



Aplicação do índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas na sub-bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assú - Brasil

Danilo Duarte Costa e Silva¹

Como Citar:

E SILVA, Danilo Duarte Costa. Aplicação do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas na sub-bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assú – Brasil. Revista Sociedade Científica, vol.7, n. 1, p.2556-2568, 2024.
<https://doi.org/10.61411/rsc202444817>

DOI: [10.61411/rsc202444817](https://doi.org/10.61411/rsc202444817)

Área do conhecimento: Ciências Ambientais.

Palavras-chaves: Gestão de recursos hídricos; indicadores de sustentabilidade; desenvolvimento sustentável.

Publicado: 10 de junho de 2024

Resumo

A necessidade de uso sustentável dos recursos hídricos no semiárido do Brasil tem se ampliado de tal modo que ele tem sido considerado por alguns como o mais problemático do mundo. Diante deste fato torna-se cada vez mais necessária a análise da sustentabilidade hídrica. O presente artigo apresenta a aplicação do índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas (Watershed Sustainability Index - WSI) na bacia hidrográfica localizada no semiárido brasileiro, no período de 2007 a 2011. A metodologia se mostrou eficaz na análise e os resultados classificados no escore de 0.62 apresentaram a realidade de uma média sustentabilidade. Gerando um relevante subsídio para gestão uma vez que indica a necessidade de intervenção nas sub-bacias do estado do Rio Grande do Norte.

1. Introdução

No cenário contemporâneo, um dos desafios mais significativos em relação à sustentabilidade dos recursos hídricos é a falta de planejamento adequado, resultando em cenários cada vez mais preocupantes ([4],[21], [3], [15]). De acordo com [4], há uma necessidade premente de planejamento que leve em conta uma abordagem holística, abordando os diversos aspectos interdisciplinares do problema, a fim de promover efetivamente o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a relação entre recursos hídricos e sustentabilidade tem sido amplamente debatida por diversos autores

¹Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil. ✉



([8], [16], [13], [14], [17], [18], [20]), ultrapassando, por vezes, as fronteiras disciplinares em busca de uma compreensão abrangente.

A água não é apenas essencial para sustentar a vida, mas também desempenha um papel fundamental no apoio aos ecossistemas, no desenvolvimento econômico, no bem-estar da comunidade e nos valores culturais [8]. Para buscar uma compreensão mais aprofundada da sustentabilidade em termos de recursos hídricos, vários autores têm elaborado definições voltadas para a sustentabilidade hídrica, abordando uma ampla gama de aspectos ([14], [9], [13]).

A sustentabilidade hídrica foi conceituada por [9] como "o uso da água para sustentar e fortalecer a sociedade humana em um futuro indefinido, sem prejudicar a integridade do ciclo hidrológico ou do sistema ecológico que depende dele". Por sua vez, [20] define sustentabilidade hídrica como "o fornecimento contínuo e consistente das demandas da sociedade por meio de uma oferta hídrica garantida, em quantidade e qualidade". Outra descrição para sustentabilidade hídrica é feita por [14], como sendo "a capacidade de prover e gerenciar a água em termos de quantidade e qualidade, atendendo às necessidades humanas e ambientais atuais, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de fazer o mesmo". A sustentabilidade hídrica também pode ser definida como "o planejamento e design dos recursos hídricos para contribuir totalmente com os objetivos da sociedade agora e no futuro, enquanto mantém a sua integridade ecológica, ambiental e hidrológica" [13].

Na tentativa de medir a sustentabilidade hídrica, [5] desenvolveram o índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas (WSI), uma vez que havia uma falta de indicadores que abordassem especificamente a sustentabilidade dos recursos hídricos. Embora esse índice tenha sido aplicado com sucesso em algumas bacias hidrográficas ao redor do mundo, ainda há uma escassez de aplicação do índice na análise de bacias localizadas em ambientes semiáridos.

No Brasil, observa-se que as bacias localizadas no semiárido são ainda mais afetadas pelos problemas de gestão, uma vez que o semiárido brasileiro é considerado por alguns como o mais problemático do mundo [6]. Este artigo propõe a aplicação do índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas (WSI) [5] na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assu, localizada entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, no semiárido brasileiro, durante o período de 2007 a 2011.

2. Metodologia

2.1 Bacia hidrográfica do Piranhas-Açu

O rio Piranhas-Açu nasce na Serra de Piancó no estado da Paraíba e desemboca próximo à cidade de Macau no Rio Grande do Norte. Como a maioria absoluta dos rios do semiárido nordestino, à exceção do rio São Francisco e do Parnaíba é um rio intermitente em condições naturais. A perenidade de seu fluxo é assegurada por dois reservatórios de regularização construídos pelo DNOCS: O Coremas – Mãe d'Água, na Paraíba, com capacidade de 1,360 bilhões de m³ e vazão regularizada (Q 95%) de 9,5 m³/s e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), no Rio Grande do Norte, com 2,400 bilhões de m³ e vazão regularizada de 17,8m³/s (Q 90%) (ANA, 2016).

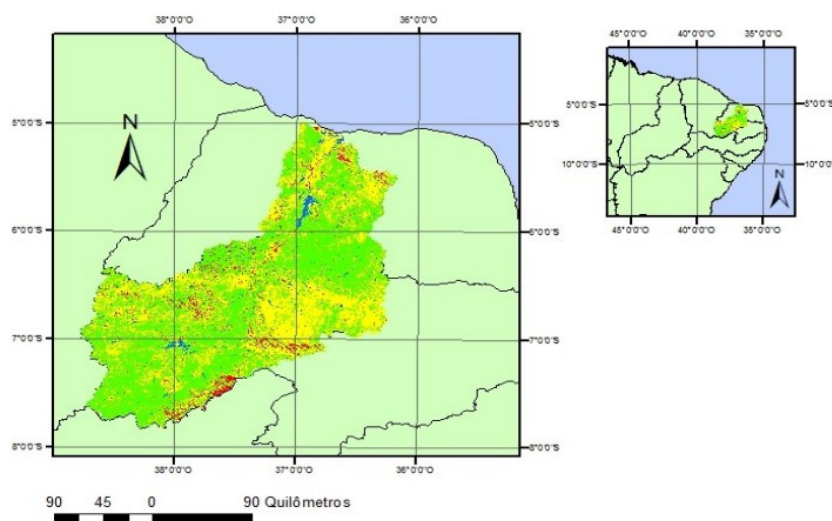


Figura 1. Localização da Bacia hidrográfica do Piranhas-Açu (Fonte: autor)



A bacia hidrográfica do rio Piranhas – Açu compreende uma área de 42.900 km² distribuída entre os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, com uma população de cerca de 1.552.000 mil habitantes. A agropecuária é a atividade econômica dominante na região, destacando-se a agricultura de subsistência com cultivos de feijão, milho e pecuária extensiva. Esta área está inteiramente localizada no semiárido, com chuvas médias entre 400 e 800 mm por ano concentradas de fevereiro a maio. A precipitação limitada e a natureza dos solos rasos sobre um substrato cristalino resultam em rios intermitentes na região, com ocorrência de secas hídricas devido à variabilidade anual das chuvas. Além disso, altas taxas de evapotranspiração contribuem para um déficit hídrico significativo, afetando a operação dos reservatórios locais [1].

Em termos socioeconômicos, a bacia abrange parcial ou totalmente mais de 100 municípios, com uma população de aproximadamente 1.280.000 habitantes, sendo 67% deles na Paraíba. A taxa média de urbanização é de cerca de 66%, com a maioria dos municípios (75%) tendo menos de 10.000 habitantes. As principais cidades incluem Patos, Sousa, Cajazeiras e Pombal na Paraíba, e Caicó, Açu e Currais Novos no Rio Grande do Norte. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio dos municípios da bacia é em torno de 0,66.

O Índice de Sustentabilidade de Bacias (WSI) foi desenvolvido por [5] com critérios que incluem uma estrutura simples, incorporação de relações causa-efeito, parâmetros quantitativos e matematicamente robustos. O WSI é calculado pela equação:

$$WSI = (H + E + L + P)/4$$

Onde: WSI (0-1) é o índice de sustentabilidade da bacia; H (0-1) é o indicador de hidrologia; E (0-1) é o indicador de meio ambiente; L (0-1) é o indicador de vida humana; e P (0-1) é o indicador de políticas públicas. Este índice considera a dinâmica do processo de gestão da bacia, incluindo não apenas seu estado atual, mas também as pressões e respostas associadas.



3. Desenvolvimento e discussão

Uma vez levantadas as informações relativas aos indicadores de Hidrologia (H), Ambiente (E), Vida Humana (L) e Políticas Públicas (P) para a sub-bacia, os valores correspondente à célula da Tabela foram preenchidos, e o WSI global foi calculado. Neste sentido, conforme já mencionado, o WSI se utiliza de dados secundários. A tabela a seguir apresenta a fonte dos dados coletados para composição do índice para a bacia.

Tabela 1. Fonte de dados para composição do índice WSI

Indicador	Fonte
Hidrologia quantidade	Agência Nacional das Aguas - ANA ²
Hidrologia qualidade	Agência Nacional das Aguas - ANA ³
Ambiente	U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey USGS ⁴
Vida	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ⁵
Política	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ⁶

A seguir será apresentado os valores de aplicação da metodologia do índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas.

Tabela 2. Dados dos indicadores

Sub-Bacia hidrográfica	Indicador	Resultado Pressão	Resultado Estado	Resultado Resposta	Resultado (parcial ii)	Resultado final
Seridó	Hidrologia – hidrologia	1	0.25	0.5	0.541667	0.59375
		1	0.25	0.25		
	Environment -	0,5	1	0,25	0.583333	

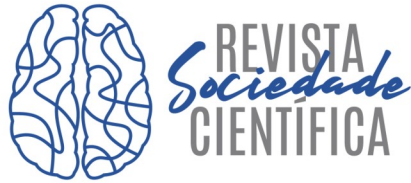
² ANA (2012) Agência Nacional de Águas [WWW Document]. Hidroweb. URL <http://hidroweb.ana.gov.br>.

³ Idem anterior.

⁴ Imagens de satélite Landsat 7 e 5 coletadas no U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>

⁵ [11] [WWW Document] URL <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>.

⁶ Idem anterior.



REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 7, NÚMERO 1, ANO 2024

	Meio ambiente					
	Life - Vida	0,75	0,5	0,75	0.666667	
	Policy – Política	1	0,5	0,25	0.583333	
Piancó	Hidrolog y – hidrologia	0.75	0.75	0.5	0.708333	0.677083333
		1	1	0.25		
	Environment - Meio ambiente	1	1	0.25	0.75	
	Life - Vida	0.75	0.25	1	0.666667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Peixe	Hidrolog y – hidrologia	0.75	0.5	0.5	0.583333	0.604166667
		0.5	1	0.25		
	Environment - Meio ambiente	0.25	1	0.25	0.5	
	Life - Vida	0.75	0.5	1	0.75	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Pataxó	Hidrolog y – hidrologia	0.75	0.25	0.5	0.541667	0.572916667
		0.75	0.75	0.25		
	Environment - Meio ambiente	1	1	0,25	0.75	
	Life - Vida	0,75	0,25	0,25	0.416667	
	Policy – Política	1	0,5	0,25	0.583333	
Paráú	Hidrolog y – hidrologia	0.5	1	0.5	0.583333	0.645833333



		0.75	0.5	0.25		
	Environ- ment - Meio ambiente	1	1	0.25	0.75	
	Life - Vida	0.75	0.25	1	0.666667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Média Piranhas Potiguar	Hidrolog y – hidrologi a	0.75	0.75	0.5	0.708333	
		1	1	0.25		
	Environ- ment - Meio ambiente	1	1	0.25	0.75	0.677083
	Life - Vida	0.75	0.25	1	0.666667	333
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Média Piranhas Paraíba Potiguar	Hidrolog y – hidrologi a	0.75	0.5	0.5	0.583333	
		0.5	1	0.25		
	Environ- ment - Meio ambiente	0.25	1	0.25	0.5	0.604166
	Life - Vida	0.75	0.5	1	0.75	667
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
	Hidrolog y – hidrologi a	0.75	0.75	0.5	0.583333	0.583333
		0.25	1	0.25		333



REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 7, NÚMERO 1, ANO 2024

Média Piranhas Paraibano	Environ ment - Meio ambiente	0.25	1	0.25	0.5	
	Life - Vida	0.75	0.25	1	0.666667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Espinharas	Hidrolog y – hidrologi a	0.5	0.25	0.5	0.583333	0.583333 333
		1	1	0.25		
	Environ ment - Meio ambiente	1	1	0.25	0.75	
	Life - Vida	0.75	0.25	0.25	0.416667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Difusas Baixo Piranhas	Hidrolog y – hidrologi a	0.75	0.5	0.5	0.583333	0.645833 333
		0.5	1	0.25		
	Environ ment - Meio ambiente	1	1	0.25	0.75	
	Life - Vida	0.75	0.5	0.75	0.666667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	
Alto Piranhas	Hidrolog y – hidrologi a	0.75	1	0.5	0.666667	0.666666 667
		0.5	1	0.25		
	Environ	1	1	0.25	0.75	



	ment - Meio ambiente					
	Life - Vida	0.75	0.25	1	0.666667	
	Policy – Política	1	0.5	0.25	0.583333	

Uma vez apresentado o valor por sub-bacia hidrográfica a seguir o cálculo do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas de forma global. Ou seja, da bacia Piranhas-Açu.

Tabela 3. Resultado WSI por sub-bacia hidrográfica e global

RESULTADO

SUB-BACIA	Ser idó	Pia ncó	Peix e	Pat axo	Par aú	Me dia Pira nha s Poti gua r	Me dia Pir anh as P. Pot igu ar	Medi a Piran has Parai bano	Esp inha ras	Dif usa baix o pira nha s	Alt o pira nha s
RESULTAD O FINAL	0.5 93 75	0.6 770 833 33	0.60 416 666 7	0.5 72 91 66 67	0.6 458 333 33	0.6 770 833 33	0.6 041 666 67	0.583 3333 33	0.5 833 333 33	0.6 458 333 33	0.6 666 666 67
Área km ² (sub-bacia hidrográfica)	99 22. 98 61	920 3.5 608	342 8.42 6	19 55. 93 3	973 .11 69	353 5.5 725	289 5.1 777	2244. 873	329 1.2 882	366 7.2 583	256 2.4 854
WSI Global⁷ (bacia hidrográfica piranhas-açu)	0.627119044										

Por fim a figura adiante representa a através de gráfico a materialização dos valores do índice. Destacando os valores apresentados seguindo a mesma ordem de apresentação da tabela acima.

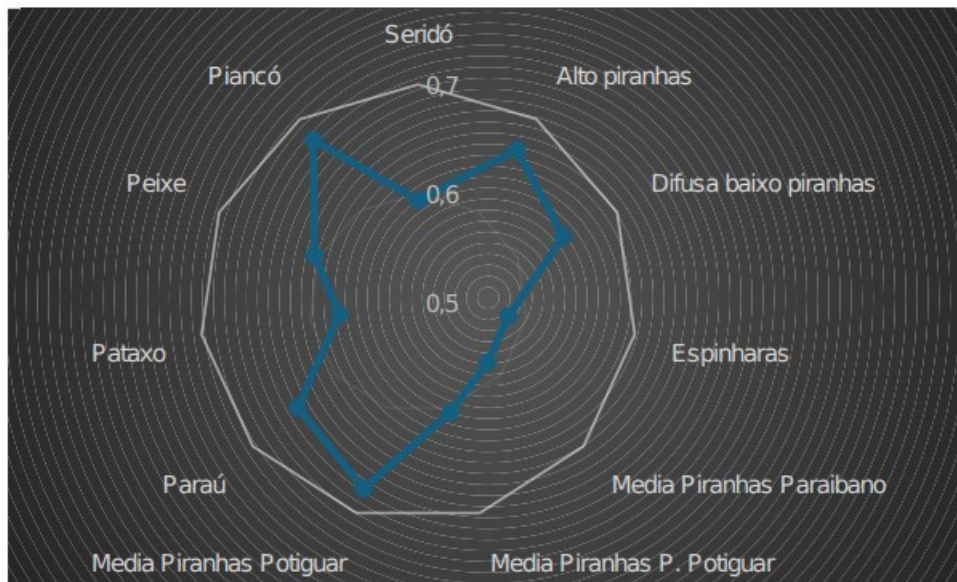


Figura 2. Watershed Sustainability Index

4. Considerações finais

Na sub-bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assu, o índice de sustentabilidade (WSI) foi calculado em 0,62, considerado médio em termos de sustentabilidade. Observou-se que os indicadores de Hidrologia (estado), Políticas e Hidrologia (resposta) contribuíram significativamente para este valor médio de sustentabilidade. Isso aponta para a necessidade de implementar medidas de mitigação, incluindo melhorias no tratamento da água e políticas de gestão de recursos hídricos.

Destaca-se que as sub-bacias do Rio Grande do Norte apresentaram valores de sustentabilidade inferiores em comparação com as sub-bacias da Paraíba. Essa disparidade fornece subsídios para a priorização de ações de gestão no estado, destacando a importância de medidas direcionadas para melhorar a sustentabilidade ambiental e hidrológica da região.

5. Declaração de direitos

O(s)/A(s) autor(s)/autora(s) declara(m) ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declara(m) que as imagens e textos publicados são de responsabilidade do(s) autor(s), e não possuem direitos autorais reservados à



terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declara(m) respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declara(m) não cometer plágio ou auto plágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

6. **Referências**

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Hidroweb. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Brasília, 2014.
3. ASMUS, M. L. et al. Gestão Costeira no Brasil: instrumentos, fragilidades e potencialidades. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 5, p. 52-57, 2006.
4. BROWN, K.; TOMPKINS, E. L. Making waves: integrating coastal conservation and development. Routledge, 2012.
5. CHAVES, H. M.; ALIPAZ, S. An integrated indicator for basin hydrology, environment, life and policy: the watershed sustainability index. Water Resources Management (Springer), 21, 2007.
6. CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005&lng=en&tlng=pt>. Acesso em: 30 jan. 2014. doi: 10.1590/S0103-40142008000200005.
7. CONGEDO, L.; MUNAFÒ, M.; Macchi, S. Investigating the Relationship between Land Cover and Vulnerability to Climate Change in Dar es Salaam. Working Paper, Rome: Sapienza University, 2013. Disponível em: <http://www.planning4adaptation.eu/Docs/papers/08_NWP-DoM_for_LCC_in_Dar_using_Landsat_Imagery.pdf>.



8. GLEICK, P. H. Water in crisis: paths to sustainable water use. *Ecological Applications*, v. 8, p. 571-579, 1998. doi: 10.1890/1051-0761(1998)008[0571:WICPTS]2.0.CO;2.
9. GLEICK, P. H. et al. *California water 2020: a sustainable vision*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, California, USA, 1995.
10. HOGAN, D. J.; Navegantes, R. *Interdisciplinaridade em ciências ambientais*. São Paulo: Signus Editora, 2000.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 18 mar. 2015.
12. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/first_EN.php>. Acesso em: 17 mar. 2015.
13. LOUCKS, D. P. Sustainable water resources management. *Water International*, v. 25, n. 1, p. 3-10, 2000.
14. MAYS, L. W. (Ed.). *Water resources sustainability*. McGraw-Hill, New York, USA, 2007.
15. NICHOLLS, R. J.; CAZENAVE, A. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, v. 328, n. 5985, p. 1517-1520, 2010.
16. POSTEL, S. L. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*, v. 10, n. 4, p. 941-948, 2000.
17. TUCCI, C.M. Desafios em Recursos Hídricos. In: Philip Jr. *Gestão Ambiental*, São Paulo: Manole, 2000.
18. TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima, 2003.



19. VIEIRA, A. S. Modelo de simulação quali-quantitativo multiobjetivo para o planejamento integrado dos sistemas de recursos hídricos. Dissertação de Doutorado. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2011.
20. VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semiárido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.
21. VILES, H.; SPENCER, T. *Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast*. Routledge, 2014.