

IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE PUC-CAMPINAS WIPES IUC-OP

Apoio: Agência das Bacias PCJ COMITÊS PCJ

SEGURANÇA HÍDRICA DOS MUNICÍPIOS DAS SUB-BACIAS DOS RIOS ATIBAIA E PIRACICABA: UMA APLICAÇÃO DOS MODELOS FPEIR E AHP

Denise Helena Lombardo Ferreira, PPG Sustentabilidade, PUC-Campinas
lombardo@puc-campinas.edu.br

Lucas Brambila, Faculdade de Engenharia Química, PUC-Campinas
lucas.b10@puccampinas.edu.br

Felipe Resende Rosa, Faculdade de Engenharia Química, PUC-Campinas
felipe.rr@puccampinas.edu.br

Bruna Angela Branchi, PPG Sustentabilidade PPG Sustentabilidade, PUC-Campinas
bruna.branchi@puc-campinas.edu.br

Cibele Roberta Sugahara, PPG Sustentabilidade, PUC-Campinas
cibelesu@puc-campinas.edu.br

Jakeline Pertile Mendes, PUC-Campinas
jakelinepertilemendes@gmail.com

Resumo

O presente estudo propôs-se a aplicar o método Força-Motriz-Pressão-Impacto-Resposta (FPEIR) e o método multicriterial *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a proposição de *Ranking* dos municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba sob o aspecto da segurança hídrica. Para tanto, foi realizada uma pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, bibliográfica e documental de natureza quantitativa com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A coleta de dados foi realizada com a aplicação de um questionário aos especialistas vinculados à Câmara Técnica, Grupo de Trabalho de Indicadores e Monitoramento da Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, em seguida aplicou-se os métodos FPEIR e AHP. O recorte geográfico para aplicação da metodologia inclui os 21 municípios inseridos na sub-bacia do Rio Atibaia e os 25 da sub-bacia do Rio Piracicaba com ênfase em indicadores relacionados à segurança hídrica. Os resultados demonstram que a ordenação obtida pela aplicação dos dois métodos enfatiza que existe desigualdade entre os municípios localizados nessa região, necessitando estratégias e políticas públicas alinhadas a cada realidade e ao contexto da temática estudada.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas, Segurança hídrica, Método FPEIR, Método AHP.

1. Introdução

A água é um recurso fundamental para a existência da vida no planeta. A água doce disponível para o consumo humano é distribuída em modo desigual, e como decorrência gera problema na oferta de água em quantidade e qualidade, sobretudo para a população mais vulnerável. Embora o Brasil possua uma grande parcela de água doce, mais de 10% das águas superficiais totais, mas há um desequilíbrio entre as regiões onde há maior disponibilidade (Norte) e

as regiões mais povoadas onde se concentra mais de 90% da demanda hídrica do País (Sudeste) (VETORAZZI, 2006). Isso faz com que algumas regiões sejam mais impactadas devido à crescente demanda, escassez hídrica, além da ocorrência dos eventos extremos.

Embora o recurso água seja essencial para todos, para muitos ainda perdura a ideia de que esse recurso é inesgotável. De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020) torna-se cada vez mais necessário discutir sobre a água e os seus desafios para fortalecer a noção da relevância desse recurso para a subsistência, considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

O crescimento populacional e a industrialização têm gerado elevada demanda de água e a consequência é a ocorrência da escassez hídrica em muitas regiões do País. A segurança hídrica apresenta uma relação com a industrialização e com o crescimento urbano e populacional global e isso interfere diretamente nos recursos hídricos.

Tendo em vista que o Brasil se apresenta como um vasto território com muitas diferenças regionais, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico estabelece em 1997 a Lei das Águas ou Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH a fim de identificar conflitos pelo uso das águas.

As Bacias Hidrográficas representam a unidade territorial de referência na gestão dos recursos hídricos. Tal preocupação reforça a importância dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Os Comitês de Bacias Hidrográficas são organismos colegiados que participam do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

As Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - Bacias PCJ, contém 76 municípios, mais de 5 milhões de habitantes e concentra 5% do PIB brasileiro, com território distribuído entre os estados de São Paulo e de Minas Gerais, ocupando 15.303 km², sendo 92,6% no Estado de São Paulo e 7,4% no Estado de Minas Gerais, de forma que 44 municípios estão totalmente inseridos na área e 29 municípios parcialmente inseridos (COBRAPE, 2020). Embora, as Bacias PCJ apresentem relevância socioeconômica, têm baixa disponibilidade hídrica pelo comprometimento da qualidade de seus cursos de água (COMITÊS PCJ, 2020).

A utilização de indicadores para obter segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas é de extrema importância, pois pode fornecer uma visão geral da situação das Bacias e quais as possíveis mudanças e/ou indicadores devem ser avaliados para obter melhorias.

Nesse sentido, essa pesquisa faz uso de alguns indicadores relacionados à segurança hídrica, trabalhados a partir da opinião de especialistas pertencentes ao Grupo de Trabalho Indicadores e Monitoramento dos Comitês PCJ, com a conjunção de dois métodos: FPEIR - Força-Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta e o AHP -*Analytic Hierarchy Process* para as sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, inseridas nas Bacias PCJ.

2. Fundamentação teórica

2.1. Modelo FPEIR

O Modelo Força-Motriz-Pressão-Impacto-Resposta – FPEIR (em inglês *DPSIR*, *Driver-Pressure-State-Impact-Response*) é um dos mais utilizados para a sistematização de problemas ambientais (FELINTO *et al.*, 2019). Este modelo foi criado inicialmente pela EEA - *European*



Environment Agency, derivado do modelo Pressão-Estado-Resposta (PER ou em inglês *PSR*, *Pressure-State-Response*).

Conforme a EEA (1999) o modelo FPEIR em geral é usado para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais. De acordo com Spangenberg *et al.* (2015), este modelo auxilia na análise de sistemas sobre os problemas ambientais e a forma como a sociedade lida com eles.

A Força-Motriz (F) representa as mudanças nos sistemas sociais, econômicos e institucionais, as Pressões (P) são as consequências das atividades humanas que ocasionam impactos ao meio, o Estado (E) indica a quantidade de características físicas, químicas e biológicas vulneráveis às pressões, os Impactos (I) são mudanças causadas no estado do ecossistema que afetam o meio ambiente e, por fim, a Resposta (R) é uma ação política que tem como objetivo a tentativa de prevenir, eliminar, compensar e/ou reduzir as consequências dos impactos (SPANGENBERG *et al.*, 2015).

A Figura 1 ilustra o Modelo FPEIR.



Figura 1. Modelo FPEIR
Fonte: Mendes (2022, p. 67).

2.2. Modelo AHP

O modelo *Analytic Hierarchy Process* – AHP, desenvolvido por Tomas L. Saaty é um dos métodos multicritério amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos que envolvem problemas com múltiplos critérios (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009). Este método busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores e estabelecer relações para então sintetizar (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

O método AHP pode ser subdividido em cinco etapas principais: Estrutura hierárquica de decisão; Análise par-a-par; Consistência lógica; Análise de opções e Classificação final.

Para a realizar a aplicação do método AHP, deve-se primeiramente analisar os fatores determinantes para a tomada de decisão, definindo os principais critérios para tal. Caso existam subcritérios, eles devem ser observados de maneira conjunta.

A partir da definição dos critérios, as opções ou alternativas são estabelecidas para a tomada de decisão (Figura 2).

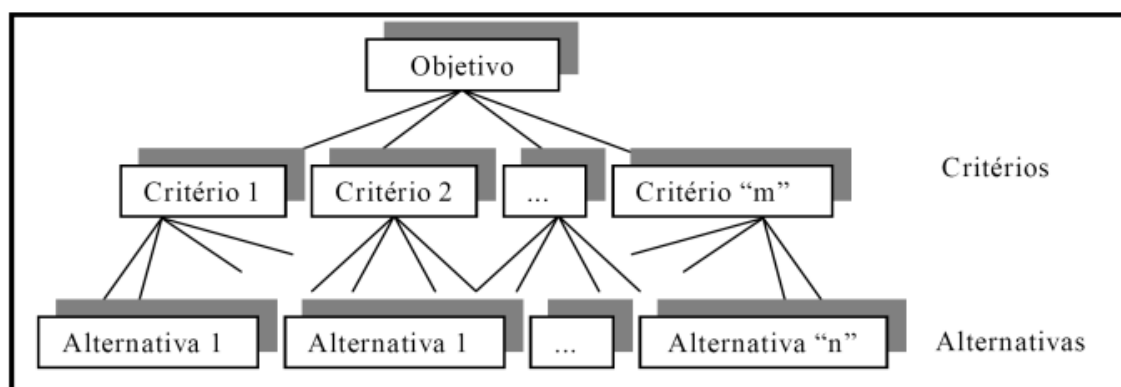


Figura 2. Estrutura hierárquica de decisão do método AHP.

Fonte: Elaboração própria a partir de Saaty (2004).

Após a definição dos critérios e alternativas relevantes para a análise, deve-se fazer um julgamento par-a-par para cada um dos critérios selecionados, utilizando os valores descritos na Tabela 1 para realizar uma comparação direta dos dois critérios avaliados em relação a sua relevância para a análise.

Tabela 1. Escala comparativa de Saaty.

Relação Comparativa	Valor Atribuído
Igual preferência	1
Preferência fraca	3
Preferência moderada	5
Preferência forte	7
Preferência absoluta	9
Julgamentos intermediários	2,4,6 e 8

Fonte: Elaboração própria a partir de Saaty (2004).



O método AHP faz uso da matriz de julgamentos $A = [a_{ij}]$ referentes aos critérios definidos, tal que:

$a_{ii} = 1$, indicando que todo critério, quando comparado a si mesmo, tem a mesma importância, ou seja valor 1;

$a_{ij} = 1/a_{ji}$, indicando que se na comparação do critério i em relação ao critério j se por exemplo foi dada a importância de valor 8, então na comparação do critério j em relação ao critério i essa importância será $1/8$.

Em seguida deve-se calcular a Razão de Consistência para a análise realizada, definida pela Equação 1.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (1)$$

Onde:

RC : Razão de Consistência

IC : Índice de Consistência

IR : Índice de Consistência Randômica

O Índice de Consistência (IC) é calculado pela Equação 2.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Onde:

λ_{max} : maior autovalor observado na matriz de julgamentos

n : número de critérios estabelecidos.

O Índice de Consistência Randômica (RC) é definido por Saaty (2004) como um valor diretamente relacionado com o número de critérios utilizados para a análise, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Índice de Consistência Randômica.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (2004).

O método AHP selecionado segue os seguintes passos:

1) Para cada decisor é elaborada a matriz de julgamento para cada critério e na sequência é avaliada a consistência. A análise para os critérios selecionados é consistente se a Razão de Consistência $RC \leq 0,10$ (SAATY, 2004).

2) Cada matriz de julgamento é normalizada, em seguida calcula-se o vetor de prioridade que permite identificar a ordem das alternativas de acordo com as manifestações de cada decisor.



3) Caso as ordens das alternativas sejam diferentes, deve-se usar uma técnica a fim de encontrar uma única ordem das alternativas.

3. Metodologia

A pesquisa realizada é do tipo exploratória e descritiva. É uma pesquisa exploratória porque tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo. É descritiva no sentido que a investigação atenta a analisar, registrar e relacionar diferentes variáveis com o fenômeno objeto de estudo (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2006).

Os dados da presente pesquisa foram obtidos de fonte de dado secundária do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS referentes ao ano 2019 (BRASIL, 2022). Os métodos FPEIR e AHP foram aplicados após as respostas obtidas de um questionário enviado aos especialistas vinculados à Câmara Técnica, Grupo de Trabalho de Indicadores e Monitoramento da Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

3.1. Caracterização da área de estudo

As Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí (Bacias PCJ) compreende 71 municípios no Estado de São Paulo e cinco no Estado de Minas Gerais e são subdivididas em sete sub-bacias principais, onde cinco delas pertencem à Bacia do Rio Piracicaba (COMITÊS PCJ, 2020).

No Estado de São Paulo, as Bacias PCJ, afluentes do Rio Tietê, apresenta a área de drenagem de 14.216,58 km², sendo 11.492,84 km² correspondentes à Bacia do Rio Piracicaba, 1.568,68 km² à Bacia do Rio Capivari e 1.155,06 km² à Bacia do Rio Jundiáí. No Estado de Minas Gerais, a área pertencente às Bacias PCJ corresponde principalmente a uma parcela da sub-bacia do Rio Jaguari, contendo um total de 979,97 km² da área de drenagem dessa sub-bacia, além de parcelas menores das sub-bacias dos rios Atibaia e Camanducaia, com 44,54 km² e 136,73 km², respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Áreas das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (SP e MG).

Bacia Hidrográfica	Sub-Bacia	Área		Área %
		Área SP (km ²)	Área MG (km ²)	
Capivari	Capivari	1.568,68		10,2
Jundiá	Jundiá	1.155,06		7,5
	Atibaia	2.773,96	44,54	18,3
	Camanducaia	903,98	136,73	6,8
Piracicaba	Jaguari	2.322,62	979,97	21,5
	Corumbataí	1.717,59		11,2
	Piracicaba	3.774,69		24,5
	Total Piracicaba	11.492,84	1.161,24	82,3
Total Bacias PCJ		14.216,58		100,0

Fonte: Elaboração própria a partir de COMITÊS PCJ (2020).

As sub-bacias Atibaia e Piracicaba possuem um cenário insustentável do balanço hídrico das Bacias PCJ. Conforme a Cobrape (2020), a sub-bacia do rio Atibaia é a que apresenta a maior demanda de água das Bacias PCJ, é a terceira sub-bacia, com maior área de drenagem do Rio Piracicaba, além de se destacar negativamente pelo lançamento de esgotos de origem doméstica nas Bacias PCJ. Ressalta-se que 21 municípios estão inseridos na sub-bacia do Rio Atibaia e 25 na sub-bacia do Rio Piracicaba.

3.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada com a aplicação de um questionário aos especialistas do Grupo de Trabalho: Indicadores e Monitoramento dos Comitês PCJ após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa como comentado anteriormente. Segundo Gil (2008, p. 121), “construir um questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas”.

Dos nove gestores que receberam o convite para participar da pesquisa, quatro deles responderam ao questionário. A finalidade dessa coleta de dados constituiu no fato de explorar o conceito de segurança hídrica e possíveis indicadores para a sustentabilidade das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba.

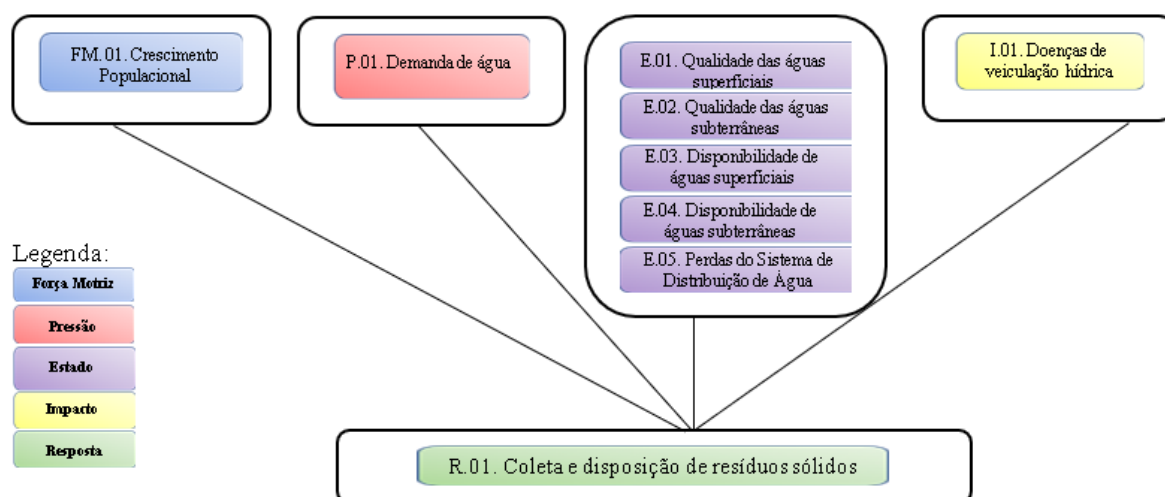


Figura 3. Indicadores para segurança hídrica a partir do FPEIR.
Fonte: Mendes (2022, p. 76).

Por simplicidade, os indicadores Qualidade das águas superficiais e Qualidade das águas subterrâneas foram agrupados no indicador Qualidade das águas. Similarmente, para os indicadores Disponibilidade de águas superficiais e Disponibilidade de águas subterrâneas.

4. Resultados

Com a finalidade de construir um Índice de Segurança Hídrica para os municípios das sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba com a opinião dos especialistas consideraram-se 20 indicadores descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos indicadores do modelo FPEIR.

Indicador
CP - Crescimento populacional (Força-Motriz)
População urbana atendida com esgotamento sanitário
População total atendida com esgotamento sanitário
População urbana atendida com abastecimento de água
População total atendida com abastecimento de água
Taxa de Urbanização
Densidade demográfica
DH2O - Demanda de água (Pressão)
Índice de atendimento total de água
Consumo médio per capita de água
Volume de água consumido
DispH2O - Disponibilidade de água superficial/subterrânea (Estado)
Volume de água faturado
Volume de água produzido
Índice de perdas faturamento
Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município

Precipitação
PH - Perdas do sistema de distribuição de água (Estado)
Índice de perdas na distribuição
Índice de perdas por ligação
QH2O - Qualidade da água (Estado)
Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação
Temperatura
DOENÇAS - Doenças de veiculação hídrica (Impacto)
Doenças de veiculação hídrica – Interações
RS - Coleta e disposição dos resíduos sólidos (Resposta)
Índice de coleta de esgoto

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se dizer que os indicadores com influência positiva são: População total atendida com esgotamento sanitário; População urbana atendida com esgotamento sanitário; População total atendida com abastecimento de água; População urbana atendida com abastecimento de água; Volume de água faturado; Volume de água produzido; Índice de atendimento total de água; Índice de coleta de esgoto; Taxa de cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município; Precipitação. Os indicadores restantes impactam negativamente na segurança hídrica.

Para a aplicação do método AHP construiu-se as matrizes de julgamento para os sete critérios definidos na Tabela 4 tendo em vista as notas atribuídas pelos quatro especialistas (Tabela 5).

Tabela 5. Matriz de julgamento dos critérios.

	CP	DH2O	QH2O	DispH2O	PH	DOENÇAS	RS
Especialista 1							
CP	1	1/3	1/2	1/3	2	1	2
DH2O	3	1	2	1	3	2	3
QH2O	2	1/2	1	1/2	3	2	3
DispH2O	3	1	2	1	4	3	4
PH	1/2	1/3	1/3	1/4	1	1/2	1
DOENÇAS	1	1/2	1/2	1/3	2	1	2
RS	1/2	1/3	1/3	1/4	1	1/2	1
Especialista 2							
	CP	DH2O	QH2O	DispH2O	PH	DOENÇAS	RS
CP	1	1	2	2	3	3	3
DH2O	1	1	2	2	3	3	3
QH2O	1/2	1/2	1	1	2	2	2
DispH2O	1/2	1/2	1	1	2	2	2

PH	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	1
DOENÇAS	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	1
RS	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	1
Especialista 3							
	CP	DH2O	QH2O	DispH2O	PH	DOENÇAS	RS
CP	1	2	2	2	3	3	4
DH2O	1/2	1	1	1	2	2	3
QH2O	1/2	1	1	1	2	2	3
DispH2O	1/2	1	1	1	2	2	3
PH	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2
DOENÇAS	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2
RS	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1
Especialista 4							
	CP	DH2O	QH2O	DispH2O	PH	DOENÇAS	RS
CP	1	1/4	1/2	1/3	1/3	5	6
DH2O	4	1	3	2	2	7	8
QH2O	2	1/3	1	1/2	1/2	5	6
DispH2O	3	1/2	2	1	1	6	7
PH	3	1/2	2	1	1	6	7
DOENÇAS	1/5	1/7	1/5	1/6	1/6	1	2
RS	1/6	1/8	1/6	1/7	1/7	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Na sequência calculou-se a Razão de Consistência definida pela Equação (1) considerando que Índice de Consistência Randômica (IR) tem o valor 1,32 conforme definido na Tabela 2. A Tabela 6 mostra os valores de IC e RC obtidos para os quatro especialistas.

Tendo em vista os sete critérios estabelecidos, o Índice de Consistência Randômica (IR) tem o valor 1,32 (Tabela 2). Dessa forma, obteve-se o Índice de Consistência para cada um dos quatro especialistas e, por fim, a Razão de Consistência (RC) (Tabela 6).

Tabela 6. Valores calculados de IC e RC.

Especialistas									
1		2		3		4			
IC	RC	IC	RC	IC	RC	IC	RC	IC	RC
0,0149	0,012	0,0032	0,002	0,0058	0,004	0,0419	0,031		

Fonte: Elaboração própria.



A partir da Tabela 6 é possível observar que para todos os especialistas os valores da Razão de Consistência (RC) foram menores que 0,10 portanto, conforme Saaty (2004), a análise é consistente.

Em seguida, cada matriz de julgamento foi normalizada e calculou-se o vetor de prioridade para obter as manifestações de cada especialista.

Ao aplicar o método AHP com as matrizes de julgamento definidas pelos especialistas para os seis critérios, obteve-se o uma avaliação de cada município para cada especialista. Por fim, o valor final do município foi obtido calculando-se a média geométrica das avaliações dos quatro especialistas para cada município (SORIANO, 2017) e por fim construiu-se o *Ranking* final dos municípios.

A Tabela 7 destaca a posição do *Ranking* com a aplicação dos métodos AHP e FPEIR utilizando os indicadores referentes à segurança hídrica definidos na Tabela 4.

Tabela 7. *Ranking* AHP versus FPEIR.

Município	Pos. AHP	Pos. FPEIR	Diferença Posicional
Águas de São Pedro	33	16	17
Americana	36	35	1
Anhembi	20	12	8
Atibaia	37	31	6
Botucatu	14	11	3
Bragança Paulista	5	9	4
Brotas	10	4	6
Camanducaia	17	24	7
Campinas	30	41	11
Campo Limpo Paulista	32	33	1
Capivari	6	5	1
Charqueada	18	26	8
Cordeirópolis	2	2	0
Cosmópolis	11	14	3
Dois Córregos	22	21	1
Extrema	28	28	0
Hortolândia	25	29	4
Iracemápolis	1	1	0
Itatiba	27	23	4
Itirapina	29	20	9
Jaguariúna	26	18	8
Jarinu	35	39	4
Joanópolis	3	6	3
Jundiaí	24	25	1
Limeira	4	13	9

Louveira	13	15	2
Monte Mor	9	17	8
Morungaba	8	7	1
Nazaré Paulista	40	42	2
Nova Odessa	12	10	2
Paulínia	15	22	7
Piracaia	31	38	7
Piracicaba	42	40	2
Rio das Pedras	38	30	8
Saltinho	7	3	4
Santa Bárbara D Oeste	39	34	5
Santa Maria da Serra	19	32	13
São Pedro	41	37	4
Sumaré	34	36	2
Torrinha	16	8	8
Valinhos	21	19	2
Vinhedo	23	27	4

Fonte: Elaboração própria.

Os dados da Tabela 7 mostram que os municípios com melhores condições de segurança hídrica que ocupam as primeiras cinco posições no *Ranking* AHP são: Iracemápolis, Cordeirópolis, Joanópolis, Limeira e Bragança Paulista. Já os municípios que estão nas primeiras cinco posições no *Ranking* FPEIR são: Iracemápolis, Cordeirópolis, Saltinho, Brotas e Capivari. Ressalta-se que para os dois métodos, os municípios das duas primeiras posições foram mantidos. Comparando as diferenças das posições dos *Rankings* obtidos pelos dois métodos, observa-se que três municípios não apresentam diferença posicional, 22 municípios apresentam diferença posicional de 1 a 4, 14 municípios têm diferença posicional de 6 a 10 e três municípios apresentam diferença posicional maior do que 10.

5. Considerações Finais

A utilização de indicadores para monitorar a segurança hídrica nas bacias hidrográficas e nas sub-bacias é de extrema importância, pois possibilita compreender a situação que se encontram e quais as possíveis mudanças e/ou indicadores devem ser avaliados para obter melhorias.

A segurança hídrica está diretamente relacionada com o crescimento populacional, qualidade das águas, disponibilidade e demanda hídrica, e para garantir essa segurança é necessário levar em consideração as particularidades de cada região de estudo para atingir eficácia e comprometimento do processo de tomada de decisão para uma gestão eficiente.

A plataforma do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) disponibiliza dados para os municípios brasileiros sobre diversos indicadores a partir do ano 1995. Ressalta-se a ocorrência de dados faltantes para alguns indicadores e para alguns municípios.



O presente estudo propôs-se a aplicar o método Força-Motriz-Pressão-Impacto-Resposta (FPEIR) e o método multicriterial *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para avaliar a segurança hídrica dos municípios inseridos nas sub-bacias dos Rios Atibaia e Piracicaba, sub-bacias que ocupam posições de estresse hídrico, culminando na obtenção de um *Ranking* para esses municípios, o que pode auxiliar os gestores da área a identificar e a questionar quais os municípios com maiores dificuldades em termos de segurança hídrica.

6. Referências bibliográficas

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Série Histórica**. Brasília: SNIS, 2022.

COBRAPE. Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Relatório Final**. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 - 2020, com propostas de atualização do Enquadramento dos Corpos d'Água e de Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água até o ano de 2035. Cobrape: Piracicaba, 2020.

COMITÊS PCJ. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2020**. Versão simplificada. Ano Base – 2019. UGRHI 05 - Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2020.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Pearson, 2006.

EEA. European Environment Agency. **Environmental indicators: Typology and overview**. Luxembourg: Technical report n. 25, 1999. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>>. Acesso em: 15 jun 2020.

FELINTO, C. M. R.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Aplicação do Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para Gestão dos Recursos Hídricos em João Pessoa-PB. **Revista DAE**, v. 67, n. 218, p. 118-136, 2019. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.038>

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. **XII SBPO**, v. 1, p. 49, 2009.

MENDES, J. P. **Indicadores de sustentabilidade para gestão da segurança hídrica nas Bacias Hidrográficas PCJ**: estudos de caso das sub-bacias dos rios Atibaia e Piracicaba. Dissertação – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade do Centro de



Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. 136 fls. Campinas, 2022.

SAATY, T. L. Decision making: the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.

SORIANO, M. A. G. **Estudo do modo de transporte público de passageiros para operar no corredor da Avenida Norte Miguel Arraes de Alencar**. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. 201 fls. Recife, 2017.

SPANGENBERG, J. H.; DOUGUET, J.M.; SETTELE, J.; HEONG, K. L. Escaping the lock-in of continuous insecticide spraying in rice: developing an integrated ecological and socio-political DPSIR analysis. *Ecological Modelling*, [S.L.], v. 295, p. 188-195, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.05.010>.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020.

VETORAZZI, A. C. **Avaliação Multicritérios em ambiente SIG na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando a conservação de recursos hídricos**. Tese de Livre Docente do Departamento da Engenharia Rural, Programa de Pós-Graduação da “Escola Luiz de Queiroz”. Universidade Federal de São Paulo. 152 fls., 2006.