

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES (MASRios): APLICAÇÃO E CONSIDERAÇÕES A PARTIR DE ESTUDOS DE CASO

*METHODOLOGY FOR HYDRO-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY ASSESSMENT FOR
INTERVENTION PROJECTS IN PERENNIAL RIVERS (MASRios): APPLICATION AND
CONSIDERATIONS FROM CASE STUDIES*

Andreza Tacyana Felix CARVALHO, Jaime Joaquim da Silva Pereira CABRAL

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N, Cidade Universitária
- Recife – PE. E-mails: andrezaefelix@uern.br; jcabral@ufpe.br

Introdução
Materiais e métodos
 Identificação e caracterização geral dos estudos de caso
 A MASRios e sua aplicação em estudos de caso
Resultados e discussão
Considerações finais
Referências

RESUMO - Para avaliar a viabilidade ambiental de intervenções estruturais em ambientes fluviais, as escolhas pela utilização por metodologias específicas baseadas em indicadores de sustentabilidade, podem ser ferramentas úteis ao embasamento técnico da análise do licenciamento ambiental. Desse modo, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Intervenções em Rios Perenes (MASRios), a partir de sua aplicação para análise de projetos de barragens, dragagens, retificações e requalificações em rios perenes de primeira e segunda ordens, conforme classificação fluvial hierárquica. A partir de pesquisa bibliográfica, documental e de campo, são utilizados como estudos de caso dados e informações provenientes de três de projetos de intervenções em cursos d'água perenes, que foram objetos de licenciamento ambiental na Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco, entre os anos de 2011 e 2017. Por fim, verifica-se através dos resultados dos valores numéricos e gráficos apresentados, que a MASRios possui capacidade de integração entre os impactos hidroambientais em estudo, como também, concordância técnica para dar subsídios à avaliação de sustentabilidade desses tipos de projetos.

Palavras-chave: Instrumento de gestão ambiental. Indicadores de sustentabilidade hidroambiental. Sistema fluvial. Licenciamento Ambiental. Viabilidade ambiental.

ABSTRACT - To assess the environmental feasibility of structural interventions in fluvial environments, the choice to use specific methodologies based on sustainability indicators can be useful tools for the technical basis of the analysis of environmental licensing. Thus, this research aims to evaluate the Methodology for Assessment of Hydro-environmental Sustainability for Interventions in Perennial Rivers (MASRios), based on its application for the analysis of dam, dredging, rectification and requalification projects in first and second orders perennial rivers, according hierarchical river classification. Based on bibliographic, documentary and field research, case studies, data and information from three projects of intervention in perennial water courses, which were objects of environmental licensing at the State Environmental Agency of Pernambuco between the years 2011 and 2017. Finally, it is verified through the results of the numerical and graphical values presented, that MASRios has the capacity to integrate the hydro-environmental impacts under study, as well as technical agreement to support the sustainability assessment of these types of projects.

Keywords: Environmental management instrument. Hydro-environmental sustainability indicators. River system. Environmental licensing. Environmental feasibility.

INTRODUÇÃO

Os rios desempenham um papel vital na sociedade humana, fornecendo água para abastecimento público e industrial, apoiando a agricultura, necessidades municipais, geração de energia, navegação e recreação, entre outros (Wang et al., 2018). Contudo, essas utilizações geralmente são promovidas através de intervenções (barragens, dragagens, revestimentos, retificações, como também, o lançamento de efluentes e a ocupação desordenada) que, por sua vez, provocam diversos impactos ambientais para o ambiente fluvial.

do rio, por vezes, é um procedimento obrigatório frente às exigências para atender as necessidades básicas do homem. No entanto, "(...) a degradação desses corpos hídricos e os seus respectivos impactos negativos sobre a população e o meio ambiente têm despertado o reconhecimento da importância de se preservar os sistemas naturais remanescentes e mitigar e recuperar os ambientes degradados" (Baptista & Cardoso, 2013; Macedo et al., 2011).

Conforme Bragatto et al. (2012), a degradação ambiental é um processo complexo e requer

Segundo Silva (2004), a intervenção no curso
São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 41, n. 2, p. 465 - 478, 2022

medidas de gestão e controle que passam por ações e soluções integradas de gestão ambiental, a fim de minimizar os eventuais impactos ambientais. E, como destaca Vieira & Studart (2009), no intuito de dar suporte a uma política de gestão integrada e uso racional dos recursos hídricos, de forma a garantir um desenvolvimento sustentável, é imprescindível a aplicação de ferramentas capazes de medir o desempenho dos sistemas hídricos e ambientais.

De acordo com Gregory (1992), a gestão ambiental deve estar preocupada com o futuro, podendo ser encarada em três níveis de definição crescente, que podem ser definidos como: o que acontecerá em termos de impacto; qual a intensidade que acontecerá e quando – o que será a essência da predição; e por fim, como poderia o meio ambiente ser modelado, que é a finalidade do planejamento. Westman (1985) e Cremonez et al. (2014) indicam que este processo faseado deve ser cíclico, não linear, sendo preciso passar por sucessivas análises, sendo introduzidas realimentações cada vez mais detalhadas.

Nesta perspectiva, “(...) a natureza coletiva do meio ambiente impõe ao Poder Público o dever de orientar o uso dos recursos naturais em níveis tais que seja mantida a capacidade produtiva dos diferentes sistemas e compartimentos ambientais. Em outras palavras, significa que o Estado tem a prerrogativa de avaliar as propostas de intervenção no meio e estabelecer as condições para que estas se tornem ambientalmente viáveis” (Montaño & Souza, 2008). “No âmbito das ações de Estado, uma das maneiras de demonstrar a incorporação dos limites relacionados à capacidade de suporte do meio e do desenvolvimento sustentável remete à avaliação prévia da viabilidade ambiental das ações propostas através do instrumento de licenciamento ambiental” (Montaño & Souza, 2008; Sandoval & Cerri, 2009). Assim, o licenciamento ambiental como um instrumento preventivo da gestão pública ambiental, “(...) está vinculado à existência de instrumentos que atuem de modo complementar durante o processo de tomada de decisão – que garantam desde a fundamentação técnica da decisão propriamente dita até a sua sustentação jurídico-institucional” (Montaño & Souza, 2008; Viegas, 2009).

No Brasil, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiental através da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, este instrumento constituiu-se como “(...) um procedimento de avaliar as possibilidades de compatibilização

entre os impactos ambientais adversos e as restrições e/ou capacidade de suporte dos recursos ambientais envolvidos, sob a perspectiva da sustentabilidade de desenvolvimento de uma determinada região” (Agra Filho, 2016). Entretanto, ressalta-se que nele, “a limitação da avaliação individual dos projetos e os efeitos potencializados dos impactos ambientais intersetoriais têm levado a necessidade de avaliar o impacto ambiental dentro de uma visão integradora tanto no espaço como intersetorial visando a prevenção e a mitigação dos impactos” (Tucci & Mendes, 2006).

Desse modo, para avaliar a viabilidade ambiental das intervenções em ambientes fluviais, a escolha pela utilização por metodologias específicas baseadas em indicadores de sustentabilidade, podem ser ferramentas úteis ao embasamento técnico da análise do licenciamento ambiental desses projetos. Como citam Xu et al. (2006), Fortini et al. (2006), Silva et al. (2010) e Pires et al. (2016), indicadores de sustentabilidade são empregados como informações em estudos ambientais, facilitando a compreensão sobre fenômenos complexos, fundamentando a análise do desenvolvimento que abrange as diversas dimensões (econômicas, sociais, culturais, geográficas e ambientais), permitindo verificar os impactos provocados pelas ações humanas ao ambiente.

Conforme defende Campos et al. (2014), por cada bacia possuir características particulares, a avaliação tem como necessidade, ter grupos de indicadores que traduzam sua realidade, que sejam bem definidos e, que possam sofrer algumas alterações e/ou adequações para cada situação em análise. Contudo, como cita Shakib-Manesh et al. (2014), os impactos ambientais de projetos em pequena escala geralmente não são mal avaliados ou de alguma forma não são avaliados.

Neste sentido, observando a dinâmica e complexidade do sistema fluvial, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e a utilização de ferramentas para mensurar a viabilidade ambiental para aplicação de um determinado projeto em um curso d’água, esta pesquisa propõe-se em avaliar a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Intervenções em Rios Perenes (MASRios), elaborada por Carvalho (2018), a partir de sua aplicação para análise de projetos de barragens, dragagens, retificações e requalificações em rios perenes de 1ª e 2ª ordens conforme Classificação fluvial hierárquica de Horton (1945) modificada por Strahler (1957).

A MASRios tem sua concepção direcionada a

prestar subsídios técnicos para identificação, predição e avaliação ao instrumento de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) no processo de licenciamento ambiental de projetos de barragens, retificações de cursos d'água, dragagens, como também aqueles direcionados ao restabelecimento de rios de regime perene (Carvalho & Cabral, 2020). Esta ferramenta está fundamentada a partir da utilização de indicadores do tipo de desempenho, os quais se propõem avaliar a eficácia do projeto e, o progresso do sistema fluvial em resposta às intervenções efetuadas, através da medição da distância do estado do

sistema às metas ou aos valores alvo.

Para isto, a pesquisa utiliza-se do método de pesquisa do tipo estudo de caso para testar a aplicabilidade desta metodologia fundamentando-se a partir de pesquisa bibliográfica, documental e de campo, tendo como objetos de análise, 03 três projetos de intervenções em cursos d'água perenes (barragem, retificação e requalificação fluvial). Estes projetos foram submetidos ao processo de licenciamento ambiental no órgão ambiental estadual de Pernambuco, a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), entre os anos de 2011 e 2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa do tipo qualitativa aplicada, a qual utiliza-se de procedimentos sequenciais de revisão bibliográfica, levantamentos documental e de campo e aplicação de estudos de caso.

A utilização de estudos de caso é adotada como instrumento avaliativo para aplicação da MASRios, na qual são empregados os dados e informações provenientes de projetos de intervenções em cursos d'água de 1ª e 2ª ordem perenes (barragem, dragagem, retificação e requalificação fluvial), subme-

tidos ao processo de licenciamento ambiental.

Identificação e caracterização geral dos estudos de caso

Considerando os tipos de projetos e as informações e dados presentes nos estudos ambientais e documentos do processo de licenciamento ambiental, foram selecionados pelo pesquisador-observador três projetos de intervenções de obras em cursos d'água de 1ª e 2ª ordens de regime hídrico perene, apresentados à CPRH, entre os anos de 2012 e 2017 (Tabela 1).

Tabela 1 - Processos de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes submetidos ao licenciamento ambiental na CPRH, entre os anos de 2012 e 2017.

nº de identificação do estudo de caso	nº do processo de licenciamento ambiental	Ano de origem	Tipo de projeto	Coordenadas geográficas do trecho de intervenção	Tipo de licença ambiental	Órgão de Origem
01	011794	2012	Requalificação fluvial	Ponto inicial: 08°00'23,41''S 34°53'05,94''O Ponto final: 07°59'10,40''S 34°54'09,02''O	Licença de instalação	CPRH
02	008598	2016	Requalificação fluvial	Ponto inicial: 8°19'52,68''S 35°02'02,21''O Ponto final: 08°00'23,41''S 35°01'33,20''O	Licença de instalação	CPRH
03	001733	2017	Retificação de curso d'água	Ponto inicial: 08°13'39,72''S 34°59'59,30''O Ponto final: 08°13'42,67''S 34°59'43,74''O	Licença de instalação	CPRH

O estudo de caso nº 01 refere-se a um projeto de requalificação fluvial que tem como objeto de intervenção o riacho Lava-tripas, curso d'água de 1ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Beberibe e, situado no município de Olinda. O riacho Lava-tripas possui 4,83 km de extensão, área de drenagem de 4,81 km² (Góes & Cirilo,

2011) e é uma das áreas com maior densidade populacional do município, alto déficit da oferta de serviços de saneamento, áreas susceptíveis a alagamentos e deslizamento de barreiras, bem como presença intensa de habitações, principalmente sob as margens deste riacho (Figuras 1, 2 e 3).

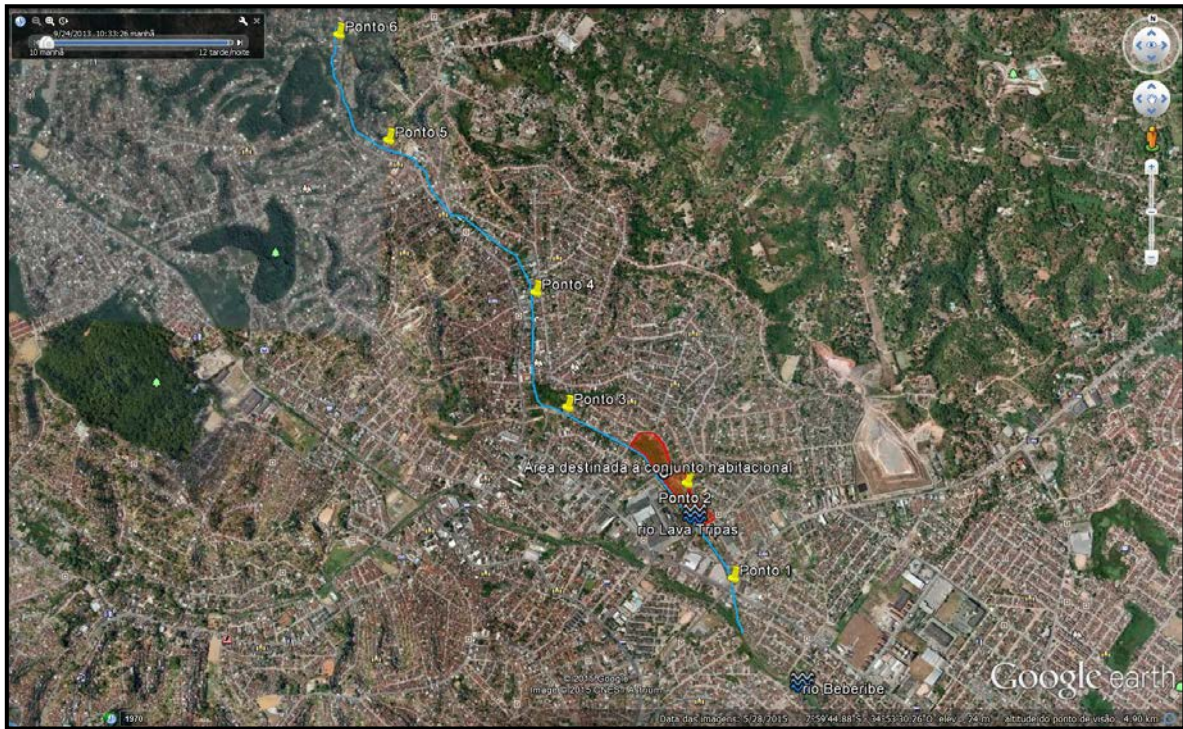


Figura 1 - Riacho Lava-tripás, afluente do rio Beberibe, Olinda – PE, com destaque para os pontos visitados.



Figura 2 - Riacho Lava-tripás com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco.



Figura 3 - Riacho Lava-tripás com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco.

Neste caso, o projeto propõe promover melhorias na qualidade da água do curso d'água, de suas margens, na drenagem superficial e na qualidade de vida da população residente na bacia. Para isto o projeto prevê a execução de retificação com redimensionamento em 4,27 km de extensão da calha do riacho, incluindo desassoreamento, escavação, aterro e revestimento; relocação de população ocupante de área de preservação permanente do curso d'água e de áreas de riscos; instalação de rede de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, parque linear e de vias de acesso para população.

O estudo de caso nº 02, refere-se também de um projeto para requalificação fluvial, porém tendo

como objeto de intervenção o riacho Algoduais, curso d'água de 2ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Massangana e situado no município do Cabo de Santo Agostinho. Segundo a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco - SECTMA (2002), o citado riacho possui extensão total de aproximadamente 10,0 km e 25,31 km² de área de drenagem. Em seu alto-curso, situado exclusivamente na zona rural, apresenta seu leito natural assoreado e, em grande parte, coberto por gramíneas; já em seu médio e baixo curso, localiza-se na zona industrial da bacia hidrográfica e apresenta-se retificado e revestido (Figuras 4, 5 e 6).

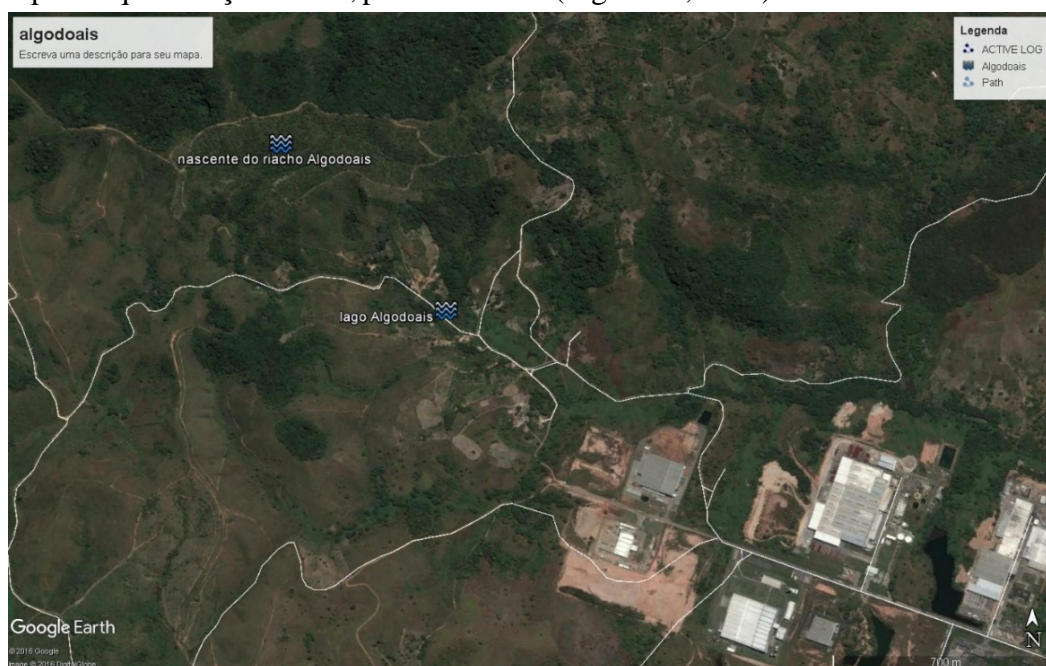


Figura 4– Riacho Algoduais com destaque para pontos estratégicos de intervenção propostos pelo projeto (Fonte: Google Earth (2007)).



Figura 5 - Riacho Algoduais coberto por gramíneas em seu trecho na zona rural da bacia hidrográfica, localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.



Figura 6 - Riacho Algodoads interceptado por via de acesso rudimentar na zona rural da bacia hidrográfica localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.

Como intervenções, o projeto em análise propõe desenvolver exclusivamente no alto curso do riacho ao longo de 1,0 km de extensão, atividade de desassoreamento e redimensionamento de calha; instalação de jardins filtrantes; recuperação de nascentes e reposição florestal da área de preservação permanente das margens, todas com a intenção de promover a melhoria da qualidade da água deste riacho, uma vez que o mesmo recebe ao longo de sua extensão, à jusante, na zona industrial da bacia, efluentes tratados oriundos das indústrias da localidade da bacia.

Quanto ao estudo de caso nº 03, trata-se de um projeto de retificação de um trecho do riacho Contra-açude, curso d'água de 2ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, situado no

município do Cabo de Santo Agostinho.

A área total de sua bacia corresponde a 4,57 km², tendo o riacho aproximadamente 4,35 km de extensão, dos quais, 0,465 km são destinados à retificação para fins de beneficiamento imobiliário (Figuras 7 e 8).

A MASRios e sua aplicação em estudos de caso

A Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) trata-se de uma ferramenta desenvolvida para a identificação, predição e avaliação de projetos de intervenções em cursos d'água de 1ª e 2ª ordem, conforme a Classificação fluvial hierárquica de Horton (1945), modificada por Strahler (1952).



Figura 7 - Riacho Contra-açude com aterro em área de margem para retificação de trecho de seu curso, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco (Fonte: CPRH, 2017).



Figura 8 - Riacho Contra-açude com calha natural sem obras intervenções, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco (Fonte: CPRH, 2017).

Esta metodologia é composta pela integração da análise de componentes ambientais, sociais e econômicos envolvidos nesses projetos em estágio de pré- e pós-instalação. Para isto, “(...) adota em sua concepção, a Dinâmica hierárquica de trechos desenvolvida por Frissel et al. (1986) e os indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais de Carvalho (2018)” (Carvalho & Cabral, 2020).

Pois, considerando que “a compreensão da configuração morfológica dos sistemas fluviais, dos seus processos e de sua dinâmica espaço-temporal exige a consideração integrada do conjunto de variáveis do quadro geográfico” (Barros & Magalhães Júnior, 2020).

Segundo Carvalho & Cabral (2020), através da Dinâmica Hierárquica de trechos, a metodologia diferencia a análise espacial das variáveis/subindicadores a partir de uma hierarquia, na qual o ambiente fluvial definido pela bacia hidrográfica é compreendido como um ambiente composto por subsistemas com diferentes escalas espaciais de observação para coleta de dados e informações: sistema de fluxo (1:1.000), segmento ou trecho do curso d’água (1:100), alcance (1:10), rifle (1:1) e microhabitat (1:10⁻¹). Assim, “(...) considerando-os sistemas abertos, se por um lado os cursos d’água resultam do funcionamento integrado de diversos subsistemas ambientais, por outro eles também são artes funcionais desses subsistemas” (Barros & Magalhães Júnior, 2020).

Desse modo, diante da perspectiva da eficácia de um determinado projeto e o progresso do sistema fluvial em resposta às intervenções efetuadas, a MASRios como um instrumento voltado à avaliação qualiquantitativa dos possíveis impactos hidroambientais, propõe-se a apresentar resultados

para a medição da distância do estado do sistema às metas ou aos valores alvo da sustentabilidade hidroambiental estipulados, uma vez que, sua concepção está fundamentada na “(...) capacidade de englobar a estrutura do sistema, bem como os elementos externos à rede de drenagem, como os subindicadores relacionados ao valor da água e à valorização de imóveis e, os elementos internos ou presentes no sistema de drenagem, como os subindicadores hidrogeo-morfológicos, biodiversidade, saneamento e, uso e ocupação do solo” (Carvalho & Cabral, 2020).

Estes resultados devem assim, apresentar de forma numérica e gráfica, por meio de áreas de polígonos definidos por cada conjunto composto pelos indicadores temáticos, indicando os valores da relação de impacto de cada subindicador temático quando normalizados e transformados em áreas, tornando a escala de análise do grupo temático uniforme e comum a todos os valores.

Com relação à sua aplicação nos estudos de casos indicados, esta deve dar-se de forma faseada, dividida em quatro etapas procedimentais a serem efetuadas pelo analista do projeto: (i) coleta de informações sobre a condição atual e pós do curso d’água, do projeto e de sua bacia hidrográfica; (ii) organização dessas informações; (iii) aplicação das informações na metodologia e (iv) análise dos resultados obtidos. Assim, através de pesquisas documental, bibliográfica e de campo realizadas no período de dezembro de 2016 a junho de 2018, foram obtidas as informações e dados necessários, sendo organizados conforme especificações de cada Subindicador de Impacto Hidroambiental (Figura 9) e, posteriormente inseridas na tabela localizada na pasta ‘Relação de Impactos Hidroambientais’ e na pasta ‘Fatores de ponderação’.

Características do projeto			Projeto 01				Projeto 02				Projeto 03									
Indicadores	Subindicadores	Código	Pré-instalação		Pós-instalação		Pré-instalação		Pós-instalação		Pré-instalação		Pós-instalação							
			M ^f	J ^f	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
Hidrogeomorfológica	Qualidade de água	AMB1A	10	10	7	7	1	2	1	1	3	3	3	4						
	Vazão	AMB2A	24	38	30	45	0,07	0,3	0,07	0,3	63,50	65	86,95	86,95						
	Morfometria fluvial	AMB3A	S	L	P	S	L	P	S	L	P	S	L	P	S	L	P			
			0,68	2,0	1,55	0,68	5,23	2,64	0,90	2,0	0,4	0,95	20,0	0,8	0,90	4,2	2,8	0,94	5,0	3,0
Biodiversidade	Composição e abundância da flora aquática	AMB1B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3						
	Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	AMB2B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
		1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3							
	Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola	AMB3B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
		1	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3	3							
Saneamento	Esgotamento sanitário	SOC1A	B ⁷		B		B		B		B		B							
			15	50	95	95	95	95	95	95	95	95	95							
	Abastecimento de água	SOC2A	B		B		B		B		B		B							
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100							
	Resíduos sólidos	SOC3A	B		B		B		B		B		B							
			90	95	95	95	95	95	95	95	95	95								
	Drenagem urbana	SOC4A	B		B		B		B		B		B							
			25	50	30	30	50	50												
Uso e ocupação do solo	Ocupação urbana da microbacia hidrográfica	SOC1B	B		B		B		B		B		B							
			45	40	62	62	30	32												
	Áreas de preservação permanentes do curso d'água	SOC2B	B		B		B		B		B		B							
		90	60	90	94	5	5													
	Densidade populacional ^f	SOC3B	B		B		B		B		B		B							
			25	24,5	0,013	0,013	0,01	0,01												
Valor da água	Usos da água	ECN1A	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			2	2	2	2	18	18	18	18	24	24	24	24						
	Custo médio da água	ECN2A	B		B		B		B		B		B							
			8,65	8,65	41,30	41,30	41,30	41,30												
Valorização de imóveis	Controle de riscos	ECN1B	B		B		B		B		B		B							
			25	5	5	5	5	5												
	Integração urbanística	ECN2B	B		B		B		B		B		B							
		0	24	10	16	10	10													
	Infraestrutura	ECN3B	B		B		B		B		B		B							
			0	2	0	2	0	0												

Figura 9 - Informações e dados referentes aos projetos em análise e suas respectivas bacias hidrográficas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos pelo emprego da MASRios, demonstra-se graficamente a relação entre os possíveis grupos de impactos hidroambientais para cada estudo de caso em análise, tendo, como estado inicial comparativo, a condição atual do curso d'água e de sua bacia hidrográfica.

No estudo de caso nº 01, verifica-se, através da figura 10, que na situação de pós-instalação do projeto, o ambiente deve receber basicamente impactos negativos mais significativos sobre a morfometria fluvial, referente ao subindicador AMB3A. Entretanto, quando observado os demais subindicadores, pode-se interpretar que o conjunto dos benefícios ambientais se sobrepõe a este impacto negativo.

Já nas figuras 11 e 12 observa-se que o grupo de impactos positivos gerados tanto na temática social quanto econômica são significativos. Destaque para este caso, com relação aos subin-

dicadores relacionados a Esgotamento sanitário (SOC1A), Drenagem urbana (SOC4A), Controle de riscos (ECN1B) e Integração urbanística (ECN3B).

Sobre o caso de estudo nº 02, conforme mostra a figura 13, os subindicadores ambientais apresentam impactos negativos na pós-instalação do projeto em análise, sendo a morfometria fluvial (AMB3A), o elemento a ter danos mais significativos. Nas temáticas social e econômica, a aplicação do projeto demonstra-se inerte, sem alterações nas condições hidroambientais iniciais (Figuras 14 e 15)

Referente ao estudo de caso nº 03, as figuras 16, 17 e 18 mostram que em todas as temáticas hidroambientais, o projeto traz poucos benefícios como também danos ao ambiente de sua aplicação. Tal situação remete à avaliação de sustentabilidade, a necessidade de conhecimento da inter-relação entre as variáveis, bem como de elementos

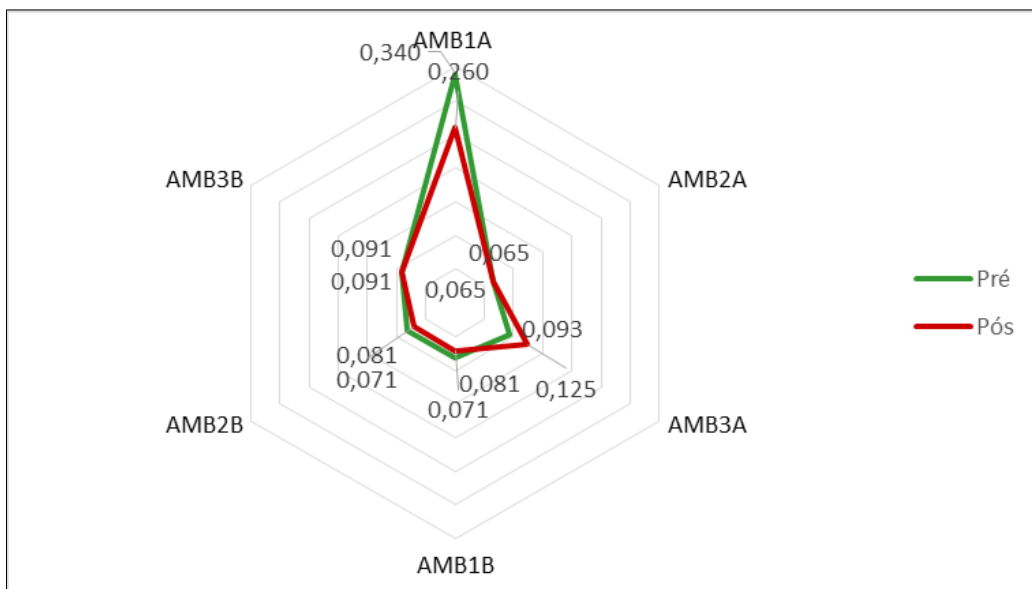


Figura 10 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.

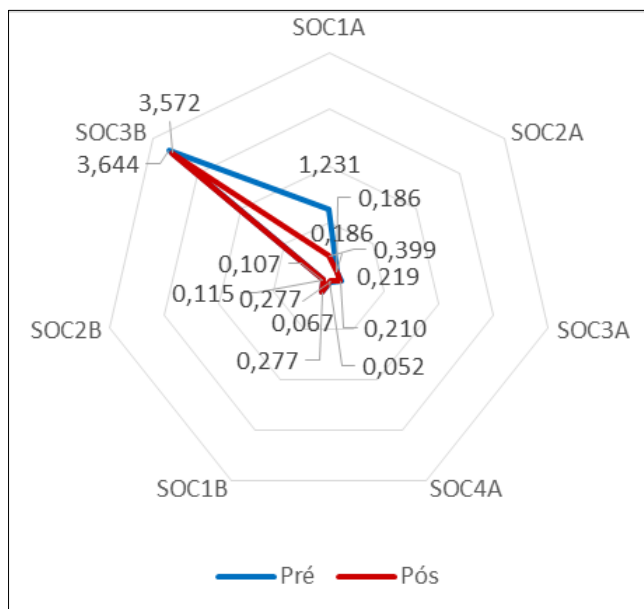


Figura 11 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.

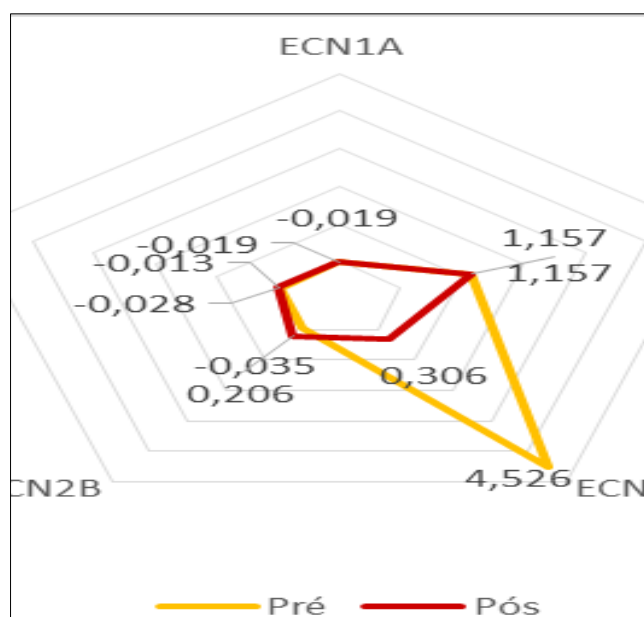


Figura 12 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.

que não estão contabilizados na metodologia para uma interpretação consistente para o julgamento quanto à aplicação do projeto proposto Quanto ao valor total dos impactos dos grupos temáticos, apesar da diferença entre

os objetivos de cada projeto, com base nos dados e informações coletadas, a MASRios foi capaz de computar os valores das áreas dos polígonos nas condições de pré e pós instalação de cada projeto, como mostra a tabela 2.

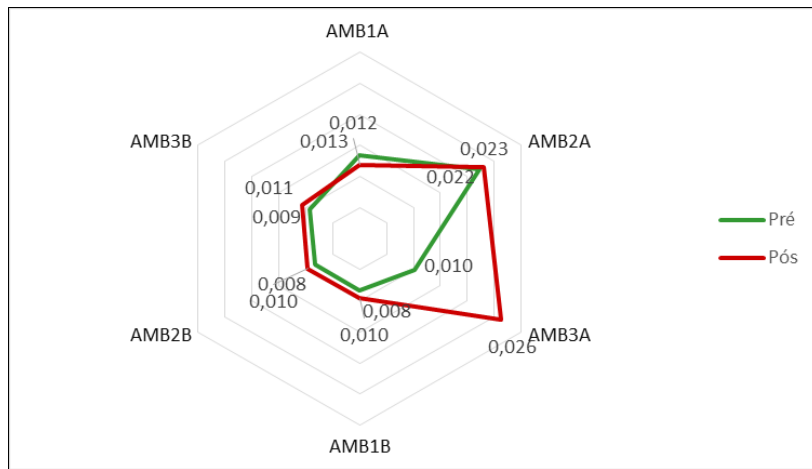


Figura 13 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 02.

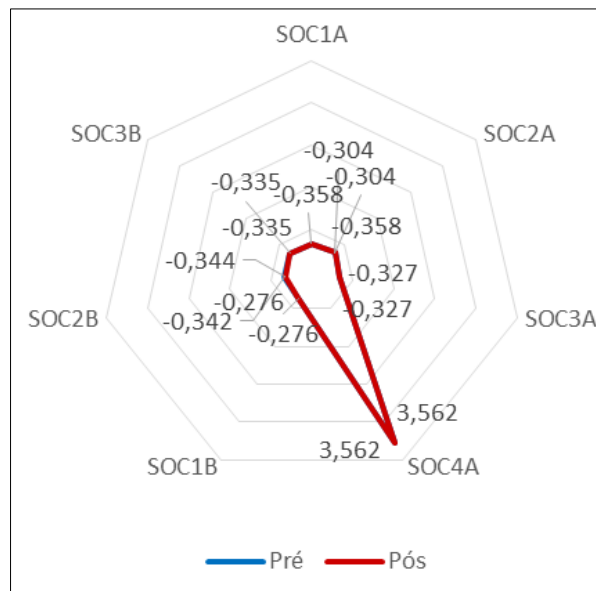


Figura 14 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 02.

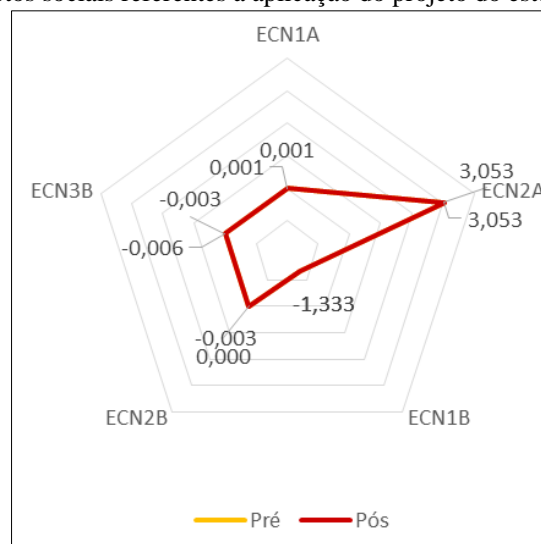


Figura 15 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 02.

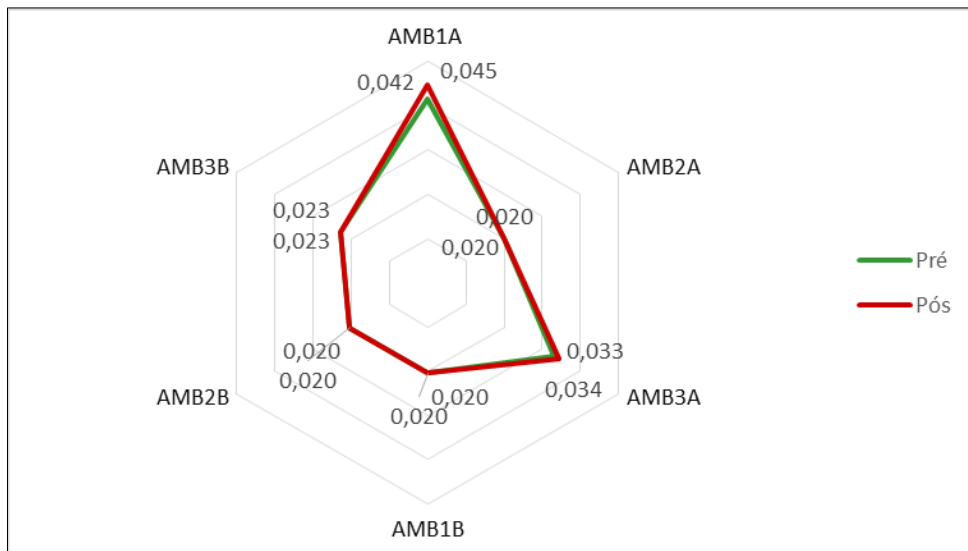


Figura 16 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.

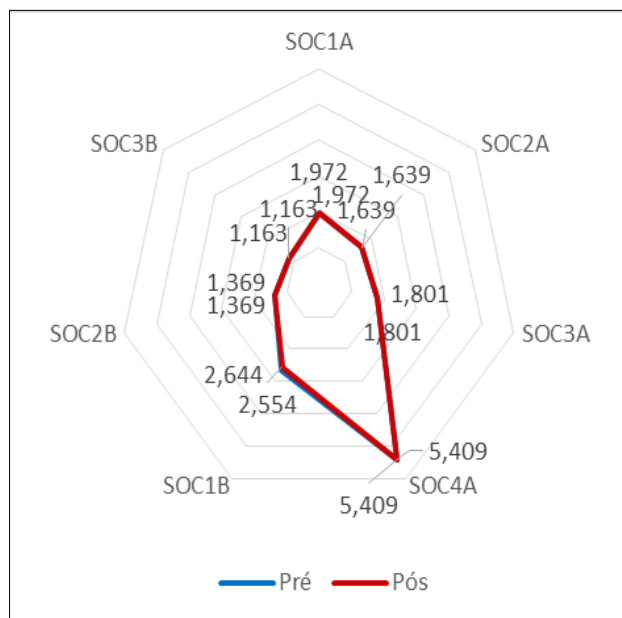


Figura 17 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.

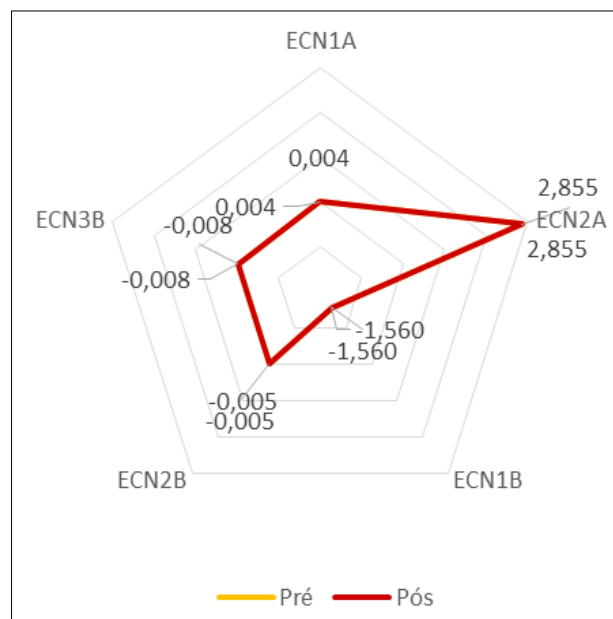


Figura 18 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.

Tabela 2 - Valores das áreas dos polígonos dos grupos temáticos dos indicadores hidroambientais.

Grupo temático	Área do polígono (Valor do Impacto)	Estudo nº 01	Estudo nº 02	Estudo nº 03
Ambiental	Pós	0,0349	0,0004	0,0017
	Pré	0,0264	0,0004	0,0015
	Total do impacto	0,0086	0,0000	0,0002
Social	Pós	2,0469	1,0499	0,0017
	Pré	0,7709	1,0505	0,0015
	Total do impacto	1,2761	-0,0006	0,0002
Econômico	Pós	2,5760	1,9384	2,1258
	Pré	0,2099	1,9374	2,1258
	Total do impacto	2,3661	0,0010	0,0000

Desse modo, observa-se que o estudo nº 02, mesmo perante as condições iniciais do ambiente e apesar de ter sido denominado como um projeto de requalificação fluvial propondo ações voltadas ao melhoramento da condição do curso d'água em questão, não traz impactos positivos tanto para a temática ambiental quanto para as demais. Sobre o estudo de caso nº 03, este apesar de apresentar valor de impacto positivo nas temáticas ambiental e social, com relação à temática econômica, as informações e dados do projeto demonstram não trazer mudança de condição para a bacia hidrográfica. Compreende-se que, para este caso apesar de serem identificados benefícios ambientais e sociais

apresentados pela MASRios, estes são mínimos, podendo ser interpretado que a decisão pela aplicação do projeto pode ser objeto de julgamento a partir de critérios específicos e/ou particulares da equipe técnica de avaliação.

Por fim, considerando que o enfoque da aplicação da metodologia visa o julgamento de projetos sobre perspectiva da sustentabilidade hidroambiental, indica-se que o projeto atribuído ao estudo de caso nº 01, é o que apresenta melhor resultado entre os casos estudados. Pode-se compreender que nesta situação as ações previstas neste projeto não devem trazer benefícios exclusivos à temática econômica e social, mas também, à ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que a avaliação da sustentabilidade hidroambiental é um processo complexo e multidimensional, visto a diversidade de informações e a abrangência de fatores e elementos envolvidos neste processo avaliativo. Pois, os cursos d'água enquanto sistema fluvial são compostos por diversos componentes que se interagem e se relacionam entre si, em forma inclusive, de subsistemas.

Com base no método de pesquisa utilizado e nos resultados obtidos pela aplicação da MASRios, observa-se que esta metodologia não define se algum empreendimento é viável ou não para execução. Porém, a mesma possibilita a organização e apresentação das informações disponíveis, para que o analista técnico possa interpretar estes resultados e embasar a tomada de decisão sobre a viabilidade de um determinado projeto.

Para isto, é necessário principalmente, considerar a interconexão entre impactos hidroambientais existentes e a serem provocados no curso d'água e em sua bacia hidrográfica. Como exemplo, destaca-se que a metodologia não abarca em sua

concepção, tipos de materiais e estruturas a serem aplicados no projeto, devendo assim, ficar a cargo do analista do projeto, considerar os mais viáveis principalmente com relação ao meio ambiente e a segurança social. Entretanto, apesar de não ter sido objetivo de trabalho desta pesquisa, indica-se que os resultados obtidos e a sua análise interpretativa, pode auxiliar na identificação de impactos específicos, podendo facilitar a escolha de soluções pré-estabelecidas, abrindo possibilidades, então, para a concepção de novas alternativas de intervenção no mesmo ambiente em questão.

Por fim, por ser uma metodologia recomendada para aplicação em projetos de intervenções em cursos d'água perene de pequeno e médio portes e que, não necessitam de EIA e RIMA para sua AIA, compreende-se que a possibilidade de realizar uma análise integrada dos impactos hidroambientais incidentes, de suas causas reais e dos seus efeitos. Pode proporcionar a gestão mais efetiva do ponto de vista da tomada de decisão e da definição de responsabilidades e

controle desses impactos, não anulando a individualidade, o conhecimento e as experiências do técnico analista para, de forma independente,

executar a interpretação e a análise de cada projeto perante a complexidade de fatores e elementos envolvidos na questão.

REFERÊNCIAS

- AGRA FILHO, S. S. Análise prévia do licenciamento ambiental: uma reflexão e proposição de inserção da perspectiva da sustentabilidade na apreciação no mérito da viabilidade ambiental. Ribeirão Preto: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO, 3º, Ribeirão Preto. 2016. **Anais ...** Ribeirão Preto: 2016, p. 339-345.
- BAPTISTA, M. & CARDOSO, A. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. **Revista UFMG**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.
- BARROS, L.F.P. & MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Bases teóricas e fatores controladores da dinâmica fluvial. In MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. & BARROS, L.F.P. (Orgs.). **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: Rio de Janeiro: p. 23-50, 2020.
- BRAGATTO, R.D.; MARTINI, C.A.; STEFFANI, M.A.; ZOREL JÚNIOR, H.E.; BARRETO, R.M. Indicadores ambientais de sustentabilidade sistematizados pelo modelo pressão-estado-resposta (PER): análise das águas superficiais na microbacia hidrográfica passo da pedra, em Pato Branco – PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 7., n. 2, p. 87-103, 2012.
- BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional de Meio Ambiente**. Disp. em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em 07/06/2018.
- CAMPOS, M. C.; RIBEIRO, M. R. & VIEIRA, Z. C. A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 02, abr./jun., p. 209-222, 2014.
- CARVALHO, A. T.F. **Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios)**. Recife. 2018. 157 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco.
- CARVALHO, A.T.F. & CABRAL, J.J.S P. Avaliação de impacto ambiental de projetos de intervenções em cursos d'água no Brasil: análise documental e de coerência técnica de estudos ambientais. **Revista DAE**, V. 68, n. 223, p. 06-22, 2020.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. **Pedido de acesso à informação - Processo de licenciamento nº 011794/2012**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Ouvidoria/42324%3B36014%3B59%3B0%3B0.asp>. Acesso em 05/03/2018.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. **Pedido de acesso à informação - Processo de licenciamento nº 008598/2016**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Ouvidoria/42324%3B36014%3B59%3B0%3B0.asp>. Acesso em 05/03/2018.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. **Pedido de acesso à informação - Processo de licenciamento nº 001733/2017**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Ouvidoria/42324%3B36014%3B59%3B0%3B0.asp>. Acesso em 05/03/2018.
- CPRH. **AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE** São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 41, n. 2, p. 465 - 478, 2022
- DE PERNAMBUCO. Pedido de acesso à informação. Disp. em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Ouvidoria/42324%3B36014%3B59%3B0%3B0.asp>. Acesso em 05/03/2018.
- CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CARMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v. 13, n. 05, p. 3821-3830, 2014.
- FORTINI, L. B.; RABELO, F. G. & ZARIN, D. J. Mixed potential for sustainable forest use in the tidal floodplain of the Amazon River. **Forest Ecology and Management**, n. 231, p. 78-85, 2006.
- FRISSEL, C. A.; LISS, W. J.; WARREN, C. E.; HURLEY, M. D. Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed Context. **Environmental Management**, v. 10, n. 02, p. 199-214, 1986.
- GÓES, V.C. & J.A. CIRILO. Geração de base de dados espaciais para estudos de drenagem urbana na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63/64, p. 555-565, 2011.
- GOOGLE EARTH. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2007.
- GREGORY, K.J. **A natureza da Geografia Física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 367 p. 1992.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, n. 3, p.275-370, 1945.
- MACEDO, D.E.; CALLISTO, M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Restauração de Cursos d'água em Áreas Urbanizadas: perspectivas para a realidade brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 127-139, 2011.
- MONTAÑO, M. & SOUZA, M. P. A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2008.
- PIRES, A.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. **Science of the Total Environment**, n. 578, p. 01-09, 2016.
- SANDOVAL, M. & CERRI, L.E. Proposta de padronização em avaliação de impactos ambientais. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 06, n. 02, p. 100-113, 2009.
- SECTMA - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. 1.ed. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2002, 104 p.
- SHAKIB-MANESH, T.E.; HIRVONEN, K.O; JALAVA, K.J.; ALANDER, T. Ranking of small-scale proposals for water system repair using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). **Environmental Impact Assessment Review**, n. 49, p. 49-56, 2014.
- SILVA, P. J. **Estrutura para identificação e avaliação de impactos ambientais em obras hidroviárias**. São Paulo, 2004. 553 p. Tese (Doutorado em Engenharia

- Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.
- SILVA, A.M.; CORRÊIA, A.M.; CÂNDIDO, G.A. Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB. In: G.A. CÂNDIDO, **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas**. Campina Grande: UFCG, p. 236-271, 2010.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. **Am. Geophys. Union Trans.** v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- TUCCI, C.M. & MENDES, C.A. **Curso de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- VIEGAS, C.V. **Atividades de gestão do conhecimento na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental**. Florianópolis, 2009. 362 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento), Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VIEIRA, P.S. & STUART, T.M. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.14, n. 4, out./dez., p. 125-136, 2009.
- WANG, Y.; RHOADS, B.L.; WANG, D., WU, J.; ZHANG, X. Impacts of large dams on the complexity of suspended sediment dynamics in the Yangtze River. **Journal of Hydrology**, n. 558, p. 184-195, 2018.
- WESTMAN, M. **Ecology: impact assessment and environmental planning**. New York, John W. & Sons, 532pp. 1985.
- XU, F. ZHAO, S.; DAWSON, R. W.; HAO, J.; ZHANG, Y.; TAO, S. A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic development. **Ecological Modelling**, n. 195, p. 327-337, 2006.

Submetido em 9 de abril de 2021

Aceito para publicação em 22 de junho de 2022