

INDICADORES PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

Andrise Taiquiara França de Lima^{1*}; Carin von Mühlen²; Luana de Lima e Silva³

Resumo - Este estudo propõe indicadores para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas a partir de uma estrutura conceitual denominada DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response). O conjunto-chave de indicadores foi aplicado na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e trouxe informações importantes para avaliá-la de forma integrada. Os resultados obtidos revelaram uma bacia com 361hab/km², uma urbanização que chega a 96% e uma taxa de crescimento anual de 0,6%. A intensa pressão por demanda de água e o uso da bacia para lançamento de esgotos é evidenciado pelo estresse hídrico de 133% e o índice de poluição orgânica de 20,53. Indicadores de estado demonstraram que apenas 40% dos trechos monitorados do Rio dos Sinos possuem mais que 5 mg/L de oxigênio dissolvido e que a disponibilidade hídrica é de 2.512 m³/hab./ano. Um dos indicadores de impacto verificou que houve 33 eventos de inundações num período de 30 anos, risco considerado extremamente alto. A inexistência de uma agência de bacia hidrográfica e de instrumentos de planejamento e gestão devidamente implantados, como o plano de bacia hidrográfica e cobrança pelo uso da água, evidenciaram que a resposta dos tomadores de decisão política são ainda insuficientes para solucionar os problemas constatados.

Palavras-Chave - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, Indicadores, Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

INDICATORS FOR PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN SINOS RIVER BASIN

Abstract- This paper proposes indicators for planning and watershed management from a conceptual framework known as DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response). The key set of indicators was applied in the Sinos River Basin and it has brought important information to evaluate it in an integrated manner. The obtained results showed a basin with 361 inhabitants/km², urbanization that reaches 96% and an annual growth rate of 0.6%. The intense pressure on water demand and use the basin for dumping of sewage is evidenced by water stress of 133% and the index of organic pollution of 20.53. State indicators have showed that only 40% of the monitored sections of the Sinos River have more than 5 mg /l dissolved oxygen and the water availability is 2,512 m³/inhabitant/year. One of the indicators of impact has found that there were 33 flood events over a period of 30 years, which is considered an extremely high risk. The absence of a basin agency and tools for planning and an management properly implemented , as the basin plan and a charge for water use, have showed that the response of the political decision makers are still insufficient to solve the problems observed.

Keywords- Indicators, Planning and Management of Water Resources, Sinos River Basin.

1* Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. E-mail: andriselima@yahoo.com.br

2 Docente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. E-mail: carin@feevale.br

3 Geógrafa Graduada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: luanadelimaesilva@gmail.com

INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos tem como desafio buscar soluções para a escassez hídrica e a poluição das águas, possibilitar maior acesso aos serviços de abastecimento de água e saneamento para população e enfrentar de maneira adequada os eventos hidrológicos extremos como as inundações e as estiagens. Assim, os indicadores são ferramentas importantes para monitorar a evolução destas demandas em bacias hidrográficas ou para priorizar ações, quando os recursos financeiros e humanos não forem suficientes para solucionar todos os problemas avaliados (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD, 2012; Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO, 2003).

Um indicador pode ser um parâmetro ou um valor derivado desse, que aponta, fornece informações e descreve o estado de um fenômeno, do ambiente ou de uma área, com um nível de significado que ultrapassa o valor desse parâmetro e o índice é um parâmetro agregado ou ponderado (Organização das Nações Unidas para água – ONU-Água, 2010). Eles alertam sobre problemas e contribuem pra resolvê-los, traduzem a realidade da forma mais direta para os usuários da água, comunicam, provocam interesse, reações e comportamentos por parte de quem deles tomem conhecimento (Maranhão, 2007).

Este estudo propõe a definição de indicadores para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas empregando a estrutura conceitual conhecida como Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) e que segundo Bell (2012), pode ser um método de estruturação de um problema e ao mesmo tempo amplamente utilizado pelas partes interessadas, neste caso, pelos usuários da água, sociedade civil organizada e decisores políticos.

Os indicadores elegidos foram aplicados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre e conhecida pela poluição das suas águas e pelos conflitos entre usuários de água no período de estiagem. A baixa qualidade hídrica é causada pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais. A população crescente, hoje com mais de 1 milhão e 300 mil habitantes, cuja demanda de água é em média 132 L de água por habitante/dia (SNIS, 2010).

METODOLOGIA

Escolha da Estrutura Conceitual

Os indicadores seguem uma lógica estrutural conforme descrito por Bell (2012). Neste estudo adotou-se a estrutura conceitual Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta, conhecida pela sigla DPSIR (Figura 1) e amplamente utilizada pela Agência Ambiental Europeia (EEA), pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e por alguns estados brasileiros como São Paulo e Paraná na seleção de indicadores para a gestão de recursos hídricos.

Indicadores Elegidos e Obtenção dos Dados:

Os indicadores de força motriz, pressão, estado, impacto e resposta selecionados compõem com conjunto-chave com 11 indicadores (Tabela 1).



Figura 1 – Diagrama DPSIR (Bell, 2012).

Tabela 1- Parâmetros e Expressão dos Indicadores Selecionados

Indicador	Parâmetro	Expressão
Densidade demográfica (FM1)	Densidade demográfica (hab./Km ²)	FM1= Pt/A Pt = população da bacia A = área da bacia em Km ²
Urbanização (FM2)	Taxa de urbanização (%)	FM2= Pu/Pt Pt = população da bacia Pu = população urbana da bacia
Crescimento Populacional (FM3)	Taxa geométrica de crescimento anual (%)	FM3= [(ⁿ √ Pt/Po)-1] x 100 Pt = população da bacia no tempo final Po = população da bacia no tempo inicial n = raiz enésima
Pressão (P1)	Balanço Quantitativo (%)	P1=(De/Q95)*100 De = demanda superficial total em m3/s Q95= disponibilidade hídrica em m3/s
Pressão (P2)	Índice de Poluição Orgânica (%)	P2= R/A*100 R= carga orgânica remanescente A= carga orgânica assimilável
Qualidade (E1)	Oxigênio Dissolvido (OD) > 5mg/l (%)	E2=(OD _{5mg/l} / t)*100 OD _{5mg/l} = número de trechos com OD > 5 mg/L t=número total de trechos monitorados
Quantidade (E2)	Disponibilidade (m ³ /hab.ano)	E3=Q _m /Pt Q _m = disponibilidade hídrica superficial e subterrânea total em m ³ /ano Pt = população da bacia
Inundação (I1)	Inundações	I1= E/P E= n° de eventos P= período avaliado (1982-2012)
Estiagem (I2)	Estiagens	I2= E/P

		E= nº de eventos P= período avaliado (1982-2012)
Organização Institucional (R1)	Sistema Estadual de Recursos Hídricos	$\sum_{i=10} = X_i$ X1= comitê de gerenciamento de bacia hidrográfica X2= órgão gestor de recursos hídricos X3= agência de bacia hidrográfica X4= conselho estadual de recursos hídricos
Instrumentos de Planejamento e Gestão (R2)	Implantação dos instrumentos de planejamento e gestão	$\sum_{i=10} = X_i$ X1= plano de bacia aprovado X2= enquadramento X3= outorga do uso de recursos hídricos X4= cobrança pelo uso de recursos hídricos X5= sistema de informação de recursos hídricos

Os dados dos parâmetros foram obtidos dos bancos de dados de órgãos públicos estaduais e federais como SEMA/DRH, FEPAM, ANA, IBGE e Defesa Civil do Estado do RS.

Aplicação dos Indicadores

Os indicadores foram aplicados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Figura 2), que situa-se a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul e possui uma área de 3679,2 km² que abrange municípios como Três Coroas, Portão, Igrejinha, Estância Velha, Parobé, Taquara, Campo Bom, Sapiranga, Esteio, Sapucaia do Sul, Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo. Juntos somam 90% da população total da bacia, estimada em 1.325.830 habitantes. O Rio dos Sinos nasce na cidade de Caraá e sua foz é no Delta do Jacuí; seus maiores afluentes são o Rio Paranhana, o Rio Rolante e o Rio da Ilha. Os usos da água na bacia estão destinados, principalmente, ao abastecimento público, uso industrial e irrigação de lavouras de arroz. As áreas mais conservadas encontram-se a montante da bacia, mas o maior problema encontrado é o despejo de efluentes domésticos sem tratamento nos cursos de água no seu trecho médio-baixo.

RESULTADOS

Indicadores da Força Motriz:

Densidade Demográfica (FM1): Com 361 hab/km², a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos juntamente com a BH do Rio Gravataí (675 hab/ km²) e a BH do Lago Guaíba (466 hab/km²) são as bacias com maiores densidades demográficas e, portanto, bacias que demandam o maior volume de recursos hídricos para o abastecimento público.

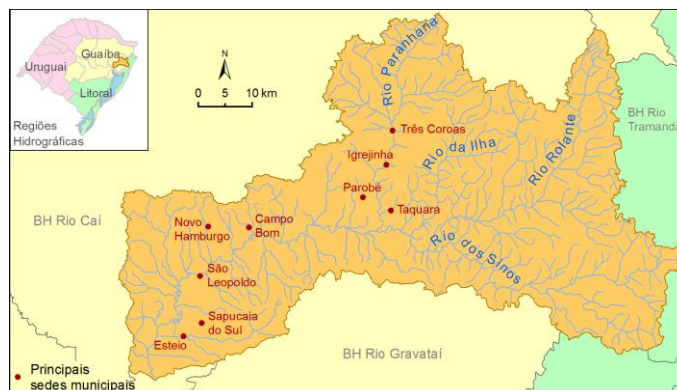


Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Taxa de urbanização (FM2): As demandas crescem à medida que aumenta o grau de urbanização de uma cidade, pois o padrão de vida da população se eleva podendo impactar os recursos hídricos comprometendo sua qualidade e quantidade (Estado de São Paulo, 2010). A BH do Rio dos Sinos com uma taxa de urbanização de 96% reflete essa pressão sobre os usos consultivos e não consultivos da água, assim como a Região Hidrográfica do Guaíba onde mais de 6 milhões de pessoas moram em áreas urbanas, com uma taxa de urbanização que chega a 89%.

Taxa Geométrica de Crescimento Anual (FM3): O crescimento demográfico é essencial para prever demandas futuras de recursos hídricos e perceber a variação da taxa de crescimento populacional a médio e longo prazo (IBGE, 2010), possibilitando o planejamento de recursos hídricos à longo prazo. Com uma taxa geométrica de crescimento anual de 0,6%, para o período de 2000 a 2010, a BH do Rio dos Sinos acompanhou a dinâmica populacional da própria RH do Guaíba, que foi de 0,68%, mas superior à taxa para o estado do Rio Grande do Sul que foi de 0,49%.

Indicadores de Pressão

Balanco Quantitativo (P1): é a razão entre a demanda e a disponibilidade hídrica e representa a escassez hídrica técnica na bacia; quando este valor supera os 40% a situação é grave (Perveen e James, 2011), portanto o percentual de 133% obtido para a BH do Rio dos Sinos aponta as dificuldades técnicas e econômicas advindas da pressão sobre os recursos hídricos.

Índice de Poluição Orgânica (P2): é a razão entre a carga orgânica lançada no corpo d'água e a carga orgânica assimilável; valores >20 indica que o rio não tem capacidade de assimilar as cargas de esgoto lançadas nos períodos de estiagem (ANA, 2012).

Tabela 2 – Índice de Poluição Orgânica da BH do Rio dos Sinos

Carga DBO Remanescente (Ton. DBO/ dia)	Carga DBO Assimilável (Ton. DBO/ dia)	(P2)
65,9	3,24	20,52

Indicadores de Estado

Qualidade da Água – OD (E1): 40% foi o percentual trechos monitorados com valores de oxigênio dissolvido maiores que 5 mg/L. Este valor é considerado o valor mínimo para a manutenção da vida aquática e para enquadramento do corpo de água em classe 2, adequada para captação de água visando abastecimento público após tratamento convencional. Todos os pontos monitorados a jusante da captação da COMUSA, em Novo Hamburgo, apresentam valores menores que 5 mg/L de OD dissolvido, portanto é necessário que medidas urgentes sejam tomadas para reverter a qualidade da água neste trecho.

Índice de Falkenmark (E2): a disponibilidade hídrica na bacia é de 2.512 m³/hab./ano, este valor condiz com bacias que possuem problemas moderados em relação a disponibilidade hídrica, ou seja, as bacias nesta faixa (1665 a 10000 m³/hab.ano) encontram problemas sazonais de suprimento e de qualidade de água, com alguns efeitos adversos durante secas severas.

Indicadores de Impacto

Inundações (I1): com um número de 33 eventos de inundações graduais e bruscas num período de 30 anos, a bacia pode ser considerada sob um risco extremamente alto de acordo com a escala estabelecida por GASSERT et al.(2013).

A escala relaciona o número de eventos que ocorreram no período de 1985 a 2011 e considera: risco baixo (0-1evento); baixo-médio (2-3 eventos); médio-alto (4-9 eventos); alto (10-27eventos); extremamente alto (>27 eventos).

Estiagens (I2): no mesmo período (1982-2012) ocorreram 7 eventos de estiagem na bacia, considerado um risco de médio a alto, empregando a mesma escala que avalia o risco à inundações. Importante observar que a partir de 2005 houve um aumento na duração dos eventos, em 2012 foi de dois meses (janeiro e fevereiro) e em 2005 chegou a três meses (janeiro a março).

Indicadores de Resposta

Organização Institucional (R1): o indicador aponta resultado positivo de 75%, demonstrando que para uma adequada organização ainda se faz necessário a criação de uma agência de bacia hidrográfica.

Tabela 3– Indicador da Organização Institucional da BH do Rio dos Sinos

Organização Institucional	Pontuação	Justificativa
Agência de Bacia Hidrográfica	0	Não possui
Comitê de Gerenciamento	0,25	Comitê Sinos, desde 1988
Conselho Estadual	0,25	Possui
Órgão Gestores	0,25	Possui SEMA/DRH e FEPAM

Instrumentos de Planejamento e Gestão (R2): a pontuação nula indica que os instrumentos de gestão e planejamento ainda não foram implantados, como a cobrança pelo uso da água e o sistema de informação sobre recursos hídricos, ou que já tiveram seus processos iniciados, como o Plano de Bacia e o enquadramento das águas, mas não foram concluídos e aprovados pelo Comitê. A outorga da água tem sido concedida somente o consumo humano, é necessário ampliá-la de maneira adequada para viabilizar os usos múltiplos das águas na bacia.

Tabela 4– Indicador dos Instrumentos de Planejamento e Gestão

Instrumentos	Pontuação	Justificativa
Cobrança pelo uso da água	0	Não possui
Enquadramento	0	Não foi aprovado
Outorga	0	Não possui adequadamente
Plano de Bacia	0	Não possui plano aprovado
Sistema de Informação	0	Não possui

CONCLUSÃO

Os indicadores elegidos, dentro da estrutura conceitual DPSIR, conseguem avaliar a bacia de maneira sistemática. A força motriz que pressiona o uso dos recursos hídricos é representada pela população que vive, quase que na sua totalidade, nas áreas urbanas dos municípios e cresce a uma taxa anual de 0,6% (maior que a taxa de 0,49% do Estado). O indicador de balanço quantitativo revela conflitos pelo uso da água no período de menor disponibilidade hídrica e o índice de poluição orgânica informa que as águas do Rio dos Sinos não são capazes de assimilar toda a carga orgânica lançada neste mesmo período. Somente 40% dos trechos monitorados apresentam mais que 5 mg/L de oxigênio dissolvido e o Índice de Falkenmark, segundo a ONU, indica que 2.512 m³ de água por habitante por ano são suficientes para a vida nos ecossistemas aquáticos e para o exercício das atividades humanas, sociais e econômicas, mas que problemas administráveis podem surgir nos períodos de estiagem. A bacia registra 33 eventos de inundação graduais e bruscas e 7 estiagens, num período de 30 anos, considerado riscos extremamente alto e de médio a alto, respectivamente. A partir desta avaliação, verificou-se a necessidade de melhorar a qualidade e disponibilidade hídrica, bem como prevenir e minimizar os efeitos dos eventos extremos observados na bacia. A inexistência de uma agência de bacia hidrográfica e de instrumentos de planejamento e gestão devidamente implantados, como o plano de bacia hidrográfica e cobrança pelo uso da água, evidencia que as respostas dos tomadores de decisão política são ainda insuficientes para solucionar os problemas constatados. Melhorar a gestão de recursos hídricos é uma tarefa à longo prazo, que requer esforços constantes e uma abordagem holística (Jiang, 2009) e os indicadores de resposta podem monitorar as ações para atingir esta meta.

REFERÊNCIAS

BRASIL.(2013). Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento 2010*. Disponível em <www.snis.gov.br>. Acessado em abril de 2013.

BRASIL.(2006). Agência Nacional de Águas. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Síntese Executiva. Brasília, DF.

BRASIL.(2012). Agência Nacional de Águas. *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*. Brasília, DF.

BELL, S. de. (2012). *DPSIR: Um Método de Estruturação de um Problema? Uma exploração da abordagem "Imagine"*. *European Journal of Operational Research* v.222, Issue 2, pp. 350-360.

EEA. (2005). *EEA core set of indicators — Guide*. Luxemburgo: 2005.

Estado de São Paulo. (2010). Secretaria do Meio Ambiente. *Releitura dos indicadores para Gestão dos Recursos Hídricos*. São Paulo, SP.

GASSERT, F.; SHIAO T.; LUCK M.. (2013). *Colorado River Basin Study*. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível em <<http://www.wri.org/publication/aqueduct-metadata-colorado-river-basin>>. Acessado em abril de 2013.

JIANG, Y. (2009). China's Water Scarcity. *Journal of Environmental Management*. v.90, p. 3185–3196.

MARANHÃO, N. (2007). *Sistema de indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos de bacias hidrográficas*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-UFRJ, Rio de Janeiro.

OCDE. (2012). *Perspectivas Ambientais da OECD para 2050: Consequências da Inércia*. Paris, França.

PERVEEN, S., JAMES L.A. (2011). Scale invariance of water stress and scarcity indicators: Facilitating cross-scale comparisons of water resources vulnerability. *Applied Geography*, v.31.

UNESCO-WWAP. (2003). *Water For People, Water For Life*. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf#page=53>>. Acessado em abr.2013.