Brasil ocorreu em 1973, com 15 mil t, quando começou a apresentar um decaimento registrado até 1986, com cerca de 10 mil t. Entre 1987 e 1994, os valores são estimados (não registrados) em cerca de 3,6 mil t, evidenciando a ausência de monitoramento neste período. A partir de 1995 até 2017, os registros de desembarques se mostraram estáveis, em torno das 6 mil t, com somente dois anos de anomalias, positiva em 1999, com quase 10 mil t, e negativa em 2007, com menos de 4 mil t.

## 2.2 PROCEDIMENTOS DE GESTÃO

Os MPs consistem de diferentes fórmulas de controle de uma pescaria, seja cálculo do esforço, tamanho mínimo ou limites de captura, sendo a informação disponível o que define seu grau de complexidade, desde simples capturas médias, uso de índices de depleção e abundância relativa, até complexos modelos populacionais estruturados para estimativas de biomassa. Foram testados neste estudo 12 procedimentos diferentes, previamente propostos em literatura para pescarias com dados escassos (Carruthers *et al.*, 2014; Carruthers & Hordyk, 2018), com diferentes requisitos de informação e métodos de cálculo de limites de captura (Tabela 2). Os MPs são utilizados em duas etapas do estudo: (1) nas simulações realizadas na MSE quando testados sobre a população estudada e (2) no cálculo dos limites de captura quando aplicados diretamente aos dados biológico-pesqueiros. No caso da estimativa dos limites de captura, são realizadas 200 repetições seguindo os parâmetros de entrada e seus respectivos coeficientes de variação em distribuição normal, já os detalhes da MSE são apresentados a seguir.

## 2.3 AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE GESTÃO

Para a análise de MSE foram realizadas 200 simulações para reproduzir a população do pargo por 20 anos e testar cada MP, sendo o estoque modelado com estrutura de idades, a frota com esforço crescente e seletividade constante, com monitoramento trienal da depleção e implementação perfeita da estratégia de gestão. A cada simulação são recalculados tanto os parâmetros de referência ( $F_{MSY}$ ,  $B_{MSY}$  e  $Y_{MSY}$ ) como suas respectivas variáveis anuais, que são comparadas utilizando medidas chamadas indicadores de desempenho (PMs). Os PMs são variáveis predefinidas, geralmente associadas a pontos biológicos de referência, que permitem comparar a eficiência dos procedimentos de gestão com relação aos objetivos de manejo da pescaria. Esses valores geralmente estão associados à probabilidade de ocorrência de circunstâncias que se desejam ser evitadas ou alcançadas. Evitar colapso ou sobrepesca, níveis muito baixos de biomassa e instabilidade/incerteza nas capturas são alguns dos indicadores mais comuns, mas esses também podem considerar outros aspectos mais detalhados, como recuperação do estoque (caso já esteja colapsado), proteção de alguma fração da população etc. A seguir são descritos os indicadores utilizados no presente estudo.

- Probabilidade de não-sobrepesca (PNsp): porcentagem do número de simulações que resultaram com  $F > F_{MSY}$ ;
- Probabilidade de biomassa sustentável (PBsus): porcentagem do número de simulações que resultaram com  $B > B_{MSY}$ ;
- Probabilidade de rendimentos estáveis (PRest): porcentagem do número de simulações que resultaram com variações interanuais dos rendimentos inferiores a 20%;
- Probabilidade de rendimentos ótimos (PROtim): porcentagem do número de simulações que resultaram com  $Y > Y_{MSY}$ .

## 2.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Entre as principais incertezas sobre um recurso pesqueiro, por mais conhecido que este seja, estão seu atual estado de depleção (D) e as taxas de mortalidade anual por causas naturais (M). Não é diferente o caso do pargo e da maioria dos recursos pesqueiros do Brasil, onde não existem estimativas de abundância e do estado dos recursos explorados e qualquer intenção de gestão por cotas deve ser baseada em suposições bastante subjetivas sobre o estoque. O presente estudo oferece as bases para uma primeira abordagem desse tipo de gestão para o pargo e serve de referência para os demais recursos com características de vida e situação similares. Foram testados os resultados dos modelos considerando níveis distintos de depleção, considerando o estoque em 20% e 40% do virginal ( $D = 0,2$  e  $0,4$ ), e taxas de mortalidade natural na mesma variação ( $M = 0,2$  e  $0,4$ ), sendo que o caso-base considerou D e M iguais a 0,3. Foram analisados os efeitos dessas diferentes variações nos parâmetros sobre os resultados de cada MP, comparando as anomalias nas estimativas de limites de captura e nos indicadores de desempenho da MSE.

# 3. RESULTADOS

## 3.1 AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE GESTÃO

O comportamento de variáveis de interesse importantes ao longo das simulações mostra a boa estabilidade das estimativas já com 50 iterações e com valores praticamente constantes após 150 iterações, evidenciando a escolha de 200 iterações como suficiente para a convergência (FIGURA 1). A informação também nos fornece uma prévia dos resultados, onde observamos os métodos MCD4010 e SMPSY como mais conservativos e os métodos AvC e CC1 como mais arriscados.

As projeções de 200 simulações para 30 anos de variáveis associadas a biomassa, mortalidade e rendimentos relativos para cada MP podem ser observadas com suas medianas e os intervalos de 20% e 80% (FIGURA 2). Destaca-se a grande dispersão em  $SBB/SBB_{MSY}$  e  $F/F_{MSY}$  dos métodos AvC e CC1 após o quinto ano de simulação, enquanto os demais métodos apresentaram resultados mais condensados. Na grande maioria das simulações, as medianas das variáveis de biomassa relativa se mantiveram estáveis ou com incremento, sendo que somente CC1, DCAC e HDAAC resultaram com tendências claras de decaimento. Esses métodos também apresentaram períodos de crescimento na mortalidade por pesca, e o segundo resultou com valores bastante altos ao final da sé-

rie simulada. As projeções de rendimentos relativos ao ótimo de longo prazo mostram constante decaimento para os primeiros procedimentos, enquanto a maioria dos demais apresenta uma queda os primeiros anos para posterior recuperação. Destaque para os métodos DCAC4010, DAAC e HDAAC, que projetam reduções nos rendimentos a curto prazo para a recuperação do estoque e posterior aumento dos mesmos.

Para cada simulação realizada temos os pontos iniciais das variáveis  $B/B_{MSY}$  e  $F/F_{MSY}$  e os pontos finais, alcançados ao término do período simulado (FIGURA 3). Os métodos AvC e CC1 foram bastante impactantes, finalizando com altos níveis de mortalidade e baixos de biomassa relativa em diversas simulações, mas o método mais agressivo foi o DCAC, no qual quase 2/3 delas resultou no quadrante indesejado. Resultados mais conservativos foram observados para os procedimentos DCAC4010, MCD e SMPSY, ficando MCD4010 como o menos impactante.

## 3.2 ESTIMATIVAS DE LIMITES DE CAPTURA (LCS)

Os valores médios de LCs estimados para o pargo variaram entre 2,3 mil e 6,4 mil toneladas, e considerando a distribuição global de todas as repetições observamos 3 picos de frequência, às 4 mil, 5 mil e 6 mil t, com os métodos de capturas médias predominando entre os valores mais altos, junto com o DBSRA, e os que consideram ademais a depleção e os parâmetros populacionais com valores levemente mais reduzidos (FIGURA 4). Os valores mais conservativos foram os estimados pelos métodos que aplicam a depleção diretamente às capturas médias (MCD e MCD4010) e pelo método de excedente de produção (SPMSY). Os métodos mais complexos, que de alguma forma reconstróem a população (DBSRA e SMPSY), junto com as

capturas médias históricas (AvC), foram os que apresentaram maior amplitude de dispersão, enquanto os demais mostraram intervalos menores. Como era de se esperar, a ferramenta “4010” proporcionou uma redução nos valores com relação a seus métodos originais, cumprindo seu objetivo de oferecer uma alternativa mais conservativa aos mesmos em situações populacionais críticas.

Quando comparadas às capturas históricas, os resultados mostram que os valores máximos da série, em torno das 15 mil t, são muito superiores aos estimados por todos os métodos. Mesmo os valores relativamente estáveis do início da década de 1980, em torno das 10 mil t, tampouco foram aproximados pelos resultados (FIGURA 5). Em média, os procedimentos indicam volumes de captura um pouco abaixo dos valores observados na última década, próximos às 5 mil, mas alguns são ainda mais conservativos, com resultados abaixo das 3,5 mil t (MCD, MCD4010, DCAC4010 e SMPSY), volumes esses observados somente na década de 1950.

A análise combinada da MSE com as estimativas de LCs mostra que MPs com capturas acima das 4,5 mil t geralmente apresentam baixos valores de PNsp e PBsus, indicando risco de sobrepesca e insustentabilidade biológica, em prol de rendimentos maiores e às vezes mais estáveis (FIGURA 5). Já MPs com capturas próximas às 4 mil t ou menos tendem a apresentar maiores valores de probabilidade de não sobrepesca e de manutenção da biomassa sustentável sem provocar grandes reduções no comportamento dos rendimentos, mas, claro, reduzindo significativamente as possibilidades de rendimento ótimo em valores abaixo das 3 mil toneladas.

### 3.3 SENSIBILIDADE NOS CÁLCULOS DE LCs

Observa-se que a influência exercida pela incerteza

no parâmetro de depleção sobre as estimativas de LCs é significativa (com exceção para os MPs dependentes exclusivamente das capturas, em que é nula, como esperado), o que não acontece para a mortalidade natural. Variações em 20% nas atuais proporções assumidas da biomassa virginal, que caracterizam os níveis de depleção, podem gerar diferenças de mais de 6 mil t no LC para um mesmo método, como no caso de DBSRA4010. No entanto, esse é um resultado extremo, e em média a diferença entre os cenários foi de 3 mil t, com valores reduzidos de LCs ao considerar a população mais impactada (D0.2), e mais altos no caso de a população apresentar uma situação mais saudável (D0.4). No extremo mais conservativo, observamos os métodos mais afetados, como MCD4010 e DBSRA4010, com sugestões de LCs inferiores às 1,5 mil t no cenário mais pessimista (782 t para o primeiro), enquanto o método DBSRA se mostrou o mais arriscado, com 8,6 mil t de LCs no cenário mais otimista (Tabela 3, Figura 6).

A incerteza na mortalidade natural teve menor efeito sobre as estimativas de LC, sendo que, entre os dois casos alternativos ( $M = 0,2$  e  $M = 0,4$ ), as diferenças em todos os casos foram inferiores às 2 mil toneladas. Nos casos em que a mortalidade natural foi considerada mais baixa, os valores de LC resultaram um pouco inferiores aos do caso-base, o contrário ocorrendo quando a mortalidade natural foi assumida maior. O modelo mais sensível à mortalidade natural foi o DBSRA, com cerca de 1,3 mil t de diferença entre os cenários, enquanto o restante dos modelos não variou mais que 500 toneladas. O modelo menos afetado pela variação na mortalidade natural foi DCAC4010, mas este se apresentou bastante sensível à incerteza na depleção, enquanto o método DCAC foi o menos afetado em toda a análise de sensibilidade (FIGURA 6).

Além da redução nas estimativas de LC em geral, o cenário  $D = 0,2$  também apresentou diminuição da dispersão na maioria das estimativas, enquanto o oposto pode ser visto para o cenário  $D =$

0,4, com exceção para DCAC4010. Os métodos DBSRA e DBSRA4010 apresentaram importante aumento nas distribuições neste último cenário. Assim como, nas estimativas médias, a variação na mortalidade natural pouco afetou a dispersão dos valores de LC resultantes.

### 3.4 SENSIBILIDADE NA MSE

Os resultados sinalizam que as MSE também se mostraram significativamente sensíveis à incerteza, com tendências gerais de resultados similares aos vistos para as LCs nas duas variáveis biológico-pesqueiras, PNsp e PBsus, e mais difusos sobre os critérios de rendimento PRest e PRotim, sendo a diferença observada para as MPs baseadas nas capturas, que apresentaram alta sensibilidade à incerteza na depleção. Os primeiros também apresentaram consideráveis efeitos negativos com  $D = 0,2$  e positivos com  $D = 0,4$ , não tão evidentes para a mortalidade natural. AvC, CC1, CC4 e DCAC foram os mais afetados pela incerteza em D, para esses critérios, enquanto as probabilidades nas MPs com o mecanismo “4010” foram mais robustas.

Para os indicadores associados aos rendimentos, as variações em D e M apresentaram impacto menor nas probabilidades de estabilidade de otimização, quase todos até 5% e dentro dos desvios-padrão combinados, portanto, com baixa importância estatística. Exceção para os métodos DBSRA, DBSRA4010 e MCD4010, que se mostraram bastante mais afetados na estabilidade dos rendimentos pelas variações em M que os demais MPs, mas com efeitos opostos aos observados nos critérios anteriores. Comportamento similar foi observado para os rendimentos médios, onde o cenário mais otimista de depleção estranhamente gerou menores probabilidades de níveis ótimos para diversos métodos. Já para a incerteza em M, a única anomalia significativa em PRotim foi em SPMSY, com maiores valores em  $M = 0,2$  e menores em  $M = 0,4$ .



## 4. CONCLUSÃO

As características da dinâmica populacional do pargo, com ampla distribuição e alta longevidade, somadas às particularidades da atividade pesqueira no Brasil, que atua apenas sobre uma fração da população, parecem ter colaborado para certa estabilidade nos desembarques nos últimos 25 anos, em torno das 6 mil toneladas, segundo dados da FAO (FishStat, 2019). Tal comportamento refletiu na baixa diferença entre os procedimentos AvC e CC1, que dependem exclusivamente das capturas, mas diferem no tamanho da série de tempo considerada, ficando os mesmos entre os valores mais elevados de LC de todo o estudo. A baixa discrepância entre esses métodos aponta para a pouca importância do período inicial da série histórica de captura nos resultados de LC. Mesmo com as grandes variações naquele período, que também são fonte de grande incerteza e discrepância na literatura (Dias-Neto & Dias, 2015), essas não influenciaram nas estimativas atuais, mantendo a média histórica similar à dos anos mais recentes (diferença menor a 300 t). No entanto, os resultados do presente estudo mostram que o otimismo pela aparente estabilidade e a possível manutenção do *status quo* da pescaria só pode ser avaliado em caso de uma condição saudável do estoque cuja sabida incerteza é fonte recorrente de discussão.

Nas condições de depleção consideradas no caso-base, em 30%, as capturas médias ou próximas às atuais apresentam considerável probabilidade de sobrepesca e de reduções de biomassa (40-50%), índice que melhora bastante caso se considere o estoque 10% mais saudável, sendo o inverso também verdadeiro. Deve-se ressaltar que esses métodos baseados somente nas capturas carecem de informação sobre o estado do estoque no cálculo do LC, só devendo ser utilizadas como medida de gestão em caso de pescarias com extrema escassez de informação e nenhuma previsão de evolução no monitoramento. Um reflexo desta característica está na baixa probabilidade desses métodos em manter o estoque a níveis sustentáveis nas simulações, mas alta em manter os rendimentos estáveis e elevados.

Sendo assim, as capturas médias históricas ou recentes podem ser uma referência aos possíveis rendimentos em caso de situação saudável do estoque, pois, no caso do pargo, apresentam volumes similares aos estabilizados nos últimos anos. Contudo, existem evidências de que o estoque sofre algum grau de sobrepesca de crescimento há algum tempo, como o aumento na proporção de indivíduos jovens e a redução nos tamanhos médios nas capturas (Ivo & Souza, 1988) e nos comprimentos de primeira maturação (Souza et al., 2003), mais recentemente. O anterior levanta

uma discrepância entre as evidências fornecidas pela estrutura de comprimento da população e as apontadas pela série histórica de capturas, aumentando a incerteza sobre o atual estado de exploração do estoque e, portanto, a importância de sua abordagem na análise de sensibilidade.

Os métodos MDC e MCD4010, além de apresentarem valores de LCs mais conservativos, também se mostram afetados nas estimativas de LCs na análise de sensibilidade, mas não tanto nas probabilidades de não sobrepesca e de biomassa sustentável. Ainda que a curto prazo tais métodos proponham fortes reduções nas capturas, as simulações mostram que a recuperação de biomassa também se veria refletida nos rendimentos a médio prazo, e finalizando os 30 anos de simulação com níveis relativos similares aos métodos anteriores, mas biomassa relativa muito maior e menor mortalidade por pesca. A regra 4010, que pode ser aplicada a diferentes tipos de procedimentos, também é fator relevante na sensibilidade aos níveis populacionais assumidos, já que  $D = 0,3$  se encontra dentro dos limites de sua primeira banda de influência, e no cenário otimista assume seu limite superior ( $D = 0,4$ ). Geralmente, a regra traz sensibilidade ao método nas estimativas de LC e robustez na MSE, com exceção para a probabilidade em manter rendimentos estáveis, o que parece estar correlacionado. Essa regra tem maior efeito quando aplicada ao modelo de reconstrução do estoque (DBSRA), fazendo deste ainda mais sensível nas estimativas de LCs, pois, ao assumir a depleção tanto em 0,2 como em 0,4, a análise estocástica possibilita ocorrências fora dos limites desta banda de influência, aumentando o impacto da regra no primeiro caso e reduzindo no segundo.

Os métodos que corrigem o efeito da depleção com o rendimento potencial da população (DCAC, DCAC4010, DAAC e HDAAC) surtiram o efeito e as estimativas resultaram em valores intermediários entre os métodos de capturas médias e os de aplicação direta da depleção. O primeiro e o

terceiro foram os mais otimistas, resultando em valores altos de LC, sendo que o primeiro foi pouco afetado nessas estimativas durante a análise de sensibilidade, mas sua capacidade de evitar sobrepesca e manter a biomassa sustentável se viram significativamente alterados. Sua alternativa mais conservadora, DCAC4010, reduziu significativamente as estimativas de captura e respondeu às variações em  $D$ , mas apresentou melhor probabilidade final de evitar sobrepesca e manter a biomassa, inclusive na análise de sensibilidade. O método HDAAC mostrou um comportamento discreto em toda a análise, com equilíbrio entre robustez à incerteza e boa resposta nos cenários mais pessimistas. O detalhe deste método está na adoção de um mecanismo de precaução em caso de depleção abaixo dos valores de referência sustentáveis, que permite rápida resposta nas estimativas de LC nessas situações e aumento mais gradual em situações positivas.

A alta sensibilidade na estimativa de LCs do método que reconstrói o estoque através do modelo de redução, DBSRA, e sua variação conservativa, DBSRA4010, se deve ao fato deles partirem justamente deste parâmetro para reconstruir toda a história da população retrospectivamente, além do uso do mecanismo 4010, que também colabora para a alta dispersão no segundo. O método também se mostrou o mais sensível à incerteza nos valores de mortalidade natural, provavelmente devido à utilização deste parâmetro em todas as etapas do procedimento, tanto na reconstrução da população para estimar a biomassa virginal como no posterior cálculo do LC, diferente da maioria dos outros métodos. No entanto, esses procedimentos mostraram baixa sensibilidade nos critérios de sustentabilidade da MSE, ainda que o primeiro com altos valores de LC e baixa probabilidade de biomassa sustentável; já o segundo com valores mais conservativos. A maior dispersão nas estimativas de LC ocorre provavelmente devido à utilização de um maior número de parâmetros, cujas incertezas acumuladas resultam numa maior

variância dos resultados, o que também podemos observar no modelo de produção SPMSY. Os altos valores nas estimativas de LCs de DBSRA ocorre devido à baixa influência da depleção, evidenciado pelo aumento do seu efeito redutivo quando se incorpora a regra 4010 sobre este método e os LCs resultam bastante mais baixos. Outro resultado interessante desses modelos foi a alta sensibilidade de PRest à incerteza nos valores de M, em que a relação inversa surpreende e instiga análises futuras mais detalhadas.

Por sua vez, o procedimento SPMSY, apesar de também apresentar ampla dispersão nos resultados finais de LC, estimou valores entre os mais baixos de todo o estudo, possivelmente resultado das baixas taxas de crescimento populacional e da alta depleção estimada pelo mesmo. Deve-se considerar que a ampla dispersão nas estimativas finais desses modelos também pode estar relacionada à discrepância entre as informações utilizadas, no entanto, considerações mais detalhadas sobre o comportamento desses modelos populacionais, especialmente seus resultados de biomassa, dependem de um olhar mais minucioso sobre os processos de ajustes e estimativas dos parâmetros. A PNsp e PBsus deste método resultaram altas, mas não tanto se considerado o baixo valor dos LCs, sendo este procedimento o menos eficiente nos critérios de rendimentos ótimos e estáveis. O método não ofereceu resultados relevantes na análise de sensibilidade, somente sua robustez geral na estimativa de LCs e sensibilidade negativa em PRotim com depleção e mortalidades mais elevados.

De maneira geral, os resultados combinados da MSE e das estimativas de LCs mostram que os procedimentos (MPs) cujas probabilidades de não sobrepesca são superiores a 80% sugerem limites de captura abaixo das 4,5 mil t, e superiores a 90% abaixo das 3,5 mil t. Por outro lado, tais MPs com TACs abaixo das 3,5 mil t apresentam reduzidas possibilidades de alcançar rendimentos ótimos, ou estáveis, como no caso do modelo de produção, por exemplo.

Apesar dos resultados considerarem explicitamente as estimativas instantâneas de cota, o uso da MSE estimula tomadas de decisão tendo em conta suas variáveis de rendimento de longo prazo como as probabilidades de rendimentos ótimos e estáveis. Isso porque os valores de cota podem necessitar variações importantes a médio prazo, dependendo do MP e das condições do estoque, como visto nas simulações, que consideram revisões a cada 3 anos.

Por outro lado, é esperado que certa variabilidade nas limites de captura seja positiva como resposta às possíveis variações populacionais, e promove maiores probabilidades de manter a população em níveis sustentáveis. Portanto, o equilíbrio entre os critérios de sustentabilidade e o alcance de rendimentos ótimos e estáveis, bem como a robustez à incerteza testada no presente estudo, devem ser as guias para decisão da estratégia adequada a tomada.



# 5. BIBLIOGRAFIA

- BENTES, B.S.; ARAGÃO, J.A.N.; FREIRE, J.L.; LUTZ, I.A.F.; SARMENTO, G.C.; GOMES, T. 2017. Relatório: Documento técnico sobre a situação atual das pescarias do pargo na região Norte do Brasil. Universidade Federal do Pará, Bragança. 132p.
- BUTTERWORTH, D.S.; PUNT, A.E. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. *ICES J. Mar. Sci.* 56, 985-998.
- CARRUTHERS, T.R.; PUNT, A.E.; WALTERS, C.J.; MACCALL, A.; MCALLISTER, M.K.; DICK, E.J.; COPE, J. 2014. Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries. *Fisheries Research*. 153: 48-68.
- CARRUTHERS, T.R.; KELL, L.T.; BUTTERWORTH, D.S.; MAUNDER, M.N.; GEROMONT, H.F.; WALTERS, C.; MCALLISTER, M.K.; HILLARY, R.; LEVONTIN, P.; KITAKADO, T.; DAVIES, C.R. 2016. Performance review of simple management procedures. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 464-482.
- CHARRUTERS, T. & HORDYK, A. 2018. The Data-Limited Methods Toolkit (DLMtool): An R package for informing management of data-limited populations. *Methods Ecol. Evol.* 2018;1-8.
- COCHRANE, K.L.; BUTTERWORTH, D.S.; DE OLIVEIRA, J.A.A.; ROEL, B.A. 1998. Management procedures in a fishery based on highly variable stocks and with conflicting objectives: experiences in the South African pelagic fishery. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 8, 177-214.
- DE OLIVEIRA, J. A. A. & BUTTERWORTH, D. S. 2004. Developing and refining a joint management procedure for the multispecies South African pelagic fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1432-1442.
- DE OLIVEIRA, J. A.; KELL, L. T.; PUNT, A. E.; ROEL, B. A.; BUTTERWORTH, D. S. 2009. Managing without best Predictions: The Management Strategy Evaluation Framework. In *Advances in Fisheries Science* (eds A. Payne, J. Cotter and T. Potter). doi:10.1002/9781444302653.
- DIAS-NETO, J.; DIAS, J. DE F. O. O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca. Brasília: Ibama, 2015. 292 p.

- DICK, E.J. & MACCALL, A.D. 2010. Estimates of sustainable yield for 50 data-poor stocks in the Pacific Coast groundfish fishery management plan. Technical memorandum. Southwest fisheries Science Centre, Santa Cruz, CA. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration of the U.S. Department of Commerce. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-460.
- DICK, E.J. & MACCALL, A.D. 2011. Depletion-based stock reduction analysis: a catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks *Fish. Res.*, 110, p. 331-341.
- DOWLING, N. A.; SMITH, D.; SMITH, A.; PARMA, A.; DICHMONT, C.; SAINSBURY, K.; WILSON, J.; DOUGHERTY, D. & COPE, J. 2014. Generic solutions for data-limited fishery assessments are not so simple. *Fish and Fisheries*, 20-1:174-188.
- FAO, 2020. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2019. [www.fao.org/-/fishery/statistics/software/fishstatj/en](http://www.fao.org/-/fishery/statistics/software/fishstatj/en).
- FONTELES-FILHO, A. A. 1969. Estudo preliminar sobre a pesca do pargo, *Lutjanus purpureus*, Poey no Nordeste brasileiro. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 9 (1): 83-88.
- FONTELES-FILHO, A. A. 2000. Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia do pargo (*Lutjanus purpureus*), Poey da ZEE do Nordeste do Brasil. Brasília, p. 25.
- GEROMONT, H.F. & BUTTERWORTH, D.S. 2014. Complex assessment or simple management procedures for efficient fisheries management: a comparative study. *ICES J. Mar. Sci.*
- GEROMONT, H.F. & BUTTERWORTH, D.S. 2014. Generic management procedures for data-poor fisheries forecasting with few data. *ICES J. Mar. Sci.*
- HADDON, M. 2011. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*, 2<sup>nd</sup> Edition.
- HILBORN, R. & WALTERS, C. J. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty*. New York: Chapman and Hall.
- IVO, C. T. C. & HANSON A. J. 1982. Aspectos da biologia e dinâmica populacional do pargo, *Lutjanus purpureus*, Poey no Norte e Nordeste brasileiros. *Arq. Ciên. Mar.*, 22(1/2):1-14.
- MACCALL, A.D. 2009. Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 2267-2271.
- MARTELL, S. & FROESE, R. 2012. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*.
- MMA/SEAP, 2018. Plano de recuperação do Pargo (*Lutjanus purpureus*). *Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria Aquicultura e Pesca (SEAP), Brasil*. 51p.

- MONTEIRO, N. U. & BARROSO, L. 1963. Estudo sobre o ciclo sexual e regime alimentar do pargo. Boletim do Estado da Pesca. 11:3-9, 1963.
- MONTEIRO, N. U. & BARROSO, L. 1963. Estudo sobre o ciclo sexual e o regime alimentar do pargo. Boletim do Estado da Pesca. 11:3-9, 1963.
- PUNT, A.E.; SMITH, D.C.; SMITH, A.D.M. 2011. Among-stock comparisons for improving stock assessments of data-poor stocks: the "Robin Hood" approach. ICES J. Mar.Sci. 68, 972-981.
- PUNT, A.E.; BUTTERWORTH, D.S.; DE MOOR, C.L.; DE OLIVEIRA, J. A. A. & HADDON, M. 2014. Management strategy evaluation: best practices. Fish, 17: 303-334.
- ROCHA, C.A.S.; IVO, C.T.C. & LOPES, J.A.C. 1982. Análise da distribuição do esforço de pesca nas áreas de captura do pargo, *Lutjanus purpureus*, Poey no Norte e Nordeste do Brasil. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 22: 73-81.
- SOUZA, R.C. 2002. Dinâmica populacional do pargo (*Lutjanus purpureus*) Poey, 1875 (*Pisces: Lutjanidae*) na plataforma norte do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém. 92p.
- SILVA, R.D.F. 2015. Análises populacionais de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866) da costa atlântica ocidental a partir de marcadores moleculares. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. 70p.
- SOUZA, R.F.C.; IVO, C.T.C. & DE SOUZA, R.A.L. 2003. Aspectos da reprodução do pargo, *Lutjanus purpureus* (Poey, 1875), na costa norte do Brasil. Bol. Téc. Cient. Cepnor, Belém, v. 3, n. 1, p. 107-121, 2003.
- SOUZA, R.F.C.; IVO, C.T.C. 2004. Estudo da seletividade do pargo, *Lutjanus purpureus*, Poey, 1875, (*Pisces: Lutjanidae*), capturado com ovo na região Norte do Brasil. Bol. Téc. Cient. Cepnor, Belém, v. 4, n. 1, p. 9-20.
- SILVA, B.B.; ARAGÃO, J.A.N.; FREIRE, J.L.; LUTZ, I.A.F.; SARMENTO, G.C. & GOMES, T. 2017. Documento técnico sobre a situação atual das pescarias do pargo na região Norte do Brasil. Universidade Federal do Pará. 132p.
- THORSON, J.; BRANCH, T.; JENSEN, O. AND QUINN, T. 2012. Using model-based inference to evaluate global fisheries from landings, location and life history data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 69: 645-655.
- VASCONCELLOS, M. 2000. Ecosystem impacts of fishing forage fishes: an analysis of harvest strategies for the Brazilian sardine. PhD thesis. Vancouver, University of British Columbia. 190p.
- UNIVALI/CTTMAR, 2000-2013. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí.



# 6. FIGURAS

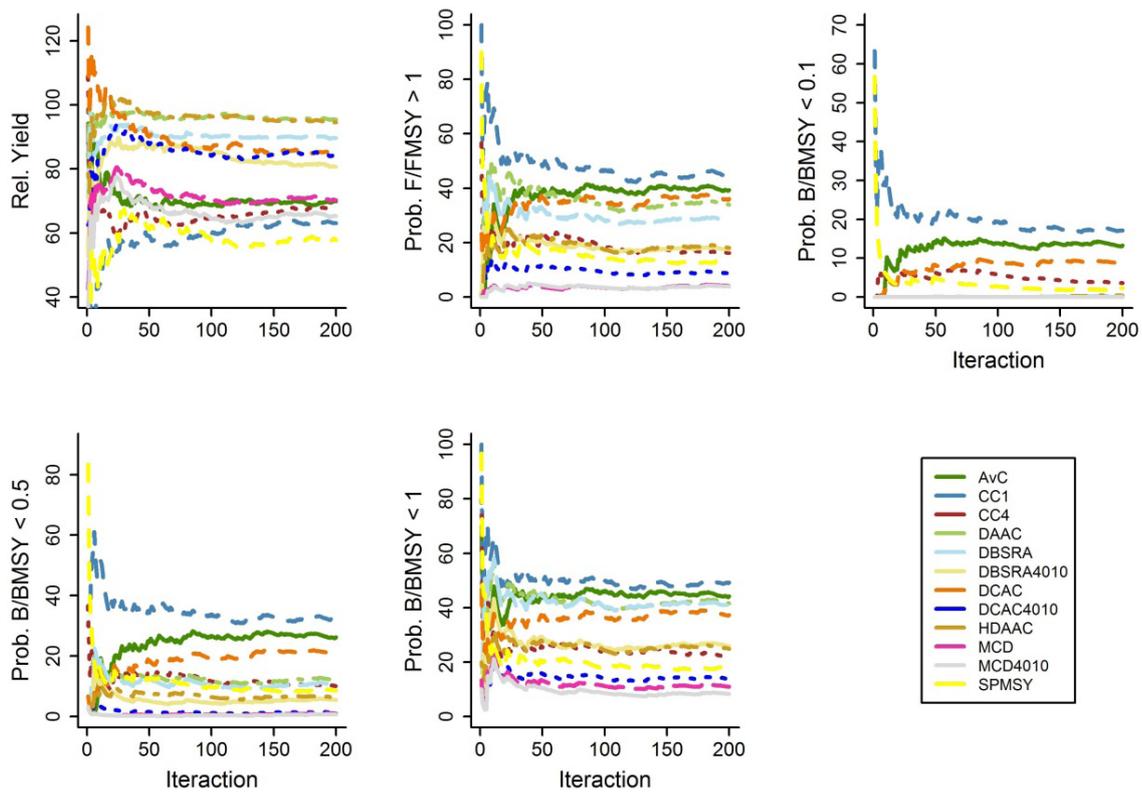


FIGURA 1: Convergência de variáveis de interesse ao longo das simulações realizadas na MSE

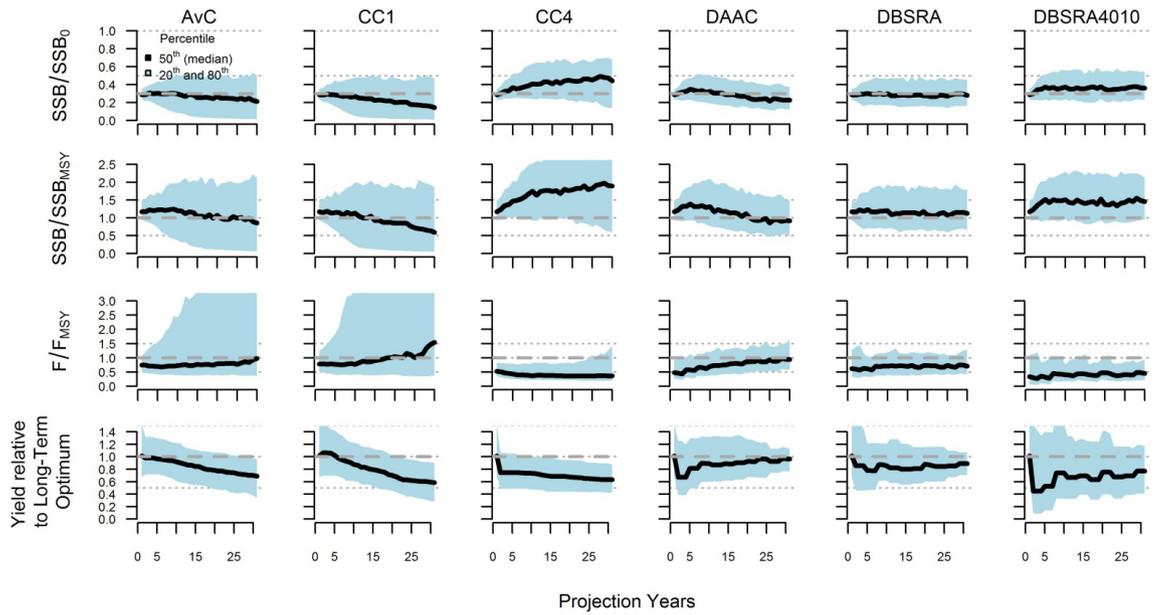


FIGURA 2: Projeções de variáveis de interesse com diferentes métodos de cálculo (MPs) ao longo dos anos simulados na MSE

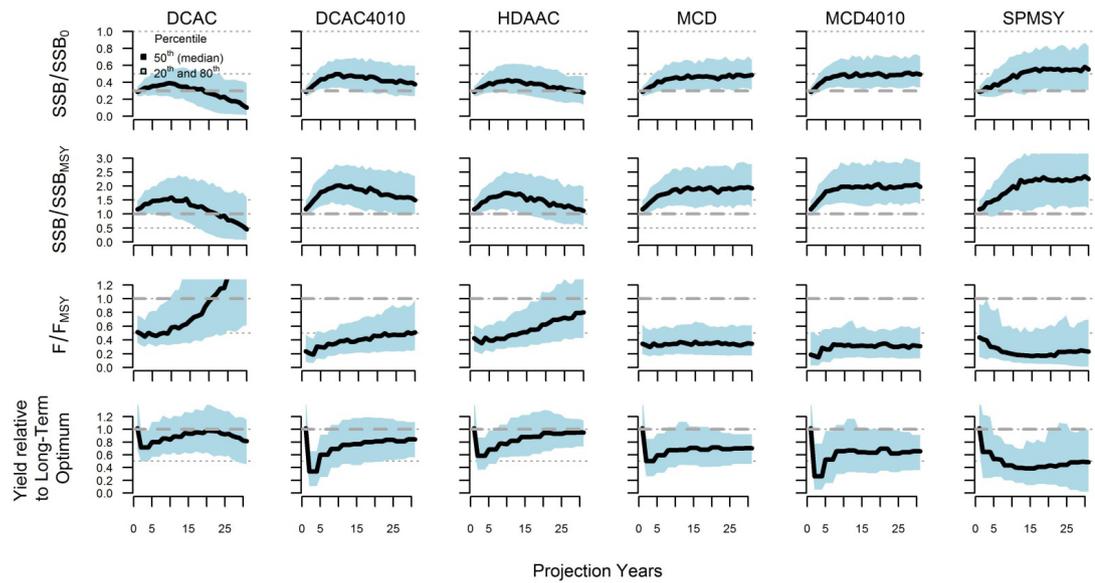


FIGURA 2B: Continuação

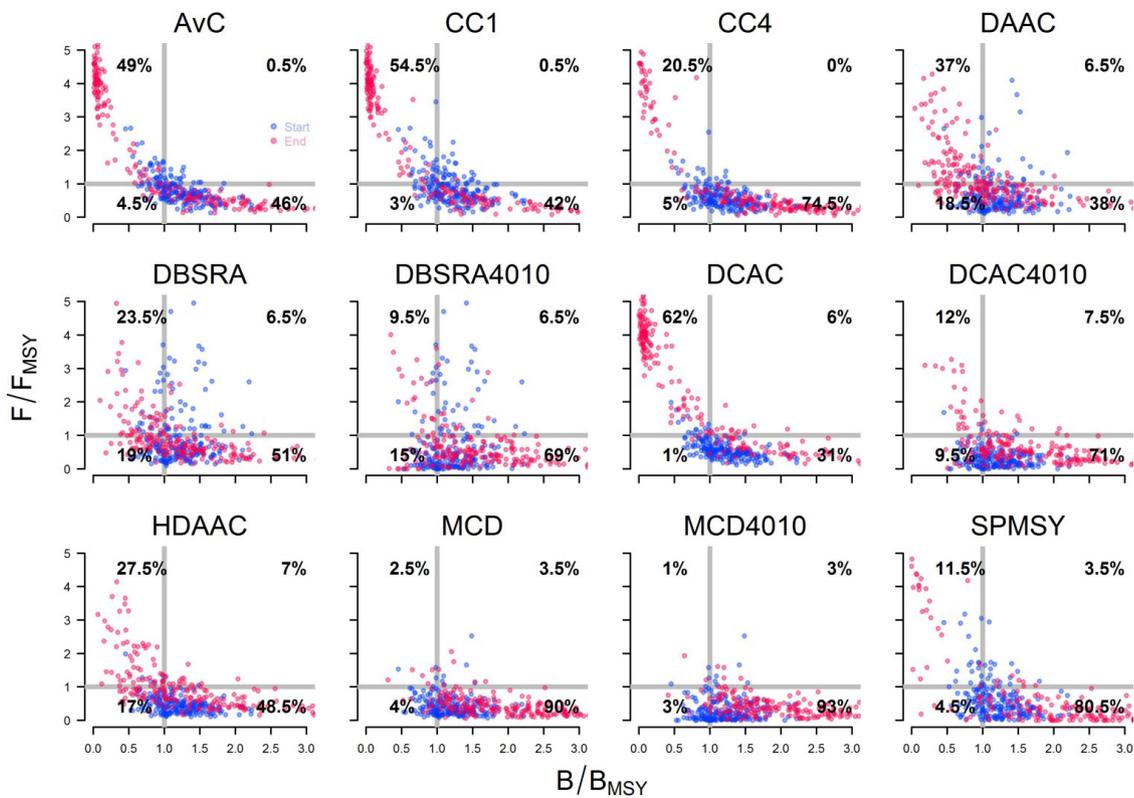


FIGURA 3: Estimativas pontuais de início (azul) e fim (vermelho) da série de anos simulados na MSE para diferentes MPs

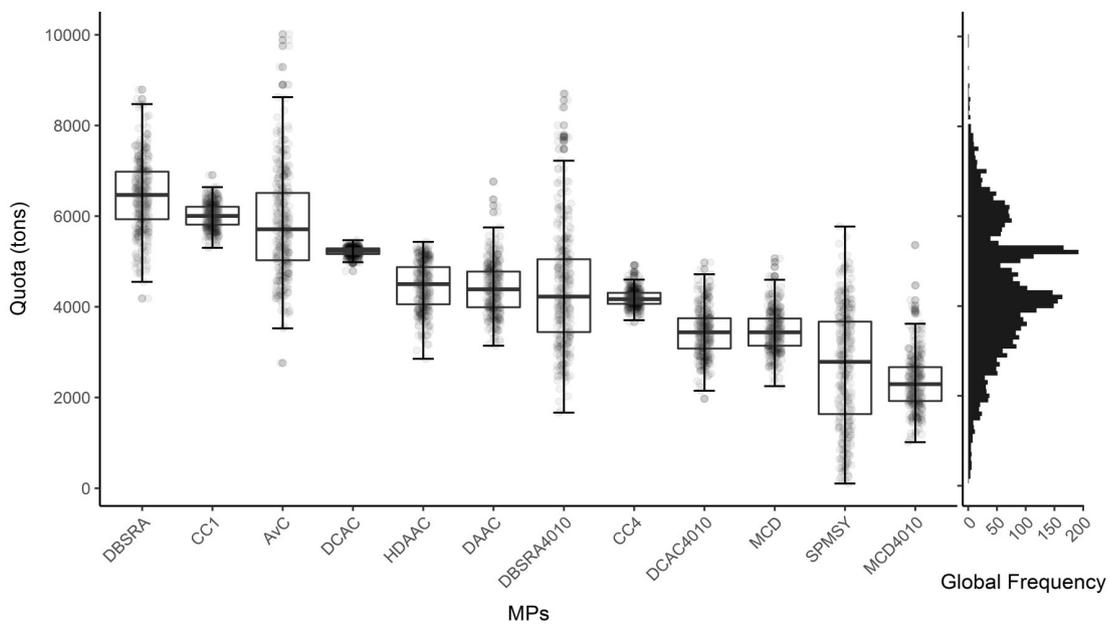


FIGURA 4: Diagrama de caixa com mediana, máximas, mínimas, quartis de 25% e 75% e distribuição global das estimativas de cota para a pesca do pargo no NE/N do Brasil, com diferentes procedimentos de gestão MP/MPs

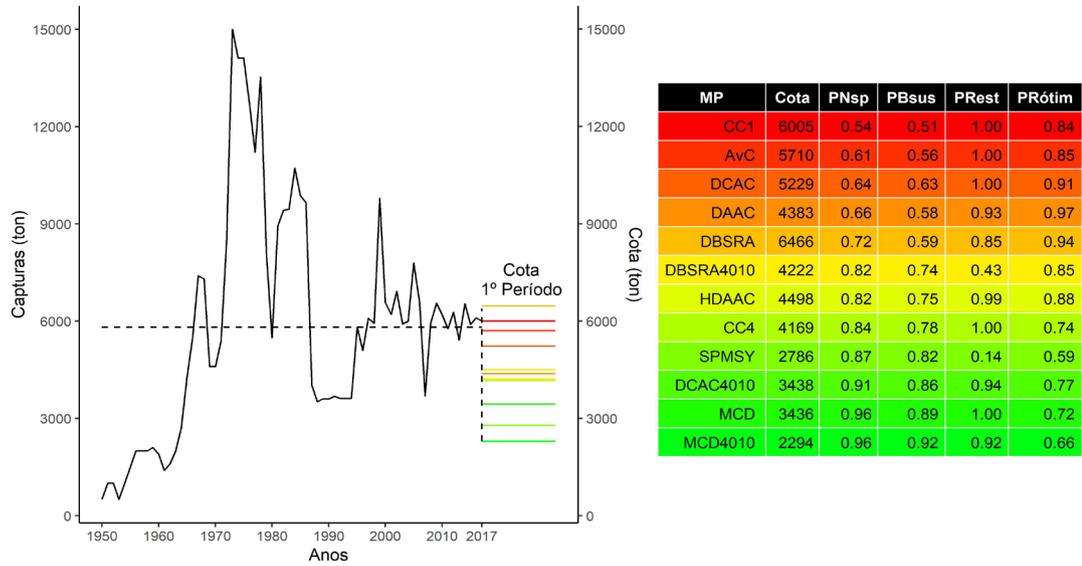


FIGURA 5: Registro histórico de capturas (contínua), média histórica (tracejada), resultados de cota para o primeiro período de gestão (linhas cores) e indicadores de desempenho para os diferentes MPs na MSE do pargo.

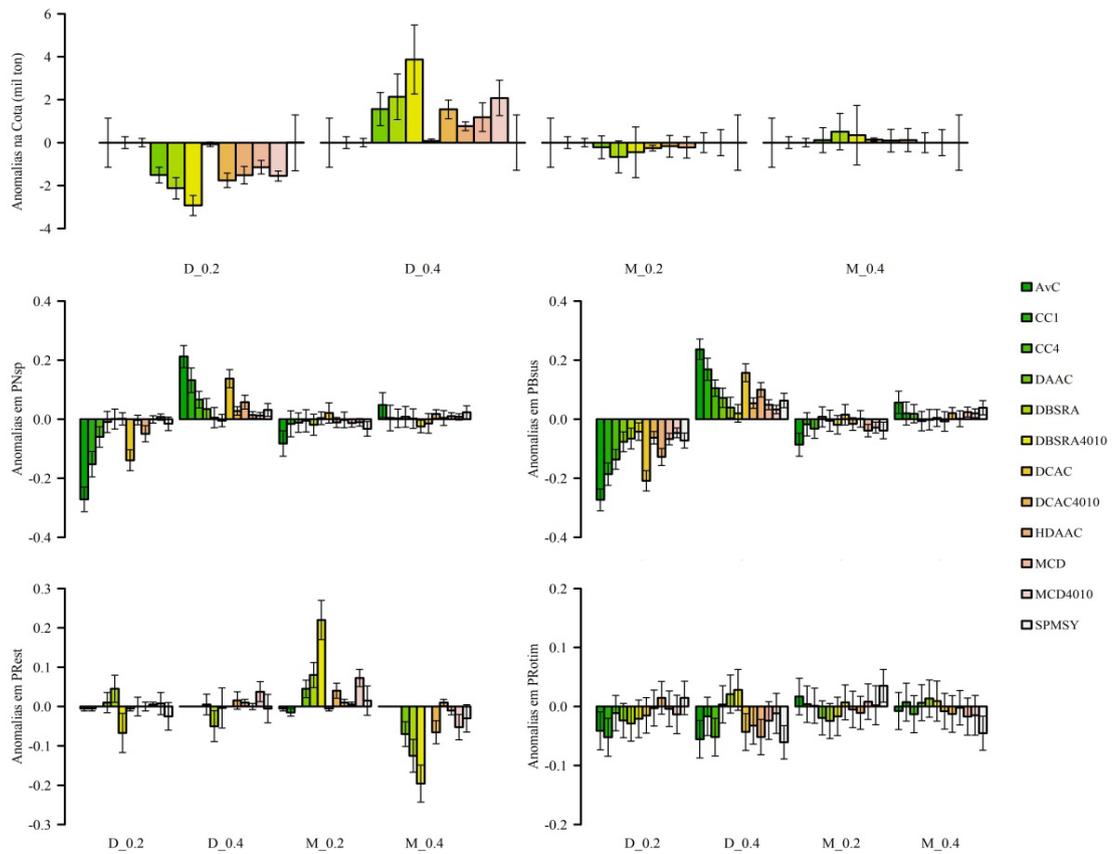


FIGURA 6: Anomalias nas estimativas de cota e indicadores de desempenho, PIs, do caso-base para os casos alternativos (D0.2, D0.4, M0.2, M0.4) da análise de sensibilidade

# 7. TABELAS

TABELA 1: Compilação dos principais parâmetros para o pargo (*Lutjanus purpureus*) utilizado no presente estudo

Parâmetro	Valor	Fonte
<b>Idade e Crescimento</b>		
$L_{\infty}$ (cm)	96.0	Bentes et al., 2017
K	0.13	
$A_{\max}$ (anos)	33.0	Souza, 2002
$L_{\max}$ (cm)	103.0	
<b>Peso x Comprimento</b>		
a	0.025	
b	2.789	
<b>Maturidade</b>		
$Lm_{50}$ (cm)	39.2	Bentes et al., 2017
$Lm_{95}$ (cm)	52.0	
<b>Seletividade</b>		
$Lc_{50}$ (cm)	38.2	
$Lc_{95}$ (cm)	41.0	Souza & Ivo, 2004
<b>Mortalidade</b>		
M (year <sup>-1</sup> )	0.3	Bentes et al., 2017
<b>Pesqueiros</b>		
$B_{MSY}/B_0$	0.35	Thorson et al., 2012
$F_{MSY}/M$	0.87	Zhou et al., 2012

TABELA 2: *Management Procedures (MPs)* usados na *Management Strategy Evaluation (MSE)* para o pargo (*Lutjanus purpureus*) no Brasil

Tipo de MP	Definição	Requerimentos
<b>Base nas Capturas</b>		
AvC	Captura Média Histórica	Capturas
CC1	AvC - últimos 5 anos	"
CC4	70% de CC1	"
<b>Base na Depleção</b>		
MCD	AvC ponderado pela Depleção	Capturas + Depleção
MCD <sub>4010</sub> *	MCD com regra 4010	"
DCAC	MCD com Rend. Potencial	Capturas + Depleção + $\frac{B_{MSY}}{B_0} + \frac{F_{MSY}}{M}$
DCAC <sub>4010</sub> *	DCAC com regra 4010	"
DAAC	DCAC dividido por $\frac{B_{MSY}}{B_0}$	"
HDAAC	DAAC quando $B < B_{MSY}$ e DCAC quando $B > B_{MSY}$	"
<b>Base em Modelo</b>		
DBSRA	Modelo de Redução do Estoque	Capturas + Depleção + $\frac{B_{MSY}}{B_0} + \frac{F_{MSY}}{M} + L_{50\%} + K + L_{\infty} + t_0$
DBSRA <sub>4010</sub>	DBSRA com regra 4010	
SPMSY	Modelo de Produção	Capturas + $A_{max} + L_{50\%} + K + L_{\infty} + t_0$

\* A regra 4010 reduz linearmente a cota quando o esgotamento estiver abaixo de 0,4 até zero quando em 0,1 da biomassa virginal.

TABELA 3: Análise de sensibilidade comparando as estimativas de cota do Caso Base (CB) às dos cenários de incerteza nos parâmetros de depleção (D) e de mortalidade natural (M)

MPs	CB	D0.2	D0.4	M0.2	M0.4
DAAC	4,383	2.897	5.967	4.195	4.525
DBSRA	6,466	4.320	8.578	5.776	6.953
DBSRA4010	4,222	1.449	8.247	3.929	4.726
DCAC	5,229	5.144	5.299	4.968	5.358
DCAC4010	3,438	1.683	4.989	3.272	3.533
HDAAC	4,498	2.946	5.226	4.240	4.582
MCD	3,436	2.317	4.645	3.462	3.462
MCD4010	2,294	782	4.414	2.336	2.336







**OCEANA** Proteger os oceanos  
e alimentar o mundo

BRASIL.OCEANA.ORG

