

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ARQUÉTIPOS COMO MÉTODO PARA ANÁLISE SOCIOECONÔMICA INTEGRADA DE BACIA HIDROGRÁFICA: APLICAÇÃO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

*Daniel Thá¹ ; Giovanna Reinehr Tiboni² ; Luis Gustavo Christoff³ ; Rafael Fernando Tozzi³ ;
Murilo Nogueira³*

RESUMO – O objetivo desta pesquisa é a proposição de um método de agregação de variáveis diversas para identificar e analisar as potencialidades e vulnerabilidades socioeconômicas de uma bacia hidrográfica. O método parte, primeiramente, da classificação estatística de indicadores das dinâmicas econômica, demográfica e de condições de vida sob três óticas distintas (porte absoluto, importância relativa e evolução temporal) e tendo como base o conjunto de municípios componentes da bacia hidrográfica. Com essa base, é realizada a identificação de regularidades espaciais e a tipificação dessas em arquétipos. Apresenta-se uma aplicação para a bacia do rio São Francisco, que tem como base espacial 547 municípios componentes que perpassam seis unidades federativas e o Distrito Federal. Os resultados obtidos permitem concluir que o método facilita e ordena a leitura socioeconômica do heterogêneo conjunto de municípios dentro do contexto da bacia, permitindo derivar ações de gestão de recursos hídricos e de ordenamento territorial condizentes com as fragilidades e potencialidades identificadas. A proposta visa facilitar a articulação entre as esferas de recursos hídricos e a gestão territorial, especialmente pelo fato de que unidades de gestão não necessariamente são compreendidas em suas similaridades e dissimilaridades.

ABSTRACT – This research proposes a method of aggregating different variables in order to identify and analyze the socioeconomic potential and vulnerabilities within a hydrographic basin. The method departs from a statistical classification of economic, demographic and living conditions indicators under three distinct perspectives (absolute size, relative importance and temporal evolution), based on the set of municipalities that compose the hydrographic basin. Then, the identification of spatial regularities is carried out, classified into archetypes. An application is presented for the São Francisco River basin, which is composed of 547 municipalities that span six Brazilian states and the Federal District. Results obtained allow us to conclude that the method facilitates the socioeconomic understanding of the heterogeneous set of municipalities within the context of the basin, allowing to derive actions for the management of water resources and territorial zoning that are consistent with the weaknesses and potentialities identified. The method aims to facilitate the articulation between water and territorial management spheres, especially due to the fact that management units are not necessarily understood in their similarities and dissimilarities.

Palavras-Chave – Gestão integrada de recursos hídricos, Socioeconomia, Gestão territorial

¹) Kralingen Consultoria Ltda., Av. Jacob Macanhan, 468, slj 1, Pinhais-PR, (41) 99249-8304, daniel.tha@kralingen.com.br

²) Qualy Metrics Consultoria e Treinamento Ltda, Rua Cascavel, 727, Pinhais-PR, (41) 99977-4083, giovanna.tiboni@gmail.com.br

³) COBRAPE., Rua Prefeito Ângelo F. Lopes, 1560, Hugo Langue, Curitiba – PR. (41) 3094-2424. contato@cobrape.com.br

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores problemáticas que permeia a gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) está relacionada à articulação da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão (MASCARENHAS, 2008). Isso ocorre uma vez que seus limites muitas vezes transpassam aqueles geopolíticos estabelecidos, constituídos por meio de municípios, estados e país. A GIRH é multifacetada e envolve a água, a terra e os recursos relacionados, de forma a maximizar a resultante econômica e o bem-estar social de forma equilibrada, sem comprometer o ecossistema (MORIARTY *et. al*, 2004).

Nesse sentido, Peres Filho (2006) atenta para o fato de que: “a existência de interações não lineares entre os componentes da bacia hidrográfica é um dos fatores que faz com que este sistema não se restrinja a ser um simples somatório de suas partes constituintes.” As características físicas, econômicas, sociais e ambientais embasam a formulação de normas e políticas do setor, visando a promoção de uma gestão integrada, descentralizada e participativa, envolvendo usuários, governantes e população civil, ou seja, todos os interessados e afetados pelo gerenciamento hídrico de determinada bacia (MORIARTY *et. al*, 2004).

Para a composição de todas essas peças-chaves é necessário um arcabouço de dados que permita alinhar as esferas física, biótica, socioeconômica, jurídico-institucional e outras que se mostrem relevantes para a análise integrada e indissociável de cada bacia hidrográfica. Entretanto, a origem destas informações é correspondente com os limites geopolíticos, não sendo possível identificar na literatura ferramentas usuais que sejam capazes de analisar as diferentes facetas da bacia hidrográfica como uma unidade territorial única e articulada.

Assim, o objetivo desta pesquisa é a proposição de arquétipos como um método para facilitar e racionalizar a identificação de dados sociais, econômicos e de condições de vida, fornecidos por bases nacionais, estaduais e municipais, para a ótica de bacias hidrográficas, auxiliando a compreensão destas como uma unidade de planejamento. A aplicação foi realizada no estudo da bacia hidrográfica do rio São Francisco (BHSF), visando ressaltar as potencialidades e vulnerabilidades de cada um de seus 547 municípios dentro da dinâmica total da bacia hidrográfica, de forma a apoiar e sustentar a tomada de decisão quanto ao ordenamento territorial.

2 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada utilizando como apoio o método *Design Science Research* (DSR) que, de acordo com Lacerda *et al.* (2013), pode ser aplicado para a proposição de diferentes mecanismos

e sua posterior validação. Desta forma, e tendo como princípio a objetividade, optou-se por apresentar a ferramenta dos arquétipos - tomado como método para a análise integrada, bem como sua aplicação nos cenários idealizados para a bacia hidrográfica em tela.

3 DEFINIÇÃO DE ARQUÉTIPOS PARA A PROMOÇÃO DE ANÁLISE INTEGRADA

A Figura 1 representa o método de análise proposto, que se divide em três etapas: (i) **Diagnóstica**, a fim de determinar a envoltória física, biótica, social, cultural, econômica e jurídica-institucional da bacia; (ii) **Estruturante**, que objetiva analisar as informações obtidas na etapa anterior sob ótica espacial e estatística, fazendo uso de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de *software* de apoio à Modelagem Estatística; (iii) **Definição dos arquétipos**, que visa a identificação de ocorrência de casos-tipo, por meio da análise integrada das etapas anteriores, sobressaindo-se as dimensões econômicas, demográficas e de condições de vida de cada município dentro do contexto da bacia hidrográfica. Os detalhes do método proposto são apresentados nas próximas seções, por meio de sua aplicação.

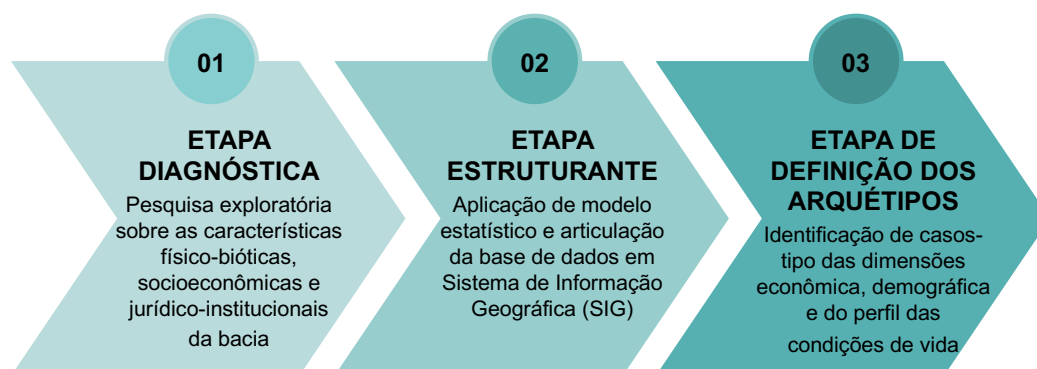


Figura 1 – Método de pesquisa (os autores, 2020).

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

4.1 Etapa Diagnóstica

A integração entre as características físico-bióticas, socioeconômica e jurídico-institucionais da bacia hidrográfica do rio São Francisco se mostram ainda mais integradas quando verifica-se que os conflitos de uso de água da bacia são estratificados para geração de energia, irrigação, abastecimento urbano e industrial, navegação, pesca e outros (O’Hanley *et al.*, 2020). Instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e ordenamento territorial são a chave para a compatibilização destes interesses diversos.

Assim, no âmbito deste artigo, optou-se pela aplicação do método proposto ao estudo do macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco, que engloba um conjunto de 547 municípios. Conforme consta no Relatório da Atualização e Complementação do Meio Socioeconômico da BHSF (MMA, 2016), os indicadores de caráter econômico foram obtidos em bases públicas, como as do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de órgãos estaduais de estatística e de secretarias estaduais de governo.

Primeiramente, sistematizaram-se os dados referentes à dinâmica econômica. Estes foram coletados, detalhados, avaliados e incorporados na pesquisa por meio de indicadores referentes aos três setores da economia – primário, secundário e terciário. Foram utilizados os seguintes indicadores: (i) extração vegetal; (ii) silvicultura; (iii) lavoura permanente e temporária; (iv) agricultura; (v) criação animal; (vi) aquicultura; (vii) porte das atividades agrossilvopastoris; (viii) empresas do setor primário; (ix) indústrias extrativas, de transformação e de construção; (x) indústrias de mineração; (xi) indústrias de eletricidade, gás, água e correlatas; (xii) porte do setor secundário; (xiii) portes dos serviços públicos e privados; (xiv) empresas de transporte, alojamento e correlatos; (xv) empresas de educação, saúde e correlatos; (xvi) unidades de administração pública, defesa e seguridade social; (xvii) porte do setor de serviços; (xviii) produto interno bruto; (xix) porte da economia; (xx) comercialização de combustíveis.

Os dados demográficos, por sua vez, são elo fundamental entre os aspectos econômicos e as condições de vida da população de uma determinada região. Os indicadores-base utilizados, provenientes do Censo 2010 (IBGE), foram: (i) porte da população total, urbana e rural; (ii) crescimento da população total, urbana e rural; (iii) modificação em parâmetro de fecundidade para mulheres de 10 a 29 anos; (iv) taxa de fecundidade; (v) migração.

Por fim, as condições de vida foram determinadas a partir dos dados de: (i) condições de saneamento; (ii) condições médicas; (iii) índice FIRJAN; (iv) índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM); (v) grau de instrução; (vi) analfabetismo; (vii) nível de renda; (viii) desigualdade de renda; (ix) nível de emprego formal; (x) serviço móvel pessoal; (xi) serviços multimídia; (xii) estrutura de telefonia fixa.

4.2 Etapa estruturante

O objetivo da etapa estruturante foi a leitura integradora dos municípios como componentes do território da bacia hidrográfica, aplicando-se para tanto a classificação de indicadores de forma a ressaltar comportamentos simétricos e assimétricos em seu conjunto. O suporte da ferramenta

estatística R (R Core Team 2019) permitiu o rápido processamento dos dados quanto às estatísticas descritivas e parametrizações das séries.

O modelo foi aplicado para os 37 indicadores coletados na etapa anterior, sendo que o tratamento dado à **área plantada de cultura temporária** (medida em hectares), sub-indicador de dinâmica econômica, é utilizado como exemplo do que fora aplicado aos demais. A Figura 2 apresenta a distribuição do sub-indicador, onde o eixo horizontal X representa as áreas plantadas, ao passo que o eixo vertical Y representa a frequência, perfazendo assim o mapeamento de todos os 547 municípios da bacia.

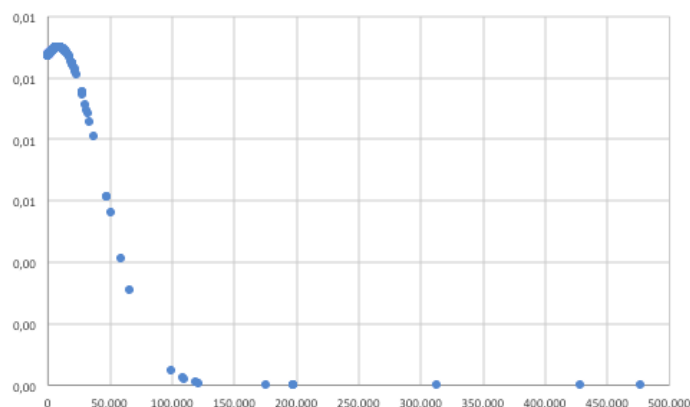


Figura 2 – Distribuição da área das culturas temporárias, em hectares (adaptado de MMA, 2016)

O que se pode observar é que os dados não seguem a distribuição normal, haja vista a esperada discrepância entre o heterogêneo conjunto de municípios analisados. No exemplo supracitado, é verificado que a área total de culturas temporárias nos municípios varia de 0 a 476.582 hectares, sendo a média de 7.910 ha, a mediana de 1.027 ha e o desvio padrão de 36.201 ha. A assimetria da distribuição normal chega à marca de 9,25 e os valores do primeiro e terceiro quartis de 419 ha e 3.163 ha, respectivamente. Há, ainda, três *outliers* que refletem as grandes porções territoriais voltadas à produção de *commodities* agrícolas dos municípios baianos de São Desidério (476.582 ha) e Formosa do Rio Preto (427.924 ha), e goiano de Cristalina (311.963 ha).

Os valores atípicos que compõem tanto os extremos superiores quanto inferiores foram observados à parte. Municípios que apresentaram valores nulos, zerados, não existentes ou considerados irrisórios para análise foram considerados “muito abaixo da média”, enquanto os que possuem indicadores que distam em 1,5 vezes do desvio padrão da série, “muito acima da média”. No exemplo em questão, 16 municípios (2,9% da BHSF) não apresentaram áreas destinadas a culturas temporárias e, portanto, foram alocados na categoria “muito abaixo da média” e 13 municípios (2,3%) “muito acima da média”, por possuírem mais de 62.213 hectares de áreas de culturas temporárias.

A partir da retirada dos 29 municípios categorizados como extremos (muito abaixo ou muito acima da média), a nova série passa a ser utilizada para embasar a categorização dos demais municípios da BHSF. Para tanto, foram elencados outros três níveis intermediários de forma a aumentar o espectro de análise e compor as categorias: abaixo da média, média e acima da média. A primeira classe citada envolveu os municípios cujos valores situaram-se entre o valor máximo da categoria muito abaixo da média e o valor correspondente à média ajustada subtraída de 25% do desvio padrão ajustado (por exemplo entre 3,3 e 1.657 hectares). Já a categoria acima da média contou com os municípios com indicadores abaixo da categoria muito acima da média e valor correspondente à média ajustada adicionada de 25% do desvio padrão ajustado (por exemplo entre 4.995 e 62.213 hectares). Por fim, os demais valores, ou seja, aqueles com valor da média ajustada mais ou menos 25% do desvio padrão ajustado, foram atribuídos como indicadores médios.

Dessa forma, no que tange à área plantada de culturas temporárias, a BHSF foi estratificada nas cinco categorias, as quais representaram: 16 municípios (2,9%) muito abaixo da média, 323 (59%) abaixo da média, 106 (19,4%) na média, 89 (16,3%) acima da média e 13 (2,4%) muito acima da média. Mediante essa classificação isoladamente, é possível identificar quais municípios detêm uma expressiva área com plantio de culturas temporárias.

Conforme apresentado detalhadamente em MMA (2016), o mesmo procedimento foi replicado para as demais variáveis econômicas, demográficas e de condições de vida citadas anteriormente. Os resultados são então apresentados geograficamente por meio da elaboração de pranchas multidimensionais, orientadas segundo as cinco classificações obtidas. Estas, indicam cada indicador sob três diferentes perspectivas: (i) valor absoluto do indicador: hectares, no caso do exemplo das áreas cultivadas; (ii) importância relativa desse resultado: geralmente em termos *per capita* ou, como no caso da área de cultivos, em relação à área do município; e (iii) dinâmica de evolução temporal do indicador: compilada por sua variação ao longo da última década, horizonte que permite captar tendências de longo prazo.

Antes mesmo da consecução da etapa de definição dos arquétipos, tem-se como resultante da etapa estruturante um rico conjunto de informações, que permite a fácil comparabilidade entre os municípios como parte de um território único, sob o recorte de bacia hidrográfica. A inspeção visual das pranchas multidimensionais dos indicadores torna-se instrumental na identificação de regiões homogêneas e heterogêneas, mais frágeis ou mais resilientes, mais urbanas e mais rurais.

4.3 Etapa de Definição dos arquétipos

A realização das etapas anteriores, de diagnóstico e estruturante, foi fundamental para a avaliação individual de cada indicador por meio da categorização elaborada, permitindo a determinação de quais dados seriam orquestrados conjuntamente para compor a construção dos casos-tipo (arquétipos) econômicos, demográficos e de condições de vida. Os arquétipos almejam criar resultados representativos dos fenômenos socioeconômicos que permitam inferências sobre as importâncias relativas, fragilidades, potencialidades e, conseqüentemente, embasando as decisões que interfiram nas lógicas das relações de “causa-efeito” que envolvem o ordenamento territorial e suas áreas críticas sob a ótica da gestão dos recursos hídricos.

Uma vez que sua construção é realizada de forma comparativa entre os municípios da bacia hidrográfica, cada município é retratado, em um determinado arquétipo, com uma única classificação que se refere ao seu posicionamento frente aos demais municípios. Essa identificação é dada pelo cruzamento entre informações de natureza distinta, como apresenta-se abaixo.

Para o **arquétipo econômico** foram integrados três indicadores: (i) porte absoluto da economia, considerando o valor absoluto do Produto Interno Bruto (PIB) e a quantidade de empresas formais registradas; (ii) porte relativo da economia, considerando o PIB per capita e a quantidade de empresas formais registradas por 10 mil habitantes; (iii) crescimento da economia, ponderando o crescimento médio do PIB na última década e a evolução na quantidade de empresas formais registradas em cada município nos últimos três anos.

Já para o **arquétipo demográfico**, as análises partiram da combinação dos indicadores: (i) portes da população total, urbana e rural em 2010; (ii) graus de concentração da população urbana e rural; (iii) ritmos de crescimento das populações total, urbana e rural entre os censos de 2000 e 2010; (iv) tendências de natalidade, compiladas a partir das análises dos filhos tidos por mulheres de 15 a 29 anos de cada determinado município em relação aos filhos tidos por mulheres de faixa etária superior, de 30 a 49 anos.

Por fim, para o **arquétipo de condições de vida** foram mesclados aspectos quanto à saúde, educação e renda, de forma a trabalhar com os seguintes indicadores: (i) cobertura de coleta de esgoto, de óbitos evitáveis de crianças de 0 a 4 anos; casos de hepatite viral *per capita*; quantidade de profissionais da saúde em relação ao porte populacional; posição do índice FIRJAN de desenvolvimento municipal; (ii) número de pessoas de 10 anos ou mais sem instrução com fundamental incompleto, relativo ao porte populacional; posição do índice FIRJAN na sua dimensão educação; (iii) indicadores de razão da população cujo rendimento é de até um salário mínimo;

indicador de desigualdade de renda (GINI) e posição do índice FIRJAN em sua dimensão emprego e renda.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta os resultados dos arquétipos para a BHSF. Como pode-se observar, do tratamento estatístico dos dados escolhidos emergem sete arquétipos - reflexo direto da identificação de regularidades espaciais no contexto da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Sua elaboração perpassa a aplicação de método de inspeção e identificação de comportamentos entre os indicadores-chave selecionados.

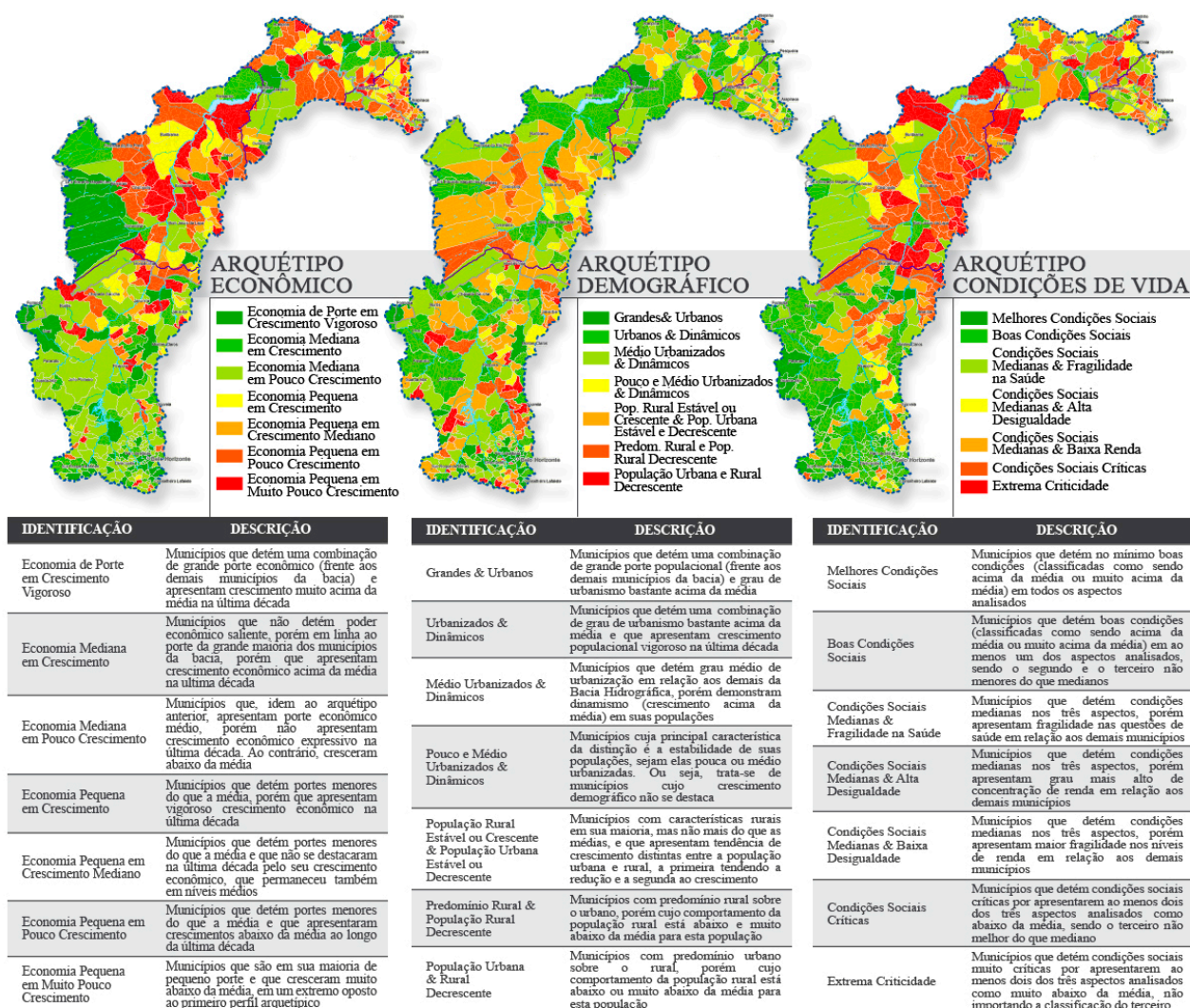


Figura 3 – Arquétipos da dinâmica econômica, demográfica e de condições de vida (Adaptado de MMA, 2016)

A análise integrada da dinâmica econômica, demográfica e de condições de vida evidencia as disparidades entre os municípios da bacia do rio São Francisco e acentua a identificação das

potencialidades e vulnerabilidades locais. Esses três parâmetros, quando avaliados em conjunto, identificam os pontos focais necessários para orientar a tomada de decisão governamental nas esferas nacionais, estaduais e municipais.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é dividida em 4 regiões fisiográficas a saber: Alto, Médio, Sub-médio, e Baixo São Francisco. Assim sendo, as análises gerais foram realizadas de forma agregada nestas divisões.

A região fisiográfica do Alto São Francisco é marcada tanto por municípios maiores e mais urbanizados quanto por municípios com preponderância rural. Mesmo com esse antagonismo demográfico, são verificados 151 municípios com economias medianas de maior ou menor crescimento vigoroso. Esse cenário resulta à região boas condições sociais em 121 municípios, no entanto, observam-se alguns pontos focais de condições sociais críticas.

O Médio São Francisco, por sua vez, mostra maior heterogeneidade. A porção territorial mais à oeste é majoritariamente rural, detentora de economias de porte e em crescimento e melhores condições de vida. Ao passo que os municípios localizados próximos a calha do rio São Francisco também são menos urbanizados, no entanto têm economias pequenas e de pouco crescimento e apresentam condições de vida em maior espectro de vulnerabilidade na bacia.

O Sub-médio São Francisco é marcado por municípios urbanizados, mas com economias pequenas em diferentes graus de crescimento. Essa combinação, influenciada por outros fatores, resulta em um cinturão de municípios de baixas condições de vida, sendo 27 deles (34% da região fisiográfica) categorizados com condições sociais críticas e 7 em extrema criticidade (9%).

O Baixo São Francisco também possui grande parte com condições de vida precárias. Essa região, no entanto, é marcada por extremos demográficos, com regiões de maior urbanização e outras de maior ruralidade. A homogeneidade é observada no caráter econômico, o qual indica que 88% dos municípios têm economias de pequeno porte.

6 CONCLUSÃO

Há uma lacuna na literatura sobre metodologias de análise capazes de articular as situações socioeconômicas de diferentes municípios componentes de uma bacia hidrográfica como um sistema único. Esse contexto impõe uma dificuldade relacionada à integração de indicadores e, conseqüentemente, à realização de uma análise integrada de municípios heterogêneos em seu conjunto. O método de identificação de casos-tipo socioeconômicos, denominada de arquétipos, intenta cobrir tal lacuna ao ser aplicado ao conjunto de municípios componentes da BHSF, de modo

que os resultados sejam aqueles representativos da realidade única deste conjunto. Um município passa a ser classificado, para cada conjunto de indicadores tratados, em uma única classe, sendo que a adoção da leitura relativa se justifica pela lógica de se tratar a bacia hidrográfica como um único território. Uma vez que os recortes políticos não são necessariamente compatíveis com os desígnios naturais que perfazem a formação da bacia hidrográfica, considera-se a análise comparativa e ordenada da totalidade dos municípios frente aos endereçamentos para a gestão de recursos hídricos e ordenamento territorial, ressaltando suas fragilidades e potencialidades. O método proposto foi aplicado com sucesso para a análise de uma das bacias hidrográficas mais importantes no contexto nacional, e por meio desta análise é possível direcionar políticas e estratégias para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, visando maximizar os aspectos socioeconômicos sem comprometer o ecossistema.

REFERÊNCIAS

- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JR, J. A. V. (2013). “*Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção*”. Gestão da Produção, v.20, n.4, p. 741-761.
- MASCARENHAS, A. C. M (2008). “*Conflitos e gestão de águas: o caso da bacia hidrográfica do rio São Francisco*”. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília: 211 p.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente (2016). “*Atualização e Complementação do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Apêndice Técnico*”. Brasília: MMA, 200 p.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente (2017). “*Atualização e Complementação do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Resumo Executivo*”. Brasília: MMA, 340 p.
- MORIARTY, P.; BUTTERWORTH, J.; BATCHELOR, C. (2004). “*Integrate Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector*”. IRC.
- O’HANLEY, J. R.; POMPEU, P. S.; LOUZADA, M.; ZAMBALDI, L. P.; KEMP, P. S. (2020). “*Optimizing hydropower dam location and removal in the São Francisco river basin, Brazil to balance hydropower and river biodiversity tradeoffs*”. Landscape and Urban Planning. v. 195.
- PERES FILHO, A. (2006). “*Sistemas Naturais e Geografia*”. Panorama da Geografia Brasileira I. São Paulo, Anna Blume, p. 333-336.
- R CORE TEAM (2019) R: “*A language and environment for statistical computing*”. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>