



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Avaliação de Impacto Ambiental Baseada em Serviços Ecossistêmicos: Proposta Metodológica Aplicada em Carcinicultura

Davi Leal dos Santos Barbosa¹, Bruna de Freitas Iwata², Sheila Milena Neves Araújo Soares³, Francisco Soares Santos Filho⁴

¹ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, CEP: 64.049-550, Teresina, Piauí. davileal000@outlook.com (autor correspondente). ² Doutora em Ciência do Solo (UFC), Professora efetiva do Instituto Federal do Piauí, R. Álvaro Mendes, 94 - Centro (Sul), CEP: 64000-040, Teresina, Piauí. iwata@ifpi.edu.br. ³ Doutora em Biologia Vegetal (UFRPE), Professora efetiva da Universidade Estadual do Piauí, Av. Nossa Sra. de Fátima, s/n - Nossa Sra. de Fátima, CEP: 64202-220, Parnaíba - PI. smilenasoares@phb.uespi.br. ⁴ Doutor em Botânica (UFRPE), Professor efetivo da Universidade Estadual do Piauí, R. João Cabral - Matinha, CEP: 64018-030, Teresina - PI. franciscossoares@ccn.uespi.br

Artigo recebido em 19/04/2024 e aceito em 26/10/2024

RESUMO

O crescimento vertiginoso em pesquisas sobre os Serviços Ecossistêmicos (SE) tem exigido não apenas a compreensão, mas a incorporação conceitual nos mais diversos âmbitos, dentre eles, a Avaliação de Impacto Ambiental. Nesse sentido, surge a necessidade de uma abordagem holística e integrada para avaliar os impactos ambientais e, especialmente, os serviços ecossistêmicos afetados. Para tanto, propomos uma nova abordagem metodológica quali-quantitativa de avaliação de impacto ambiental a serviços ecossistêmicos em um caso hipotético de empreendimento de carcinicultura nas fases de instalação e operação no litoral do Piauí, Brasil. O modelo metodológico foi estruturado em cinco etapas de análise: a categorização e classificação dos impactos ambientais; a análise da tendência de impactos; o somatório dos valores de impacto; criação de uma matriz de impacto aos SE; e a classificação de Peso Porcentagem de Serviços e Graus de Impacto Ambiental. Foram identificados 38 impactos ambientais e 28 SE em diferentes fases do empreendimento, os impactos afetaram predominantemente os serviços de regulação e manutenção. A análise também destaca a interconexão desses serviços com as funções ecossistêmicas fundamentais e as alterações biofísicas, como à redução vegetal e alterações nos ciclos biogeoquímicos. Constatou-se a não linearidade entre a presença de impacto ambiental e a sinergia dos impactos aos SE, desse modo, cabe a implementação de medidas de mitigação estratégicas, dado que os impactos ambientais se comportam de modo distinto aos SE. O método proposto mostrou-se viável e aplicável no levantamento e preservação da integridade dos ecossistemas e dos serviços que eles fornecem.

Palavras-chave: Método, Licenciamento ambiental, Mitigação, Zona costeira, Restinga.

Environmental Impact Assessment Based on Ecosystem Services: A Methodological Proposal Applied to Shrimp Farming

ABSTRACT

The vertiginous growth in research into Ecosystem Services (ES) has required not only understanding, but also conceptual incorporation into a wide range of areas, including Environmental Impact Assessment. In this sense, there is a need for a holistic and integrated approach to assessing environmental impacts and, in particular, the ecosystem services affected. To this end, we propose a new qualitative and quantitative methodological approach to environmental impact assessment of ecosystem services in a hypothetical case of a shrimp farming project in the installation and operation phases on the coast of Piauí, Brazil. The methodological model was structured into five stages of analysis: the categorization and classification of environmental impacts; the analysis of the trend of impacts; the sum of impact values; the creation of an impact matrix for ES; and the classification of Percentage of Services and Degrees of Environmental Impact. 38 environmental impacts and 28 ES were identified at different stages of the project, with the impacts predominantly affecting regulation and maintenance services. The analysis also highlights the interconnection of these services with fundamental ecosystem functions and biophysical changes, such as vegetation reduction and alterations to biogeochemical cycles. There was a non-linearity between the presence of environmental impacts and the synergy of impacts on ES, so strategic mitigation measures should be implemented, given that environmental impacts behave differently to ES. The proposed method proved to be viable and applicable for surveying and preserving the integrity of ecosystems and the services they provide.

Keywords: Method, Environmental licensing, Mitigation, Coastal zone, Restinga.

Introdução

A avaliação de impacto ambiental (AIA) é uma importante ferramenta estabelecida no Brasil, indispensável aos estudos de impacto ambiental e na diagnose e monitoramento de projetos ambientalmente impactantes. A preocupação com uma ferramenta capaz de proporcionar diagnósticos e prognósticos foram avançando ao longo do tempo (Costanzo; Sánchez, 2019), seja em detrimento do avanço em métodos e técnicas de avaliação (Sánchez, 2020), seja pela maior necessidade de sistematização e abrangência em detrimento da multiplicidade de impactos e da dinamicidade ecossistêmica.

É inegável os avanços teóricos no campo da avaliação de impacto ambiental, entretanto, ainda carece de apropriação e promoção de uma abordagem holística mais sólida. Nessa toada, foram desenvolvidos e estimulados métodos e técnicas de avaliação que contemplassem o uso de sensoriamento remoto (Barakat et al., 2019; Souza et al., 2021), modelagem ambiental (Stendahl et al., 2022), ecologia da paisagem (Harker et al., 2021), mudanças climáticas (Mayembe et al., 2023), ordenamento territorial (Rozas-Vásquez; Primeiro; Geneletti, 2019), e mais recentemente, os serviços ecossistêmicos (Landsberg et al., 2011; Geneletti, 2016; Turra et al., 2017; Septanil; Pinto; Campanhão, 2017; Gutiérrez; Bekessy; Gordon, 2021; Andrade; Turra, 2021; Gallardo; Rosa; Sánchez, 2022).

A avaliação de impacto aos benefícios fornecidos por ecossistemas (MEA, 2003), os serviços ecossistêmicos, são iniciativas promissoras na compreensão da complexidade dos ecossistemas (Gallardo; Rosa; Sánchez, 2022), no conhecimento da dependência dicotômica homem-natureza (Merven et al., 2023), e na tradução de sua importância às comunidades humanas através da educação ambiental (Afonso et al., 2022; Huang; Hsieh; Chen, 2023; Su; Gasparatos, 2023), entretanto, ainda iniciais.

As zonas costeiras são parte dessa complexidade e abrigam em seus territórios, recursos vegetais, animais e componentes biofísicos próprios que são essenciais as comunidades humanas e a biodiversidade. Sendo seus ecossistemas responsáveis por garantir a adaptação climática e resistência ao longo da costa, a proteção contra tempestades e elevação do nível do mar, a prevenção da erosão, berço de espécies marinhas, qualidade das águas, ciclagem de nutrientes, armadilhas de sedimentos, estoques de carbono, provisão de habitat para inúmeras espécies marinhas comercialmente importantes e ameaçadas de extinção e segurança alimentar para

muitas comunidades costeiras ao redor do mundo (Souza et al., 2018; Paiva; Almeida Jr., 2020; Miller; Spoolman, 2021; Bokermann et al., 2021).

Contudo, estas zonas ainda são alvos de impactos de inúmeras atividades antropogênicas e tem sua área reduzida em função de instalações portuárias (Lenhard, 2023), turísticas (Putrick; Perinotto, 2022), agropecuárias (Souza et al., 2019; Barbosa et al., 2021) e pela carcinicultura (Lacerda et al., 2021). Tendo em vista isso, pioneiramente, Landsberg et al., (2013) propõe um importante e estruturado método que agrega os SE na avaliação de impacto de projetos e na promoção de medidas de gestão, entretanto, a abordagem dada não contempla todos os parâmetros essenciais da AIA e avalia a priori relações qualitativas.

Não obstante, surgiram novas iniciativas brasileiras que propõe modelos de aplicação conceitual dos SE em avaliações de ameaça (Veiga Lima et al., 2016), na AIA de empreendimentos minerários (Longo; Rodrigues, 2017) e até no gerenciamento costeiro (Asmus, 2019). Embora representem avanços significativos no campo da Avaliação de Impacto e na Gestão de Base Ecossistêmica, os modelos citados carecem de aprimoramentos, sistematização e agregação de outros elementos de análise, sobretudo, devido ao âmbito e ao ecossistema de aplicação. Diante de tamanha dinâmica ecossistêmica costeira, das deficiências na AIA e da inicial aplicação dos SE na AIA, sobretudo em ecossistemas costeiros, propomos uma nova abordagem metodológica qualiquantitativa de avaliação de impacto ambiental a serviços ecossistêmicos.

Material e métodos

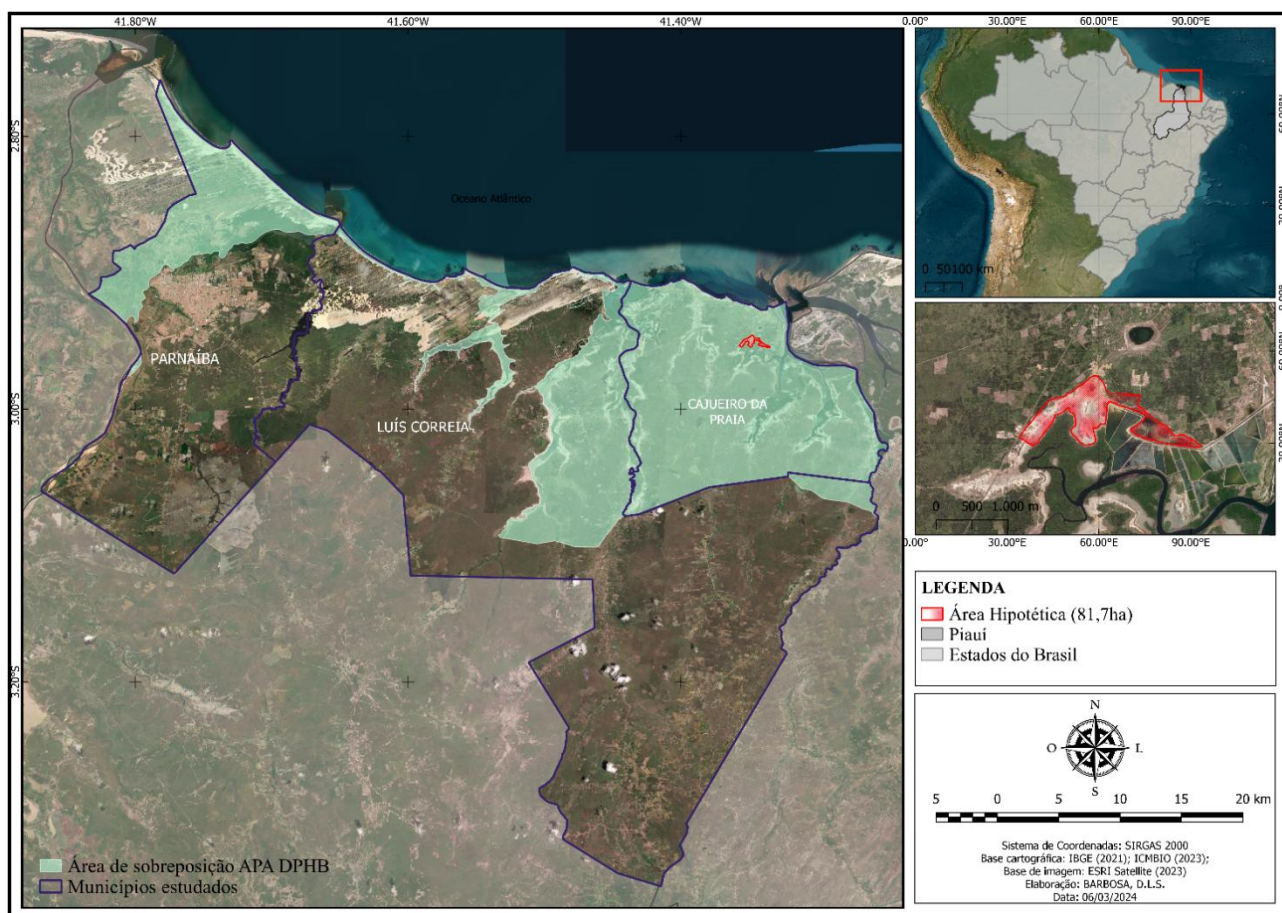
Área hipotética de aplicação metodológica – Dentre as múltiplas atividades econômicas e potencialmente poluidoras desenvolvidas nas zonas costeiras, a carcinicultura destaca-se por sua expansão no Brasil (Lima; Silva; Carvalho, 2019; Lacerda et al., 2021), sobretudo em ecótono, muito em razão da fragilização dada pela lei 12.651/2012 e das condições ambientais favoráveis ao cultivo (Lima; Silva; Carvalho, 2019). Essa atividade é causadoras de severos impactos ambientais nos ecossistemas costeiros (Oliveira Júnior; Gomes; Rocha, 2021) e estão sujeitas ao processo de licenciamento ambiental regida pela resolução CONAMA 312 de 10 de outubro de 2002 e, a nível estadual, pela arcaica Lei 5.529 de dezembro de 2005, que dispõe sobre a instalação do empreendimento no estado do Piauí e aponta que para o funcionamento da atividade deve haver os

estudos preliminares, a obtenção da licença prévia pelo órgão ambiental, obtenção da licença de instalação, instalação do empreendimento, obtenção da licença de operação e operação do empreendimento.

A aplicação do Modelo de Avaliação de Impacto aos Serviços Ecossistêmicos (MAISE) ocorreu em um caso hipotético de empreendimento que é força motriz de pressões e impactos ambientais na vegetação e nos solos de

ecossistemas de manguezais e restingas (Figura 01). A delimitação do empreendimento considerou as pressões e impactos gerados sob os componentes ambientais no litoral do Piauí e o preferência locacional de instalação. Foi delineado hipoteticamente a instalação e operação de um Empreendimento de Carcinicultura de médio porte, aquele com 50ha<200ha segundo a Lei 5.529, de 26 de dezembro de 2005 (PIAUÍ, 2005), implantado sob as condições ambientais do Litoral do Piauí.

Figura 01. Mapa de localização da área de estudo: municípios do litoral do Piauí abrangidos pela Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba (APA DPHB)



Fonte: Elaboração própria.

A delimitação considerou a implantação hipotética de empreendimento carcinícola de 81,7 ha em uma planície hipersalina associada ao Rio Carpina no Município de Cajueiro da Praia, Piauí, Brasil (Figura 01). A implantação hipotética observou um dos ambientes mais habituais de sua localização, na planície hipersalina de salgados e apicuns. A ocupação desses ambientes é recorrente e intensa em toda costa do Nordeste do Brasil (Lacerda et al., 2021; Silva Júnior; Nicacio; Rodrigues, 2020) sobretudo, em razão na movimentação da maré que garante a intrusão de

água salina essencial a manutenção das condições ambientais dos tanques de cultivo. No Piauí, sua

ocupação acontece com evidência nos estuários dos rios Camurupim e Cardoso.

A área delimitada faz limite a empreendimento carcinícola já operante e margeia manguezais conservados consolidados sem indícios de fragmentação ou impactos antrópicos severos, além de margear vegetação de restinga. O relevo é majoritariamente plano com solos arenosos, salinos e sujeitos a inundação. Ao sul da área, dominam manguezais de espécies típicas de

bacia (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. Ex Moldenke) enquanto ao norte, em restinga, predominaram *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore.

Proposta de Avaliação de Impacto Ambiental aos Serviços Ecossistêmicos - A fim de realizar a avaliação de impacto ambiental aos serviços ecossistêmicos propomos um modelo de avaliação de autoria própria baseada em Longo; Rodrigues (2017) e Andrés (2018). O Modelo de Avaliação de Impacto a Serviços Ecossistêmicos foi organizado em cinco etapas de análise, tendo

como parâmetros norteadores as principais características dos impactos ambientais abordados na AIA. A primeira etapa consiste na categorização dos impactos ambientais conforme os parâmetros definidos na Tabela 01, estabelecendo a classe e o referido peso do impacto aos serviços ecossistêmicos, soma-se os pesos de cada parâmetro para o impacto em análise, fornecendo por fim um valor único que, considerando os intervalos de Classes de Impacto aos Conforme a Natureza (CICN) (Tabela 02), será tido como baixo, médio ou alto impacto, em seguida, atribui-se valor de um a três conforme a natureza do impacto ambiental.

Tabela 01. Caracterização dos Impactos Ambientais conforme os parâmetros da Avaliação de Impacto Ambiental.

Parâmetro		Classificação		
Nome	Descrição	Classe	Peso	Descrição
Magnitude (MG)	Refere-se à intensidade da alteração que o processo ou fator ambiental pode sofrer	Pequena	1	O impacto altera de forma imperceptível as características do meio ambiente.
		Média	2	O impacto altera de forma pouco expressiva as características do meio ambiente.
		Grande	3	O impacto altera de forma expressiva as características do meio ambiente.
Abrangência (AB)	Refere-se ao espaço geográfico que pode ser atingido pelo impacto	Local	1	O impacto afeta a área do empreendimento e o entorno imediato.
		Regional	2	O impacto ultrapassa a área do entorno imediato do objeto.
		Global	3	O impacto afeta potencialmente todo o planeta.
Reversibilidade (RV)	Refere-se à capacidade do sistema de retornar ao estado anterior	Reversível	1	O impacto pode ser revertido a partir de medidas mitigadoras.
		Irreversível	3	O impacto não pode ser revertido.
Cumulatividade (CM)	Refere-se a capacidade de combinação de impactos	Não cumulativos	1	Impactos Não se acumulam ao longo do tempo.
		Aditivos	2	Acumulam a partir de diferentes fontes da mesma natureza causam o mesmo tipo de impacto sobre o mesmo tipo de componente.
		Sinérgicos	3	Acumulam e resultam em um efeito composto de múltiplas fontes sobre o componente.
Duração (DR)	Refere-se ao tempo de atuação do impacto	Curto	1	O impacto dura no instante da atividade causadora
		Médio	2	O impacto continua após a conclusão da atividade causadora.

		Longo	3	O impacto ocorre após um intervalo de tempo longo após a atividade causadora.
Ordem (OD)	Refere-se forma de incisão do impacto	Indireto	1	O impacto indiretamente afeta o componente
		Direto	2	O impacto afeta diretamente o componente

Fonte: Adaptado, Longo; Rodrigues (2017); Sánchez (2020)

Tabela 02. Classes de Impacto aos Conforme a Natureza

Classe	Intervalo (AI)	Natureza do Impacto	
		Negativo	Positivo
Baixa	$6,0 \leq 10$	1	1
Média	$11 \leq 14$	2	2
Alta	$15 \leq 17$	3	3

A segunda etapa, consiste no estabelecimento da classificação baseada na Tendência do Impacto Ambiental (TDIA) (Tabela 03). As classes de tendência variam em pesos de um a três e variam conforme a natureza do impacto, a avaliação da

tendência de impacto não apenas promoverá o entendimento do comportamento dos impactos ambientais ao longo do tempo, como promoverá a geração de prognósticos ambientais mais assertivos que consideram não apenas a presença e ausência do impacto.

Tabela 03. Valores de tendência dos impactos ambientais conforme sua natureza

Natureza	Tendência		
	Alta	Estável	Queda
Positivo	3	2	1
Negativo	3	2	1

A terceira etapa, consiste no somatório dos valores de CICN (Tabela 02) e valores de tendência dos impactos ambientais (TDIA) (Tabela 03) que resultaram em valores de grau de impacto a serviços ecossistêmicos e variam de dois a seis, agrupadas em três grandes intervalos conforme

Tabela 04. Os graus de impacto ambiental são agentes determinantes na avaliação de impacto aos serviços ecossistêmicos, haja vista que avaliam de forma abrangente os impactos sob os componentes ambientais e fornecem categorização simples de inúmeras variáveis.

Tabela 04. Graus de Impacto Ambiental

Intervalo	Grau de Impacto	Descrição
$2,0 \leq 3,0$	Pouco Impactante (PI)	Impacto baixo-médio podendo apresentar estabilidade ou queda
4	Mediamente Impactante (MI)	Impacto baixo, médio ou alto podendo apresentar alta, estabilidade ou queda, respectivamente
$5 \leq 6$	Altamente Impactante (AI)	Impacto médio-alto podendo apresentar alta ou estabilidade

Os impactos considerados pouco impactantes são aqueles indiretos que detêm baixo a médio

potencial impactante e apresentam pequena magnitude, com abrangência local e com grande

potencial reversível, geralmente não cumulativos e raramente aditivos, podendo apresentar curta a média duração. Enquanto os mediantemente impactantes são aqueles que alteram pouco

expressivamente os ecossistemas, ultrapassando a área do entorno imediato, contudo, em sua maioria, com potencial de reversibilidade, quanto a cumulatividade, são aditivos, com duração média e ocorrendo diretamente. Por fim, os altamente impactantes são aqueles que alteram expressivamente as características ambientais com impactos globais, em sua maioria, irreversíveis,

sinérgicos e de longa duração, estes podem atingir direta e indiretamente os componentes ambientais.

Não obstante, a quarta etapa, foi desenvolvida matriz de impacto a serviços ecossistêmicos que reúne os passos descritos anteriormente e correlaciona os impactos ocorrentes nas diferentes fases do empreendimento carcinícola. A partir da matriz é possível avaliar a incidência dos impactos aos serviços ecossistêmicos e as suas respectivas classes, para isso foram considerados intervalos de impactos e atribuídos respectivos pesos (Peso Porcentagem de Serviços Ecossistêmicos (PPS)) (Tabela 05) conforme a porcentagem de serviços impactados.

Tabela 05. Classificação de pesos por porcentagem de serviços ecossistêmicos afetados

Porcentagem de SE afetados	Pesos
0%	0
1 a 25%	1
26 a 50%	2
51 a 75%	3
76 a 100%	4

Por fim, a quinta e última etapa, a partir da classificação Peso Porcentagem de Serviço (PPS) e dos Graus de Impacto Ambiental (GIA) foram calculados o Grau de Impacto a Serviço Ecossistêmico (GISE) (Equação 1) para cada serviço afetado pelos diferentes impactos e fases do empreendimento carcinícola, descritos conforme Tabela 06. Os dados obtidos a partir da metodologia proposta foram agrupados em matrizes de avaliação de impactos e como

ferramentas de interpretação foram elaborados gráficos de colunas, árvore e barras com uso do Microsoft Excel enquanto os dados que representavam fluxos entre classes foram organizados em diagramas de Sankey elaborados com auxílio da plataforma de acesso livre SankeyMATIC (disponível em: <https://sankeymatic.com/build/>).

$$\text{GISE} = \text{PPS} + \text{GIA} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

GISE = Graus de Impacto aos Serviços Ecossistêmicos

PPS = Peso Porcentagem de Serviços Ecossistêmicos

GIA = Graus de Impactos Ambientais

Tabela 06. Graus de Impacto aos Serviços Ecossistêmicos

Intervalo	Descrição de Classe
$2,0 \leq 4,0$	Pouco Impactante (PI)
$5,0 \leq 7,0$	Mediantemente Impactante (MI)
$8,0 \leq 10$	Altamente Impactante (AI)

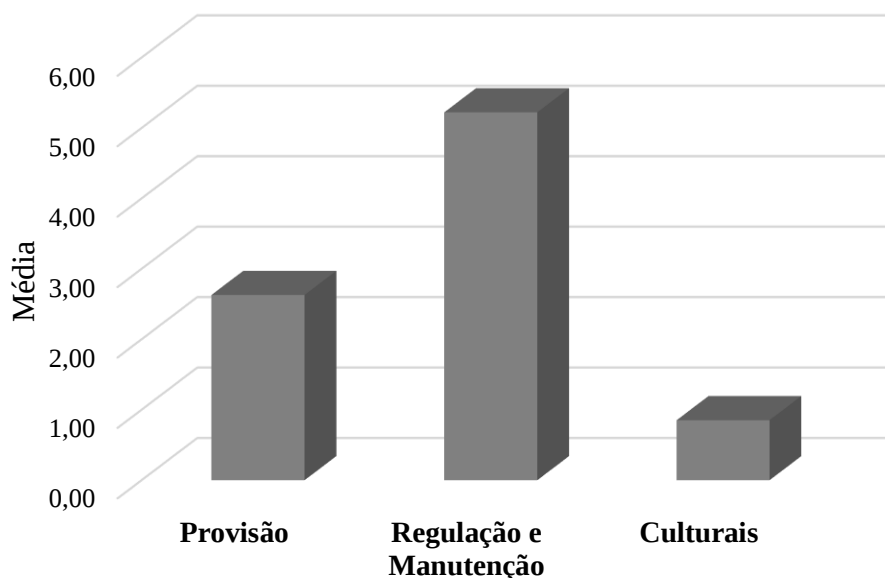
Resultados e discussão

A partir do método proposto foi possível a identificação de 38 impactos ambientais em duas

diferentes fases do empreendimento carcinícola. Cada impacto ambiental levantado afetou majoritariamente serviços de regulação e manutenção, seguidos de serviços de provisão e culturais, sendo capaz de afetar, em média, 2,6 serviços de provisão, 5,2 serviços de regulação e 0,85 serviços culturais (Figura 02). Araújo et al.,

(2021) em estudo sobre a relação de impactos aos serviços ecossistêmicos e ao bem-estar humano desenvolvido em Amarração de Búzios, no Rio de Janeiro, também apontam maiores impactos na classe de SE de regulação e manutenção, sobretudo nos serviços associados ao ciclo hidrológico.

Figura 02. Média de serviços ecossistêmicos afetados por impacto ambiental.



Aproximadamente 90% dos impactos atingiram os serviços de provisão, regulação e manutenção (Figura 03), os serviços destas classes estão geralmente atrelados as principais funções ecossistêmicas, comumente fornecidos por componentes estruturais e biofísicos dos ecossistemas além de serem majoritariamente sinérgicos a outros componentes ambientais, serviços e ecossistemas. Ressalta-se que, associado a isso está a oferta abundante dos serviços de regulação e manutenção em ambientes costeiros, na América Latina e Caribe (Magalhães Filho et al., 2022), no Brasil (Araújo et al., 2021; Silva; Beltrão; Morales, 2021) e na região Nordeste do Brasil (Saldanha; Costa, 2019; Santos; Costa; Cestaro, 2021; Costa et al., 2021; Costa et al., 2022).

Essa prevalência de impacto em classes específicas de SE também pode ser visualizada quando avaliado a relação de serviços afetados

conforme Tabela 8. Aproximadamente 40% (15) dos impactos afetam entre 1 a 25% dos serviços ecossistêmicos, valor de impacto relativamente alto quando considerado que, outros 32% (12) estão distribuídos em três classes posteriores de 26 a 50% (9), 51 a 75% (02) e 76 a 100% (1). Os impactos socioeconômicos positivos foram menos incisivos aos serviços ecossistêmicos, tal comportamento está majoritariamente associado ao fornecimento de benefícios às comunidades humanas que não têm os ecossistemas como fonte primária de oferta, mas sim, a atuação das relações mercadológicas de emprego e renda. Nossos achados corroboram com Gallardo, Rosa e Sánchez, (2022), em pesquisa desenvolvida no estado de São Paulo, na qual os autores também apontam este comportamento e o atrelam a natureza indireta dos impactos sociais por não estarem diretamente ligados as mudanças biofísicas no ambiente.

Figura 03. Impactos ambientais gerados nas fases de instalação e operação de empreendimento de cultivo de camarão que afetaram os serviços ecossistêmicos.

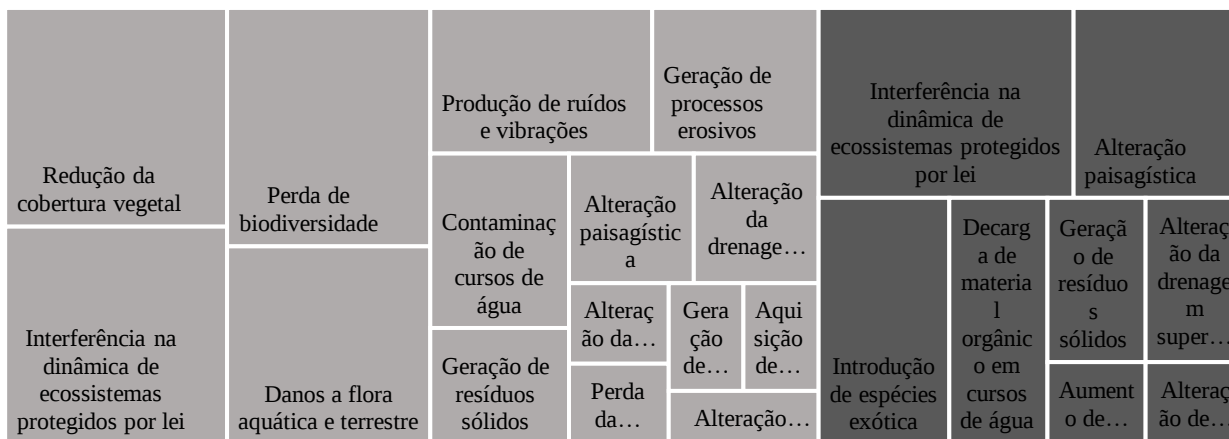


Paralelamente, os impactos que implicaram a redução vegetacional, alterações em usos da terra e alterações em processos de ciclos biogeoquímicos foram aqueles que mais afetaram os serviços ecossistêmicos (Figura 04). Observa-se que, os serviços mais afetados, foram resultados da promoção de alterações estruturais, biofísicas e

diretas nos ecossistemas, ao tempo que impactos sob serviços culturais foram menos evidentes na área em estudo. Destacamos que, a sinergia entre os impactos sob os SE também deve ser essencialmente considerada, sobretudo, devido a dinamicidade e retroalimentação de processos e componentes ecossistêmicos.

Figura 04. Impactos ambientais sobre os serviços ecossistêmicos promovidos pela carcinicultura em diferentes fases do licenciamento ambiental.

■ Instalação ■ Operação



Quanto às fases, a fase de instalação representou aquela com o maior número de impactos aos serviços ecossistêmicos (Figura 04), dentre eles, a redução da cobertura vegetal, a interferência na dinâmica de ecossistemas protegidos por lei e a perda da biodiversidade foram aqueles que mais afetaram os serviços ecossistêmicos. A fase de instalação de um empreendimento carcinícola comumente representa aquela em que ocorrem as maiores alterações diretas nos usos da terra, haja vista a intensa alteração na cobertura do solo, movimentação de massas, deposição de sedimentos e dispersão de material particulado.

Os serviços mais impactados foram a captura e o estoque de carbono, regulação de ciclos biogeoquímicos e habitats para espécies aquáticas (Figura 05). A medida que os serviços menos impactados foram a alimentação animal e o controle topográfico de ventos. Evidencia-se que os serviços também sinérgicos, ou seja, advindos de diferentes fontes, foram mais afetados. Reconhecer esse comportamento é imprescindível, particularmente quando se pensa em medidas de gestão e mitigação de impactos aos serviços. Uma vez que os serviços se tornam mais difíceis de serem esgotados em quando advém de múltiplas fontes, contudo, sua abundância os faz alvos diretos, especialmente, de impactos também sinérgicos.

A perda vegetacional e sua consecutiva alteração nos estoques de carbono (Cleyndert et al., 2020) em ecossistemas costeiros é alarmante, dado a alta capacidade natural de estoque nos solos e na vegetação (Alongi, 2020; Alongi, 2022) e consequente alta dispersão ou acreção em suscetibilidade dispersiva quando estes ecossistemas são impactados (Alongi, 2022). Por conseguinte, alteram-se outros importantes fluxos

e ciclos diretamente dependentes (Carugati et al., 2018). Carugati et al., (2018) em pesquisa sobre os impactos na biodiversidade e nas funções ecossistêmicas em manguezais apontam alterações significativas nos teores de carbono e material orgânico em diferentes estados de conservação, e destacam que, as alterações no manguezal, por exemplo, podem acarretar danos a ecossistemas e funções vizinhas.

Nesse sentido, a perda sistêmica de habitats e sucessiva perda de biodiversidade majoritariamente endêmica são agravantes incontestáveis na manutenção de outras formas de vida não humanas. Vale destacar, a perda indireta de componentes e espécies de diferentes níveis da cadeia trófica, inclusive aquelas usadas na alimentação humana. Para Gutierrez, Bekessy e Gordon (2021) a integração explícita dos SE poderia oferecer oportunidade para aumentar o papel estratégico da avaliação de impacto. Costanza et al., (2017) por sua vez, destacam que a produção conjunta dos SE deve ser considerada, sobretudo para maximizar os benefícios líquidos para a sociedade.

À vista disso, a corrente abordagem metodológica pode fortalecer o estabelecimento estratégico de soluções a partir da diagnose não apenas da perda de densidade florestal, por exemplo, mas especialmente da perda de funções e serviços ecossistêmicos. Essa aptidão metodológica é significativa na maioria das atividades potencialmente poluidoras, como a carcinicultura, desenvolvidas nas zonas costeiras. Levantamentos dos impactos em razão da redução de áreas vegetadas em ambientes costeiros são frequentes, contudo, boa parte ainda é incapaz de considerar seus efeitos positivos e negativos sobre os SE.

O estabelecimento dos tanques de carcinicultura fornecem numerosos impactos positivos econômicos, estes impactos por sua vez,

não representam ameaças diretas aos serviços ecossistêmicos, mas sim auxiliam no fornecimento de serviços de provisão. Costa et al., (2021) destacam tal comportamento ao avaliarem o sistema estuarino Galinhos-Guamaré no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, espacializando os SE fornecidos por zonas úmidas,

dentre elas, áreas de cultivo de camarão. Corroborando com nossos achados, Zhang e Ramirez (2019) em estudo sobre SE em Barcelona, na Espanha, apontaram que áreas artificiais (antropizadas) possuem pouca ou nenhuma oferta de serviços ecossistêmicos.

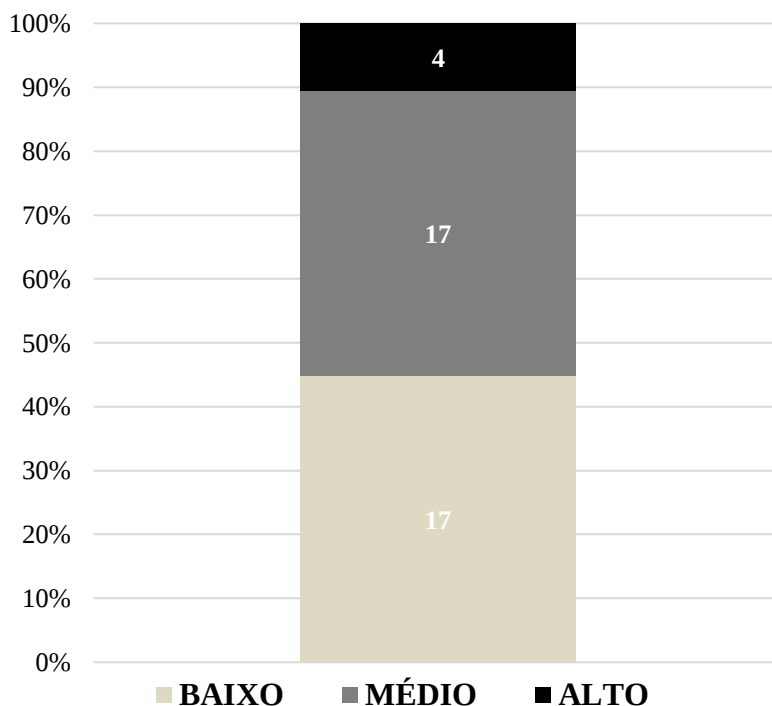
Figura 05 Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais em empreendimento de carcinicultura **segundo** o método MAISE

IMPACTOS	PROVISÃO					REGULAÇÃO E MANUTENÇÃO															CULTURAIS								
	Animais para nutrição	Materiais Genéticos	Recursos Maderaveiros	Recursos vegetais comerciais	Habitats para espécies aquáticas	Material para construção	Habitats para espécies terrestres	Alimentação animal	Controle da Inundação	Estoque de carbono (biomassa)	Proteção costeira (barreira)	Bioassimilação de nutrientes	Estabilização do solo (controle de perda)	Regulação de escoamento	Proteção contra tempestades	Proteção costeira a ressacas	Captnra e estoque de Carbono	Diques naturais	Controle topográfico de ventos	Aterro de nutrientes	Processamento de resíduos	Sumidouros de poluição e contaminantes	Regulação de ciclos biogeoquímicos	Barreira de proteção costeira	Recreação	Científico	Estético	Potencial uso medicinal local	
Instalação																													
Alteração da qualidade do ar	X									X															X		X		
Produção de ruídos e vibrações	X	X						X		X	X	X	X					X						X	X	X	X		
Redução da cobertura vegetal			X	X				X	X		X	X	X					X						X	X		X		
Geração de processos erosivos														X				X						X					
Perda da camada superficial do solo												X	X	X				X						X					
Geração de resíduos sólidos				X							X							X	X					X	X				
Presença de cortes e aterros																		X	X					X					
Alteração paisagística		X		X														X	X					X					
Contaminação de cursos de água	X	X		X								X												X					
Alteração da drenagem superficial			X								X							X						X					
Geração de conflito de uso da água		X	X	X							X							X						X					
Danos a flora aquática e terrestre		X	X	X							X	X	X					X	X					X					
Interferência na dinâmica de ecoss. protegidos por lei		X	X	X							X	X	X					X	X					X					
Aumento de movimentação comercial local																													
Aumento de arrecadação tributária																													
Geração de emprego																													
Aquisição de insumos																													
Risco de acidentes no trabalho																													
Perda de biodiversidade	X	X	X	X						X	X		X					X						X	X				
Alteração de fluxos de corpos hídricos									X					X															
Redução nos estoques de carbono										X								X											
Ocupação																													
Aumento de processos erosivos								X			X			X				X						X			X		
Geração de resíduos sólidos																													
Alteração paisagística		X		X									X						X						X		X		
Decarga de material orgânico em cursos de água	X	X																X	X					X					
Alteração da drenagem superficial		X		X						X	X	X	X					X	X					X					
Interferência na dinâmica de ecoss. protegidos por lei		X	X	X						X	X	X	X					X	X					X			X		
Introdução de espécies exótica	X	X																											
Alteração de fluxos de corpos hídricos										X				X										X					
Redução nos estoques de carbono																		X											
Redução de importação de pescados externos																													
Geração de emprego																													
Aumento de arrecadação tributária																													
Crescimento econômico																													
Controle de qualidade do camarão																													
Tratamento de efluentes																													
Locação de insumos e serviços																													
Maior oferta de produto (Camarão)																													

O enquadramento dos impactos aos parâmetros da AIA conforme Figura 05 proporcionou o reconhecimento de 90% dos impactos entre baixo e médio impacto ambiental, ao tempo que apenas 10% foram considerados de alto impacto (Figura 06). Os impactos considerados altos mantinham abrangência global, irreversíveis e diretos, além de deterem média a grande magnitude, aditivos e sinérgicos e duram de médio a longo prazo. Ao tempo que os impactos

ambientais baixos e médios obtiveram distribuição mais heterogênea entre os parâmetros da AIA com prevalência de impactos reversíveis e aditivos (Figura 07). Nossos achados demonstram que poucos impactos foram considerados de alto GIA, todavia, esses incidem de modo sistêmico e estratégico sob os componentes ambientais, ao tempo que impactos considerados baixos e médios apresentaram baixa sinergia e grande potencial reversível (Figura 07).

Figura 06. Gráfico de distribuição de classe de impacto ambiental



Sob a ótica dos serviços ecossistêmicos, os valores de GISE concentraram-se em impactos medianamente importantes e em grande medida não maximizaram danos ao considerar os SE, pelo contrário, por vezes a acreção da abordagem ecossistêmica alterou o grau de impacto (Figura 08). Tal assertiva colabora com o entendimento do comportamento dos serviços ecossistêmicos e destaca a não linearidade e não proporcionalidade

direta entre os impactos ambientais a componentes específicos dos ecossistemas, como os serviços.

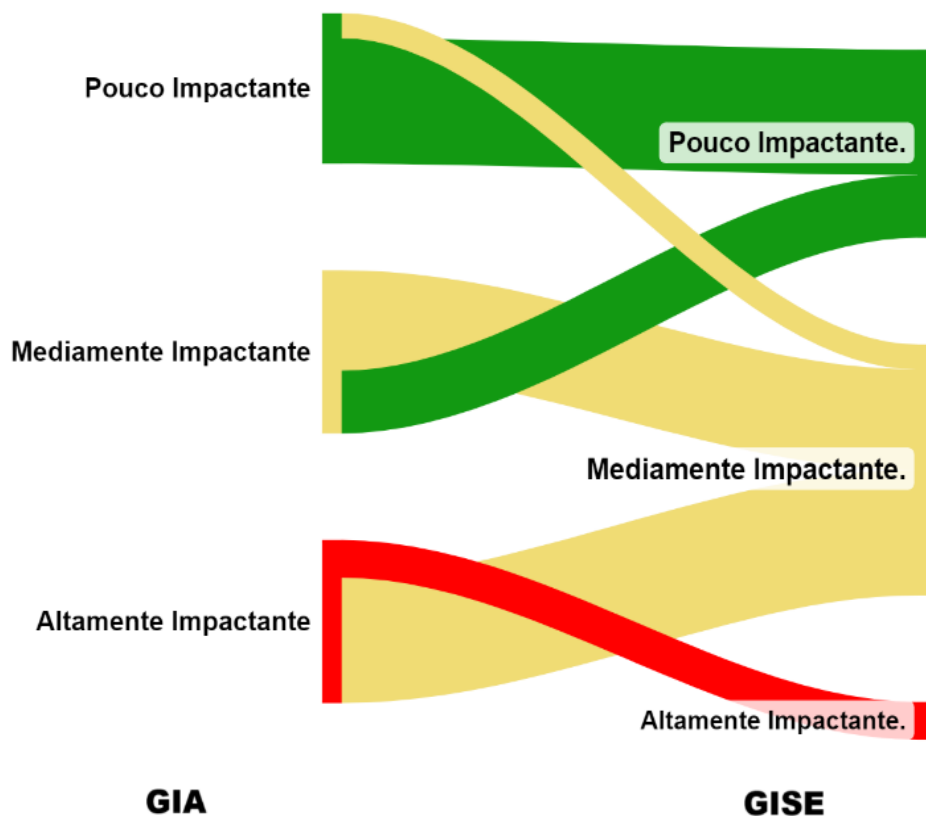
O comportamento reverbera a necessidade literária destacada e demonstra que o modelo de AIA inicial foi incapaz de compreender os danos causados aos SE intrinsecamente. De outro modo, a simples associação de altos graus de impactos ambientais configuram severos impactos aos SE não é verídica em empreendimento costeiro carcinícola.

Figura 07. Matriz de impactos a serviços ecossistêmicos em empreendimento de carcinicultura nas fases de instalação e ocupação

Impacto	INSTALAÇÃO											Classe	PPS	GISE	Descrição GISE
	MG	AB	RV	CM	DR	OD	AI	CICN	TDIA	GIA					
Alteração da qualidade do ar	1	3	1	1	1	1	8	1	1	2		PI	1	3	PI
Produção de ruídos e vibrações	1	2	1	2	1	1	8	1	1	2		PI	1	3	PI
Redução da cobertura vegetal	2	3	3	2	3	2	15	3	3	6		AI	4	10	AI
Geração de processos erosivos	2	2	1	3	2	2	12	2	2	4		MI	2	6	MI
Perda da camada superficial do solo	3	2	3	2	2	2	14	2	2	4		MI	1	5	MI
Geração de resíduos sólidos	1	2	1	2	1	1	8	1	3	4		MI	1	5	MI
Presença de cortes e aterros	3	1	1	1	1	1	8	1	2	3		PI	2	5	MI
Alteração paisagística	3	2	3	1	3	2	14	2	3	5		AI	2	7	MI
Contaminação de cursos de água	2	2	1	2	2	2	11	2	2	4		MI	1	5	MI
Alteração da drenagem superficial	3	2	1	2	2	1	11	2	2	4		MI	2	6	MI
Geração de conflito de uso da água	3	2	1	2	2	1	11	2	2	4		MI	2	6	MI
Danos a flora aquática e terrestre	1	2	1	1	2	1	8	1	2	3		PI	1	4	PI
Interferência na dinâmica de ecossistemas protegidos por lei	2	2	1	3	3	2	13	2	3	5		AI	2	7	MI
Aumento de movimentação comercial local	3	2	1	3	3	2	14	2	3	5		AI	3	8	AI
Aumento de arrecadação tributária	1	1	1	2	1	1	7	1	2	3		PI	1	4	PI
Geração de emprego	3	2	1	1	2	2	11	2	3	5		AI	0	5	MI
Aquisição de insumos	3	2	1	1	2	2	11	2	1	3		PI	0	3	PI
Risco de acidentes no trabalho	3	1	1	2	2	2	11	2	1	3		PI	1	3	PI
Perda de biodiversidade	3	3	3	3	3	2	17	3	2	5		AI	0	3	PI
Alteração de fluxos de corpos hídricos	2	3	3	3	2	2	15	3	3	6		AI	1	7	MI
Redução nos estoques de carbono	3	3	1	3	3	1	14	2	3	5		AI	1	6	MI
Impacto	OPERAÇÃO											Classe	PPS	GISE	Descrição GISE
	MG	AB	RV	CM	DR	OD	AI	CLIES	TEND	GIA					
Aumento de processos erosivos	2	2	1	2	2	1	10	1	2	3		PI	2	5	MI
Geração de resíduos sólidos	2	1	1	1	1	1	7	1	3	4		MI	1	5	MI
Alteração paisagística	3	2	3	1	3	2	14	2	2	4		MI	2	6	MI
Decarga de material orgânico em cursos de água	3	2	3	2	2	2	14	2	3	5		AI	1	6	MI
Alteração da drenagem superficial	3	2	1	2	2	2	12	2	2	4		MI	2	6	MI
Interferência na dinâmica de ecossistemas protegidos por lei	3	2	1	3	3	2	14	2	3	5		AI	3	8	AI
Introdução de espécies exótica	3	3	1	2	3	1	13	2	3	5		AI	1	6	MI
Alteração de fluxos de corpos hídricos	3	3	3	2	2	2	15	3	3	6		AI	1	7	MI
Redução nos estoques de carbono	3	3	1	3	3	1	14	2	3	5		AI	1	6	MI
Redução de importação de pescados externos	2	2	1	1	1	1	8	1	3	4		MI	0	4	PI
Geração de emprego	2	1	1	1	1	2	8	1	3	4		MI	0	4	PI
Aumento de arrecadação tributária	2	2	1	1	2	2	10	1	3	4		MI	0	4	PI
Crescimento econômico	2	2	1	1	2	2	10	1	3	4		MI	0	4	PI
Controle de qualidade do camarão	3	2	1	1	1	2	10	1	2	3		PI	0	3	PI
Tratamento de efluentes	3	1	1	2	1	1	9	1	2	3		PI	0	3	PI
Locação de insumos e serviços	2	2	1	1	2	1	9	1	1	2		PI	0	2	PI
Maior oferta de produto (Camarão)	2	2	1	1	2	2	10	1	3	4		MI	0	4	PI

*PI – Pouco impactante; MI – Moderadamente impactante; AI – Altamente impactante; GIA – Grau de Impacto Ambiental; GISE – Grau de Impacto aos Serviços Ecossistêmicos

Figura 08. Diagrama de Sankey do fluxo entre o Grau de Impacto Ambiental (GIA) e Grau de Impacto aos Serviços Ecossistêmicos

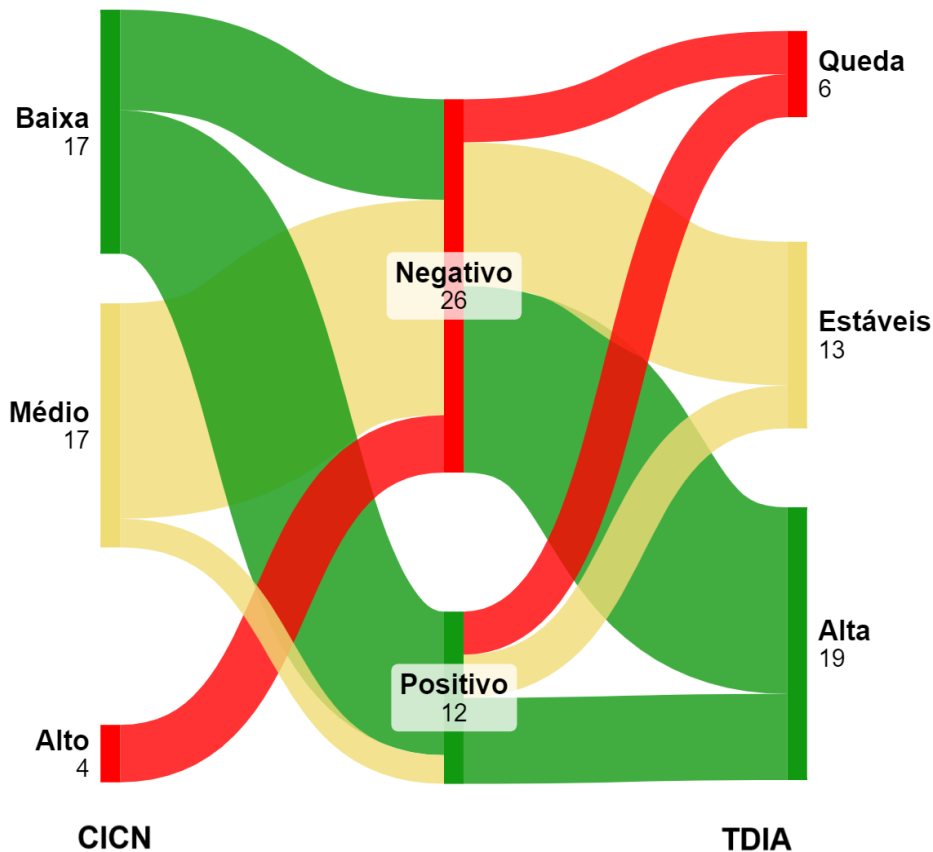


Aproximadamente 37% do GIA alteraram seu grau de classificação quando considerado o GISE, desses, 32% decresceram seu grau de impacto, enquanto apenas 5% foram acrescidos em grau de impacto. A presença de cortes e aterros e o aumento de processos erosivos foram parte desses 5%, esse afetou quase todos os serviços de regulação e manutenção levantados, ao tempo que aquele distribuiu seus danos nas três classes de SE levantadas.

63% dos impactos não obtiveram alteração de grau, mantendo-se em sua respectiva classe mesmo após a acresção dos serviços ecossistêmicos, sobretudo, pouco e mediantemente

impactante. A conservação dos impactos em suas classes aponta tanto a presença de impactos negativos que afetam os ecossistemas e seus serviços de modo similar, ou seja, não representam ameaças mais severas aos SE, quanto a baixa capacidade de impactos positivos em minimizar o potencial impactante aos SE. Esse comportamento ainda está sujeito tanto à influência da natureza do impacto quanto ao seu comportamento ao longo do tempo. A Figura 09 aponta que grande parte dos impactos baixos e médios são negativos e estes, em sua maioria, tendem a aumentar ao longo do tempo. Os impactos positivos por sua vez apresentam baixo impacto ambiental e em sua maioria tendem estabilidade e aumento.

Figura 09. Diagrama de Sankey do fluxo entre o Classificação de Impacto Conforme a Natureza (CICN) e Tendência do Impacto Ambiental (TDIA)



A compreensão da tendência dos impactos ambientais pode ser uma importante ferramenta de gestão e compensação de impactos aos serviços ecossistêmicos. Destaca-se que os impactos que aumentam ao longo do tempo são altamente sinérgicos e de longa duração, os quais demandam de medidas de gestão que, para que sejam efetivas, considerem tanto os parâmetros da AIA quanto os impactos aos SE. O diagnóstico dos impactos aos serviços ecossistêmicos favoreceu a compreensão holística dos impactos nos diferentes componentes e suas sinergias. Ao tempo que, isoladamente, sua análise pode não representar tais atributos. Sanchéz

Conclusão

A avaliação de impacto ambiental baseada em serviços ecossistêmicos revelou-se uma ferramenta organizada e inovadora para analisar os efeitos hipotéticos da carcinicultura em ambientes costeiros. Nossa proposta metodológica qualiquantitativa permitiu identificar 38 impactos ambientais em diferentes fases do empreendimento e 28 serviços ecossistêmicos, destacando o predomínio de impactos nos serviços de regulação e manutenção. Esses resultados estão em consonância com estudos em outras regiões do Brasil que ressaltam a vulnerabilidade desses serviços, especialmente relacionados ao ciclo hidrológico.

(2020), destaca esse atributo dos SE e aponta que a abordagem transversal e de perspectiva integradora dos SE está na divisão entre o meio físico, biótico e antrópico.

Ressaltamos que considerar o comportamento dos impactos nas diferentes etapas metodológicas foi importante no processo interpretativo e na compreensão da dinâmica entre os diferentes componentes ambientais. De outro modo, a classificação dada pelo índice GISE foi assertiva e objetiva na caracterização dos graus de impacto e coaduna com o comportamento dos impactos nas demais fases de avaliação

Nossos achados destacam a predominância dos impactos nos serviços essenciais de provisão, regulação e manutenção, enfatizando a interconexão desses serviços com as funções ecossistêmicas fundamentais e com alterações biofísicas. Além disso, os impactos negativos, especialmente relacionados à redução vegetacional e alterações nos ciclos biogeoquímicos, ressaltam os impactos diante da carcinicultura. A iniciativa de acreção da avaliação de tendência de impacto mostrou-se relevante sobretudo na identificação do comportamento dos serviços diante da ação impactante e no auxílio à tomada de decisão.

A análise dos impactos sob a perspectiva dos serviços ecossistêmicos revelou uma relação complexa entre os diferentes componentes ambientais, reforçando a importância de uma abordagem integradora dos serviços

ecossistêmicos na avaliação de impactos. Apontamos que a simples análise dos impactos ambientais aos componentes não torna intrínseco os impactos aos serviços ecossistêmicos, cabendo, portanto, uma análise criteriosa da relação impacto-serviço. Nossa metodologia proporciona uma compreensão holística dos impactos sobre os SE, auxiliando na identificação de medidas de gestão mais eficazes.

É crucial ressaltar que, embora nosso método seja inovador, ele não substitui outras formas de avaliação, mas complementa e facilita o processo de avaliação de impacto ambiental. Pretendemos disponibilizar essa metodologia para validação em avaliações reais, garantindo sua

aplicabilidade e eficácia em contextos práticos e em atividades potencialmente poluidoras distintas. Dessa forma, esperamos contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis na gestão e avaliação de impactos aos empreendimentos costeiros, como a carcinicultura, preservando a integridade dos ecossistemas e dos serviços que eles fornecem.

Agradecimentos

Agradecemos ao CAPES pelo financiamento de bolsa de pós-graduação ao primeiro autor.

Referências

- Afonso, F., Félix, P.M., Chainho, P., Heumuller, J.A., Lima, R.F., Ribeiro, F., Brito, A.C., 2022. Community perceptions about mangrove ecosystem services and threats. *Regional Studies in Marine Science* 49. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102114>
- Alongi, D. M., 2022. Impacts of Climate Change on Blue Carbon Stocks and Fluxes in Mangrove Forests. *Forests* 13(2), 149. <https://doi.org/10.3390/f13020149>
- Alongi, D.M., 2020. Carbon cycling in the world's mangrove ecosystems revisited: Significance of non-steady state diagenesis and subsurface linkages between the forest floor and the coastal ocean. *Forests* 11(9), 977. <https://doi.org/10.3390/f11090977>
- Andrade, M. M., Turra, A., 2021. Advancing towards the implementation of ecosystem-based environmental impact assessment for coastal zone. *Ocean and Coastal Management* 215, 105973. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105973>
- Araújo, A.C.P.S., Santos, D.S., Lins-De-Barros, F., Hacon, S.S., 2021. Linking ecosystem services and human health in coastal urban planning by DPSIWR framework. *Ocean and Coastal Management* 210, 105728. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105728>
- Asmus, M. L.; Nicolodi, J.; Anello, L.S.; Gianuca, K., 2019. The risk to lose ecosystem services due to climate change: A South American case. *Ecological Engineering*, 130, 233-241. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.030>
- Barbosa, D.L.S., Almeida, K. S., Sousa Júnior, E. L., Morais, R. C. S., Iwata, B. F., 2021. Padrões espaciais e usos da terra em manguezais do Delta do Parnaíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 7. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.7.p3881-3890>
- Barakat, A., Ouargaf, Z., Khellouk, R., Jazouuli, A.E., Touhami, F., 2019. Land Use/Land Cover Change and Environmental Impact Assessment in Béni-Mellal District (Morocco) Using Remote Sensing and GIS. *Earth Systems and Environment* 3, 113–125. <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00088-y>
- Bokermann, M.; Pivelli, S.; Freitas Junior, O.; Schunck, F., 2021. A importância das restingas e dos ambientes costeiros para a conservação das aves do estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 218.
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Martire, M.L., Coral, C., Greco, S., Danovaro, R., 2018. Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports* 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31683-0>
- Cleyndert, G.J., Cuni-Sanchez, A., Seki, H.A., Shirima, D.D., Munishi, P.K.T., Burgess, N., Calders, K., Marchant, R., 2020. The effects of seaward distance on above and below ground carbon stocks in estuarine mangrove ecosystems. *Carbon Balance and Management* 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00161-4>
- Costa, D. F. Da S., Oliveira, A.M., Souza, A.C.D., Guedes, D.R.C., Nascimento, D.R.C., 2021. Serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas úmidas do sistema estuarino Galinhos-Guamaré (RN), Nordeste do Brasil. *Revista da ANPEGE* 16(31), 115–135. <https://doi.org/10.5418/ra2020.v16i29.8585>

- Costa, D.F.S., Souza, A.C.D., Pinheiro, L.S., Oliveira, A.M., Guedes, D.R.C., Nascimento, D.M., 2022. Mapping and Assessment of Landscape's Capacities to Supply Ecosystem Services in the Semi-Arid Coast of Brazil—A Case Study of Galinhos-Guamaré Estuarine System. *Coasts* 2(3), 244–258. <https://doi.org/10.3390/coasts2030012>
- Costanza, R., Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Costanzo, B. P., Sánchez, L. E., 2019. Innovation in impact assessment theory and practice: How is it captured in the literature? *Environmental Impact Assessment Review* 79, 106289. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106289>
- Andrés, M.de., Barragán, J. M., García Sanabria, J., 2018. Ecosystem services and urban development in coastal Social-Ecological Systems: The Bay of Cádiz case study. *Ocean & Coastal Management* 154, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.011>
- Gallardo, A. L. C. F., Rosa, J. C. S., Sánchez, L. E., 2022. Addressing ecosystem services from plan to project to further tiering in impact assessment: Lessons from highway planning in São Paulo, Brazil. *Environmental Impact Assessment Review* 92, 106694. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106694>
- Geneletti, D. 2016 *Handbook on Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment*. Northampton, USA: Edward Elgar, 528.
- Gutierrez, M., Bekessy, S. A., Gordon, A. 2021. Biodiversity and ecosystem services in strategic environmental assessment: An evaluation of six Australian cases. *Environmental Impact Assessment Review* v. 87, 106552. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106552>
- Harker, K. J., Arnold, L., Sutherland, I.J., Gergel, S.E., 2021. Perspectives from landscape ecology can improve environmental impact assessment. *FACETS* v.6, 358-378. <https://doi.org/10.1139/facets-2020-0049>
- Huang, C. W., Hsieh, C. H., Chen, C. I., 2023. To see what we need: recognizing ecosystem services in a campus landscape through environmental education. *Landscape and Ecological Engineering* 19(2), 199–210. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00536-4>
- Lacerda, L.D., Ward, R.D., Godoy, M.D.P., Meireles, A.J.A., Borges, R., Ferreira, A.C., 2021. 20-years cumulative impact from shrimp farming on mangroves of northeast Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change* 4. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.653096>
- Landsberg, F., Ozment, S., Stickler, M.M., Henninger, N., Treweek, J., Venn, O., Mock, G., 2011. *Ecosystem Services Review for Impact Assessment Introduction and Guide to Scoping*. World Resources Institute.
- Landsberg, F., Treweek, J., Mercedes-Stickler, M., Henninger, N., Venn, O., 2013. *Weaving ecosystem services into impact assessment: A step-by-step method*. Abbreviated version 1.0.2013. Washington, DC: World Resources Institute.
- Lenhard, J.C., 2023. *Gestão ambiental portuária com base ecossistêmica: proposta para o porto de Porto Alegre, RS, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.107.
- Longo, M.H.C., Rodrigues, R.R., 2017. Análise de serviços ecossistêmicos na Avaliação de Impacto Ambiental: proposta de aplicação em um empreendimento mineral. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente* 43, 103-125. <https://doi.org/10.5380/dma.v43i0.54106>
- Magalhães Filho, L., Roebeling, P., Villasante, Bastos, M.I. Ecosystem services values and changes across the Atlantic coastal zone: Considerations and implications. *Marine Policy*, v. 145, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105265>
- Mayembe, R., Simpson, N.P., Rumble, O., Norton, M., 2023. Integrating climate change in Environmental Impact Assessment: A review of requirements across 19 EIA regimes. *Science of the Total Environment* 869. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161850>
- MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003. Disponível em: http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf. Acesso em: 23 out. 2022.

- Merven, R., Appadoo, C., Florens, V., Iranah, P., 2023. Dependency on mangroves ecosystem services is modulated by socioeconomic drivers and socio-ecological changes-insights from an insular biodiversity hotspot, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2970503/v1>
- Miller, G. T.; Spoolman, E. S., 2021. Tradução da 3ª ed., São Paulo: Cengage Learning.
- Paiva, B.H.I.; Almeida Jr, E.B. E., 2020. Diversidade, Análise Estrutural E Serviços Ecosistêmicos da Vegetação Lenhosa da Restinga da Praia da Guia, São Luís, Maranhão, Brasil. Biodiversidade,19, 2.
- PIAUÍ. Lei Nº 5.529, de 26 de dezembro de 2005. Disciplina a instalação de empreendimentos de carcinicultura no Estado do Piauí e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Piauí: Teresina, PI, n. 242, 12-14, 27 dez. 2005.
- Putrick, S.C.; Perinotto, A.R.C., 2022. The Rota das Emoções in the touristic context of Northeast region of Brazil. Journal of Multidisciplinary Academic Tourism,7, 1, 19-29. <https://doi.org/10.7748/nm.29.5.19.s7>
- Rozas-Vasques, D., Furst, C., Geneletti, D., 2019. Integrating ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment: The role of the cascade model. Environmental Impact Assessment Review 78. 106291 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106291>
- Saldanha, D.S., Costa, D.F.S., 2019. Classificação dos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas úmidas na zona estuarina do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Nordeste, Brasil). Ateliê Geográfico 13(3), 263-282. <https://doi.org/10.5216/ag.v13i3.54443>
- Sánchez, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. 3 ed. atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.
- Santos, N. M., Costa, D. F. Da S., Cestaro, L. A., 2021. Identificação e mapeamento dos Serviços Ecosistêmicos de provisão no Manguezal do Rio Tijupá, Ilha do Maranhão (Região Nordeste Do Brasil). Caminhos de Geografia 22(79), 276–294. <https://doi.org/10.14393/RCG227954259>
- Septanil, M. P. B., Pinto, L., Campanhão, L. M.B., 2017. Inclusão dos serviços ecossistêmicos em estudos de impacto ambiental: evidência empírica no estado de São Paulo. Desenvolvimento e Meio Ambiente 43. 91-102. <https://doi.org/10.5380/dma.v43i0.54163>
- Silva, M.G., Beltrão, N. E. S., Morales, G. P., 2021. Avaliação e mapeamento dos serviços ecossistêmicos ofertados pela Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará, Brasil. Geosul 36(78), 516–536. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e71192>
- Souza, C.A.; Duarte, L.F.A.; João, M.C.A. & Pinheiro, M.A.A. Taillardat P.; Friess D.A.; Lupascu, M., 2018. Mangrove blue carbon strategies for climate change mitigation are most effective at the national scale. Biology Letters, 14. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0251>
- Silva-Júnior, J.J., Nicacio, G., Rodrigues, G.G., 2020. A carcinicultura nos manguezais do nordeste brasileiro: problemáticas socioambientais nas comunidades tradicionais. Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais 9, 70-84. <https://doi.org/10.46802/rmsde.v9i2.245816>
- Souza, A.P.S.; Souza, I.S.; Olavo, G.; Lobão, J.S.B.; José, R.V., 2019. Mapeamento e identificação de vetores responsáveis pela supressão do manguezal na zona costeira do Baixo Sul da Bahia. Revista Brasileira de Geografia Física, 12, 07, 2503-2521. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.7.p2503-2521>
- Souza, A. P. D., Teodoro, P. E., Teodoro, L. P. R., Taveira, A. C., De Oliveira-Júnior, J. F., Della Silva, J. L., Baio, F. H. R., Lima, M., Silva Junior, C. A., 2021. Application of remote sensing in environmental impact assessment: a case study of dam rupture in Brumadinho, Minas Gerais, Brazil. Environmental monitoring and assessment 193, (606). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09417-z>
- Stendahl, M.-F., Dubois, M.-C., Forgues, D., Hjelseth, E., 2022. Building Information Modeling for Environmental Impact Assessment in Early Design Phases: A Literature Review. Open Journal of Applied Sciences 12(01), 59–81. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.121006>
- Su, J., Gasparatos, A., 2023. Perceptions about mangrove restoration and ecosystem services to inform ecosystem-based restoration in Large Xiamen Bay, China. Landscape and Urban Planning 235. 104763. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104763>
- Turra, A., Amaral, A. C. Z., Ciotti, A. M., Wongtschowski, C. L. D. B. R., Schaeffer-Novelli,

- Y., Marques, A. C., Siegle, E., Sinisgalli, P. A. D. A., Santos, C. R. D., Carmo, A. B. D., 2017. Avaliação de impacto ambiental sob uma abordagem ecossistêmica: ampliação do Porto De São Sebastião. *Ambiente & Sociedade* 20(3), 155–176. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC166V2022017>
- Veiga-Lima, F.A., Almeida, F.B., Torres, R.P., Scherer, M.E.G., 2016. Modelo conceitual de avaliação de ameaças sobre serviços ecossistêmicos de sistemas de dunas. Estudo de caso: os campos de dunas da Ilha de Santa Catarina/SC, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 38, 199-211. <https://doi.org/10.5380/dma.v38i0.46992>
- Zhang, S., Ramírez, F. M., 2019. Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain. *Cities*, 92, 59-70. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.016>