

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

NAYARA LUCIANA JORGE

Avaliação de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água frente a
Cenários de Seca: estudo de caso no Município de Jundiaí/SP

São Carlos

2022

NAYARA LUCIANA JORGE

Avaliação de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água frente a
Cenários de Seca: estudo de caso no Município de Jundiaí/SP

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Tadeu Fabrício Malheiros

São Carlos

2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

J82 Jorge, Nayara Luciana
Avaliação de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água frente a Cenários de Seca: estudo de caso no Município de Jundiaí/SP / Nayara Luciana Jorge; orientador Tadeu Fabricio Malheiros. São Carlos, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Modelo de Avaliação. 2. Eventos Climáticos Extremos. 3. Indicadores. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharela **NAYARA LUCIANA JORGE**.

Título da dissertação: "Avaliação de resiliência dos serviços de abastecimento de água frente a cenários de seca: estudo de caso no Município de Jundiaí/SP".

Data da defesa: 10/09/2021.

Comissão Julgadora

Resultado

Prof. Associado **Tadeu Fabricio Malheiros**

(Orientador)

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC-USP)

APROVADA

Prof. Dr. **Erich Kellner**

(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA

Profa. Dra. **Rosa Maria Formiga Johnsson**

(Universidade do Estado do Rio de Janeiro/UERJ)

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em todos os meus sonhos e objetivos, sem vocês nada disso seria possível! Agradeço também aos meus irmãos: Mylena, Glaucya, Pedro e Clara, que apesar de toda a loucura, também estão sempre comigo. Agradeço a toda a minha família, que sempre me apoia e me incentiva a crescer.

Agradeço a todos os professores que de alguma forma contribuíram para essa conquista, especialmente ao prof. Tadeu Malheiros, por todos esses anos de orientação, experiência e aprendizado. Obrigada por todas as oportunidades que me proporciona!

Agradeço ao Alexandre, que está sempre comigo, celebrando cada conquista e também em cada momento de surto, me incentivando a nunca desistir. Obrigada por apoiar meus sonhos e me inspirar a ser alguém melhor.

Agradeço à Joice, que está ao meu lado desde sempre, obrigada por compartilhar a vida comigo, por ser minha melhor amiga, minha confidente, meu ponto de equilíbrio e principalmente por sempre me ouvir e me apoiar, mesmo de longe.

Um agradecimento especial à Bia: obrigada por tudo que compartilhamos nesses anos todos! Obrigada por todo o apoio, principalmente emocional nas nossas sextas de limbo, sem você não teria sido possível passar pelos momentos difíceis que superamos juntas. Obrigada por ser minha parceira de vida e de trabalho, obrigada por cada momento, por cada palavra, por cada incentivo, por cada lagrima e riso (quase sempre os dois juntos), por cada momento e por cada loucura! Você foi essencial nessa jornada!

Obrigada a todos os meus amigos por tornarem tudo mais leve!

Agradeço aos meus colegas do NUPS por todos os momentos de trabalho e descontração que vivemos, especialmente Amanda e Julia, que se tornaram muito mais que colegas de trabalho, obrigada por cada dia de alegria e desespero (rs) que vivemos ao longo destes anos!

Por fim, agradeço a operadora de abastecimento de água DAE S.A. – Água e Esgoto, pelo trabalho em conjunto para que esta pesquisa pudesse ser elaborada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

JORGE, N.L. **Avaliação de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água frente a Cenários de Seca:** estudo de caso no Município de Jundiaí/SP. 2022. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

RESUMO

O risco da ocorrência de eventos climáticos extremos cresce com o aumento da temperatura média global, podendo trazer impactos negativos e gerando diversas consequências sociais, ambientais e econômicas. Assim, é provável que muitos setores da sociedade sejam afetados, como o setor de saneamento e consequentemente os sistemas de abastecimento de água. Diante desta problemática, um conceito chave é o da resiliência, que mostra o quanto um sistema é capaz de se reorganizar, aprender e se adaptar diante dos efeitos de perturbações, como aquelas causadas por eventos de seca. Portanto, visando a minimização dos impactos nestes sistemas, é necessário melhorar sua resiliência, por meio de ações proativas, como a aplicação de um modelo para avaliar a resiliência para estes serviços. Sendo assim, é importante que este conceito esteja institucionalizado nos processos de gestão do setor, visando melhorar seu planejamento. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo geral elaborar um modelo de avaliação de resiliência para operadoras de abastecimento de água frente a cenários de secas. A pesquisa consiste na seguinte metodologia: i) Revisão da literatura; ii) Percepção dos atores interessados; iii) Elaboração e aplicação do modelo; e iv) Avaliação e validação do modelo. A partir da análise da bibliografia e de documentos técnicos se estabeleceu as dimensões para compor o modelo, sendo elas: “Gestão do Risco Climático”; “Robustez”; “Desenvoltura”; e “Recuperação”. Também foram identificadas as práticas para melhoria de resiliência, as quais foram adaptadas para compor seus indicadores. O modelo elaborado foi aplicado na operadora de abastecimento de água DAE S.A.- Água e Esgoto do município de Jundiaí, o qual apresentou uma resiliência no valor de 78,7. Além disso, foi analisada a resiliência de cada uma das dimensões, sendo que “Gestão do Risco Climático”, “Robustez” e “Recuperação”, apresentaram uma resiliência alta, e a dimensão “Desenvoltura”, apresentou uma resiliência média. Após a aplicação e análise dos resultados do modelo elaborado, este foi validado juntamente com a operadora, por meio de uma oficina e um formulário, onde se concluiu que o modelo e seus indicadores podem ser considerados relevantes, representativos para seu contexto e adaptáveis para ser aplicado em outras operadoras. Neste sentido, o modelo de avaliação de resiliência elaborado auxilia as operadoras de abastecimento de água a enfrentarem os impactos advindos de eventos de seca, já que além de permitir uma análise da resiliência total, também possibilita a visualização dos pontos que apresentaram maior vulnerabilidade, ou seja, aqueles que precisam de mais atenção, se classificando, portanto, como uma ferramenta importante na tomada de decisão e priorização de ações.

Palavras-chave: Modelo de Avaliação; Eventos Climáticos Extremos; Indicadores.

JORGE, N. L. **Assessment of Resilience of Water Supply face of Drought Scenarios**: a case study in the Municipality of Jundiaí/SP. 2022. Dissertation (Master) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, 2022.

ABSTRACT

The risk of the occurrence of extreme weather events grows with the increase in the global average temperature and it can have negative impacts, as social, environmental and economic consequences. Thus, it is likely that many sectors of society will be affected, such as the sanitation sector and consequently the water supply systems. Faced with this issue, a key concept is that of resilience, which shows how much a system is able to reorganize, learn and adapt to the effects of disturbances, such as those caused by drought events. Therefore, to minimize the impacts on these systems, it is necessary to improve their resilience, through proactive actions, such the application of a model to assess the resilience of these services. Accordingly, it is important that the concept of resilience be institutionalized in the management processes of the sector in order to improve its planning. Therefore, this research has as general objective to elaborate a resilience assessment model for water supply facing future drought scenarios. The survey consists of the following methodology: i) Bibliographic survey; ii) Perception of stakeholders; iii) Elaboration and application of the model; and iv) Evaluation and validation of the model. From the analysis of the bibliography and technical documents, the dimensions to compose the model were established, namely: “Climate Threat”; “Robustness”; “Fulness”; and “Recovery”. Practices for improving resilience were also identified, which were adapted to make up its indicators. The model developed was applied in the water supply company DAE S.A.- Água e Segoto in the municipality of Jundiaí, which showed a resilience of 78.7. In addition, the resilience of each of the dimensions was analyzed, with “Climate Threat”, “Robustness” and “Recovery” showing high resilience, and the dimension “Fulness”, showing medium resilience. After applying and analyzing the results of the developed model, it was validated with the company, through a workshop and a form, where it was concluded that the model and its indicators can be considered relevant, representative for its context and adaptable to be applied in other companies. Therefore, the resilience assessment model developed helps water supply companies to face the impacts arising from drought events, because it allows the analysis of the total resilience and the visualization of the points that presented greater vulnerability. So, it allows to see the points that need more attention, being classified as an important tool in decision-making and prioritizing actions.

Keywords: Assessment Model; Extreme Weather Events; Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quadro conceitual da pesquisa.....	4
Figura 2. Diagrama Simplificado de um Sistema de Abastecimento de Água.....	11
Figura 3. Fases do Ciclo Adaptativo	12
Figura 4. Representação gráfica do estado funcional de um sistema antes, durante e depois de um evento perturbador.....	14
Figura 5. Fluxograma das Etapas e Atividades Metodológicas.....	15
Figura 6. Fluxograma das etapas da RBS.....	17
Figura 7. Pontos de Alavancagem de Meadows.....	21
Figura 8. Localização das Bacias PCJ	24
Figura 9. Fluxograma explicativo do capítulo 5.....	33
Figura 10. Fluxograma da estrutura do item 5.1.....	34
Figura 11. Quantidade de publicações por critério de inclusão.....	34
Figura 12. N° de publicações entre os anos de 2009 e 2019.....	35
Figura 13. Porcentagem de publicações por país	35
Figura 14. Fluxograma das práticas para melhoria da resiliência encontradas na RBS relacionadas às etapas e dimensões do sistema	39
Figura 15. Fluxograma da estrutura do item 5.2.....	40
Figura 16. Fluxograma das práticas para melhoria da resiliência encontradas no levantamento de documentos técnicos relacionados com as etapas e dimensões do sistema.....	45
Figura 17. Esquema conceitual do modelo de avaliação de resiliência elaborado.....	46
Figura 18. Fluxograma da estrutura do item 5.3.....	47
Figura 19. Dimensões do Modelo de Avaliação de Resiliência.....	59
Figura 20. Fluxograma da estrutura do item 5.4.....	62
Figura 21. % de respostas para compor a nota final dos indicadores IND01 a IND16.....	63
Figura 22. % de respostas para compor a nota final dos indicadores IND17 a IND33.....	64
Figura 23. % de notas dos indicadores do modelo	65
Figura 24. % de notas dos indicadores do modelo por dimensão	65
Figura 25. Resiliência do DAE Jundiaí	69
Figura 26. Alcance de cada dimensão em %	69
Figura 27. Fluxograma da estrutura do item 5.5.....	70
Figura 28. Avaliação do modelo elaborado (%).....	72
Figura 29. Representatividade do índice de resiliência (%)	73

Figura 30. Relevância dos indicadores IND01 a IND33 em ordem crescente	75
Figura 31. Compreensão dos indicadores IND01 a IND33 em ordem decrescente	76
Figura 32. Representatividade dos indicadores IND01 a IND33	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Palavras-chave de busca definidos para RBS.....	17
Quadro 2. Critérios de inclusão definidos para a RBS	18
Quadro 3. Justificativa para aplicação do questionário de percepção	20
Quadro 4. Pesos estabelecidos para as categorias dos Pontos de Alavancagem	21
Quadro 5. Programação da oficina com a operadora DAE S.A - Água e Esgoto	24
Quadro 6. Municípios das bacias PCJ que participaram da aplicação do questionário de percepção	25
Quadro 7. Impactos Potenciais das Mudanças Climáticas encontrados na RBS.....	36
Quadro 8. Atributos de Resiliência encontrados na RBS.....	37
Quadro 9. Atributos essenciais para avaliação de resiliência.....	43
Quadro 10. Comparação dos atributos de resiliência encontrados na RBS e nos Modelos Técnicos.....	43
Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continua...).....	48
Quadro 12. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 12.....	55
Quadro 13. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 11	55
Quadro 14. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 10.....	56
Quadro 15. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 9.....	56
Quadro 16. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 8.....	56
Quadro 17. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 6.....	57
Quadro 18. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 5.....	57
Quadro 19. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 4.....	58
Quadro 20. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 3.....	58
Quadro 21. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 2.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí	25
Tabela 2. Distribuição das classes de uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí	25
Tabela 3. Demanda de água por setor em % do total	25
Tabela 4. Indicadores pertencentes à dimensão " Gestão do Risco Climático "	60
Tabela 5. Indicadores pertencentes à dimensão "Desenvoltura"	60
Tabela 6. Indicadores pertencentes à dimensão "Robustez".	61
Tabela 7. Indicadores pertencentes à dimensão "Recuperação"	61
Tabela 8. Modelo de avaliação de resiliência aplicado na operadora de abastecimento de água de Jundiáí DAE S/A – água e esgoto (continua...)	67
Tabela 9. Avaliação e validação dos indicadores (continua...).....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA		Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANSI	-	Instituto Americano de Normas Nacionais dos Estados Unidos (sigla referente ao termo em inglês "American National Standards Institute")
CAPES	-	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil
COP	-	Conferências das Partes
CQNUMC	-	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CSJ	-	Companhia Saneamento de Jundiaí
DAE	-	Departamento de Água e Esgoto
DAEE		Departamento de Águas e Energia Elétrica
EPA	-	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (sigla referente ao termo em inglês "United States Environmental Protection Agency")
ETA	-	Estação de Tratamento de Água
ETA-A	-	Estação de Tratamento de Água do Anhangabaú
ETE	-	Estação de Tratamento de Esgoto
ETEJ	-	Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí
FEHIDRO	-	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
GEE	-	Gases do Efeito Estufa
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	-	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (sigla referente ao termo em inglês "Intergovernmental Panel on Climate Change")
ISDR	-	Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (sigla referente ao termo em inglês "International Strategy for Disaster Reduction")
ITB	-	Instituto Trata Brasil
MCTI	-	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente
MS	-	Ministério da Saúde
NIAC	-	Conselho Consultivo de Infraestrutura Nacional (sigla referente ao termo em inglês "National Infrastructure Advisory Council")

NUPS	-	Núcleo de Pesquisa e Extensão em Sustentabilidade
ODM	-	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	-	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	-	Organização Mundial de Saúde (WHO - sigla para o termo em inglês "World Health Organization")
ONU	-	Organização das Nações Unidas
PCJ	-	Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
Plano ABC	-	Agricultura de Baixo Carbono
PLANSAB	-	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNMC	-	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNSB	-	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNUD	-	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PSA	-	Planos de Segurança da Água
RAMCAP	-	Análise e Gerenciamento de Riscos para Proteção de Ativos Críticos (sigla referente ao termo em inglês "Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection")
RBS	-	Revisão Bibliográfica Sistemática
RNP	-	Rede Nacional de Pesquisa e Ensino
SAAE	-	Serviço Autônomo de Água e Esgoto São Carlos
SAAESP	-	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Pedro
SABESP	-	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEDEC	-	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SEMAE	-	Serviço Municipal de Água e Esgoto
SNIS	-	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UGRHI	-	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNICEF	-	Fundo das Nações Unidas para a Infância (sigla referente ao termo em inglês "United Nations International Children's Emergency Fund")
ZEE	-	Zoneamento Ecológico-Econômico

LISTA DE SÍMBOLOS

CH ₄	-	Metano
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
N ₂ O	-	Óxido Nitroso
O ₂	-	Ozônio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PREMISSAS E PRESSUPOSTOS.....	4
1.2 OBJETIVOS	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS	7
2.2 SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	9
2.2.1 SANEAMENTO BÁSICO.....	9
2.2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	10
2.3 RESILIÊNCIA	12
3 METODOLOGIA.....	15
3.1 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS	16
3.1.1.1 ENTRADAS.....	17
3.1.1.2 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO	18
3.1.1.3 SAÍDAS	19
3.1.2 LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS	19
3.2 PERCEPÇÃO DOS ATORES INTERESSADOS	19
3.2.1 ANÁLISE DOCUMENTAL.....	19
3.2.2 QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO.....	19
3.3 ELABORAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRENTE A CENÁRIOS DE SECA.....	20
3.3.1 DIMENSÕES E PRÁTICAS DO MODELO	20
3.3.2 INDICADORES DO MODELO.....	21
3.3.3 CÁLCULO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA.....	22
3.4 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO MODELO	23
4 ESTUDO DE CASO	25

4.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ - PCJ	25
4.2 MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ	26
4.3 ANÁLISE DOCUMENTAL	28
4.3.1 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ 2020-2035	28
4.3.2 RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS 2019	29
4.3.3 PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE JUNDIAÍ.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS	33
5.1.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	34
5.1.2 IMPACTOS POTENCIAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	35
5.1.3 ATRIBUTOS PARA AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA ENCONTRADOS NA RBS	37
5.1.4 PRÁTICAS PARA A MELHORIA DE RESILIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ENCONTRADOS NA RBS	37
5.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS	40
5.2.1 ATRIBUTOS DE RESILIÊNCIA ENCONTRADOS NO LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS	40
5.2.2 PRÁTICAS PARA MELHORIA DE RESILIÊNCIA ENCONTRADAS NO LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS	44
5.3 MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRENTE A EVENTOS FUTUROS DE SECA.....	45
5.3.1 INDICADORES DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA	47
5.3.2 DIMENSÕES DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA	59
5.4 APLICAÇÃO DO MODELO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	61
5.4.1 RESPOSTAS E NOTAS DOS INDICADORES.....	62
5.4.2 RESILIÊNCIA DAE JUNDIAÍ	66

5.5 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.....	70
5.5.1 OFICINA PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	71
5.5.2 – FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	71
6 CONCLUSÕES.....	79
SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	80
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – CARTA CONVITE	91
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO	93
APÊNDICE C - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA RBS	96
APÊNDICE D – FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.....	97
APÊNDICE F – RELATÓRIO SÍNTESE PARA DIVULGAÇÃO NO DAE S.A. -ÁGUA E ESGOTO.....	130

1 INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2014), indica que o risco da ocorrência de eventos climáticos extremos cresce com o aumento da temperatura média global, o que sugere a necessidade de um planejamento e adequação de infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos.

Um conceito chave diante desta problemática é o da resiliência, que mostra o quanto um sistema é capaz de resistir ou se adaptar para manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura, quando exposto ao risco (ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES – ISDR, 2004).

Os impactos causados pela emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) decorrentes das atividades antrópicas, poderão acarretar no aumento da temperatura terrestre, causando mudanças climáticas globais, como modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de eventos extremos, como secas e inundações, se caracterizando como um cenário de incertezas e preocupações (NOBRE, 2001; RIBEIRO 2008; IPCC, 2014; ESPÍNDOLA e RIBEIRO, 2020). Estas mudanças poderão trazer impactos negativos, gerando consequências sociais, ambientais e econômicas, e dessa maneira muitos setores da sociedade serão afetados, como o setor de saneamento, e, portanto, os sistemas de abastecimento de água.

As Mudanças Climáticas podem ser definidas como as mudanças do clima no tempo devido à variabilidade natural e/ou resultado das ações antrópicas (IPCC, 2001), sendo relacionada à tendência de alterações estatisticamente significativas da média climatológica que persiste por um longo período. Já a variabilidade climática é definida como variações das condições climáticas em torno do estado médio, sendo que a diferença entre os dois conceitos está em suas escalas temporais e espaciais (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007; SILVA; GRIMM, 2017).

Considerando que o Brasil tem como desafio colocar esforços alinhados aos compromissos (inter)nacionais da sociedade frente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), -o que segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) inclui assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, sendo um de seus objetivos a universalização destes serviços (PNUD, 2019) - e que a constituição Federal estabelece o direito fundamental social à saúde, -sendo, portanto, dever do Estado instituir diretrizes para o saneamento básico (BRASIL, 1988) -, é importante pensar em medidas que diminuam tais impactos sobre o setor.

Embora o setor tenha avançado nos últimos anos, ainda há diversas áreas com falta de acesso aos serviços de saneamento básico¹, as quais geralmente estão relacionadas com a desigualdade social e a pobreza (BATES et al., 2008; TEIXEIRA, 2011). De acordo com o relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), em todo o mundo, cerca de 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água com qualidade segura para o consumo humano (WHO; UNICEF, 2017).

Sendo assim, as mudanças climáticas tornam mais crítico este cenário, se caracterizando como um impacto adicional a estes sistemas, pois trazem consequências como mudanças na disponibilidade de água, devido às alterações nos padrões de precipitações (BATES et al., 2008). Considerando que a maior parte destes problemas exigem tempo para serem resolvidos, é necessário um planejamento com caráter proativo.

Um exemplo desses impactos das mudanças climáticas no Brasil foi a seca de 2013-2015, que levou à uma redução significativa dos recursos hídricos e causou impactos negativos no Sistema Cantareira, acarretando na redução no abastecimento de água para a população da região metropolitana de São Paulo, que chegou a 14 m³/s em março de 2015, sendo que no início da crise, apresentava um valor de 33 m³/s (MARENGO et al., 2015; COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP, 2015).

A seca na região afetou diretamente os volumes de água armazenados no reservatório, o qual no fim do verão de 2013-2014, chegou ao nível mais baixo da série histórica: 13,4%. A sociedade sofreu diversos problemas como consequência deste evento, já que em algumas regiões, a população passou a depender de caminhões-pipa e de alternância de abastecimento entre os bairros (rodízio). Além disso, também prejudicou diversos setores da sociedade, como a indústria, agricultura, hospitais, entre outros (MARENGO et al., 2015).

Recentemente, diversos meios de comunicação, tem alertado sobre os baixos níveis em que o Sistema Cantareira opera, indicando a possibilidade de uma nova crise hídrica. Segundo uma notícia publicada no G1 (VIEIRA, 2020), choveu 20% a menos do que o previsto para a região entre 2019 e novembro de 2020 sendo que em dezembro de 2020, o Cantareira operava com 33,8% da sua capacidade, e no período pré-crise hídrica em 2013, o sistema operava com uma média de 44,11%.

¹A Lei nº11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026/20, estabelece saneamento básico como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). A presente pesquisa tem seu foco apenas nos sistemas de abastecimento de água.

Sendo assim, a resiliência é um conceito bastante importante para estes sistemas, já que possibilita a sua reorganização, aprendizado e adaptação em relação aos efeitos de perturbações, como aquelas causadas pela seca. Tal conceito pode apresentar diferentes definições, porém, para os sistemas de abastecimento de água, a definição mais frequente apontada na literatura desta pesquisa, refere-se à capacidade de o sistema atender a demanda durante situações de emergências, sendo, portanto, necessário o seu fortalecimento, diminuindo as vulnerabilidades e aumentando a capacidade de resposta e recuperação frente os impactos.

A resiliência pode englobar ações relacionadas a infraestrutura; liderança; aprendizagem e educação; planejamento; colaboração regional; legislações e políticas; financeiro; equipe e pessoal; transparência; gestão com foco na adaptação; identificação e priorização de tecnologias e sistemas de gerenciamento capazes de se adaptar a uma ampla gama de cenários climáticos em potencial.

Sendo assim, reforça-se a necessidade de um planejamento que vise a minimização dos impactos causados pelos eventos climáticos extremos, principalmente aqueles relacionados à seca, o qual será o recorte desta pesquisa.

A Figura 1 apresenta um quadro conceitual desta pesquisa.

Figura 1. Quadro conceitual da pesquisa



Fonte: Autora, 2022.

1.1 PREMISSAS E PRESSUPOSTOS

A partir da contextualização apresentada, o problema de pesquisa deste projeto está na dificuldade em medir a resiliência dos serviços de abastecimento de água frente aos impactos de eventos climáticos extremos, mais especificamente aqueles relacionados à seca, considerando sua complexidade, já que envolve incertezas, aleatoriedade e a necessidade de considerar não apenas a operadora e todos os seus setores, mas também o contexto em que ela se insere.

Estudos com o enfoque na resiliência têm sido realizados no contexto internacional, como o proposto por Fisher et al (2010), que consiste em um índice americano que avalia a resiliência de infraestruturas, incluindo sistemas de água e esgoto. A ARCADIS (2018) também desenvolveu um modelo focado na infraestrutura dos serviços de abastecimento de água do

Reino Unido; e o Instituto Americano de Normas Nacionais dos Estados Unidos (ANSI) criou um índice para os sistemas de água (ANSI, 2010).

Apesar dos estudos encontrados, destaca-se a existência de pouco material que avalie a resiliência dos serviços de abastecimento de água para o contexto e a realidade brasileira, sendo que tal pressuposto foi confirmado por meio dos resultados desta pesquisa. Ou seja, os estudos internacionais precisam de uma adaptação para serem aplicados ao contexto nacional, já que existem grandes diferenças como àquelas relacionadas aos eventos extremos característicos de cada país; ao clima; e à realidade da população e dos serviços de abastecimento de água.

Sendo assim, as seguintes perguntas de pesquisa são pertinentes:

- Como avaliar a resiliência das operadoras de abastecimento de água frente a cenários de seca?
- Quais são os impactos das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água?
- Frente a eventos climáticos extremos, o que torna as operadoras de abastecimento de água mais resilientes?
- Há modelos de avaliação de resiliência frente a eventos climáticos extremos utilizados para os serviços de abastecimento de água que estão sendo aplicados? Estes modelos são robustos e aderentes para a realidade do Brasil?
- Qual o nível de resiliência do serviço de abastecimento de água no município de Jundiá? Quais lições podem ser aprendidas a partir da aplicação de avaliação de resiliência frente a cenários de secas no contexto desta operadora?

Portanto, considerando a necessidade de planejamento frente às incertezas dos impactos de eventos climáticos extremos no setor, principalmente aqueles relacionados às secas, destaca-se que a incorporação de um modelo para avaliar a resiliência de operadoras de abastecimento de água em sua gestão e operação, pode ajudar a prever futuros problemas e crises, melhorando seu planejamento e tomada de decisão.

1.2 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral elaborar um modelo de avaliação de resiliência para operadoras de abastecimento de água frente a cenários de secas, sendo os seus objetivos específicos:

- Levantar os impactos potenciais das mudanças climáticas e eventos extremos, com foco na questão da seca e nos sistemas de abastecimento de água;

- Identificar dimensões e indicadores para a elaboração do modelo de avaliação de resiliência;
- Levantar práticas que tornem as operadoras mais resilientes e identificar quais poderiam ser utilizadas para melhorar a resiliência da operadora do município de Jundiaí;
- Avaliar e discutir a capacidade de resiliência da operadora de abastecimento de água do Município de Jundiaí frente a cenários de secas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este item apresenta a fundamentação teórica desta pesquisa, a partir das seguintes temáticas: 2.1) Mudanças climáticas e eventos climáticos extremos; 2.2) Saneamento básico e o sistema de abastecimento de água; e 2.3) Resiliência.

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

O aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) acarreta no aumento da temperatura terrestre, sendo que as emissões destes gases aumentaram desde a era pré-industrial, em grande parte pelo crescimento econômico e populacional, e atualmente são as mais altas da história (MOREIRA; GIOMETT, 2008; IPCC, 2014).

As mudanças climáticas causam impactos nos sistemas naturais e humanos em todos os continentes e nos oceanos (IPCC, 2014). O aumento da temperatura da Terra pode levar a eventos climáticos extremos, definido por Marengo (2009) como “valores discrepantes de um estado climático médio [...]”, os quais ocorrem em escalas temporais variadas, sendo os de curto prazo os eventos que apresentam maior potencial para impactos negativos causados por atividades humanas. Moreira e Giomet (2008), trazem como exemplos de eventos climáticos extremos as enchentes cada vez mais frequentes e as secas cada vez mais intensas.

Segundo Dias (2014), no caso das enchentes e da visibilidade imediata de seus impactos, como o alagamento das margens, -que atinge cidades e áreas agrícolas-, é também imediato o estabelecimento da situação extrema. Já no caso das secas, que se estabelece aos poucos e impacta os recursos hídricos de forma gradual, é mais difícil perceber de imediato a situação extrema.

É preciso considerar que mesmo que as emissões diminuam rapidamente, os efeitos do aquecimento global serão sentidos por muito tempo. Também não é possível esperar por certezas científicas para se adotar medidas que minimizem os impactos causados pelas mudanças climáticas e eventos extremos. Sendo assim, é fundamental que os cenários elaborados até o momento, resultantes de pesquisas em todo o mundo, sejam levados como base para a organização dos países e para a tomada de decisão (RIBEIRO, 2008).

Nesse contexto, em 1988 foi fundado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, com objetivo de fornecer informações científicas que podem ser usadas para desenvolver políticas climáticas para os governos de todos os níveis (IPCC, 2019).

Em 1992, durante a Rio 92 foi elaborada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, com objetivo de estabilizar as concentrações de gases do efeito

estufa na atmosfera e o aumento das temperaturas globais antes de atingir níveis alarmantes (DUARTE, 2019; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2019b). Os países que assinaram o texto base se reúnem anualmente para negociação de acordos climáticos internacionais, durante as Conferências das Partes (COPs) (DUARTE, 2019).

Este evento gerou também a Agenda 21 Global, que busca um novo padrão de desenvolvimento mais sustentável, com base em um documento que visa um equilíbrio entre a proteção ambiental, a justiça social e o desenvolvimento econômico (PINHO, 2017).

O Protocolo de Quioto, que foi criado em 1997 e entrou em vigor em 2005, constitui um tratado complementar à CQNUMC, o qual define metas de redução para os países desenvolvidos e aqueles considerados responsáveis históricos pelas mudanças climáticas (MMA, 2019c).

Em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP21) da CQNUMC, que ocorreu em Paris, um novo acordo foi adotado, com o objetivo de fortalecer a resposta global sobre as ameaças e impactos decorrentes das mudanças climáticas. O Brasil concluiu o processo de ratificação do Acordo de Paris em 2016, o que tornou suas metas compromissos oficiais (MMA, 2019a).

Na Conferência Rio +20, realizada duas décadas após a Rio 92, discutiu-se a elaboração dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), pautados pela Agenda 21, sendo que o documento foi adotado em 2015 pela Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (PINHO, 2017).

Os ODS apresentam 17 objetivos e 169 metas, baseados nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), sendo que o 13º objetivo diz respeito às medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos, englobando conceitos como resiliência, adaptação, riscos, entre outros (NAÇÕES UNIDAS BRASIL - ONU, 2019).

A Lei nº12.187/09 institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, visando compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a proteção do clima; reduzir as emissões de gases do efeito estufa; promover medidas para adaptação às mudanças climáticas; etc. (BRASIL, 2009).

Já a Portaria nº 150/16, institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, visando a “gestão e redução dos riscos climáticos[...], de forma a aproveitar as oportunidades emergentes, evitar perdas e danos e construir instrumentos que permitam a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura” (BRASIL, 2016). O plano considera 11 estratégias setoriais e temáticas, sendo que a questão do saneamento é abordada na temática Recursos Hídricos (MMA, 2015).

Segundo o documento “Climate Change and Urban Water Utilities”, publicado pelo Banco Mundial (DANILENKO et al., 2010), cada vez mais é importante considerar os impactos das mudanças climáticas nos projetos, construções e manutenção de infraestruturas do setor hídrico, sendo que os serviços de abastecimento de água estão enfrentando a necessidade crescente de melhoria na sua gestão e infraestrutura associada.

2.2 SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Este item apresenta definições e aspectos relevantes do Saneamento Básico e dos Sistemas de Abastecimento de Água, o qual foi foco desta pesquisa.

2.2.1 SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico é um dos fatores importantes para definir o índice de desenvolvimento de um país. É um direito fundamental garantido pela constituição Federal e necessário para uma vida saudável e um meio ambiente sadio (BRASIL, 1988).

A Lei nº 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, estabelece o saneamento básico como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Os serviços públicos de saneamento básico devem ser prestados com base em alguns princípios definidos pela Lei nº 11.445/07, como a universalização do acesso; adequação à saúde pública e à proteção do meio ambiente; adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; articulação com políticas públicas; eficiência e sustentabilidade econômica; controle social; segurança, qualidade e regularidade; integração de infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos; entre outros (BRASIL, 2007). A Lei nº 14.026/20, em seu artigo 4, parágrafo 2, determina que caberá à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA instituir estes princípios de maneira progressiva (BRASIL, 2020).

Os serviços de saneamento são extremamente importantes para proteger a saúde da população, proteger o meio ambiente e minimizar os impactos da pobreza (TEIXEIRA; GUILHERMINO, 2006), sendo que envolve a atuação de múltiplos agentes institucionais, já que está relacionado à qualidade de vida, saúde, educação, trabalho e ambiente (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

O planejamento dos serviços públicos de saneamento é essencial para sua gestão e ocorre em dois níveis: o primeiro, por meio do Plano de Saneamento Básico, o qual fornece diagnóstico e propõe objetivos, metas, programas, projetos e ações para alcançá-los; o segundo, por meio do planejamento da gestão dos serviços, que executa as ações estratégicas

administrativas e técnicas, para a prestação, regulação, avaliação e fiscalização dos serviços (PEIXOTO, 2013). Portanto, estas políticas e instrumentos associados contribuem para melhorar a resiliência da empresa, por meio dos Planos de Segurança da Água (PSA), Planos de Saneamento Básico, entre outros.

A Lei nº 11.445/07, em seu artigo 52, estabelece que a união deverá elaborar o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, o qual deverá conter: a) objetivos e metas para universalização dos serviços de saneamento básico; b) programas, projetos e ações para alcançar os objetivos e as metas da Política Nacional de Saneamento Básico; c) incluir as populações de baixa renda, áreas indígenas, reservas extrativistas e comunidades quilombolas; entre outros (BRASIL, 2007).

O plano de saneamento básico é um instrumento indispensável, que deve ser elaborado pelos municípios e revisado periodicamente, em prazo não superior a 10 anos (BRASIL, 2020). Deve apresentar objetivos, metas e ações nacionais e regionais, partindo da análise da realidade local, com o objetivo de melhorá-la (ITB, 2012).

A responsabilidade em relação ao saneamento é compartilhada entre: a) Governo Federal, responsável por instituir a política nacional e garantir grande parte dos investimentos em saneamento básico, sendo que existe uma divisão de responsabilidade entre diversos ministérios; b) Governos Estaduais, que atuam na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e; c) Governos Municipais, responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento e pelo envolvimento da sociedade (INSTITUTO TRATA BRASIL - ITB, 2012).

Outro instrumento é o Plano de Segurança da Água, que tem caráter preventivo para garantir a segurança da água para consumo humano e tem por objetivos: prevenir ou reduzir a contaminação dos mananciais de capacitação; eliminar a contaminação de água; e identificar e priorizar os perigos e riscos nos sistemas de abastecimento e propor soluções alternativas, desde o manancial até o consumidor (MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS, 2012), se caracterizando em um importante instrumento frente às incertezas que o setor pode enfrentar.

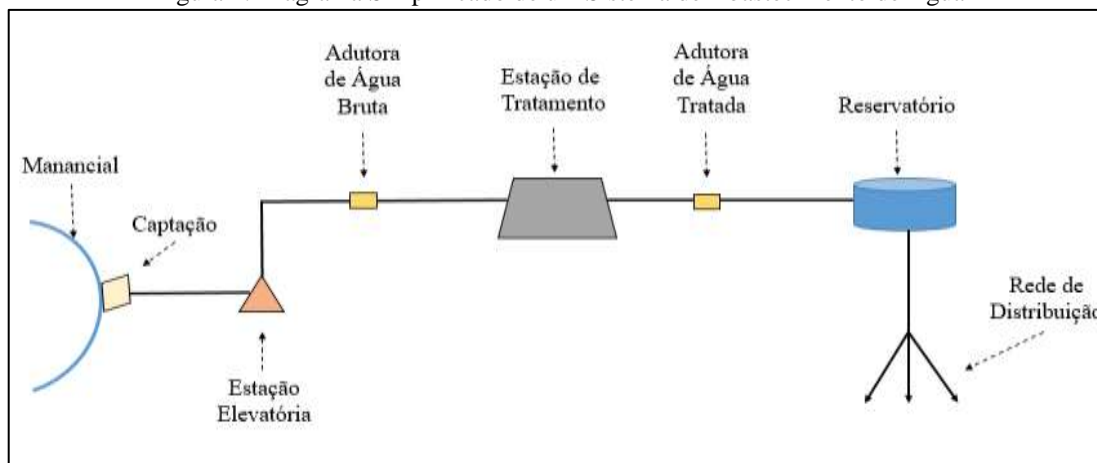
2.2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O Artigo 5º da Portaria nº 888/21 define o sistema de abastecimento de água para consumo humano como uma “instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição” (BRASIL, 2021).

A Figura 2 mostra um diagrama simplificado de um sistema de abastecimento de água, representando as seguintes etapas (BRASIL, 2011; ARENALES, 2019):

- a) Manancial: fornece a água que será processada, podendo ser superficial ou subterrâneo;
- b) Captação: ocorre a retirada da quantidade de água necessária para o abastecimento;
- c) Adução: transporte de água bruta ou tratada entre o manancial, estação e tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição por meio de linhas adutoras, podendo ocorrer por gravidade ou por meio de estações elevatórias.
- d) Tratamento: procedimento em que a água bruta é tratada por processos físicos, químicos ou uma combinação destes, visando atender o padrão de potabilidade e a qualidade necessária para o consumo humano;
- e) Reservatório: local onde a água tratada é armazenada para o abastecimento, mantendo determinada pressão nas redes de distribuição;
- f) Rede de Distribuição: formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir a água tratada até as ligações prediais;
- g) Ligações Prediais: conjunto de tubulações situado entre a rede de distribuição de água e o consumidor final.

Figura 2. Diagrama Simplificado de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Adaptado de Arenales, 2019.

Os sistemas de abastecimento de água enfrentam diversos desafios diariamente, como desastres naturais, problemas com a qualidade da água, infraestruturas antigas, vazamentos, entre outros. Além disso, as prestadoras de serviço precisam lidar com as incertezas no suprimento e na demanda de água frente às mudanças climáticas e o crescimento populacional (AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS - EPA, 2015).

No caso dos serviços de abastecimento de água, as mudanças climáticas poderão causar impactos negativos no setor, visto que, segundo Marengo (2009), mudanças na variabilidade climática aumentam as incertezas no processo de gestão das águas, já que aumentam a vulnerabilidade do sistema.

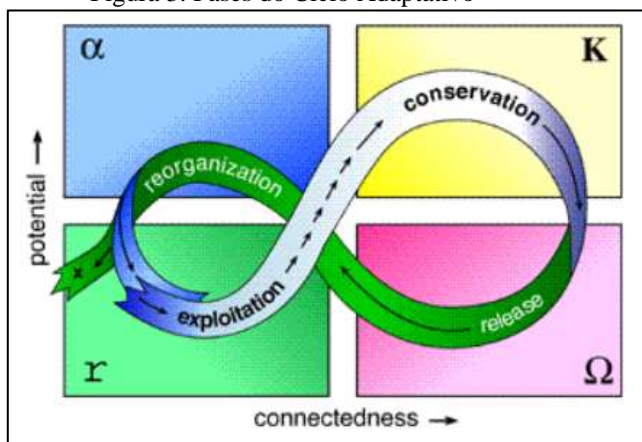
2.3 RESILIÊNCIA

O conceito de resiliência é bastante amplo e varia conforme o contexto, o autor e a área que se pretende estudar. Segundo Folke (2006), o conceito surgiu da ecologia entre as décadas de 1960 e 1970 em estudos de populações em relação à teoria da estabilidade ecológica.

Em 1973, o ecólogo Holling definiu o conceito de resiliência como a maneira que um sistema mantém suas características essenciais de estrutura e função após sofrer perturbações (ERAYDIN; TASAN-KOK, 2013). Segundo Buschbacher (2014), a ideia de equilíbrio em sistemas ecológicos é válida apenas em escalas limitadas de tempo e espaço, sendo que mudanças não lineares também ocorrem nestes sistemas.

Segundo Holling e Gunderson (2002), o ciclo adaptativo é utilizado para exemplificar a dinâmica de sistemas que podem ter um equilíbrio por algum tempo e depois sofrer uma mudança (Figura 3). O ciclo tem quatro fases, sendo a primeira (fase r) a colonização ou o estabelecimento de um sistema. Este sistema pode chegar a uma condição estável (fase k), porém, este equilíbrio não é permanente, enquanto o sistema permanece estável (fase k), ele acumula vulnerabilidades e fragilidades, sendo que em algum momento sofre uma perturbação que o leva ao colapso (fase Ω). Após o colapso (fase Ω), o sistema passa pela reorganização (fase α), e inicia um novo ciclo de colonização (fase r).

Figura 3. Fases do Ciclo Adaptativo



Fonte: HOLLING; GUNDERSON, 2002.

Sendo assim, para os sistemas humanos, a resiliência frente a desastres e outros perigos, consiste em um ciclo contínuo de atividades de planejamento e preparação; resposta e

recuperação após um evento adverso; e adaptação e mudança, para se preparar para eventos futuros, com base nos aprendizados adquiridos (EPA, 2015).

Um sistema resiliente possui várias características importantes que o torna preparado para enfrentar os impactos das mudanças climáticas, como a recuperação rápida e ações de preparação e mitigação, visando reduzir as vulnerabilidades do sistema e aprendendo com eventos. Tierney e Bruneau (2007) identificaram quatro atributos principais da resiliência: 1) Robustez: capacidade de resistir a desastres sem significativa degradação ou perda de funções; 2) Redundância: capacidade de substituir componentes do sistema, caso ocorra significativa degradação ou perda de funções; 3) Recursos: capacidade de identificar e priorizar problemas, e solucioná-los por meio da mobilização de recursos; e 4) Recuperação rápida: capacidade de recuperar a funcionalidade em tempo hábil, evitando perdas e interrupções anteriores, gerenciando riscos, se preparando e se adaptando para eventos futuros. Porém, um grande desafio para definir a resiliência é como medi-la e quantificá-la, pois, ainda não existem métodos estabelecidos para isso (EPA, 2015).

O IPCC define resiliência como a capacidade de um sistema de lidar com um evento ou perturbação, se reorganizando de forma que mantenha suas funções essenciais, sua capacidade de adaptação, de aprendizado e de transformação. Considerando as mudanças climáticas como um evento ou uma perturbação, para enfrentar os problemas advindos de seus impactos, deve-se tomar medidas sustentáveis que conciliem ações de adaptação e mitigação (IPCC, 2014).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos apresentou em uma de suas pesquisas uma representação gráfica do estado funcional de um sistema antes, durante e depois de um evento perturbador (Figura 4), onde a função $F(t)$ representa qualquer medida de desempenho do sistema. No tempo “ t_e ” ocorre um evento perturbador o que acarreta na diminuição do desempenho do sistema, até ele atingir um estado mínimo, sendo este interrompido no tempo “ t_d ”. No tempo “ t_a ” são implementadas ações de resposta e recuperação, o que permite que o sistema comece a se recuperar até atingir um novo estado estável no tempo “ t_r ” (EPA,2015).

Figura 4. Representação gráfica do estado funcional de um sistema antes, durante e depois de um evento perturbador



Fonte: Adaptado de EPA, 2015.

Considerando o conceito de resiliência discutido, a Figura 4 mostra que o objetivo de um sistema resiliente é minimizar o tempo em que o sistema demora para se recuperar e atingir um novo estado estável após um evento perturbador ($t_r - t_e$) e maximizar o desempenho do sistema após sua recuperação ($F(t_r)$) (EPA, 2015).

Sendo assim, quando se considera os impactos das mudanças climáticas sobre as operadoras de abastecimento de água, aquelas que incorporassem mais atributos de resiliência em suas estratégias para enfrentar tal problema –como, por exemplo, um modelo de avaliação de resiliência–, conseqüentemente seriam mais resilientes, minimizando o tempo de recuperação e adaptação após o evento perturbador.

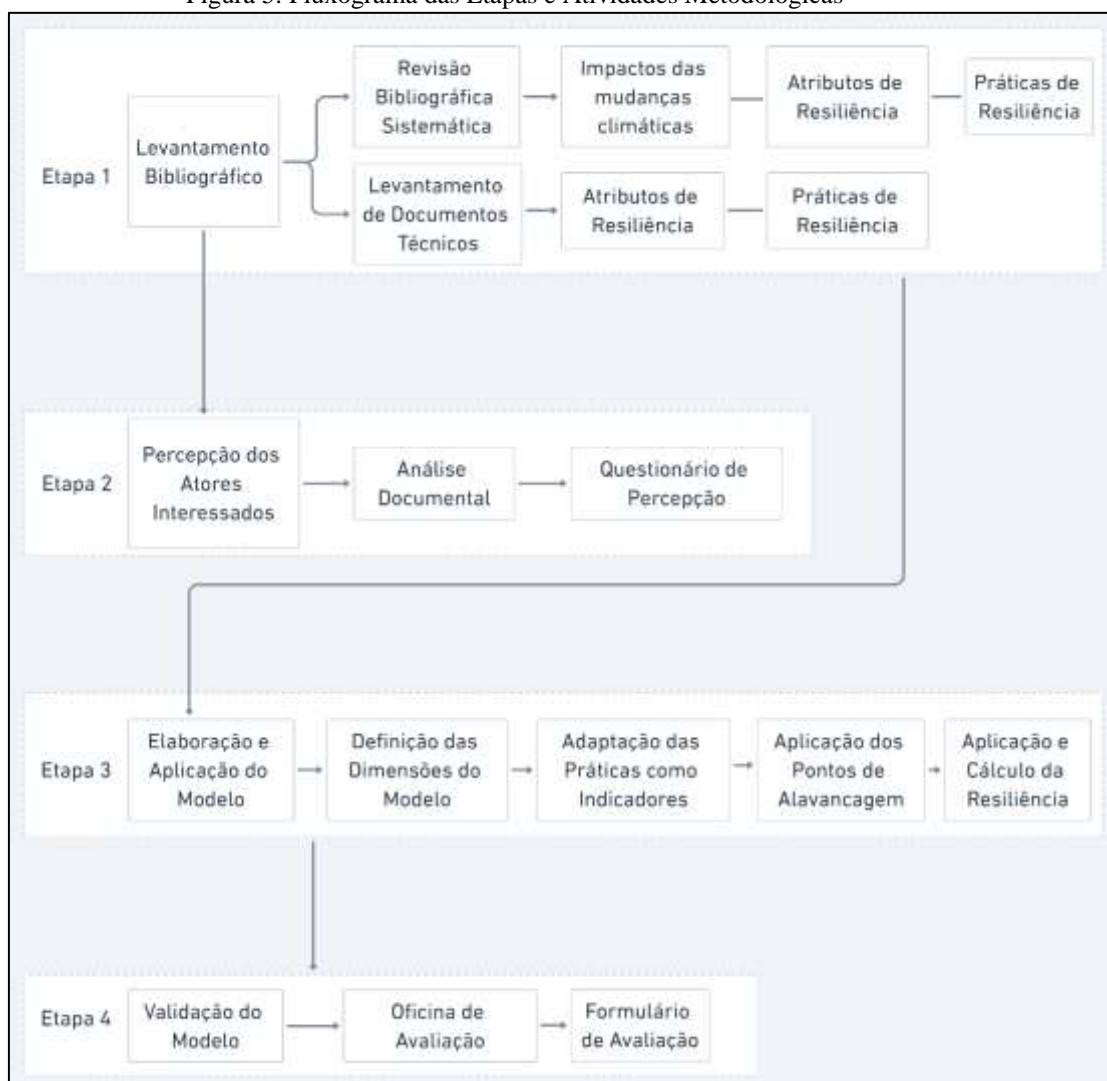
3 METODOLOGIA

A presente pesquisa apresenta caráter exploratório, que tem como objetivo principal proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito. Esta categoria de pesquisa requer um planejamento bem flexível que possibilite a consideração dos mais diversos aspectos de um problema ou situação (CERVO et al., 1996; GIL, 2002).

Além disso, esta pesquisa também se caracteriza como aplicada, pois apresenta estudo de caso, o qual é caracterizado pela análise profunda de um ou mais objetos de estudo, permitindo seu conhecimento detalhado (GIL, 2002).

Para responder às perguntas de pesquisa, foi utilizado um estudo de caso no município de Jundiaí (Capítulo 4), a partir da aplicação de um conjunto de indicadores e práticas associadas, que permitiram uma análise e compreensão mais aprofundada da incorporação do conceito de resiliência na operadora de abastecimento de água. Sendo assim, foram realizadas as seguintes etapas metodológicas, como mostra a Figura 5.

Figura 5. Fluxograma das Etapas e Atividades Metodológicas



Fonte: Autora, 2022.

3.1 REVISÃO DA LITERATURA

Primeiramente foi realizada a revisão da literatura para entender os tipos de impactos das mudanças climáticas sobre os serviços de abastecimento de água e a partir disso definir as dimensões e indicadores que o modelo de análise de resiliência iria incorporar. Além disso, esta etapa identificou a existência de modelos e indicadores de avaliação sendo aplicadas para medir a resiliência e quais poderiam ser utilizadas no contexto brasileiro. Também foram levantadas as práticas para diminuir tais impactos e aumentar a resiliência do setor.

Além disso, os Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2020); o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (COMITÊS DAS BACIAS PCJ, 2019); e o Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí (JUNDIAÍ, 2017) foram analisados a fim de entender se estes documentos trazem o conceito de resiliência e se as bacias PCJ estão se preparando para adaptação em relação aos efeitos das mudanças climáticas, eventos extremos, secas, etc.

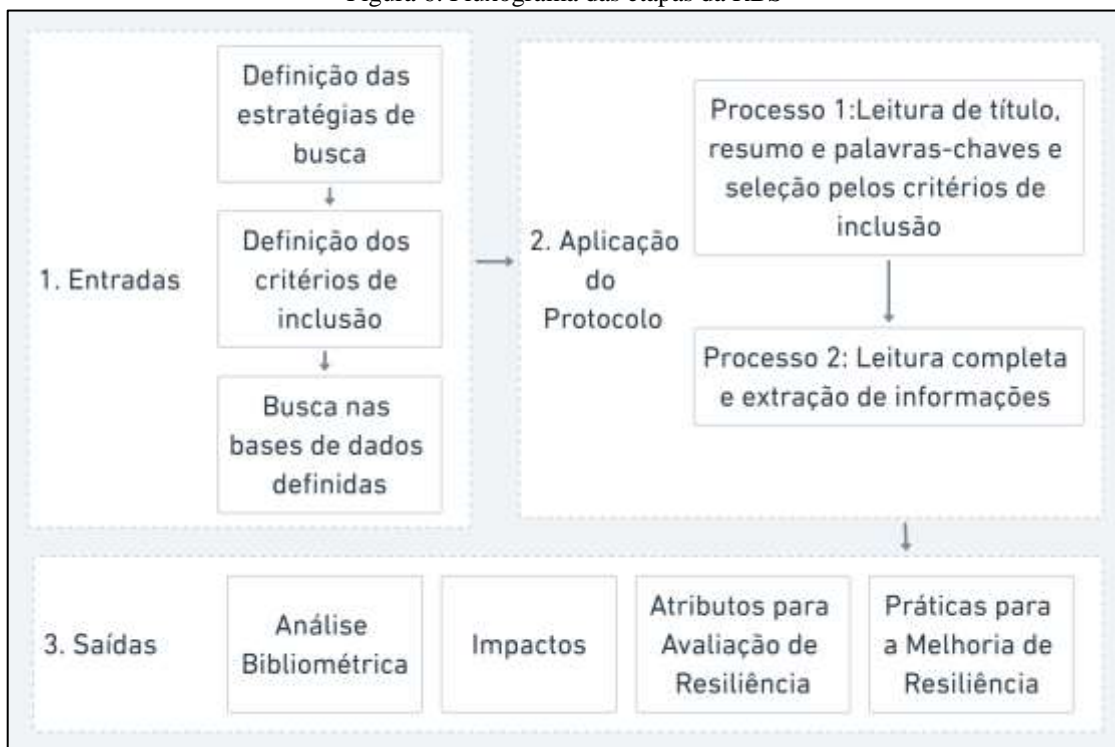
3.1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS

Esta etapa ocorreu por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, que, de acordo com Petrosino et al (2014), refere-se à busca de referências bibliográficas sobre o tema abordado, por meio de estratégias de busca com palavras-chave relevantes.

Este processo de sistematização do levantamento de informações a partir da disponibilidade dos estudos científicos gera maior confiabilidade devido ao seu amplo alcance de coleta e pela maior facilidade na análise das informações levantadas (OSPINA, 2018).

Sendo assim, foi elaborado um protocolo para realização da RBS (apêndice C), com base no trabalho de Ospina (2018), que estabeleceu um procedimento de busca baseado em outros autores como Biolchini et al (2005); Levy; Ellis (2006); Kitchenham; Charters (2007); e Conforto; Amaral; Silva (2011). O protocolo define as bases de dados e as palavras-chave de busca, a partir de um processo de definição, teste e adaptação de termos e operadores lógicos (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011), realizado por meio de três fases principais: entradas, aplicação do protocolo e saídas. Estas fases serão detalhadas nos próximos itens, com base no trabalho de Ospina (2018). A Figura 6 representa o fluxograma das etapas realizadas na Revisão Bibliográfica Sistemática.

Figura 6. Fluxograma das etapas da RBS



Fonte: Autora, 2022.

3.1.1.1 ENTRADAS

Esta etapa está relacionada ao planejamento geral da RBS, sendo necessária a definição das estratégias de busca. Para isso, foi realizada uma busca pelas bases de dados: *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*, utilizando palavras-chave de busca definidas (Quadro 1) para os últimos 10 anos.

Quadro 1. Palavras-chave de busca definidos para RBS

Tema	Scopus	Web of Science	Scielo
Abastecimento de água/Resiliência/Mudanças Climáticas	{Water Supply} or {drinking water} AND Resilien* AND (Extrem* weather or climate chang*)	“Water Supply” or “drinking water” AND Resilien* AND (Extrem* weather or climate chang*)	“Water Supply” or “drinking water” AND Resilien* AND (Extrem* weather or climate chang*)
Indicadores/Resiliência/Mudanças Climáticas	(Extrem* weather or climate chang*) AND Resilien* AND Indicator* AND ({Water supply} or {drinking water})	(Extrem* weather or climate chang*) AND Resilien* AND Indicator* AND (“Water supply” or “drinking water”)	(Extrem* weather or climate chang*) AND Resilien* AND Indicator* AND (“Water supply” or “drinking water”)

Fonte: Autora, 2022.

Foram estabelecidos critérios de inclusão (Quadro 2), os quais foram fundamentais para a seleção dos documentos da revisão, com base no objetivo de sua execução, ou seja, levantar os tipos de impactos das mudanças climáticas sobre os serviços de abastecimento de água; identificar se existem modelos e indicadores de avaliação sendo aplicadas para medir a resiliência; e levantar as práticas para diminuir tais impactos e aumentar a resiliência destes serviços.

Quadro 2. Critérios de inclusão definidos para a RBS

Critérios de Inclusão
a) O foco da pesquisa são os impactos das mudanças climáticas ou de eventos extremos sobre os recursos hídricos ou sobre o abastecimento de água
b) O foco da pesquisa é a aplicação de um modelo de avaliação de resiliência para os recursos hídricos ou para os serviços de abastecimento de água
c) O foco da pesquisa são as práticas que tornam o sistema de abastecimento de água mais resiliente

Fonte: Autora, 2022.

3.1.1.2 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO

Esta etapa está relacionada à execução da revisão, sendo realizados os passos a seguir:

- a) Processo 1: Consistiu na leitura do resumo, título e palavras-chave dos documentos encontrados e, a partir disso, aqueles que aplicaram pelo menos um dos critérios de inclusão (Quadro 2), foram selecionados e armazenados no programa de gestão de referências *Mendeley* e os que não aplicaram nenhum dos critérios estabelecidos foram descartados, permitindo, portanto, a leitura completa (processo 2) apenas das publicações consideradas relevantes para o tema;
- b) Processo 2: Todos os documentos armazenados no *Mendeley* foram lidos de forma completa, a fim de extrair informações específicas para análise das referências selecionadas (Apêndice C). As informações extraídas de cada documento foram: i) tipo (periódicos, livros, etc.), ano e local da publicação; ii) impactos das mudanças climáticas sobre os serviços de abastecimento de água; iii) atributos utilizados para avaliação de resiliência; iv) práticas para a melhoria de resiliência dos serviços de abastecimento de água; e v) modelos que já estão sendo utilizadas ou documentos técnicos relacionados à resiliência destes serviços.

Com isso, obteve-se um panorama do que está sendo estudado e produzido sobre a temática das mudanças climáticas, eventos extremos e seus impactos nos serviços de abastecimento de água, bem como estudos sobre a resiliência destes serviços e suas práticas. Além disso, identificou-se quais atributos e dimensões estão sendo utilizadas para medir a

resiliência, o que foi de extrema importância para elaboração, fortalecimento e validação do modelo aplicado nesta pesquisa.

3.1.1.3 SAÍDAS

A partir da aplicação do protocolo (Apêndice C), foi construído um banco de dados com informações encontradas na literatura no processo 2. Além disso, foi realizada uma análise bibliométrica (item 5.1.1) sobre os documentos levantados, observando algumas características como quantidade de artigos publicados em cada ano; local da publicação; entre outros.

3.1.2 LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nesta etapa, foi realizada uma pesquisa na *internet* para levantar modelos técnicos (os quais não foram captadas pela RBS) que foram utilizadas para avaliação de resiliência.

Para isto, fez-se uma busca pelo Google, com a temática “avaliação de resiliência dos sistemas de abastecimento de água frente a eventos climáticos extremos”, e a partir da navegação pelos resultados, foram selecionados alguns documentos para análise e comparação do que foi encontrado com a RBS, como mostra o Quadro 10, para assim, elaborar o modelo aplicado nesta pesquisa (Item 5.3).

3.2 PERCEPÇÃO DOS ATORES INTERESSADOS

Este item visa mostrar como foi realizada a metodologia para analisar a percepção da operadora de abastecimento de água do município de Jundiaí (Departamento de Água e Esgoto – DAE Jundiaí) e das Bacias PCJ em relação à crise hídrica de 2013-2015 e às mudanças climáticas.

3.2.1 ANÁLISE DOCUMENTAL

A análise foi realizada por meio da busca de palavras-chave no Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035; no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2019; e no Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí. Para isso, foram utilizadas as seguintes palavras-chave de busca: “Resiliência”; “Mudança(s) Climática(s)”; “Evento(s) Extremo(s)” ou “Evento(s) Climático(s) Extremo(s)”; “Crise Hídrica”; “Seca(s)”; “Escassez(es)”; “Inundação(ões)”; “Enchente(s)”; “Cenário(s) Futuro(s)”; e “Adaptação”.

3.2.2 QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO

Foi aplicado um questionário (Apêndice B) com o diretor de mananciais do DAE Jundiaí, com o objetivo de analisar a percepção da operadora em relação à crise hídrica de 2013-2015 e as mudanças climáticas. O questionário foi dividido em dois blocos, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Justificativa para aplicação do questionário de percepção

Bloco	Justificativa
Bloco I - Crise Hídrica (2013-2015)	Levantar quais foram os impactos da crise hídrica de 2013-2015 na operadora; quais medidas foram utilizadas para amenizar os impactos sofridos; e se ocorreu o processo de aprendizagem.
Bloco II - Mudanças climáticas e Resiliência	Entender a visão da operadora em relação às mudanças climáticas e resiliência; saber se a operadora incorpora o conceito de resiliência no seu cotidiano e planejamento; se a operadora se espelha em boas práticas; e conhecer como é realizado o seu planejamento/operação/gestão em relação às mudanças climáticas e eventos climáticos extremos.

Fonte: Autora, 2022.

O questionário também foi aplicado em outros municípios das bacias PCJ, juntamente com o Núcleo de Pesquisa e Extensão em Sustentabilidade – NUPS, a fim de conhecer os sistemas de saneamento destes municípios e entender qual a percepção sobre a crise hídrica e as mudanças climáticas nas bacias PCJ. Além disso, observou-se como os municípios das bacias passaram pela crise hídrica de 2013-2015 e se existem práticas sendo aplicadas para melhorar a resiliência de seus sistemas de abastecimento.

3.3 ELABORAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRENTE A CENÁRIOS DE SECA

O modelo de avaliação da resiliência foi construído a partir dos dados encontrados na literatura e nos documentos técnicos e foi aplicado no município de Jundiaí, pertencente à bacia PCJ, cuja operadora de abastecimento de água, DAE S.A. – Água e Esgoto é uma empresa de economia mista.

3.3.1 DIMENSÕES E PRÁTICAS DO MODELO

Por meio da etapa de revisão da literatura (item 3.1) foram levantados os atributos para avaliação de resiliência dos sistemas de abastecimento de água e as práticas associadas, resultantes da RBS (item 5.1.3 e item 5.1.4) e de documentos técnicos (item 5.2.1 e item 5.2.2).

Em seguida, estes atributos foram analisados e comparados (Quadro 10) e assim utilizados para compor as dimensões do modelo de avaliação elaborado nesta pesquisa. Já as práticas para melhoria de resiliência foram transformadas em perguntas e posteriormente nos indicadores que compõem o modelo (Quadro 11).

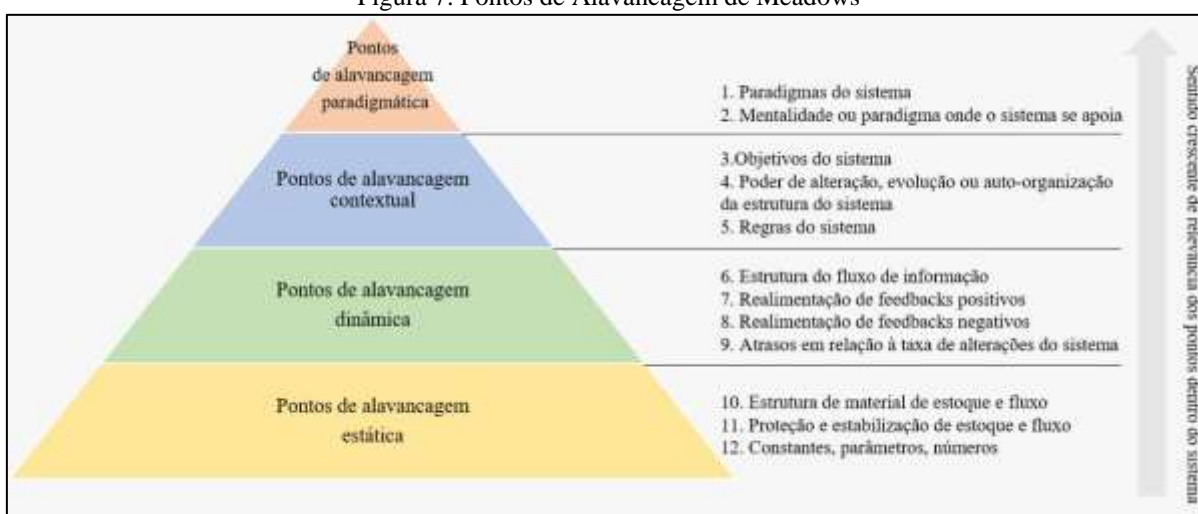
3.3.2 INDICADORES DO MODELO

Como explicado no item anterior (item 3.3.1), as práticas para melhoria da resiliência dos sistemas de abastecimento de água foram adaptadas para compor os indicadores do modelo elaborado.

Em seguida, essas práticas foram analisadas em relação às dimensões e etapas onde se encaixavam no sistema (item 5.1.4 e 5.2.2), adaptadas para perguntas que relacionavam a operadora com cada prática e transformadas nos indicadores do modelo de avaliação (Quadro 11).

A partir disso, esses indicadores passaram por um processo de avaliação de sustentabilidade com base no modelo de Pontos de Alavancagem (Figura 7) proposto por Donella Meadows (MEADOWS, 1999). O modelo é sistêmico, dinâmico e hierárquico, sendo que as prioridades podem ser direcionadas estrategicamente conforme com o que se quer alcançar, e visa identificar os “pontos de apoio” dentro de um sistema, que a partir de esforços mínimos possam gerar grandes mudanças e resultados satisfatórios (MEADOWS, 1999; COÊLHO; JORGE; MALHEIROS, 2020).

Figura 7. Pontos de Alavancagem de Meadows



Fonte: Coêlho; Jorge; Malheiros, 2020. Elaborado a partir de Meadows (1999).

Foram definidos pesos para cada ponto de alavancagem, conforme classificação estática, dinâmica, contextual ou paradigmática, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4. Pesos estabelecidos para as categorias dos Pontos de Alavancagem

Categoria	Peso
Pontos de Alavancagem Estática	1
Pontos de Alavancagem Dinâmica	2
Pontos de Alavancagem Contextual	3
Pontos de Alavancagem Paradigmática	4

Fonte: Autora, 2022.

Assim, cada indicador recebeu seu valor conforme a categoria que se encaixava (5.3.1), sendo utilizado para calcular o índice de resiliência, como apresentado no item a seguir (item 3.3.3).

3.3.3 CÁLCULO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA

Para o cálculo do índice de resiliência, foram primeiramente estabelecidos os pesos de cada indicador, com base na metodologia dos Pontos de Alavancagem (MEADOWS, 1999), como explicado no item 3.3.2. Esta variável foi definida como P_i (*Peso do indicador*) e consiste no peso atribuído para cada indicador dentro da dimensão, podendo variar entre 1 e 4 (Quadro 4).

Em seguida, foi calculada a soma de todos os pesos de uma dimensão, definida como P_d (*Peso total da dimensão*) (1) e consiste, portanto, na somatória de P_i .

$$P_d = \sum P_i \quad (1)$$

Onde:

- P_d = Peso total da dimensão;
- P_i = Peso do indicador.

Para definir o peso máximo que cada dimensão pode representar dentro do modelo foi estabelecido o P_{md} (*Peso máximo da dimensão*), sendo a sua somatória fixa em 100. Para esta pesquisa, entendeu-se que cada uma das quatro dimensões estabelecidas corresponderia a $\frac{1}{4}$ do modelo, visto que todas representam igual importância, ou seja, neste caso, cada dimensão pode atingir um peso máximo no valor de 25. Ressalta-se que estes pesos podem variar conforme a necessidade da operadora e o contexto em que ela está inserida, podendo, portanto, serem definidos conforme o entendimento da importância de cada dimensão pela operadora em questão.

Portanto, para que o indicador tivesse seu peso ajustado conforme o peso máximo que a dimensão poderia atingir, foi estabelecido o P_{fi} (*Peso final do indicador relativo ao total da dimensão*) (2), que consiste na seguinte equação:

$$P_{fi} = \frac{(P_i \cdot P_{md})}{P_d} \quad (2)$$

Onde:

- P_{fi} = Peso final do indicador relativo ao total da dimensão;

- P_i = Peso do indicador;
- P_{md} = Peso máximo da dimensão;
- P_d = Peso total da dimensão (1).

A partir disso, uma lista com os indicadores do modelo, sua descrição e forma de resposta, foi enviada por meio de uma planilha Excel para que uma equipe de 10 pessoas composta por membros do DAE S.A. – Água e Esgoto, pudessem responder cada um dos indicadores, sendo que a resposta deveria ser uma nota de 0; 0,5; ou 1.

Para compor a nota final do indicador para o cálculo da resiliência, foi feita uma análise das respostas enviadas por cada membro da equipe para cada indicador, sendo, portanto, a nota do indicador estabelecida pela nota que mais apareceu nas respostas daquele mesmo indicador (item 5.4.1), estabelecendo assim, a variável N_i (*Nota do indicador*).

Considerando então o peso final do indicador relativo ao total da dimensão (P_{fi}) calculado para cada indicador, a Nota final do indicador (N_{fi}) foi calculada por meio da Equação 3:

$$N_{fi} = N_i \cdot P_{fi} \quad (3)$$

Onde:

- N_{fi} = Nota final do indicador;
- N_i = Nota do indicador;
- P_{fi} = Peso final do indicador relativo ao total da dimensão (2).

Portanto, para o cálculo do Índice de Resiliência, foi realizada a somatória de N_{fi} , como mostra a Equação 4:

$$\text{Índice de Resiliência} = \sum N_{fi} \quad (4)$$

Onde:

- N_{fi} = Nota final do indicador (3).

3.4 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO MODELO

Após aplicação do modelo na operadora DAE S.A. – Água e Esgoto, foi realizada sua análise crítica, por meio de uma oficina realizada juntamente com a operadora em estudo (item 5.5.1).

A oficina foi realizada no GoogleMeet, no dia 10 de junho de 2021 com duração de 1 hora e 30 minutos (Quadro 5). Nela, apresentou-se a pesquisa, com foco na metodologia para cálculo do índice de resiliência; os resultados da aplicação do modelo; e uma discussão com a

operadora a fim de analisar a efetividade em representar a realidade dos dados para o contexto estudado, verificando aspectos como compreensão, relevância, adaptabilidade e representatividade do modelo e dos indicadores que o compõe, visando a sua melhoria e validação.

Quadro 5. Programação da oficina com a operadora DAE S.A - Água e Esgoto

Horário	Atividade
14h – 14h15	Apresentação da pesquisa
14h15 – 14h30	Resultados da aplicação do modelo
14h30 – 15h20	Discussão
15h20 – 15h30	Apresentação do formulário

Fonte: Autora, 2022.

Além disso, foi apresentado um formulário com questões para avaliação do modelo e indicadores (APÊNDICE D), o qual posteriormente foi enviado e respondido pelos membros da equipe participante (item 5.5.2).

O formulário tem sua estrutura dividida em duas partes de avaliação e para cada questão, foi necessário atribuir uma nota de 1 a 5, sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota.

A primeira parte é relacionada ao modelo, trazendo questões referentes às seguintes características: a) relevância: refere-se à relevância que o modelo apresenta para a operadora de abastecimento de água no seu dia a dia, em relação ao contexto das mudanças climáticas; b) compreensão: refere-se à facilidade de compreensão e entendimento do modelo; c) adaptabilidade: refere-se à possibilidade do modelo ser aplicado em outras operadoras de diferentes contextos; e d) representatividade: refere-se à representatividade do modelo para a operadora, ou seja, se o modelo captou ou não a realidade da operadora.

A segunda parte é relacionada aos indicadores, trazendo questões para avaliar cada indicador, referente à sua relevância dentro do modelo e a sua facilidade de compreensão. Além disso, o indicador também foi avaliado em relação ao resultado da sua aplicação, sendo necessário responder se concordou ou não com o resultado obtido.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na Bacia PCJ, devido ao fato da parceria existente com a Universidade de São Paulo - USP e especificamente com o Núcleo de Pesquisa e Extensão em Sustentabilidade e Saneamento - NUPS, âmbito no qual este trabalho foi realizado. Além disso, a bacia apresenta um histórico em relação a eventos de seca, objeto de avaliação do modelo elaborado nesta pesquisa.

Neste sentido, a escolha do município de Jundiaí/SP como estudo de caso para aplicação do modelo de avaliação de resiliência se deu pelo fato de que o município se caracteriza como um dos mais populosos das bacias PCJ. Além disso, em termos de resiliência do abastecimento de água, o rio Jundiaí Mirim, que deságua na Represa de Captação, é responsável por cerca de 95% do abastecimento público gerenciado pelo Departamento de Água e Esgoto – DAE S.A., sendo que em períodos de estiagem, a captação de água é realizada do rio Atibaia, o qual segue o curso do rio Jundiaí Mirim e deságua na represa de Captação (JUNDIAÍ, 2017).

Portanto, no geral, o sistema pode ser considerado frágil, visto que é dependente da represa de captação, que por ser um corpo hídrico superficial, está vulnerável aos impactos das mudanças climáticas.

Primeiramente, foi realizada a aplicação do questionário de percepção em relação à crise hídrica de 2013-2015 e às mudanças climáticas, como detalhado na metodologia (item 3.2).

As visitas aos municípios das bacias PCJ foram realizadas durante os meses de agosto e setembro de 2019, conforme apresentado abaixo (Quadro 6).

Quadro 6. Municípios das bacias PCJ que participaram da aplicação do questionário de percepção

Cidade	Data	Operadora	Tipo
Cordeirópolis	26/08/2019	SAAE	Autarquia/Pública
São Pedro	28/08/2019	SAAESP	Autarquia/Pública
Nova Odessa	02/09/2019	CODEN	Autarquia/Pública
Saltinho	04/09/2019	SABESP	Mista
Jundiaí	09/09/2019	DAE	Mista
Piracicaba	16/09/2019	Águas do Mirante/SEMAE	Privada/Autarquia/Pública

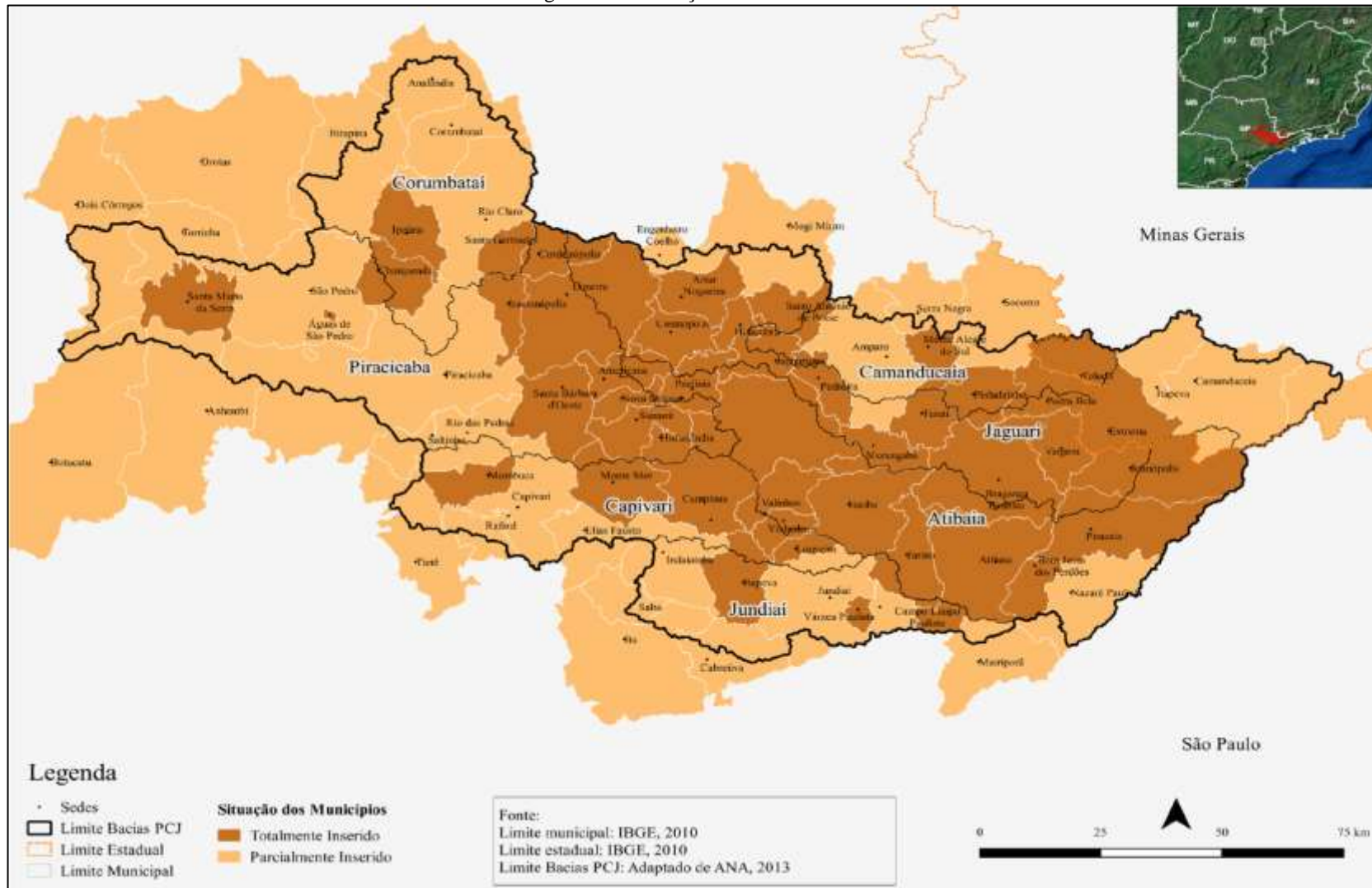
Fonte: Autora, 2022.

4.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ - PCJ

A região das bacias do PCJ (Figura 8) tem uma área de drenagem superficial de cerca de 15.377 km², a qual abrange 76 municípios, sendo que 92,45% estão localizados no Estado de São Paulo, onde estão inseridos 71 destes municípios; e 7,55% no Estado de Minas Gerais, constituídos por 5 municípios (COMITÊS PCJ, 2019). A fração da Bacia do PCJ pertencente

ao Estado de São Paulo corresponde à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 05.

Figura 8. Localização das Bacias PCJ



Fonte: Comitês PCJ, 2019.

Segundo a Agência das Bacias PCJ (2015), existem sete sub-bacias principais, sendo cinco pertencentes ao Piracicaba (Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia), que corresponde a 82,1% da área total da bacia; além do Capivari (10,06%) e Jundiá (7,3%), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Áreas das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Bacias	Área-SP (Km²)	Área-MG (Km²)	Área Total (Km²)	Área Total (%)
Piracicaba	11.402,84	1.165,88	12.568,72	82,1
Capivari	1.620,92	-	1.620,92	10,6
Jundiá	1.114,03	-	1.114,03	7,3
Total	14.137,79	1.165,88	15.303,67	100,0

Fonte: Agência das Bacias, 2015, p.60

Referente ao uso e ocupação do solo nas bacias PCJ, predomina-se a pastagem (39,06%) seguido pela cana-de-açúcar (33,61%), vegetação nativa (7,93%) e área urbana (6%), como apresentado na Tabela 2 (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Tabela 2. Distribuição das classes de uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	%
Água	22.098,90	1,47
Área urbana	90.378,46	6,00
Cana-de-açúcar	506.488,21	33,61
Cultura anual	88.962,77	5,90
Cultura perene	14.313,07	0,95
Outros	4.747,10	0,31
Campos antropizados (pastagem)	588.625,73	39,06
Reflorestamento	60.397,68	4,01
Solo exposto	11.538,98	0,77
Vegetação nativa	119.528,67	7,93
TOTAL	1.507.079,55	100

Fonte: Agência das Bacias PCJ, 2018, p.96

Em relação à oferta de água nas Bacias, a participação das águas superficiais corresponde a 93% do total, já a contribuição das águas subterrâneas é de apenas 7%. A demanda está fortemente relacionada ao abastecimento público devido à alta urbanização e ao tamanho populacional, que apresenta números em torno de 5,6 milhões de habitantes, além de uso agrícola e industrial (Tabela 3) (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2016).

Tabela 3. Demanda de água por setor em % do total

Sector	2010 (%)	2014(%)
Abastecimento Público	52	54
Usos Industriais	26	25
Usos Rurais	19	19
Outros usos	3	3

Fonte: Agência das Bacias PCJ, 2016, p. 37

O Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, apresenta projeções populacionais das bacias do PCJ, estimando que em 2025 a população seja de 5.984.388 habitantes e em 2035, a população chegue a 6.217.851 habitantes (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE, 2013).

Sendo assim, considerando as projeções de crescimento populacional, a oferta de água existente nos níveis atuais não acompanhará a demanda futura (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2016). Além disso, os impactos das mudanças climáticas poderão agravar este problema, sendo necessário, portanto, um planejamento que incorpore o conceito de resiliência.

A aplicação do questionário de percepção mostrou que a maioria dos municípios participantes tiveram impactos negativos relacionados à crise hídrica, sendo preciso tomar algumas medidas para amenizá-los, como, por exemplo, alterar os horários de funcionamento dos sistemas de tratamento e processos de operação; deixar de atender algum parâmetro de qualidade; alterações estruturais nos sistemas de tratamento, entre outros.

No geral, os municípios não incorporam o conceito de resiliência no seu cotidiano e não estão se preparando para eventos climáticos extremos, visto que não existem ações que amenizem os impactos negativos das mudanças climáticas, como, por exemplo o investimento em tecnologias e/ou treinamentos que considere os eventos climáticos extremos, modelos de gestão de risco, entre outros.

4.2 MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ

O município de Jundiaí está localizado no Estado de São Paulo, latitude 23°11'09" sul e longitude 46°53'02" oeste, com uma área de 431,207 km², sendo que sua população no último censo (2010) era de 370.126 habitantes, com uma densidade demográfica de 858,42 e em 2019, a população estimada era de 418.962, habitantes/km². O município apresenta um grau de urbanização de 95,7% e uma taxa geométrica de crescimento anual da população de 1,36% a.a. (PREFEITURA DE JUNDIAÍ, 2019; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2019).

O município está inserido nas bacias PCJ, localizado nas sub-bacias Jundiaí, Capivari e Atibaia, sendo que os principais centros urbanos das bacias são os constituídos por Campinas e Jundiaí. No núcleo urbano de Jundiaí, a partir dos anos 70, a indústria automobilística impulsionou o desenvolvimento e a expansão industrial, ao longo da via Anhanguera e ao longo do rio Jundiaí, constituindo o principal vetor de expansão do município (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018).

Nos limites do município existem sete bacias hidrográficas: Rio Capivari, Rio Jundiaí, Rio Jundiaí Mirim, Ribeirão da Estiva, Ribeirão Caxambu, Rio Guapeva e Rio Jundiuvira. A

bacia do Rio Jundiáí Mirim tem uma área de 118 km², sendo que 55% da sua área está inserida no município de Jundiáí, sendo que tal bacia constitui-se no principal manancial de água para o abastecimento público do município, já que é responsável por 95% da água de abastecimento (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2018; DAE, 2019).

Segundo o Programa Águas de Jundiáí (DAE, 2018), o rio Jundiáí Mirim se enquadra como classe 1 conforme a legislação ambiental vigente. O sistema de abastecimento de água do município é operado pelo DAE Jundiáí – Água e Esgoto, o qual apresenta uma economia mista, sendo seu maior acionista a prefeitura municipal.

O DAE Jundiáí foi criado pela Lei municipal nº 5.307/99 com o objetivo de planejar, executar e operar os serviços de água e esgoto em toda a área urbana e parte da área rural no município (JUNDIAÍ, 1999).

A Represa de Acumulação, com capacidade de armazenamento de 9,3 bilhões de litros de água bruta, foi construída para armazenar a água do rio Jundiáí Mirim para fins de abastecimento público e quando necessário, principalmente na época de estiagem, a água do rio Atibaia. Após o armazenamento na Represa de Acumulação, a água segue para a Represa de Captação, que mantém o volume de água adequado para captação por meio de bombas e transporte até a Estação de Tratamento de Água – ETA (DAE, 2018).

O DAE é responsável pela coleta e afastamento do esgoto gerado no município, sendo que o tratamento é feito na Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiáí (ETEJ), operada pela Companhia Saneamento de Jundiáí (CSJ), por contrato de concessão. Em 2010, o município atingiu 98% de coleta e 100% de tratamento na área urbana, sendo os 2% restantes pertencentes às áreas rurais em que são usadas fossas sépticas. Além da ETEJ, existem outras duas ETEs, construídas na zona rural (DAE, 2018).

Foi realizada uma visita aos sistemas de saneamento do município de Jundiáí, com a supervisão do diretor de mananciais do DAE Jundiáí, no dia 09/09/2019, para conhecer a Estação de Tratamento de Água do Anhangabaú (ETA – A), Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiáí (ETE – J) e Represa de Captação, com o objetivo de conhecer seu funcionamento, processos e operações.

Além disso, o questionário de Percepção (Apêndice B) aplicado mostrou que em relação à crise hídrica de 2013-2015, a operadora precisou captar água do Atibaia para manter a represa de captação cheia e não houve grandes problemas com quantidade e qualidade de água durante este período. Também foi realizado um trabalho de conscientização com os usuários da água, e com isso, não houve racionalização ou rodízios no município.

Com base nas respostas do questionário aplicado, observa-se que não houve um processo de aprendizagem em relação à crise, visto que atualmente, a operadora não incorpora em seu planejamento ações que a preparem para futuras crises e impactos das mudanças climáticas e de eventos climáticos extremos.

4.3 ANÁLISE DOCUMENTAL

A partir da análise documental foi possível levantar como as bacias PCJ entendem e incorporam os conceitos associados à resiliência climática em sua gestão e planejamento. Sendo assim, nos tópicos seguintes serão descritos o que cada um dos documentos analisados traz sobre estes conceitos.

4.3.1 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ 2020-2035

O Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035 (COMITÊS DAS BACIAS PCJ, 2020), traz o conceito de resiliência às mudanças climáticas e a segurança hídrica como diretrizes para a elaboração do zoneamento ecológico-econômico (ZEE) do estado de São Paulo. O ZEE consiste em um instrumento de gerenciamento dos recursos naturais, buscando a sua conciliação com o desenvolvimento econômico e urbano, sendo um mecanismo importante para o desenvolvimento sustentável.

A resiliência também está presente no Plano ABC – Agricultura de baixo carbono, o qual se caracteriza como um componente da Política Nacional sobre Mudança Climática (Lei Federal 12.187/2009). O Plano ABC tem como objetivo promover a mitigação da emissão de gases do efeito estufa na agricultura, possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas, por meio da melhoria da eficiência no uso dos recursos naturais e o aumento da resiliência de sistemas produtivos e comunidades rurais.

O plano também cita a Resolução CNRH nº 156, de 09 de junho de 2014 (BRASIL, 2014) que estabelece diretrizes para aumentar a resiliência frente a desastres inerentes às questões hídricas.

Além disso, a Agência das Bacias PCJ é signatária do Pacto Global da ONU, sendo a primeira agência de bacias hidrográficas do mundo a aderir à iniciativa. Portanto, o plano de ações das bacias PCJ foi relacionado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, principalmente às metas do ODS 6, incorporando os conceitos de resiliência e capacidade de adaptação.

Foi realizado um levantamento da ocorrência de eventos extremos ocorridos nas Bacias PCJ para o período de 2010 a 2016, com base no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC.

Também foi realizado um balanço hídrico para as Bacias PCJ para o ano de 2020 e estimativas para os anos de 2020, 2025, 2030 e 2035, considerando a evolução da demanda, o controle de perdas e obras previstas para aumento da disponibilidade hídrica. A partir disso, concluiu-se que existem problemas regionais de suprimento hídrico, principalmente nas sub-bacias dos rios Jundiaí, Capivari e Atibaia, localizados na região sul da bacia. Assim, foram previstas obras para o aumento da garantia regional de abastecimento, além de medidas complementares, como redução de poluição difusa, avaliação de técnicas de pegada hídrica e adaptação às mudanças climáticas.

4.3.2 RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS 2019

O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (COMITÊ DAS BACIAS PCJ, 2019) não traz o conceito de resiliência em seu texto. Também não foram encontradas informações no texto a partir da busca com as palavras-chave “Eventos extremos”; “seca”; “escassez”; e “cenários futuros”.

O documento traz alguns dados sobre inundações, porém não estão relacionados às mudanças climáticas e apresenta uma preocupação em relação à crise de 2015, principalmente ao que tange o uso das águas subterrâneas.

A partir da análise de cenários e tendências, o relatório propõe algumas orientações para gestão, dentre elas incentivar discussões e medidas de adaptação a cenários que considerem a mudança do clima.

4.3.3 PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE JUNDIAÍ

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ, 2017) não traz os conceitos de resiliência ou mudanças climáticas incorporados em seu texto.

Em relação aos eventos extremos, o plano traz os pontos críticos de inundação na cidade, porém não relaciona este evento com as mudanças climáticas. Apenas cita que para a drenagem urbana, na linha temática “Prevenção contra Eventos Extremos”, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) -que objetiva financiar programas e ações na área dos recursos hídricos e tem como um de seus objetos de financiamento o Plano de Saneamento, conforme a Lei nº 11.445/2007-, possibilita o financiamento de medidas voltadas à minimização dos efeitos de eventos extremos, como inundações e estiagens prolongadas.

O Plano de Saneamento propõe um plano de contingência e emergência e prevê ações que reduzem a vulnerabilidade e aumentam a segurança em casos de situações críticas. As ações devem ser: a) preventivas, que devem fazer parte do planejamento e da gestão dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário; b) emergenciais, que devem ser executadas

durante a ocorrência de situações adversas e anormais, a fim de minimizar os danos; e c) readequação, que devem ser aplicadas após a ocorrência do evento adverso, visando a readequação e o aperfeiçoamento dos sistemas para a normalidade, como uma espécie de “lições aprendidas”. O plano também estabelece os níveis de emergência ou alerta que classificam a gravidade da situação enfrentada pelo sistema.

Para o abastecimento de água, o plano traz como situações que podem atingir o sistema aquelas de caráter operacional, que são as falhas nas estruturas de captação, armazenamento, tratamento ou distribuição de água; e aquelas relacionadas aos mananciais, como a diminuição da vazão do reservatório, devido a períodos de estiagem ou aumento da demanda de água. O plano também apresenta as possíveis situações adversas que o sistema de abastecimento de água de Jundiá pode estar exposto:

1) Mananciais de abastecimento: diminuição da disponibilidade hídrica para o atendimento da demanda, causada por períodos de estiagem. Nesses casos, o município é responsável por controlar a captação no manancial.

Além disso, deve-se considerar acidentes que podem comprometer a qualidade hídrica do manancial, como contaminações causadas por derramamento ou vazamento de produtos químicos na água.

Para a falta d'água parcial ou localizada, o documento traz algumas medidas de contingência para as seguintes causas: contaminação de mananciais e para escassez de água nos períodos de estiagem:

- Contaminação de mananciais: Interrupção do abastecimento pelo manancial atingido; intensificação das campanhas de comunicação social visando a racionalização do uso de água; avaliação da possibilidade de acionamento de estruturas emergenciais de captação, de transferência ou de transposição de vazões de água bruta e/ou tratada; identificação dos tipos, fontes e magnitudes de contaminação para o devido tratamento, caso seja possível; e comunicação à população, autoridades, polícia local e órgão de controle ambiental;
- Escassez de água nos períodos de estiagem: Realizações de comunicações e de campanhas para promover o uso responsável da água devido à perspectiva de estresse hídrico ou de situação de vulnerabilidade hídrica; adoção de medidas conjunturais de caráter voluntário entre os vários setores de usuários da água; redução de consumo através de instrumentos legais ou tarifários que estabeleçam limites para a captação e uso da água; interrupções seletivas no abastecimento de água; medidas de controle para cada consumidor associada ou não à aplicação de

tarifas; obrigação individualizada de redução de consumo mediante à implantação de práticas de racionamento associadas a sistemas de aplicação de penalidades.

2) Estações de tratamento de água: Os acidentes que podem atingir as ETAs e que podem ocasionar em falta de água parcial ou localizada podem ocorrer devido a problemas como: (i) falha ou pane no sistema elétrico da ETA ou pela interrupção no fornecimento de energia elétrica; (ii) falhas nos equipamentos eletromecânicos ou estruturais e (iii) problemas referentes à falta de produtos químicos que impedem o efetivo tratamento da água bruta.

Nessas situações, o operador, assim que identificar a situação de emergência, deve rapidamente executar as medidas de contingências. Neste caso, as causas para a falta de água podem ser causadas por: interrupção no fornecimento de energia/pane no sistema elétrico; pane ou falha em equipamentos eletromecânicos; falhas estruturais; e falta de produtos químicos.

Para estas causas, as medidas de contingência consistem em: execução de reparos das instalações danificadas e troca de equipamentos se necessário; promoção de controle e ações de racionamento da água disponível nos reservatórios de água tratada; promoção do abastecimento por caminhão tanque/pipa, especialmente para os usos essenciais, como abastecimento humano e dessedentação; comunicação ao titular dos serviços e aos órgãos de fiscalização e controle; comunicação à população; acionamento de estruturas de sistemas de geração autônoma de energia; comunicação à empresa de energia para o acionamento dos planos emergenciais de fornecimento de energia; comunicação às equipes de reparos de emergência; e aquisição em regime de emergência de produtos químicos.

3) Redes de captação, adução e distribuição de água: Caso ocorram incidentes que afetem a integridade e o funcionamento de unidades relacionadas à essas etapas, o abastecimento pode ser prejudicado, necessitando que, de forma imediata e simultânea, sejam tomadas medidas emergenciais e de reparos nas estruturas atingidas. Vale ressaltar que deve fazer parte da rotina de operação, o monitoramento e a verificação das estruturas, identificando as possíveis falhas e efetuando as correções necessárias.

As causas podem ser: rompimento na rede de distribuição; rompimento das adutoras de água bruta e tratada; danos nas estruturas de reservatório e elevatórias de água tratada; e falhas elétricas nos sistemas de bombeamento. Para isso, as medidas de contingência consistem em: execução de reparos nas instalações danificadas e troca de equipamentos se necessário; promoção do controle e ações de gestão da demanda de água; promoção do abastecimento por caminhão tanque/pipa, especialmente para os usos essenciais; comunicação ao titular do serviço e aos órgãos de fiscalização e controle; comunicação da população; e comunicação às equipes de reparos de emergência.

Em relação à crise hídrica de 2014, o DAE de Jundiaí elaborou um plano de contingência e propôs as seguintes ações:

- Comunicação: através de mídias eletrônicas, foram realizadas ações junto às autoridades, escolas, grandes consumidores e público em geral, por meio da campanha "Faça Chover em Jundiaí". Essa campanha consistiu em uma ação de educação ambiental que visou a redução voluntária do consumo de água e do desperdício, conforme é possível verificar no site: <http://agenciasabia.com.br/faca-chover-uso-racional>. Também foram distribuídos comunicados da DAE aos consumidores relatando a situação;
- Fiscalização: por meio de ações preventivas e punitivas por parte de leituristas e fiscais do DAE que atuariam na interpelação dos usuários quando identificassem algum uso inadequado da água;
- Restrição da entrega de água potável: ações posteriores à decretação do estado de emergência pela Prefeitura Municipal e implantação de racionamento através da redução de 30% a 50% do fornecimento da água potável.

Contudo, segundo a concessionária, tais ações não foram necessárias, sendo que, das ações previstas, somente as campanhas de comunicação para a redução de consumo de água foram implantadas.

A análise das informações apresentadas neste capítulo, mostra que, no geral, os conceitos associados à resiliência climática não são amplamente incorporados na gestão e planejamento dos municípios da bacia, sendo que a maior parte das ações são pontuais e não estão relacionadas às mudanças climáticas e seus efeitos.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí (item 4.3.3) apresentou um pouco mais de preocupação em relação à temática, porém, ainda não possui uma gestão integrada, trazendo-a como prioridade no município.

Sendo assim, o modelo elaborado nesta pesquisa se mostra importante e necessário levando em consideração a questão da resiliência das operadoras de abastecimento de água do município de Jundiaí, e também seu potencial para ser aplicado em toda bacia, visto que os impactos das mudanças climáticas têm caráter transfronteiriço, necessitando de medidas integradas para aumentar a resiliência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa, divididos por meio das etapas ilustradas na Figura 9.

Figura 9. Fluxograma explicativo do capítulo 5

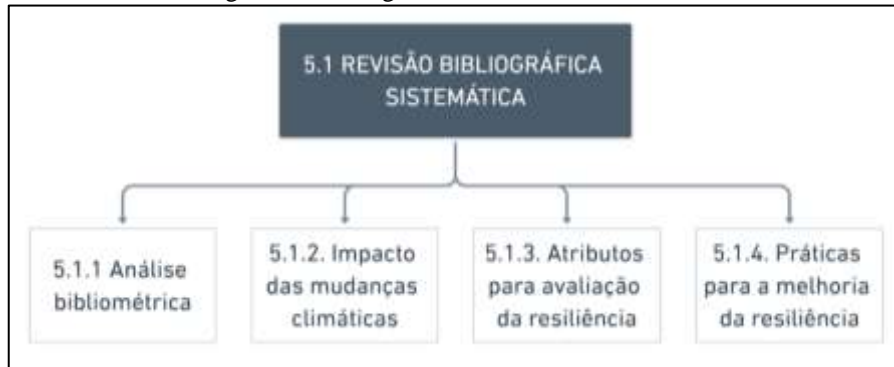


Fonte: Autora, 2022.

5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS

Neste item são apresentados os resultados encontrados a partir da Revisão Bibliográfica Sistemática, separados em: 1) Análise Bibliométrica (item 5.1.1), que apresenta um panorama das publicações encontradas a partir da aplicação do protocolo da RBS, com dados de quantidade de publicações e suas características; b) Impactos das Mudanças Climáticas (item 5.1.2), que apresenta o que tem sido considerado como impactos das mudanças climáticas nos serviços de abastecimento de água; c) 5.1.3 Atributos para Avaliação de Resiliência encontrados na RBS, que apresenta um compilado de atributos essenciais para avaliar a resiliência; e d) 5.1.4 Práticas para a Melhoria de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água, que apresenta as práticas para melhoria de resiliência do setor (Figura 10).

Figura 10. Fluxograma da estrutura do item 5.1



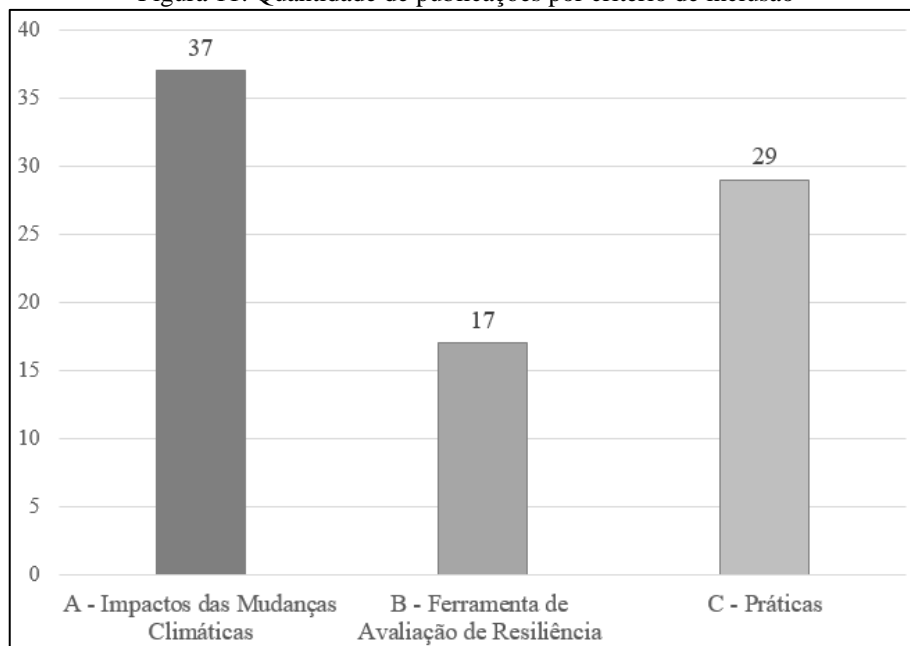
Fonte: Autora, 2022.

5.1.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A partir da aplicação das palavras-chave de busca nas bases de dados selecionadas para a RBS, foram encontrados um total de 396 artigos. Após a exclusão dos artigos duplicados e a aplicação dos critérios de inclusão, foram selecionados 44 artigos para leitura completa.

Em relação aos critérios de inclusão, das 44 publicações totais, 37 se encaixaram no critério a) foco nos impactos das mudanças climáticas ou de eventos extremos sobre os recursos hídricos ou sobre o abastecimento de água; 17 no critério b) foco na aplicação de um modelo de avaliação de resiliência para os recursos hídricos ou para o abastecimento de água e 29 no critério c) foco nas práticas que tornam o sistema de abastecimento de água mais resilientes (Figura 11).

Figura 11. Quantidade de publicações por critério de inclusão

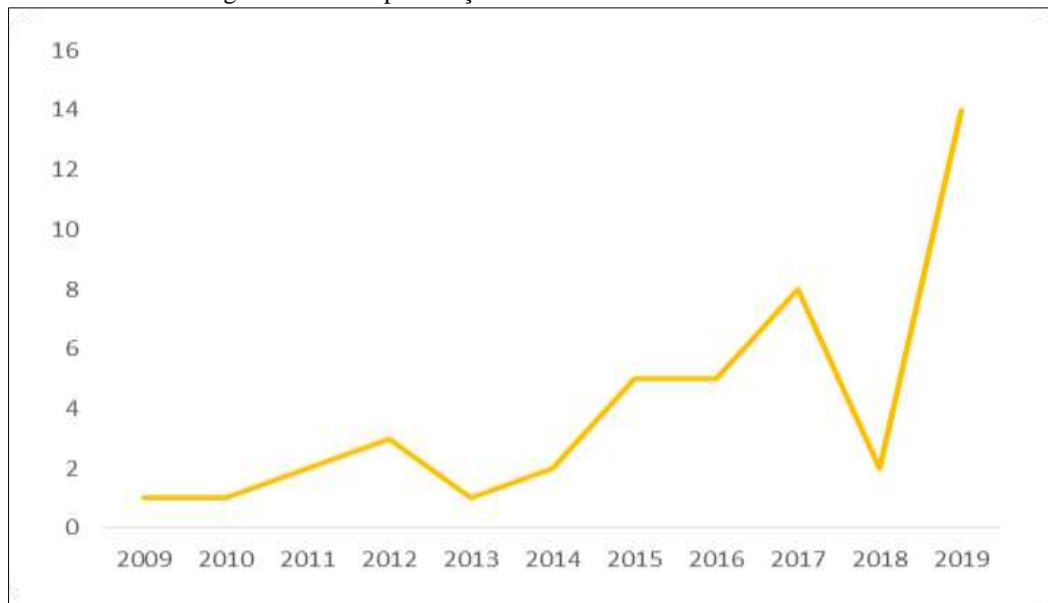


Fonte: Autora, 2022.

Todas as publicações selecionadas se caracterizavam em artigos publicados em periódicos, totalizando 28 periódicos diferentes, sendo os três mais recorrentes: “Journal of

Hydrology” (6 publicações); “Water Resources Management” (5 publicações); e “Water” (3 publicações). No geral, nota-se um aumento das publicações ao longo dos anos, com destaque para o ano de 2019, como mostra a Figura 12.

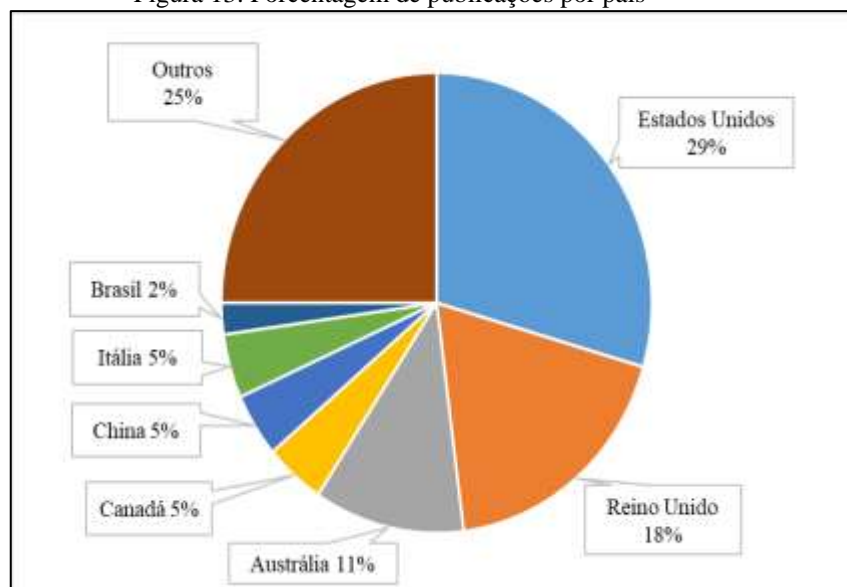
Figura 12. N° de publicações entre os anos de 2009 e 2019



Fonte: Autora, 2022.

Os Estados Unidos foi o país que apresentou a maior porcentagem de publicações sobre o tema (29%), seguido por Reino Unido (18%) e Austrália (11%). Já o Brasil totalizou 2% das publicações analisadas (Figura 13).

Figura 13. Porcentagem de publicações por país



Fonte: Autora, 2022.

5.1.2 IMPACTOS POTENCIAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças nos padrões de precipitação e temperatura causadas pelas mudanças climáticas acarretam em diversos impactos ambientais, sociais e econômicos, e segundo Opare

(2018), provavelmente serão muito mais devastadores para as comunidades pobres e vulneráveis.

O Quadro 7 apresenta o que a literatura encontrada na RBS aponta como impactos potenciais das mudanças climáticas.

Quadro 7. Impactos Potenciais das Mudanças Climáticas encontrados na RBS

Impactos Potenciais	Autores
Mudanças na disponibilidade hídrica	Foster; MacDonald, 2014; Zhao et al., 2018; Fisher-Jeffes et al., 2016; Howard et al., 2016; Rickert et al., 2019; Ehsani et al., 2017; Santos et al., 2019.
Aumento da frequência de eventos climáticos extremos	Kim et al., 2019; Cohn; Brock, 2017; Bryan et al., 2019; Islam, 2019.
Degradação da qualidade da água	Engle, 2012; Matonse et al., 2013; Vorstius et al., 2019.
Desequilíbrio entre oferta e demanda	Charlton; Arnell, 2011; Matonse et al., 2013; Haque et al., 2014.
Incerteza no fornecimento de água a longo prazo	Scott et al., 2012; Opare, 2018.
Dificuldades e mudanças de abordagem no gerenciamento dos recursos hídricos	Rodríguez; Alarcón; Lozano, 2019; Ashofteh; Rajae; Golfam, 2017.

Fonte: Autora, 2022.

As mudanças na disponibilidade hídrica e o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos afetarão diretamente os serviços de abastecimento de água, já que as secas acarretam principalmente na diminuição de água disponível para o abastecimento e uma maior pressão sobre os recursos hídricos; e as inundações danificam infraestruturas e causam perda e contaminação no suprimento de água.

A publicação de Ehsani et al (2017), cujo objetivo é fornecer uma visão geral dos efeitos de diferentes níveis de aquecimento climático nos recursos hídricos, conclui que as mudanças anuais e sazonais projetadas em cenários futuros fornecerão desafios importantes para os tomadores de decisão da área de recursos hídricos, já que afetarão a capacidade dos sistemas de atender a demanda de água futura.

Howard et al (2010) conclui em sua publicação que as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para serviços de abastecimento de água e saneamento, e que, sem ações para melhorar o planejamento e políticas, poderão ocorrer atrasos nas metas de universalização do acesso a estes serviços.

Para este critério de inclusão (critério a - foco nos impactos das mudanças climáticas ou de eventos extremos sobre os recursos hídricos, ou sobre o abastecimento de água) foram encontrados 37 publicações de um total de 44 (item 5.1.1), caracterizando-se como o critério que englobou o maior número de publicações, provavelmente pelo fato de que no geral, para

abordar as temáticas dos critérios b e c (aplicação de um modelo de avaliação de resiliência e práticas para melhoria de resiliência no setor, respectivamente), é preciso primeiro abordar os impactos.

Com isso, obteve-se um panorama do que tem sido considerado como impactos das mudanças climáticas nos serviços de abastecimento de água.

5.1.3 ATRIBUTOS PARA AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA ENCONTRADOS NA RBS

Em relação aos atributos para avaliar a resiliência de sistemas de abastecimento de água, o Quadro 8 apresenta um compilado do que aponta a literatura.

Quadro 8. Atributos de Resiliência encontrados na RBS

Atributo	Descrição
Cenários Climáticos	Projeções de mudanças climáticas simulando condições futuras.
Vulnerabilidade	Exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa do sistema.
Severidade, duração e magnitude do impacto	Consequências do impacto sofrido pelo sistema.
Capacidade de resposta e recuperação	Capacidade de o sistema responder a um evento adverso, recuperando sua funcionalidade.

Fonte: Autora, 2022.

Para este critério (critério b - foco na aplicação de um modelo de avaliação de resiliência para os recursos hídricos ou para o abastecimento de água), encontrou-se um total de 17 publicações, sendo, dentre todos os critérios, o que englobou um menor número de publicações.

Não foi encontrado um modelo amplamente aceito e consolidado para avaliar a resiliência de sistemas de abastecimento de água sendo usado em larga escala, mas sim publicações que traziam a avaliação de resiliência em escala local, apresentando algumas dimensões e atributos utilizados. Portanto, houve a necessidade de buscar modelos e documentos técnicos que estão sendo usados na prática para avaliar a resiliência (item 5.2.).

5.1.4 PRÁTICAS PARA A MELHORIA DE RESILIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ENCONTRADOS NA RBS

Há uma grande diversidade de práticas para a melhoria da resiliência dos serviços de abastecimento de água encontradas na literatura, são elas:

- 1) Modernização e melhorias na infraestrutura (JOANNOU et al., 2019; COHN; BROCK, 2017; DÍAZ et al., 2016);
- 2) Manutenção de rede de água (JOANNOU et al., 2019; ZHAO et al., 2018);

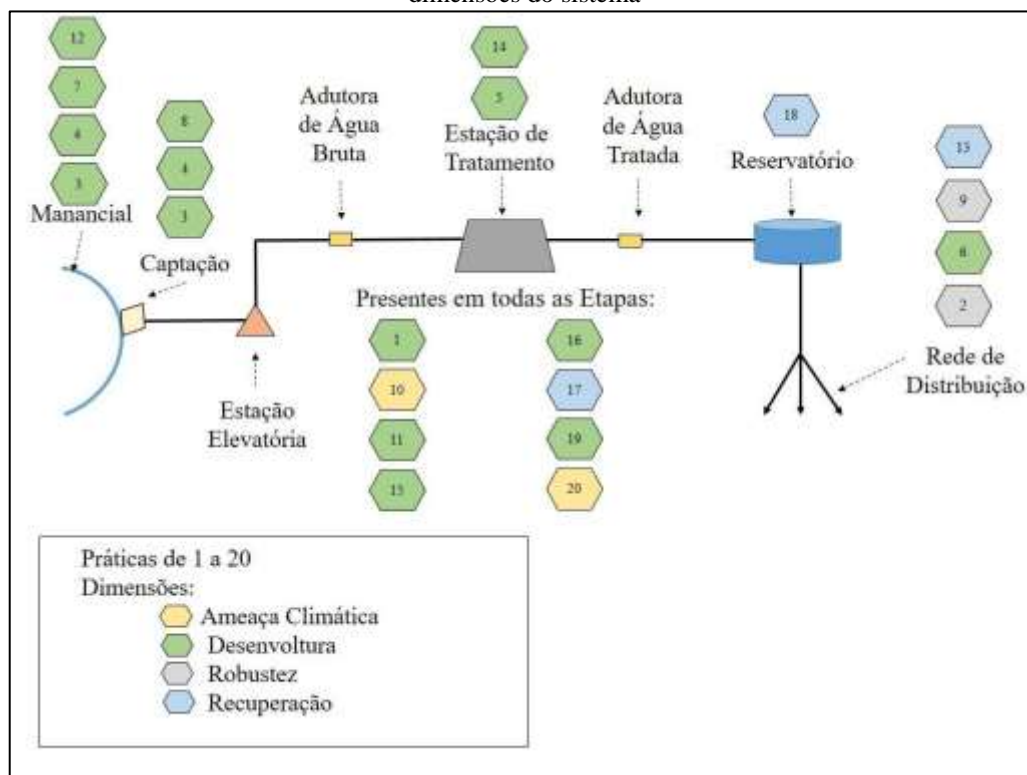
- 3) Novas fontes para a captação da água e aprimoramento das existentes (ZHAO et al., 2018; OPARE, 2018);
- 4) Construção de novas barragens (RODINA; CHAN, 2019; EHSANI et al., 2017);
- 5) Reciclagem e reutilização de água (ZODROW et al., 2017; RODINA; CHAN, 2019; RICKERT et al., 2019; DÍAZ et al., 2016);
- 6) Programas de conscientização e sensibilização dos usuários (ZHAO et al., 2018; LOW et al., 2015; ZHANG et al., 2019);
- 7) Restauração de ecossistemas (RODINA; CHAN, 2019; LOW et al., 2015);
- 8) Diversidade de fontes para captação da água (diversidade espacial e de tipos de fontes) (ENGLE, 2012; FISHER-JEFFES et al., 2016; ZHAO et al., 2018; OPARE, 2018);
- 9) Eficiência no uso da água (ZHAO et al., 2018; OPARE, 2018; DÍAZ et al., 2016);
- 10) Gerenciar a demanda e prever para evitar a crise (HAQUE et al., 2014; COHN; BROCK, 2017);
- 11) Incluir as mudanças climáticas e medidas de resiliência climática nos planos de segurança hídrica (HOWARD et al., 2016; RICKERT et al., 2019);
- 12) Programas de conservação e preservação da água (BRYAN et al., 2019; RODINA; CHAN, 2019);
- 13) Restrições no uso da água (LOW et al., 2015);
- 14) Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água (ISLAM, 2019);
- 15) Investir em pesquisa científica no tema (ZHANG et al., 2019);
- 16) Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos (SANTOS et al., 2019);
- 17) Melhorias no sistema operacional (COHN; BROCK, 2017);
- 18) Construir e modernizar infraestruturas para melhor gerenciar o abastecimento (por exemplo, reservatórios de contingência de seca, poços) (ENGLE, 2012; JOANNOU et al., 2019);
- 19) Planejamento integrado entre a operadora de abastecimento de água; governo municipal, estadual e federal; comitês de bacias hidrográficas; e outros atores sobre os recursos hídricos e cenários climáticos futuros (ENGLE, 2012);
- 20) Uso de informações e cenários climáticos (informações históricas, projeções futuras, modelos hidrometeorológicos, etc.) para o planejamento (ENGLE, 2012; HOWARD et al., 2010).

Essas práticas estão relacionadas à aspectos de infraestrutura e gestão. Em relação à infraestrutura, é necessário realizar o diagnóstico da situação atual, identificando e analisando

possíveis problemas e falhas. Em relação à gestão, é preciso incorporar em todo o seu processo ações de caráter proativo, visando a antecipação do problema, incluindo em seus planos, projetos e programas, aspectos de resiliência e enfrentamento às mudanças climáticas. Além disso, deve-se priorizar tecnologias e sistemas capazes de se adaptar a diversos cenários climáticos.

A Figura 14 apresenta as práticas organizadas pelas etapas do tratamento e pelas dimensões² que serão utilizadas para elaboração do modelo de avaliação desta pesquisa.

Figura 14. Fluxograma das práticas para melhoria da resiliência encontradas na RBS relacionadas às etapas e dimensões do sistema



Fonte: Autora, 2022.

A maioria das práticas encontradas exercem influência em todas as etapas do sistema, já em relação às dimensões, a maior parte estão associadas principalmente com a desenvoltura, como mostra a Figura 14.

A partir da Revisão Bibliográfica Sistemática realizada, pode-se concluir que em diversos lugares do mundo tem-se pesquisado sobre os impactos das mudanças climáticas sobre

²As dimensões apresentadas na Figura 14 referem-se às dimensões do modelo elaborado (item 5.3.2), sendo elas: i) Gestão do Risco Climático: está relacionado com a exposição ao risco e probabilidade de ocorrência do evento; ii) Desenvoltura: está relacionado com a capacidade do sistema se preparar habilmente para responder e gerenciar uma crise; iii) Robustez: está relacionado com a capacidade de o sistema manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores; e iv) Recuperação: está relacionado com a capacidade do sistema de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção.

os serviços de abastecimento de água, incorporando alguns atributos de resiliência para avaliação, assim como as práticas para aumentar a resiliência do setor.

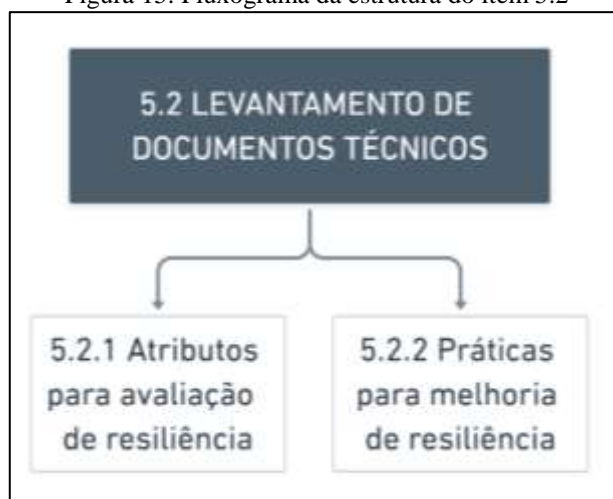
Esta etapa foi importante para elaboração do modelo de avaliação (item 5.3), objetivo desta pesquisa, sendo que os dados levantados na literatura (item 5.1) foram utilizados como base, juntamente com os dados levantados em documentos e modelos técnicos (item 5.2).

5.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

No item 5.1 foram levantadas informações a partir da literatura, porém, como não foram encontrados modelos técnicos amplamente aceitos e utilizados, foi realizada também uma busca no Google a fim de identificá-los.

Sendo assim, este item apresenta os atributos para avaliação de resiliência (item 5.2.1) e as práticas associadas (item 5.2.2) encontrados em modelos técnicos de avaliação de resiliência (Figura 15).

Figura 15. Fluxograma da estrutura do item 5.2



Fonte: Autora, 2022.

5.2.1 ATRIBUTOS DE RESILIÊNCIA ENCONTRADOS NO LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

O Argonne National Laboratory (FISHER et al., 2010) desenvolveu uma metodologia que usa dados consistentes para desenvolver um Índice de Resiliência (RI) para infraestruturas críticas. O RI varia de 0 (baixa resiliência) a 100 (alta resiliência), e é derivado de três categorias:

- Robustez: capacidade de manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores e crises;
- Recuperação: capacidade de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção;

- Desenvoltura: capacidade de preparar-se habilmente para responder e gerenciar uma crise ou interrupções.

A ARCADIS (ARCADIS, 2018) desenvolveu uma ferramenta para quantificar a resiliência de áreas críticas, incluindo reservatórios de água e estações de bombeamento no Reino Unido. As dimensões utilizadas para análise são:

- Escala de Impacto: Impacto de curto e longo prazo do perigo, ou seja, o número de famílias afetadas se o sistema falhar. Analisa a redundância, se o serviço pode ser continuado através de outros sistemas, reduzindo o impacto;
- Duração do Impacto: Analisa a resposta e recuperação do sistema, visando a recuperação de suas funcionalidades mais rapidamente, reduzindo a duração do impacto;
- Probabilidade: Analisa a probabilidade de ocorrência do perigo, com base em dados históricos, geográficos e outras informações. Analisa também a resistência do sistema, sua proteção ou medidas para reduzir a probabilidade do perigo;
- Vulnerabilidade: Analisa a confiabilidade do sistema por meio de medidas para fortalecer a sua capacidade de funcionar quando um perigo ocorre, reduzindo a vulnerabilidade.

O Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas (ADAPTABRASIL MCTI), foi desenvolvida por meio de uma cooperação entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP), e fomentado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). O modelo desenvolvido utiliza índices e indicadores capazes de captar as relações de causalidade e influência entre as seguintes dimensões (ADAPTA BRASIL MCTI, 2020):

- Ameaça Climática: Processos externos climáticos (considerando a escala local como foco de investigação – município, estado, região e/ou nação) que interagem com o ambiente de análise e que possuem capacidade de transformação significativa no sistema, seja ela lenta ou repentina.
- Vulnerabilidade: suscetibilidade a danos potenciais para uma mudança ou uma transformação do ambiente de análise. Incorpora os conceitos de sensibilidade (grau em que o sistema em análise é afetado, adversamente ou beneficamente, por estímulos relacionados ao clima, de forma direta ou indireta) e capacidade adaptativa (habilidade do sistema de se ajustar a um distúrbio ou danos potenciais, aproveitando as oportunidades e lidando com as consequências de uma transformação que ocorra);

- Exposição: grau, duração e/ou extensão a que o sistema está sujeito no contato com a ameaça climática, sendo uma propriedade relacional entre o ambiente de análise e a ameaça.

O documento publicado por EPA (2015), reúne alguns modelos e atributos de resiliência utilizados por eles, os quais serão apresentados nos parágrafos a seguir.

O Conselho Consultivo de Infraestrutura Nacional (NIAC, 2009) identificou três atributos de resiliência para infraestruturas críticas:

- Robustez: capacidade de manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores e crises;
- Recuperação: capacidade de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção;
- Desenvoltura: capacidade de preparar-se habilmente para responder e gerenciar uma crise ou interrupções.

O Instituto Americano de Normas Nacionais dos Estados Unidos (ANSI, 2010), criou um índice de resiliência (RAMCAP) por meio de sete indicadores:

- Plano de resposta a emergências;
- Conformidade com o Plano Nacional de Gestão de Infraestrutura;
- Acordos de assistência e ajuda mútua;
- Energia de emergência para operações críticas;
- Capacidade de atender a demanda mínima diária quando há problemas no sistema;
- Equipamentos críticos;
- Resiliência crítica da equipe.

A partir da análise destes documentos, observa-se uma similaridade entre alguns atributos presentes nos modelos, os quais foram, portanto, considerados atributos essenciais para a avaliação de resiliência (Quadro 9).

Quadro 9. Atributos essenciais para avaliação de resiliência

Atributo	Descrição
Ameaça Climática	Está relacionado com a exposição ao risco; a probabilidade de ocorrência (com base em dados históricos, geográficos, etc.); a resistência do sistema; e a redundância, observando se o serviço pode ser continuado através de outros sistemas, reduzindo o impacto.
Vulnerabilidade	Está relacionado com a suscetibilidade do sistema. Incorpora os conceitos de sensibilidade (grau em que o sistema em análise é afetado, adversamente ou benéficamente, por estímulos relacionados ao clima, de forma direta ou indireta) e capacidade adaptativa (habilidade do sistema de se ajustar a um distúrbio ou danos potenciais, aproveitando as oportunidades e lidando com as consequências de uma transformação que ocorra).
Desenvoltura	Está relacionado com a capacidade do sistema de se preparar habilmente para responder e gerenciar uma crise ou interrupções.
Robustez	Está relacionado com a capacidade de o sistema manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores e crises.
Recuperação	Está relacionado com a capacidade do sistema de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção.

Fonte: Autora, 2022.

O Quadro 10 compara os atributos encontrados na literatura, por meio da Revisão Bibliográfica Sistemática (Quadro 8), com os atributos encontrados no levantamento dos modelos técnicos (Quadro 9).

Quadro 10. Comparação dos atributos de resiliência encontrados na RBS e nos Modelos Técnicos

Atributos encontrados na RBS	Modelos Técnicos				
	Argonne National Laboratory	ARCADIS	Adapta Brasil MCTI	NIAC	RAMCAP
Cenários Climáticos	✓	✓	✓	✓	✓
Vulnerabilidade	✓	✓	✓	✓	✓
Severidade, duração e magnitude do impacto	✓	✓	✓		
Capacidade de resposta e recuperação	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Autora, 2022.

Os atributos dos modelos técnicos englobam a maior parte dos que foram encontrados na literatura, trazendo ainda novos conceitos: desenvoltura e robustez, sendo estes associados à capacidade de resposta e recuperação.

Sendo assim, para elaboração do modelo de avaliação de resiliência desta pesquisa (item 5.3), os atributos apresentados no Quadro 9 foram utilizados como as dimensões do modelo, com exceção da “vulnerabilidade”, já que se entendeu que a vulnerabilidade é um estado do

sistema influenciado por todos os outros atributos, por exemplo, um sistema que apresenta uma alta desenvoltura ou alta robustez, consequentemente é menos vulnerável.

5.2.2 PRÁTICAS PARA MELHORIA DE RESILIÊNCIA ENCONTRADAS NO LEVANTAMENTO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

Para complementar o item 5.1.4, foram levantados nos documentos técnicos algumas práticas que não foram capturadas pela revisão de literatura, sendo elas:

21) Geradores de energia elétrica para o caso de falhas no sistema (FISHER et al., 2010; ANSI, 2010);

22) Abordagem para respostas de emergência (FISHER et al., 2010; ARCADIS, 2018);

23) Treinamento da equipe para respostas de emergência (NIAC, 2009; FISHER et al., 2010; ANSI, 2010; ARCADIS, 2018);

24) Comunicação e transparência da operadora sobre possíveis eventos extremos (NIAC, 2009; FISHER et al., 2010);

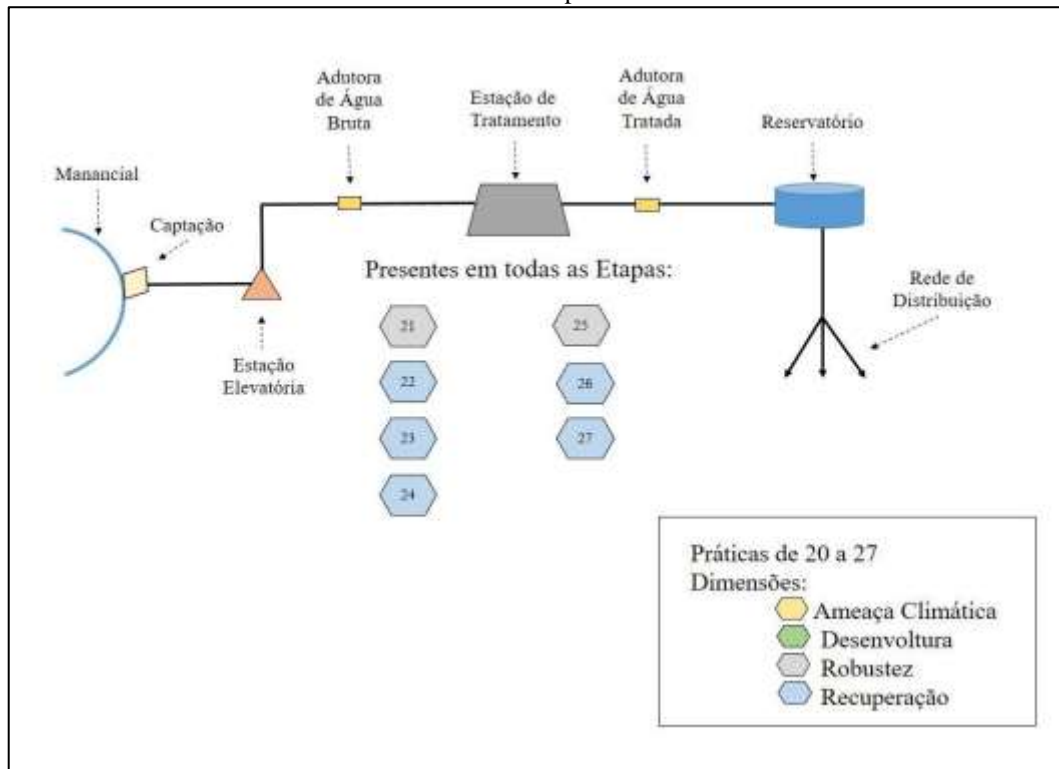
25) Equipe de emergência que possa ser acionada em caso de eventos extremos (FISHER et al., 2010; ANSI, 2010);

26) Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos (por exemplo, bombas, motores, geradores, etc.) (ARCADIS, 2018);

27) Relacionamentos institucionais e compartilhamento de informações entre as operadoras que podem ser aproveitados para mitigar situações de crise (NIAC, 2009; FISHER et al., 2010; ANSI, 2010).

A Figura 16 apresenta as práticas organizadas pelas etapas do tratamento e pelas dimensões que serão utilizadas para elaboração do modelo de avaliação desta pesquisa. As práticas encontradas influenciam em todas as etapas dos sistemas de abastecimento de água e estão relacionadas principalmente com a dimensão recuperação.

Figura 16. Fluxograma das práticas para melhoria da resiliência encontradas no levantamento de documentos técnicos relacionados com as etapas e dimensões do sistema



Fonte: Autora, 2022.

5.3 MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRENTE A EVENTOS FUTUROS DE SECA

O modelo foi elaborado com base nos resultados dos itens apresentados anteriormente e é apresentado na Figura 17. A princípio, a ferramenta teria seu foco em eventos climáticos extremos (secas e inundações), porém, optou-se pelo recorte apenas nos eventos relacionados à seca, tendo em vista que a maior parte do material levantado tinha o enfoque nessa temática.

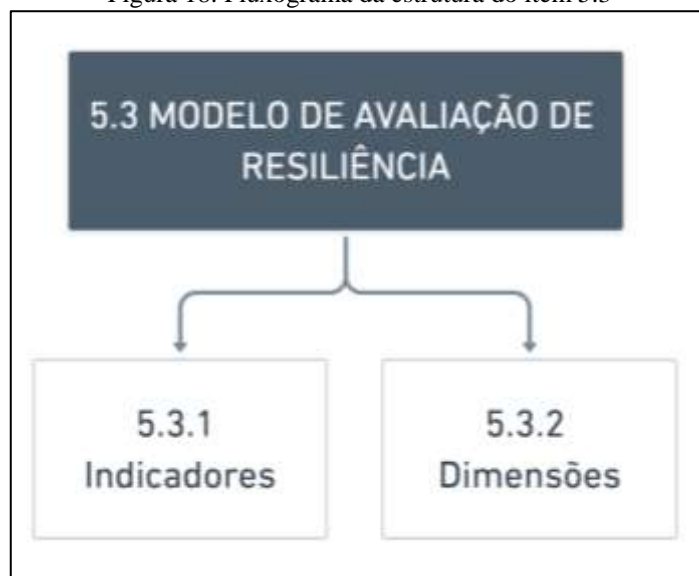
Figura 17. Esquema conceitual do modelo de avaliação de resiliência elaborado



Fonte: Autora, 2022.

A Figura 18 apresenta a estrutura deste item.

Figura 18. Fluxograma da estrutura do item 5.3



Fonte: Autora, 2022.

5.3.1 INDICADORES DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Para compor os indicadores do modelo, foi realizada uma adaptação das práticas encontradas para melhoria de resiliência dos sistemas de abastecimento de água. Os resultados são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continua...)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos (por exemplo bombas, motores, geradores, etc.)	A operadora realiza o armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos (por exemplo bombas, motores, geradores, etc.)?	Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos	IND01	Situação quanto à existência ou não do armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos (por exemplo bombas, motores, geradores, etc.)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0)
Novas fontes para a captação da água e aprimoramento das existentes	A operadora possui mais de um manancial para captação?	Redundância de mananciais para captação	IND02	Situação quanto à suficiência ou não dos mananciais existentes para captação (se consegue atender a demanda da população em situações normais ou em situações de eventos extremos)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a suficiência (1,0); em partes (0,5) e (0) insuficiência
Construção de novas barragens	As barragens existentes são suficientes para a operadora atender a demanda da população?	Suficiência de barragens	IND03	Situação quanto à suficiência ou não das barragens existentes para atender a demanda da população (se consegue atender a demanda da população em situações normais ou em situações de eventos extremos)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a suficiência (1,0); em partes (0,5) e (0) insuficiência
Reciclagem e reutilização de água	A operadora realiza ações para reciclagem e reutilização de água em seu sistema operacional?	Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional	IND04	Situação quanto à realização ou não de reciclagem e reutilização de água em seu sistema operacional	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e (0) não realização

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continuação)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Diversidade de fontes para captação da água	A operadora possui mais de um tipo de fonte para captação?	Diversidade de fontes para a captação	IND05	Situação quanto à existência ou não de mais de um tipo de fonte que a operadora possui para captação (Ex.: superficial, subterrâneo)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); e (0) inexistência
Modernização e melhorias na infraestrutura	Realiza reparos proativos nas suas infraestruturas?	Reparos proativos de infraestruturas	IND06	Situação quanto à existência ou não da realização de reparos proativos em todas as suas infraestruturas	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5) e (0) inexistência.
Manutenção de rede de água	Realiza reparos proativos nas redes de água?	Reparos proativos de redes de água	IND07	Situação quanto à realização ou não de reparos proativos em todas as suas redes de água	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5) e (0) inexistência.
Melhorias no sistema operacional	A operadora realiza melhorias no seu sistema operacional?	Sistema operacional	IND08	Situação quanto à existência ou não de melhorias no seu sistema operacional	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Construir e modernizar infraestruturas para melhor gerenciar o abastecimento (por exemplo, reservatórios de contingência de seca, poços)	A operadora prioriza a construção e modernização de infraestruturas para melhor gerenciar o abastecimento, como por exemplo reservatórios de contingência de seca e poços	Construção e modernização de infraestruturas	IND09	Situação quanto a priorização ou não de construção e modernização de infraestruturas para melhor gerenciar o abastecimento, como por exemplo reservatórios de contingência de seca e poços	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a priorização (1,0); em partes (0,5) e (0) não priorização

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continuação)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Desenvolver abordagem para respostas de emergência	A operadora possui uma abordagem para resposta de emergência?	Resposta de emergência	IND10	Situação quanto à existência ou não de uma abordagem para resposta de emergência (de qualquer tipo)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) não.
Treinamento da equipe para respostas de emergência	A operadora possui treinamento da equipe para respostas de emergência?	Treinamento de equipe para resposta de emergência	IND11	Situação quanto à existência ou não de treinamento da equipe para respostas de emergência (de qualquer tipo)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) não.
Eficiência no uso da água	A operadora possui um plano sobre controle de perdas do sistema?	Controle de perdas	IND12	Situação quanto à existência ou não de planos e ações sobre controle de perdas	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Continuidade dos serviços de abastecimento de água	Os serviços de abastecimento são contínuos?	Continuidade dos serviços de abastecimento de água	IND13	Situação quanto à continuidade ou não dos serviços de abastecimento de água	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a continuidade (1,0); em partes (0,5); e (0) intermitência
Geradores de energia elétrica para o caso de falhas no sistema	A operadora possui geradores de energia elétrica para o caso de falhas no sistema?	Geradores de energia elétrica para falhas no sistema	IND14	Situação quanto à utilização ou não de geradores de energia elétrica para o caso de falhas no sistema	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a utilização (1,0); em partes (0,5); e (0) não utilização
Equipe de emergência que possa ser acionada em caso de eventos extremos	A operadora possui uma equipe de emergência que possa ser acionada em caso de eventos extremos?	Equipe de emergência para eventos climáticos extremos	IND15	Situação quanto à existência ou não de uma equipe de emergência que possa ser acionada em caso de eventos climáticos extremos	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) não.
Monitoramento de mananciais	A operadora realiza monitoramento constante dos seus mananciais?	Monitorament o de mananciais	IND16	Situação quanto à realização do monitoramento constante dos seus mananciais	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continuação)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Comunicação e transparência da operadora sobre possíveis eventos extremos	A operadora possui comunicação e transparência sobre possíveis eventos extremos?	Comunicação e transparência	IND17	Situação quanto à existência ou não de comunicação e transparência sobre possíveis eventos extremos	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) não.
Relacionamentos institucionais e compartilhamento de informações entre as operadoras que podem ser aproveitados para mitigar situações de crise	Existe o compartilhamento de informações entre as operadoras visando mitigar situações de crise?	Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise	IND18	Situação quanto à existência ou não de compartilhamento de informações entre as operadoras visando mitigar situações de crise	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) não.
Restrições no uso da água	Durante um evento climático extremo, a operadora possui medidas de restrições no uso da água?	Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo	IND19	Situação quanto à existência ou não de medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	O município possui políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos?	Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	IND20	Situação quanto à existência ou não de políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continuação)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Incluir as mudanças climáticas e medidas de resiliência climática nos planos de segurança hídrica	A operadora possui um plano de segurança hídrica?	Plano de segurança hídrica	IND21	Situação quanto à existência ou não de um plano que visa a segurança hídrica	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica	A operadora inclui aspectos das mudanças climáticas e eventos climáticos extremos no plano de segurança hídrica?	Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica	IND22	Situação quanto à inclusão ou não de aspectos de mudança climática e eventos climáticos extremos no plano de segurança hídrica	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a inclusão (1,0); em partes (0,5); e (0) não inclusão
Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica	A operadora inclui aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica?	Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica	IND23	Situação quanto à inclusão ou não de aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a inclusão (1,0); em partes (0,5); e (0) não inclusão
Programas de conservação e preservação da água	A operadora possui programas e ações de conservação e preservação da água em seus mananciais?	Programas e ações de conservação e preservação da água	IND24	Situação quanto à existência ou não de programas e ações de conservação e preservação da água em seus mananciais	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); (0,5) em partes e (0) inexistência
Uso de informações e cenários climáticos para o planejamento	A operadora utiliza informações e cenários climáticos (informações históricas, projeções futuras, modelos hidrometeorológicos, etc.) para o planejamento?	Informações e cenários climáticos no planejamento	IND25	Situação quanto à utilização ou não de informações e cenários climáticos (informações históricas, projeções futuras, modelos hidrometeorológicos, etc.) para o planejamento	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a utilização (1,0); em partes (0,5); e (0) não utilização

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (continuação)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Restauração de ecossistemas	A operadora realiza ações para restaurar e preservar ecossistemas?	Restauração e preservação de ecossistemas	IND26	Situação quanto a realização ou não de ações para restaurar e preservar ecossistemas	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e (0) não realização
Gerenciar a demanda e prever para evitar a crise	A operadora possui um planejamento com projeções de demandas futuras?	Projeções de demanda futura	IND27	Situação quanto à existência ou não de um planejamento com projeções de demanda futura	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água	A operadora realiza a coleta e tratamento da água da chuva para aumentar o suprimento de água?	Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água	IND28	Situação quanto à existência ou não de coleta e tratamento da água da chuva para aumentar o suprimento de água da operadora	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Planejamento integrado	A operadora possui um planejamento integrado com o governo municipal, estadual e federal; comitês de bacias hidrográficas; e outros atores sobre os recursos hídricos e cenários climáticos futuros?	Planejamento integrado	IND29	Situação quanto à existência ou não de um planejamento integrado com o governo municipal, estadual e federal; comitês de bacias hidrográficas; e outros atores sobre os recursos hídricos e cenários climáticos futuros	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água	A operadora realiza ações para incentivar seus usuários a reciclar e reutilizar a água?	Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água	IND30	Situação quanto à realização ou não de campanhas/ações para incentivar seus usuários a reciclar e reutilizar a água	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e (0) não realização

Quadro 11. Adaptação das práticas para os indicadores do modelo (conclusão)

PRÁTICA	PERGUNTA	INDICADOR	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
Programas de conscientização e sensibilização dos usuários	A operadora realiza ações para conscientização e sensibilização dos seus usuários?	Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização	IND31	Situação quanto à realização ou não de campanhas/ações para conscientização e sensibilização dos seus usuários	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e (0) não realização
Campanhas/Ações para coleta de água da chuva	A operadora realiza ações para incentivar seus usuários a coletar água da chuva para reutilização?	Campanhas/Ações para coleta de água da chuva	IND32	Situação quanto à existência ou não de campanhas/ações para incentivar seus usuários a coletar água da chuva para reutilização	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência
Investindo em pesquisa científica no tema	A operadora investe em pesquisa científica sobre as mudanças climáticas e resiliência? (Ex.: parcerias com universidades)	Investimento em pesquisa científica	IND33	Situação quanto à existência ou não de investimentos (financeiro ou não) em pesquisa científica sobre as mudanças climáticas e resiliência (ex.: parcerias com universidades)	Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e (0) inexistência

Fonte: Autora, 2022.

A partir da construção dos indicadores, foi aplicada a teoria dos Pontos de Alavancagem (MEADOWS, 1999), para identificar a relevância de cada um deles para o modelo proposto de avaliação de resiliência. Nos parágrafos seguintes será apresentada uma breve explicação de cada ponto e seus respectivos indicadores, com base em Meadows (1999) e Coêlho, Jorge e Malheiros (2020), em ordem crescente de relevância.

12. Constante, parâmetros e números: expressam a condição atual do sistema e podem ser ajustados em favor de um objetivo. No geral, são os pontos de intervenção de menor relevância, já que baseados nas mesmas informações, metas e regras antigas, o sistema não apresenta uma grande evolução. Sendo assim, eles podem ser importantes, principalmente a longo prazo, mas não mudam comportamento, ou seja, as mudanças nas constantes, parâmetros e números não são capazes de sozinhas apresentarem grandes transformações no sistema (Quadro 12).

Quadro 12. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 12

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem estática	12. Constantes, parâmetros, números	1	IND01	Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos

Fonte: Autora, 2022.

11. Proteção e estabilização de estoque e fluxo: são as estratégicas para garantir o estoque, já que grandes estoques em relação ao seu fluxo tendem a ser mais estáveis. Um grande estoque estabilizador é chamado de *buffer*, sendo, portanto, possível estabilizar um sistema aumentando a capacidade de um *buffer*. Porém, os *buffers* são geralmente entidades físicas e devido a isso não são fáceis de mudar e podem precisar de um grande investimento financeiro, portanto, não estão no topo da lista dos pontos de alavancagem (Quadro 13).

Quadro 13. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 11

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem estática	11. Proteção e estabilização de estoque e fluxo	1	IND02	Redundância de mananciais para captação
			IND03	Suficiência de barragens
			IND04	Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional
			IND05	Diversidade de fontes para a captação

Fonte: Autora, 2022.

10. Estrutura de material de estoque e fluxo: são as estruturas físicas que dão suporte ao fluxo e ao estoque de material. Estruturas físicas podem ter uma grande influência sobre como o sistema opera, porém, prover mudanças podem ser mais lentas e mais caras, além disso,

algumas estruturas de estoques e fluxos são imutáveis. Portanto, apesar de importantes, representa um ponto de alavancagem baixo, já que sua transformação raramente é rápida e simples (Quadro 14).

Quadro 14. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 10

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem estática	10. Estrutura de material de estoque e fluxo	1	IND06	Reparos proativos de infraestruturas
			IND07	Reparos proativos de redes de água
			IND08	Sistema operacional
			IND09	Construção e modernização de infraestruturas

Fonte: Autora, 2022.

9. Atrasos em relação à taxa de alterações do sistema: refere-se às ações para diminuir a discrepância entre o estado do sistema e os objetivos a serem alcançados, ou seja, os atrasos percebidos no sistema. Esses atrasos são determinantes críticos do comportamento do sistema e poderia ser um alto ponto de alavancagem exceto pelo fato de que nem sempre são facilmente modificáveis (Quadro 15).

Quadro 15. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 9

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem dinâmica	9. Atrasos em relação à taxa de alterações do sistema	2	IND10	Resposta de emergência
			IND11	Treinamento de equipe para resposta de emergência

Fonte: Autora, 2022.

8. Realimentação de *feedbacks* negativos: refere-se aos impactos negativos que devem ser corrigidos para que o sistema consiga se manter em limites seguros. Geralmente sistemas complexos possuem a realimentação de *feedbacks* negativos que ele pode colocar em ação para que ele possa se auto corrigir sob diferentes condições e impactos, sendo que alguns podem estar inativos na maior parte do tempo, mas sua presença é essencial para o bom funcionamento do sistema a longo prazo (Quadro 16).

Quadro 16. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 8

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem dinâmica	8. Realimentação de <i>feedbacks</i> negativos	2	IND12	Controle de perdas
			IND13	Continuidade dos serviços de abastecimento de água
			IND14	Geradores de energia elétrica para falhas no sistema
			IND15	Equipe de emergência para eventos climáticos extremos

Fonte: Autora, 2022.

7. Realimentação de feedbacks positivos: diferente do feedback negativo que é autocorretivo, o feedback positivo é autoreforçado, quanto mais você tem de algo, mais você tem a possibilidade de ter mais. Refere-se a situações, sinais ou produtos do sistema que reforçam o funcionamento do próprio sistema e que se continuarem podem levar ao seu colapso.

6. Estrutura do fluxo de informação: refere-se ao sistema de informação e a transparência. A disponibilidade e o acesso às informações pode ser uma intervenção poderosa, com um grande potencial de gerar mudanças e muito mais fácil e barata do que a intervenção em estruturas físicas. Além disso, facilita a tomada de decisão e a demanda da população por serviços adequados (Quadro 17).

Quadro 17. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 6

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem dinâmica	6. Estrutura do fluxo de informação	2	IND16	Monitoramento de mananciais
			IND17	Comunicação e transparência
			IND18	Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise

Fonte: Autora, 2022.

5. Regras do sistema (incentivos, punições, restrições): as regras do sistema definem seu escopo, seus limites, seus graus de liberdade, são pontos de alavancagem alto, já que a mudança de uma regra pode gerar o objetivo desejado (consequência positiva) ou mesmo consequências negativas (Quadro 18).

Quadro 18. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 5

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem em contextual	5. Regras do sistema (incentivos, punições, restrições)	3	IND19	Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo
			IND20	Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos

Fonte: Autora, 2022.

4. Poder de alteração, evolução ou auto-organização da estrutura do sistema: refere-se ao poder de auto organização do sistema, criando estruturas e comportamentos novos, sendo que nos sistemas biológicos temos a evolução, na esfera social, temos a revolução social. A capacidade de um sistema de se auto organizar é a maior forma de resiliência deste sistema, já que a partir da possibilidade de evolução, o sistema pode se adaptar a praticamente qualquer mudança (Quadro 19).

Quadro 19. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 4

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem contextual	4. Poder de alteração, evolução ou auto-organização da estrutura do sistema	3	IND21	Plano de segurança hídrica
			IND22	Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica
			IND23	Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica
			IND24	Programas e ações de conservação e preservação da água
			IND25	Informações e cenários climáticos no planejamento
			IND26	Restauração e preservação de ecossistemas
			IND27	Projeções de demanda futura
			IND28	Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água

Fonte: Autora, 2022.

3. Objetivos do sistema: refere-se à mudança nos objetivos do sistema. Corresponde a um ponto de alavancagem alto, pois possui um grande potencial para gerar mudanças, já que quando se muda o objetivo do sistema, todos os outros pontos abaixo dele precisarão de ajustes para se adequarem a este novo objetivo (Quadro 20).

Quadro 20. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 3

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem contextual	3. Objetivos do sistema	3	IND29	Planejamento integrado

Fonte: Autora, 2022.

2. Mentalidade ou paradigma onde o sistema se apoia: refere-se à mudança de mentalidade ou de paradigmas do sistema, ou seja, as mudanças na fonte do sistema, a qual a partir dela se estabelecem os objetivos do sistema, fluxos, feedbacks e tudo que estabelece o sistema. Dessa forma, corresponde ao segundo maior ponto de alavancagem, pois intervir em um sistema ao nível paradigmático, possibilita a transformação total de um sistema (Quadro 21).

Quadro 21. Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 2

Categoria	Ponto de Alavancagem	Peso	Código	Indicador
Pontos de alavancagem paradigmática	2. Mentalidade ou paradigma onde o sistema se apoia	4	IND30	Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água
			IND31	Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização
			IND32	Campanhas/Ações para coleta de água da chuva
			IND33	Investimento em pesquisa científica

Fonte: Autora, 2022.

1. Paradigmas do sistema: é o ponto mais alto de alavancagem de um sistema e o mais difícil de ser realizado, pois, mais do que mudar o paradigma em que um sistema se apoia, este ponto refere-se a transcender paradigmas, ou seja, é entender que nenhum paradigma é verdadeiro, já que compreende uma visão limitada de um imenso universo, correspondendo a sua própria visão de mundo.

5.3.2 DIMENSÕES DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Com base nos atributos de resiliência levantados na literatura e nos documentos técnicos, o modelo de avaliação teve suas dimensões estabelecidas, sendo elas: Gestão do Risco Climático; Desenvoltura; Robustez e Recuperação (Figura 19).

Figura 19. Dimensões do Modelo de Avaliação de Resiliência



Fonte: Autora, 2022.

Assim, os indicadores foram analisados e enquadrados em suas dimensões correspondentes, como apresentados e discutidos nos parágrafos seguintes (Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7).

A dimensão “Gestão do Risco Climático” é composta por 3 indicadores e está relacionada à exposição ao risco; a probabilidade de ocorrência (com base em dados históricos,

geográficos, etc.); a resistência do sistema; e a redundância, observando se o serviço pode ser continuado através de outros sistemas, reduzindo impactos (Tabela 4).

Tabela 4. Indicadores pertencentes à dimensão " Gestão do Risco Climático "

<i>Pmd</i>	Código	Indicador	<i>Pi</i>	<i>Pfi</i>
25	IND16	Monitoramento de mananciais	2	6,25
	IND25	Informações e cenários climáticos no planejamento	3	9,38
	IND27	Projeções de demanda futura	3	9,38

Fonte: Autora, 2022.

A dimensão “desenvoltura” é composta por 18 indicadores e está relacionado à capacidade do sistema de se preparar habilmente para responder e gerenciar uma crise ou interrupções (Tabela 5).

Tabela 5. Indicadores pertencentes à dimensão "Desenvoltura".

<i>Pmd</i>	Código	Indicador	<i>Pi</i>	<i>Pfi</i>
25	IND02	Redundância de mananciais para captação	1	0,53
	IND03	Suficiência de barragens	1	0,53
	IND04	Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional	1	0,53
	IND05	Diversidade de fontes para a captação	1	0,53
	IND09	Construção e modernização de infraestruturas	1	0,53
	IND12	Controle de perdas	2	1,06
	IND20	Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	3	1,60
	IND21	Plano de segurança hídrica	3	1,60
	IND22	Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica	3	1,60
	IND23	Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica	3	1,60
	IND24	Programas e ações de conservação e preservação da água	3	1,60
	IND26	Restauração e preservação de ecossistemas	3	1,60
	IND28	Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água	3	1,60
	IND29	Planejamento integrado	3	1,60
	IND30	Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água	4	2,13
	IND31	Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização	4	2,13
	IND32	Campanhas/Ações para coleta de água da chuva	4	2,13
	IND33	Investimento em pesquisa científica	4	2,13

Fonte: Autora, 2022.

A dimensão “robustez” é composta por 6 indicadores e está relacionado com a capacidade de o sistema manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores e crises (Tabela 6).

Tabela 6. Indicadores pertencentes à dimensão "Robustez".

<i>Pmd</i>	Código	Indicador	<i>Pi</i>	<i>Pfi</i>
25	IND06	Reparos proativos de infraestruturas	1	2,78
	IND07	Reparos proativos de redes de água	1	2,78
	IND08	Sistema operacional	1	2,78
	IND13	Continuidade dos serviços de abastecimento de água	2	5,56
	IND14	Geradores de energia elétrica para falhas no sistema	2	5,56
	IND15	Equipe de emergência para eventos climáticos extremos	2	5,56

Fonte: Autora, 2022.

A dimensão “recuperação” é composta por 6 indicadores e está relacionado com a capacidade do sistema de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção (Tabela 7).

Tabela 7. Indicadores pertencentes à dimensão "Recuperação".

<i>Pmd</i>	Código	Indicador	<i>Pi</i>	<i>Pfi</i>
25	IND01	Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos	1	2,08
	IND10	Resposta de emergência	2	4,17
	IND11	Treinamento de equipe para resposta de emergência	2	4,17
	IND17	Comunicação e transparência	2	4,17
	IND18	Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise	2	4,17
	IND19	Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo	3	6,25

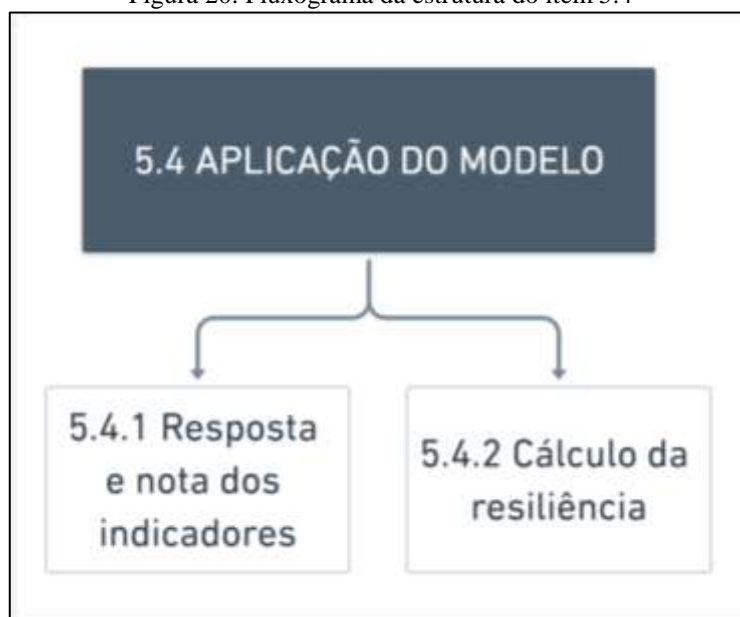
Fonte: Autora, 2022.

5.4 APLICAÇÃO DO MODELO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O modelo foi aplicado por meio de uma planilha Excel composta por seus indicadores, descrição e a forma como respondê-lo. Esta planilha foi enviada e respondida por uma equipe composta por 10 pessoas do DAE de Jundiaí, englobando as seguintes áreas da empresa: Mananciais, Licenciamento Ambiental, Laboratório, Saneamento e Recursos Hídricos. Neste primeiro momento, o modelo não foi apresentado e explicado para a equipe, ou seja, foram enviados apenas os indicadores para que não houvesse nenhuma interferência nas respostas da operadora (item 5.4.1).

Posteriormente, foi realizada uma oficina com a operadora, a fim de apresentar o modelo elaborado e aplicado; o cálculo e resultado da resiliência; e realizar uma discussão a fim de avaliar e validar o modelo elaborado (item 5.5.1). A Figura 20 apresenta a estrutura deste item.

Figura 20. Fluxograma da estrutura do item 5.4

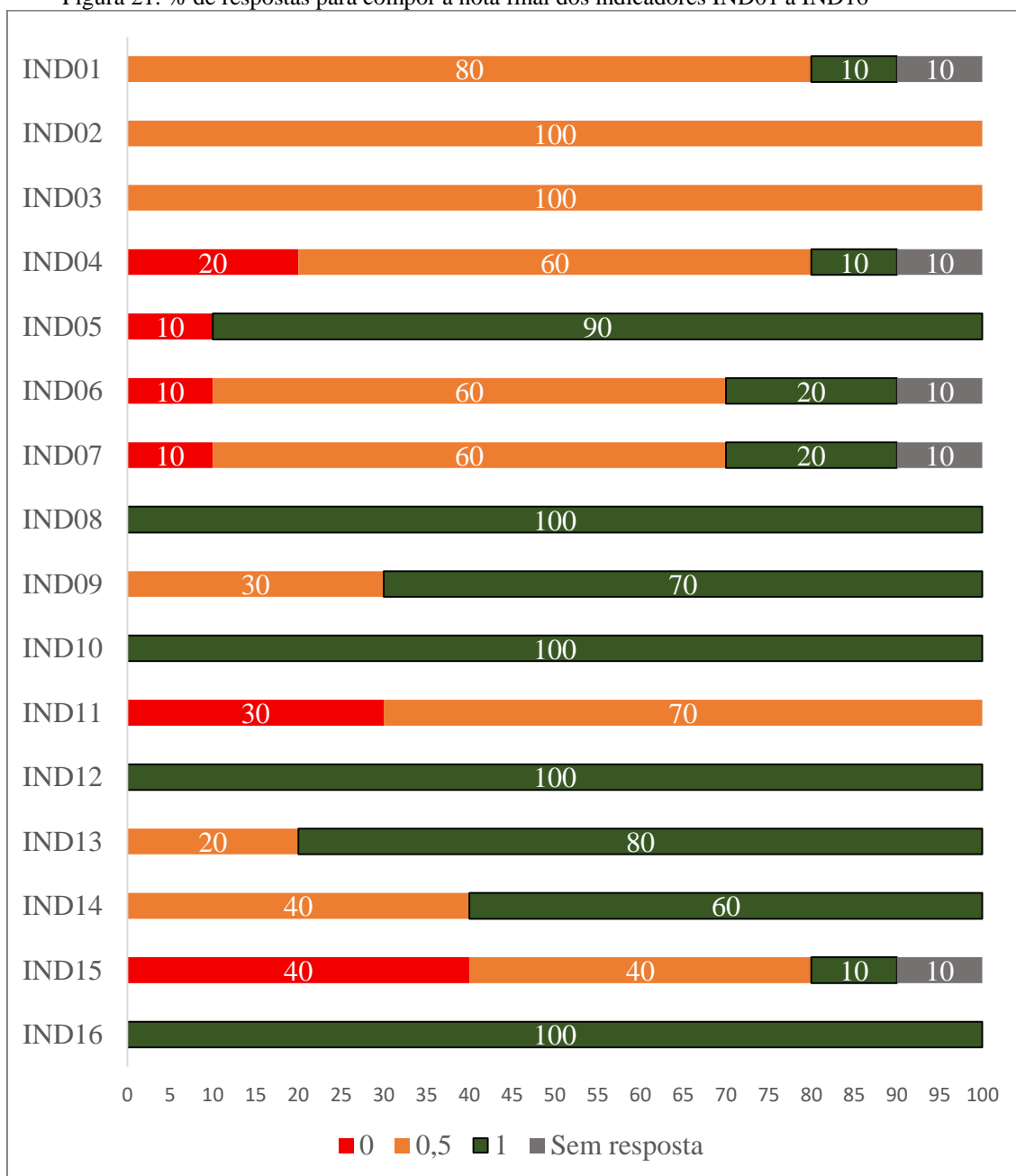


Fonte: Autora, 2022.

5.4.1 RESPOSTAS E NOTAS DOS INDICADORES

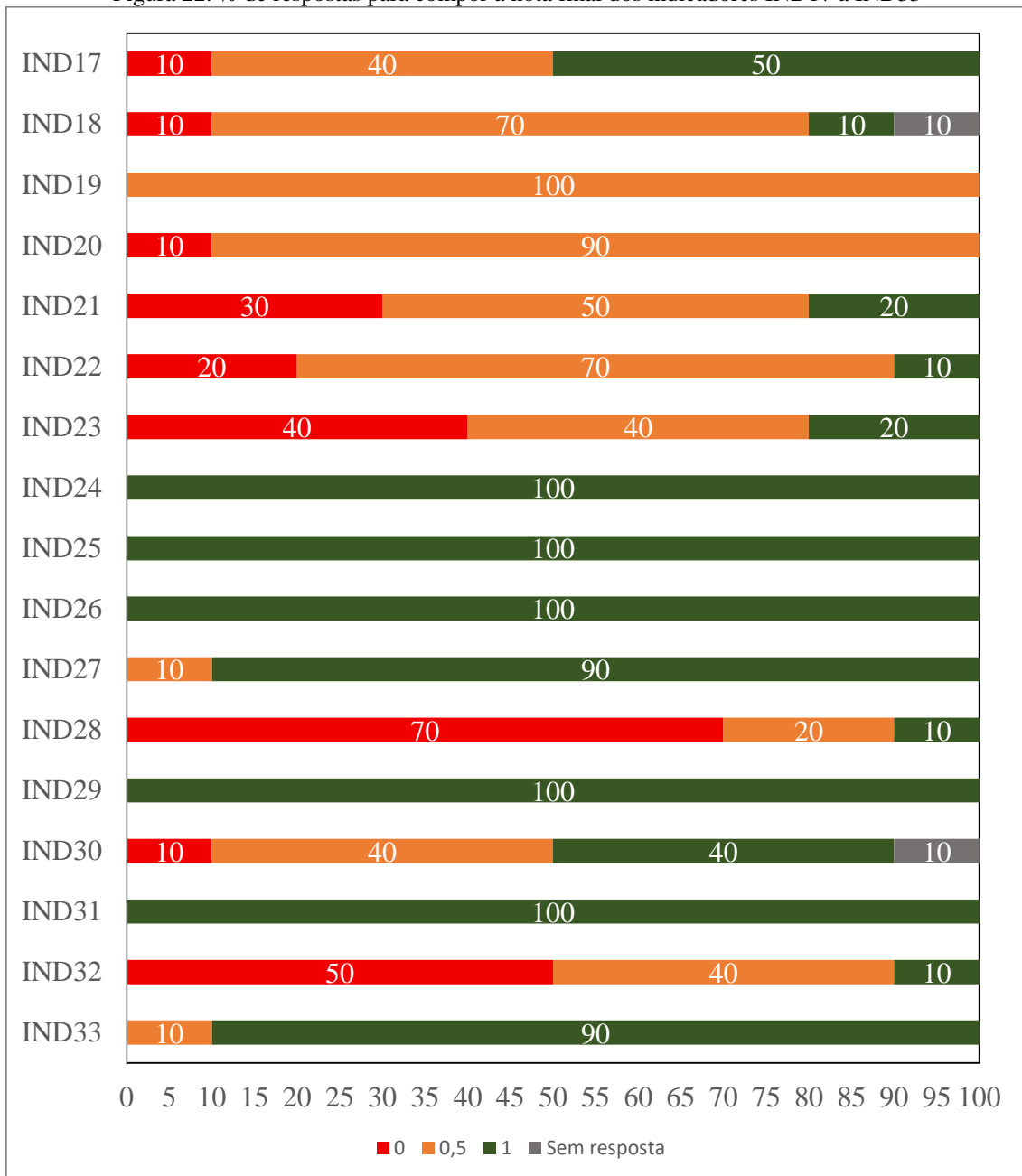
Para cada indicador foi realizada uma análise das respostas dos participantes e aquelas que mais apareceram, constituíram a nota final do indicador, como mostra a Figura 21 e Figura 22.

Figura 21. % de respostas para compor a nota final dos indicadores IND01 a IND16



Fonte: Autora, 2022.

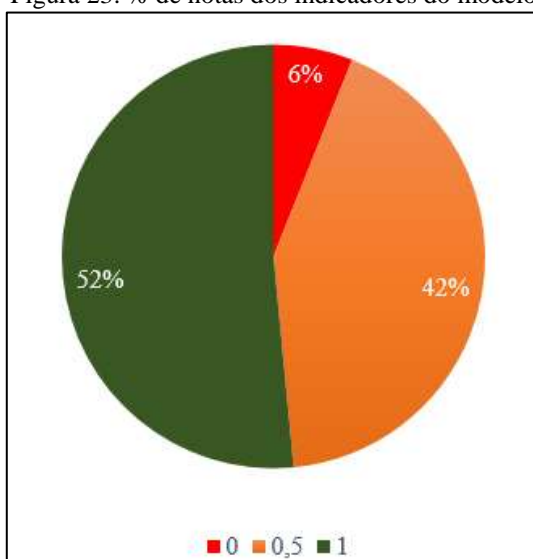
Figura 22. % de respostas para compor a nota final dos indicadores IND17 a IND33



Fonte: Autora, 2022.

Portanto, 52% dos indicadores do modelo receberam nota 1, seguido por 42% que receberam nota 0,5 e 6% que receberam nota 0 (Figura 23).

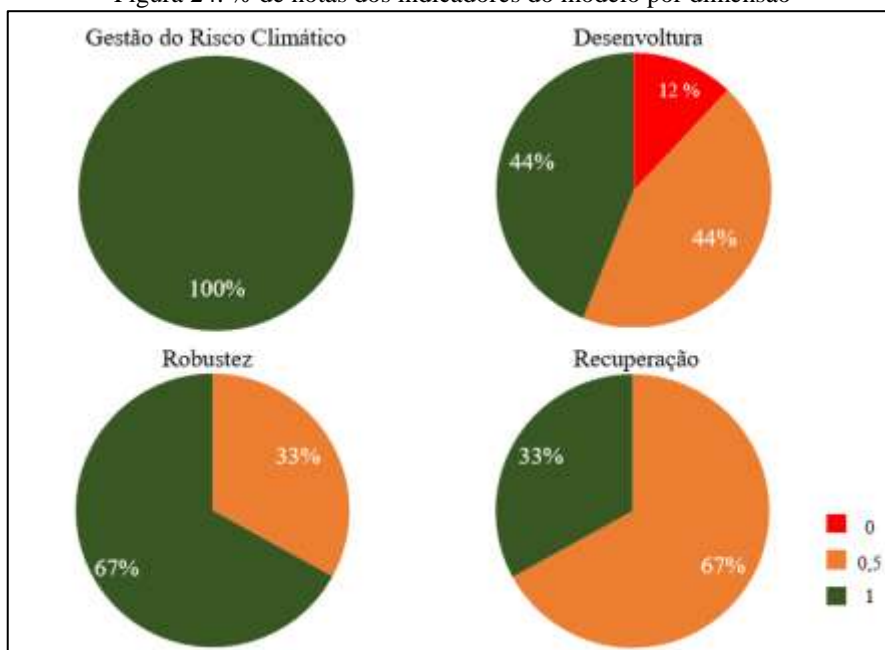
Figura 23. % de notas dos indicadores do modelo



Fonte: Autora, 2022.

Analisando as dimensões do modelo, na dimensão “Gestão do Risco Climático”, 100% dos indicadores receberam nota 1; na dimensão “Desenvoltura”, 11% dos indicadores receberam nota 0, 44% receberam nota 0,5 e 44% receberam nota 1. Na dimensão “Robustez”, nenhum indicador recebeu nota 0, 33% receberam nota 0,5 e 67% nota 1; e na dimensão “Recuperação”, nenhum indicador recebeu nota 0, 67% receberam nota 0,5 e 33% receberam nota 1 (Figura 24).

Figura 24. % de notas dos indicadores do modelo por dimensão



Fonte: Autora, 2022.

Após realizada a análise das respostas para compor a nota final do indicador, a resiliência da operadora foi calculada e analisada como mostra o item 5.4.2.

5.4.2 RESILIÊNCIA DAE JUNDIAÍ

A Tabela 8 apresenta o resultado da aplicação do modelo de avaliação de resiliência elaborado e aplicado no DAE S.A. – Água e Esgoto de Jundiaí.

Tabela 8. Modelo de avaliação de resiliência aplicado na operadora de abastecimento de água de Jundiá DAE S/A – água e esgoto (continua...)

Código	Dimensão	Peso do Indicador (Pi)	Peso Total por Dimensão (Pd)	Peso máxima da dimensão (Pmax)	Peso do indicador relativo ao total da dimensão (Pfi)	Nota do indicador atribuído pela operadora	Resposta ajustada conforme peso	Pontuação da Dimensão	Percentual alcançado da dimensão
IND16	Gestão do Risco Climático	2	8	25	6,25	1	6,25	25,00	1,00
IND25		3			9,38	1	9,38		
IND27		3			9,38	1	9,38		
IND02	Desenvoltura	1	47	25	0,53	0,5	0,27	16,22	0,65
IND03		1			0,53	0,5	0,27		
IND04		1			0,53	0,5	0,27		
IND05		1			0,53	1	0,53		
IND09		1			0,53	1	0,53		
IND12		2			1,06	1	1,06		
IND20		3			1,60	0,5	0,80		
IND21		3			1,60	0,5	0,80		
IND22		3			1,60	0,5	0,80		
IND23		3			1,60	0,5	0,80		
IND24		3			1,60	1	1,60		
IND26		3			1,60	1	1,60		
IND28		3			1,60	0	0,00		
IND29		3			1,60	1	1,60		
IND30		4			2,13	0,5	1,06		
IND31		4			2,13	1	2,13		
IND32	4	2,13	0	0,00					
IND33	4	2,13	1	2,13					
IND06	Robustez	1	9	25	2,78	0,5	1,39	20,83	0,83
IND07		1			2,78	1	2,78		
IND08		1			2,78	1	2,78		
IND13		2			5,56	1	5,56		
IND14		2			5,56	1	5,56		
IND15		2			5,56	0,5	2,78		

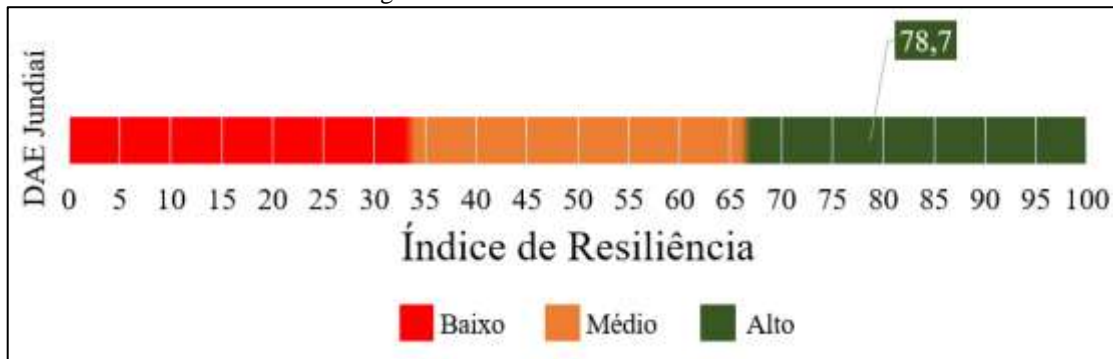
Tabela 8. Modelo de avaliação de resiliência aplicado na operadora de abastecimento de água de Jundiaí DAE S/A – água e esgoto (continuação)

Código	Dimensão	Peso do Indicador (Pi)	Peso Total por Dimensão (Pd)	Peso máxima da dimensão (Pmax)	Peso do indicador relativo ao total da dimensão (Pfi)	Nota do indicador atribuído pela operadora	Resposta ajustada conforme peso	Pontuação da Dimensão	Percentual alcançado da dimensão
IND01	Recuperação	1	12	25	2,08	0,5	1,04	16,67	0,67
IND10		2			4,17	1	4,17		
IND11		2			4,17	0,5	2,08		
IND17		2			4,17	1	4,17		
IND18		2			4,17	0,5	2,08		
IND19		3			6,25	0,5	3,13		
Índice de Resiliência							78,72		

Fonte: Autora, 2022.

A partir da análise das respostas, foi realizado o cálculo para a resiliência no DAE S.A. – Água e Esgoto de Jundiaí, cuja metodologia foi explicada no item 3.3.3. Como resultado, a operadora apresentou uma resiliência de 78,7%, como mostra a Figura 25.

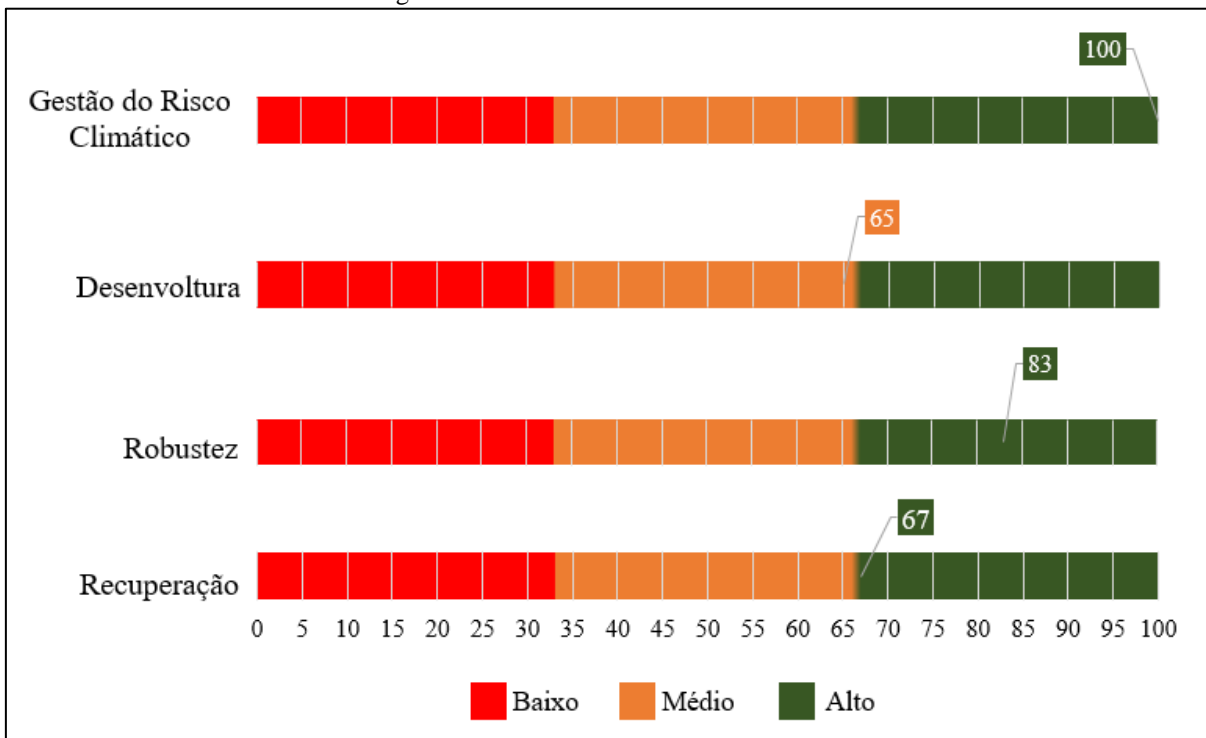
Figura 25. Resiliência do DAE Jundiaí



Fonte: Autora, 2022.

Além disso, foi analisado o alcance do potencial de cada dimensão. Como estabelecido na metodologia (item 3.3.3), por terem sido consideradas de igual importância, cada dimensão corresponde a ¼ do modelo, ou seja, a pontuação de cada dimensão poderia atingir o máximo de 25 pontos. Sendo assim, a dimensão “Gestão do Risco Climático”, “Robustez” e “Recuperação”, apresentaram uma resiliência alta, já a dimensão “Desenvoltura”, apresentou uma resiliência média, como mostra a Figura 26.

Figura 26. Alcance de cada dimensão em %



Fonte: Autora, 2022.

A partir dos resultados e análises da aplicação do modelo no DAE S.A – Água e Esgoto apresentados neste capítulo, conclui-se que a operadora não apresenta um total despreparo em relação ao enfrentamento das consequências dos eventos de seca considerados nesta pesquisa, já que apresentou um alto índice de resiliência (Figura 25).

Além disso, a partir da análise do alcance das dimensões do modelo (Figura 26), é possível visualizar quais dimensões precisam de uma melhoria, o que consequentemente, possibilita a priorização de ações focadas onde realmente são necessárias. Para o DAE S.A – Água e Esgoto, é importante ações focadas principalmente nos indicadores da dimensão “desenvoltura”, porém, apesar de terem apresentado um resultado alto no índice, as dimensões “robustez” e “recuperação” também precisam de atenção, já que estas não apresentaram um alcance de 100% do seu potencial.

Após a aplicação e análise dos resultados do modelo elaborado, foi realizada sua validação juntamente com a operadora, como será apresentado no item 5.5.

5.5 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

A análise e validação do modelo ocorreu por meio de uma oficina (item 5.5.1) com a participação da operadora DAE S.A. – Água e Esgoto e posteriormente pela aplicação de um formulário à operadora (item 5.5.2), como mostra a Figura 27.

Figura 27. Fluxograma da estrutura do item 5.5



Fonte: Autora, 2022.

5.5.1 OFICINA PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

A oficina foi realizada na plataforma GoogleMeet no dia 10 de junho de 2021, onde primeiramente, foi apresentada a pesquisa e sua metodologia e em seguida os resultados e o índice de resiliência calculado. A partir disso, foi realizada uma discussão sobre o modelo e seus indicadores, abordando os seguintes aspectos: a relevância que o modelo apresentou para a operadora; a facilidade de compreensão e entendimento do modelo; a possibilidade de ser aplicado em outras operadoras de diferentes contextos; e a representatividade do modelo, ou seja, se ele captou ou não sua realidade.

Com isso, foi possível concluir que o modelo elaborado é relevante para a operadora, visto que os indicadores têm potencial para auxiliar internamente na visualização do seu desempenho geral, podendo ser útil também para elaboração do plano de saneamento.

Em relação à facilidade de compreensão do modelo, conclui-se que somente a planilha com os indicadores, como foram enviados, pode dificultar sua compreensão, sendo, portanto, necessário um trabalho introdutório, como, por exemplo, uma oficina ou material adicional que explique detalhadamente o modelo e seus indicadores. Foi sugerido pela operadora que esta introdução fosse realizada por meio de uma vídeo aula, o que facilitaria o alcance de outras operadoras, sem necessariamente depender de um horário em comum a todos, e até mesmo replicar na mesma, sendo que equipes ou indivíduos poderiam assisti-la em momentos diferentes.

A operadora entendeu que o modelo captou sua realidade, sendo que o resultado seria útil para os gestores e tomadores de decisão, além da possibilidade de ser facilmente aplicada em outras. Além disso, foi sugerido a elaboração de um material síntese (Apêndice F) para divulgação dos resultados da aplicação do modelo para a operadora.

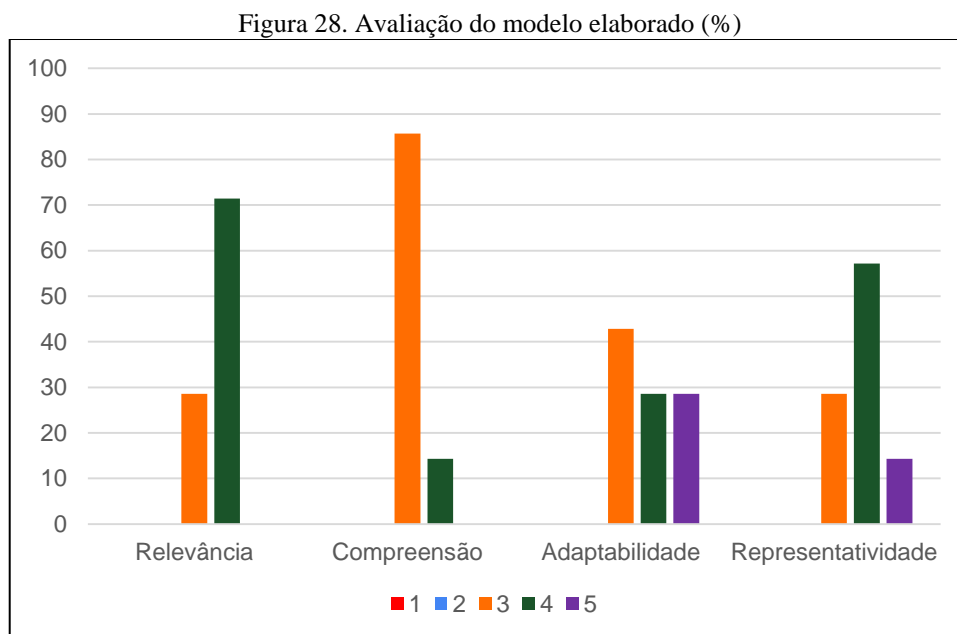
5.5.2 – FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

O formulário elaborado para avaliação e validação do modelo (Apêndice D) foi enviado posteriormente à oficina (item 5.5.1) para a equipe que respondeu os indicadores do modelo (item 5.4). No total de 10 pessoas pertencentes à equipe, foram obtidas um total de 7 respostas ao formulário e seus resultados serão apresentados nos parágrafos seguintes.

Para a avaliação do modelo, os participantes deveriam atribuir uma nota de 1 a 5 (sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota), para relevância, compreensão, adaptabilidade e representatividade do modelo.

Em relação à relevância, 71,43% dos participantes atribuíram a nota 4 e 28,57% atribuíram a nota 3; em relação à compreensão, 85,71% atribuíram a nota 3 e 14,29% a nota 4;

para a adaptabilidade, 42,86% atribuíram a nota 3, 28,57% a nota 4 e 28,57% a nota 5; para a representatividade, 57,14% atribuíram a nota 4, 28,57% a nota 3 e 14,29% a nota 5 (Figura 28).



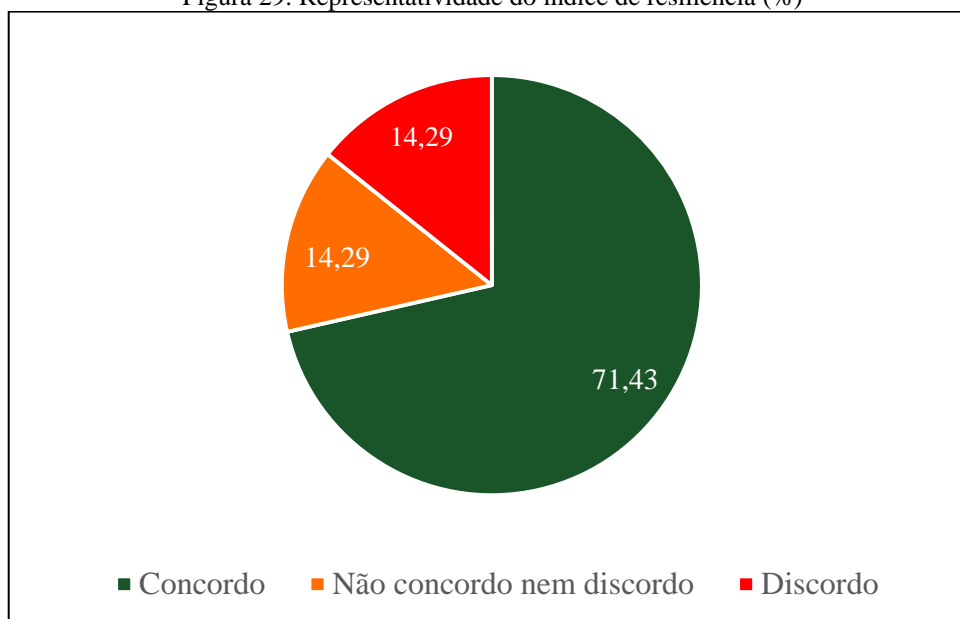
Fonte: Autora, 2022.

Sendo assim, no geral, o modelo apresentou notas maiores que 3 em todas as características analisadas, podendo ser considerado relevante, adaptável e representativo para a operadora e uma facilidade média de compreensão.

Em relação à compreensão, como discutido na oficina realizada, o modelo foi enviado para a operadora sem uma introdução de como este foi elaborado, sendo apenas enviado os indicadores e sua descrição, para que não houvesse influência nas respostas e notas atribuídas pelos participantes. Porém, isto pode ter dificultado o entendimento, resultando em aproximadamente 85% das notas no valor 3 atribuídas para este item na avaliação do modelo (Figura 28).

No geral, pode-se considerar que o modelo de avaliação de resiliência elaborado é representativo, já que 71,43% da equipe participante concordaram com o índice de resiliência no valor de 78,7 resultante da aplicação do modelo (item 5.4), como mostra a Figura 29.

Figura 29. Representatividade do índice de resiliência (%)



Fonte: Autora, 2022.

Além do modelo elaborado, o formulário também avaliou os indicadores que o compõem, a fim de analisar sua relevância, sua facilidade de compreensão e sua representatividade. Sendo assim, os próximos parágrafos mostrarão os resultados desta análise para os indicadores e o Apêndice E apresenta as respostas do formulário.

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise dos indicadores, em termos de nota média para a relevância, nota média para a compreensão e o percentual de respondentes que concordaram com o resultado do indicador, ou seja, a representatividade deste indicador.

Tabela 9. Avaliação e validação dos indicadores (continua...)

Código	INDICADOR	Relevância (Média)	Compreensão (Média)	Representatividade (%)
IND01	Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos	4,14	4	71,43
IND02	Redundância de mananciais para captação	4,86	4,29	100
IND03	Suficiência de barragens	4,57	4,43	71,43
IND04	Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional	4,71	4,43	57,14
IND05	Diversidade de fontes para a captação	4,14	4,43	71,43
IND06	Reparos proativos de infraestruturas	4,71	4	85,71
IND07	Reparos proativos de redes de água	4,86	4,29	71,43
IND08	Sistema operacional	4,29	3,71	42,86
IND09	Construção e modernização de infraestruturas	4,71	4,14	71,43
IND10	Resposta de emergência	4,86	4,14	71,43
IND11	Treinamento de equipe para resposta de emergência	4,14	4	100

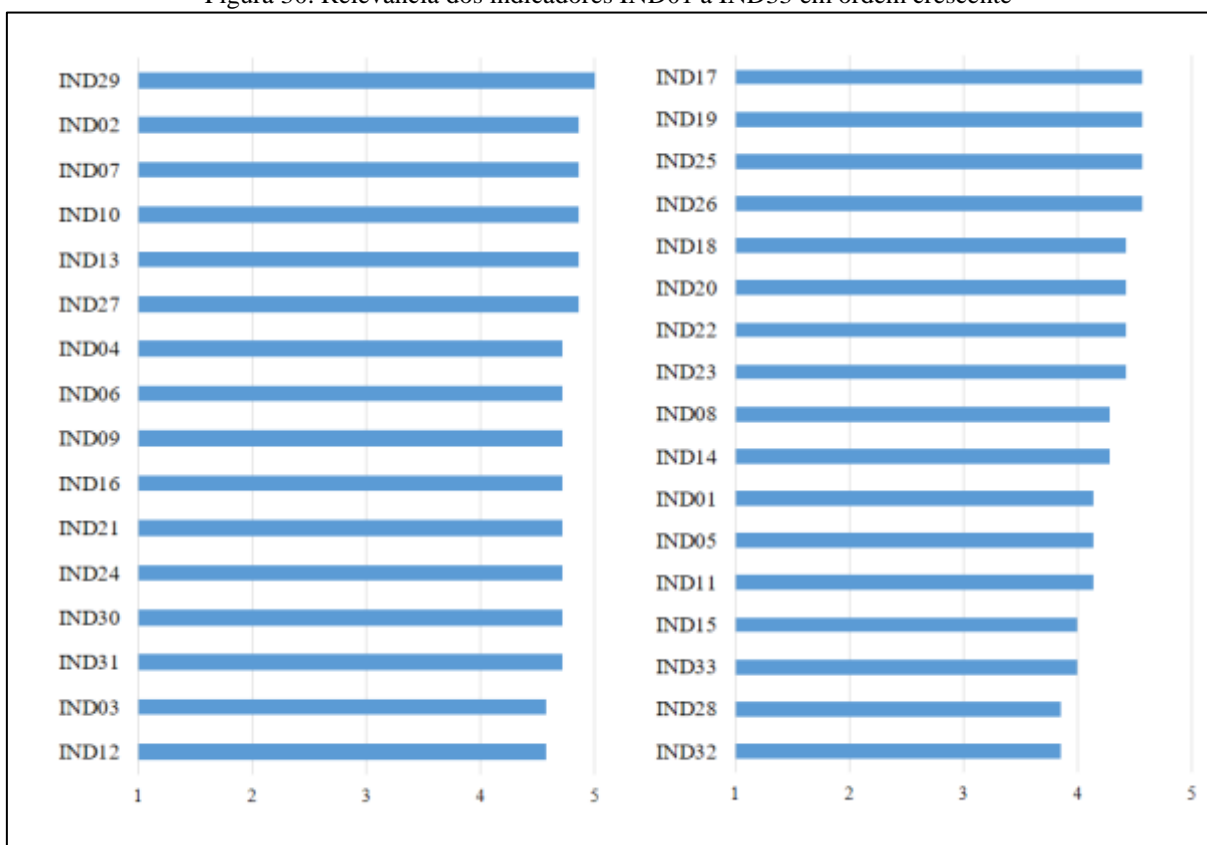
Tabela 9. Avaliação e validação dos indicadores (continuação)

Código	INDICADOR	Relevância (Média)	Compreensão (Média)	Representatividade (%)
IND12	Controle de perdas	4,57	4,14	71,43
IND13	Continuidade dos serviços de abastecimento de água	4,86	4,43	85,71
IND14	Geradores de energia elétrica para falhas no sistema	4,29	4,29	57,14
IND15	Equipe de emergência para eventos climáticos extremos	4	3,86	71,43
IND16	Monitoramento de mananciais	4,71	4,14	71,43
IND17	Comunicação e transparência	4,57	4,14	71,43
IND18	Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise	4,43	4,14	85,71
IND19	Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo	4,57	4,14	85,71
IND20	Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	4,43	4	71,43
IND21	Plano de segurança hídrica	4,71	4,14	71,43
IND22	Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica	4,43	4	71,43
IND23	Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica	4,43	4	57,14
IND24	Programas e ações de conservação e preservação da água	4,71	4,43	85,71
IND25	Informações e cenários climáticos no planejamento	4,57	4	57,14
IND26	Restauração e preservação de ecossistemas	4,57	4,29	57,14
IND27	Projeções de demanda futura	4,86	4,29	71,43
IND28	Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água	3,86	3,57	100
IND29	Planejamento integrado	5	4,29	71,43
IND30	Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água	4,71	4,57	71,43
IND31	Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização	4,71	4,43	85,71
IND32	Campanhas/Ações para coleta de água da chuva	3,86	3,86	85,71
IND33	Investimento em pesquisa científica	4	3,86	71,43

Fonte: Autora, 2022.

Em relação à relevância dos indicadores para o modelo, todos receberam nota maior que 3, sendo que 87,8% receberam nota maior que 4. Os indicadores considerados mais relevantes foram: IND29, IND02 e IND07, já os menos relevantes foram: IND33, IND28 e IND32. A Figura 30 apresenta as médias recebidas para cada indicador em relação à sua relevância, em ordem decrescente.

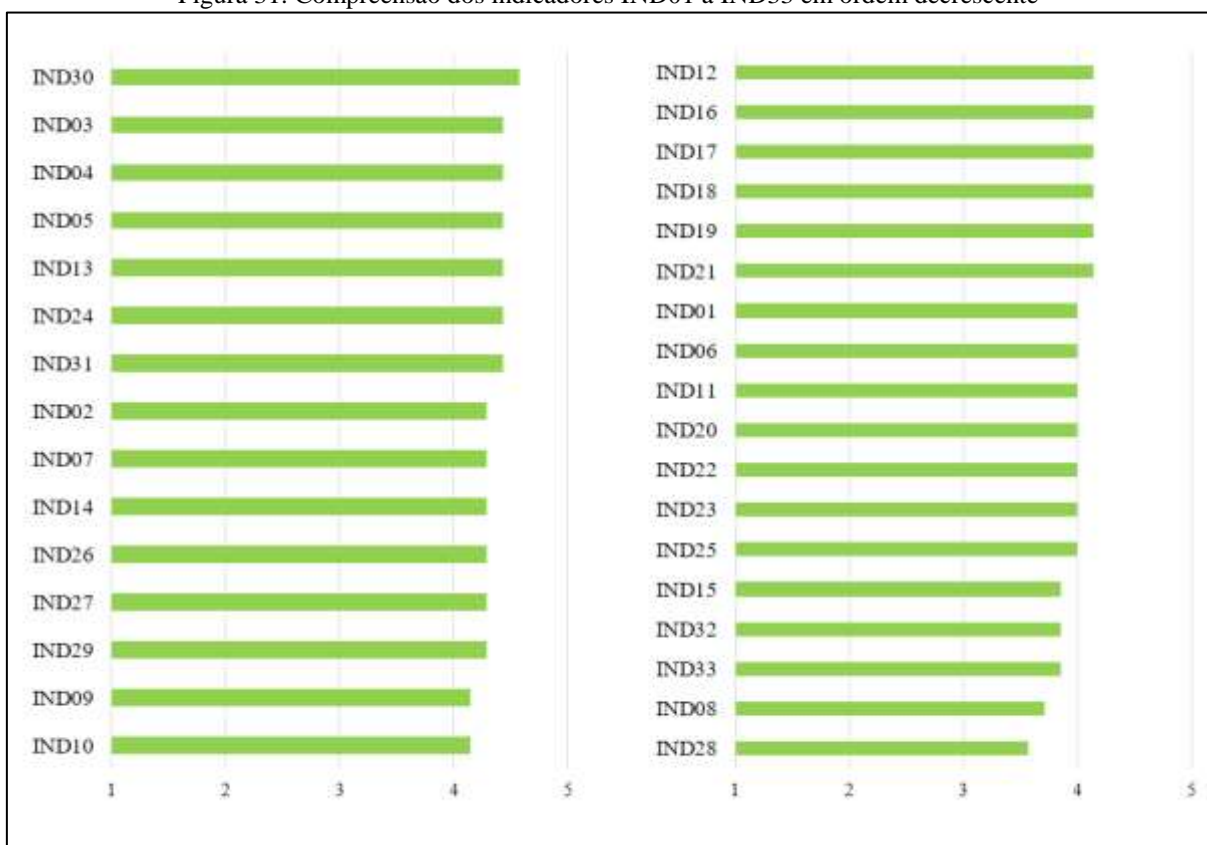
Figura 30. Relevância dos indicadores IND01 a IND33 em ordem crescente



Fonte: Autora, 2022.

Para a compreensão dos indicadores, todos receberam notas maiores que 3, sendo que 63,3% receberam notas maiores que 4. Os indicadores que apresentaram maior facilidade de compreensão foram: IND30, IND03 e IND04, os que apresentaram menor facilidade de compreensão foram: IND33, IND08 e IND28. A Figura 31 apresenta as médias das notas recebidas para cada indicador em relação à sua compreensão, em ordem decrescente.

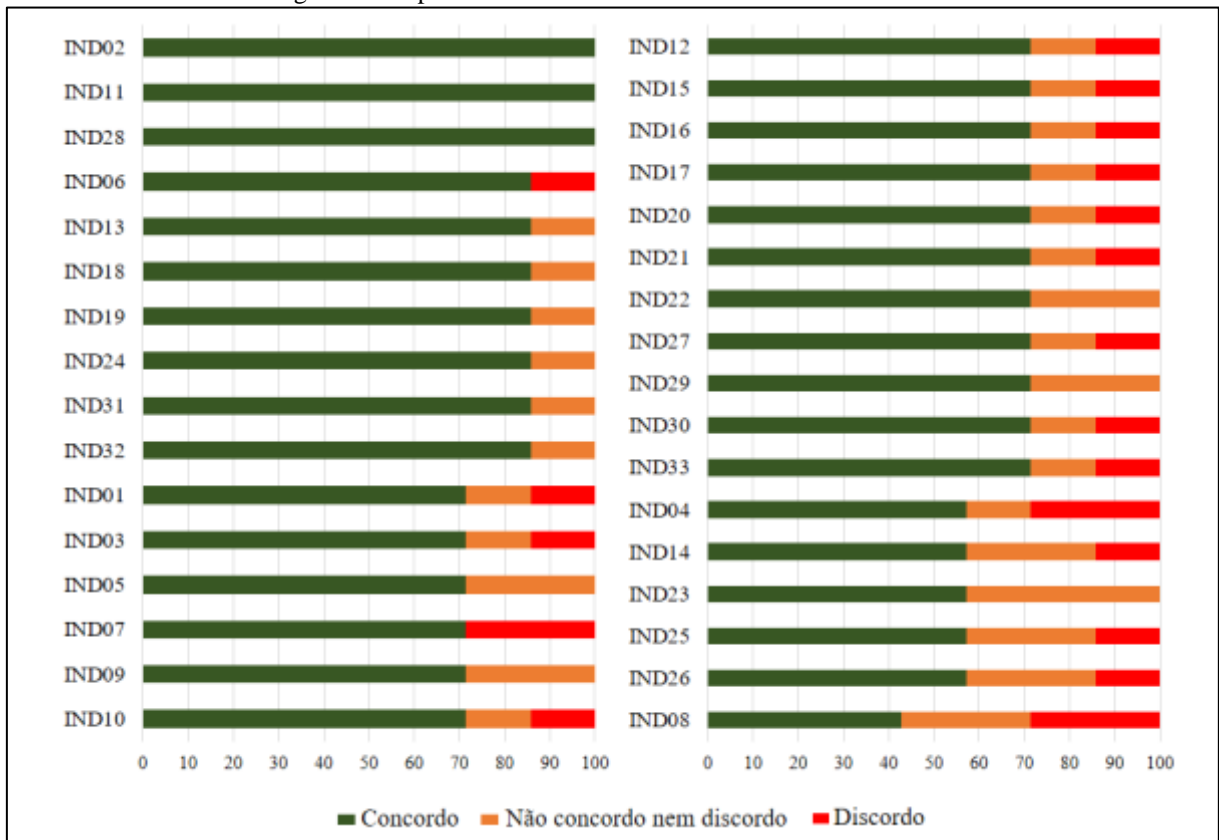
Figura 31. Compreensão dos indicadores IND01 a IND33 em ordem decrescente



Fonte: Autora, 2022.

Quando questionados sobre concordar ou não com o resultado do indicador, no geral, a maioria dos respondentes disseram concordar, sendo portanto que todos os indicadores apresentaram uma maior porcentagem de “concordo” do que de “não concordo nem discordo” e “discordo”. Os indicadores IND02, IND11 e IND28 foram os mais representativos, já os indicadores IND25, IND26 e IND08 foram os menos representativos (Figura 32).

Figura 32. Representatividade dos indicadores IND01 a IND33



Fonte: Autora, 2022.

Sendo assim, o modelo e seus indicadores podem ser considerados como relevantes, representativos e adaptáveis. Em relação à compreensão (Figura 31), apesar de os resultados estarem no geral acima da média, foi a questão que apresentou os menores valores, o que pode ter acontecido pelo fato de que a operadora recebeu os indicadores sem nenhuma explicação prévia, porém, esta questão pode ser resolvida por meio de um trabalho introdutório com os participantes.

6 CONCLUSÕES

Diante do contexto dos eventos extremos e principalmente das questões relacionadas com a seca e crise hídrica, é importante que as operadoras de abastecimento de água incorporem o conceito de resiliência em sua gestão, sendo que, independentemente de apresentarem uma institucionalização ou uma política com enfoque na temática, é essencial que busquem ações com objetivo de aumentar a resiliência, como as práticas e indicadores apresentados nesta pesquisa.

Neste sentido, o modelo de avaliação de resiliência elaborado auxilia as operadoras de abastecimento de água a enfrentarem este problema, já que além de permitir uma análise da resiliência total, também possibilita a visualização dos pontos que apresentaram maior vulnerabilidade, ou seja, aqueles que precisam de mais atenção, se classificando, portanto, como uma ferramenta importante na tomada de decisão e priorização de ações.

Para responder às perguntas de pesquisa levantadas no item 1.1, este trabalho mostrou como avaliar a resiliência dos serviços de abastecimento de água frente a eventos de seca, por meio da elaboração do modelo de avaliação, atingindo assim, o objetivo geral desta pesquisa. Além disso, o item 5.1.2 apresentou os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre o setor, como, por exemplo, os eventos de seca; e os itens 5.1.4 e 5.2.2 apresentaram as práticas que tornam os sistemas mais resilientes.

Considerando a existência de pouco material com esta temática para o contexto e realidade brasileira, -o que foi apontado como pressuposto e parte das perguntas de pesquisa-, o modelo elaborado se faz importante na esfera nacional. Além disso, foi considerado fácil de se adaptar e aplicar para o contexto de outras operadoras além do DAE S.A. - Água e Esgoto, onde foi aplicada.

Em relação aos objetivos específicos, todos eles foram cumpridos, por meio do levantamento dos impactos potenciais das mudanças climáticas no setor, tendo seu foco na questão da seca, apontada pela literatura como um efeito destas mudanças. Também foram identificadas as dimensões e os indicadores para elaboração do modelo, sendo que as práticas levantadas foram adaptadas para compor tais indicadores. E por fim, a resiliência da operadora em estudo foi calculada e analisada, a fim de realizar uma discussão sobre a temática.

Com base na avaliação e validação do modelo elaborado, realizada juntamente com a operadora, conclui-se que o modelo apresentou ser relevante para a operadora onde foi aplicado, representativo para seu contexto e adaptável para ser aplicado em outras operadoras. Porém, mostrou-se necessário que quando aplicado, o modelo seja acompanhado de uma introdução e

explicação, que pode ser feita, por exemplo, por meio de um documento com instruções ou uma vídeo aula explicativa.

Por fim, conclui-se que o modelo se mostrou útil para a operadora em estudo e possível de ser aplicado em outras de diferentes contextos, possibilitando que o índice de resiliência possa ser comparado entre elas e também suas dimensões, indicadores e práticas. Sendo assim, seria possível ainda estabelecer um sistema de *benchmarking*, considerando a importância de a temática ser discutida em nível regional e não somente local.

Considerando que não existe um modelo consolidado para avaliação de resiliência dos sistemas de abastecimento de água, como mostrado ao longo deste documento, ressalta-se a originalidade deste trabalho. Além disso, por não existirem modelos parecidos, destaca-se os desafios encontrados para elaboração deste, sendo necessário levantar uma grande quantidade de informações na tentativa de elaborar indicadores que englobassem todo o sistema de abastecimento. Aponta-se também como desafio encontrado, a incerteza sobre a suficiência dos indicadores elaborados, sendo que esta dúvida só será sanada a partir da aplicação do modelo em outras operadoras e dos ajustes feitos a partir disso.

Um outro desafio a ser destacado é que para análise do modelo pela operadora de abastecimento de água, onde foi aplicado o formulário de avaliação e validação, os setores que participaram deste processo foram: Mananciais, Licenciamento Ambiental, Laboratório, Saneamento e Recursos Hídricos. Entende-se que é importante que outros setores da empresa, principalmente a operação, participe do processo, visto que estes são quem estão mais próximos dos problemas da operadora no dia a dia.

Ressalta-se ainda, a contribuição metodológica desta pesquisa, visto que a metodologia elaborada para definição dos indicadores de avaliação de resiliência passou por diversas etapas e metodologias associadas, embasados tanto na literatura quanto em documentos técnicos.

SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Para pesquisas futuras sugere-se a expansão do modelo, incluindo indicadores não apenas relacionados à seca, mas que englobe outros eventos extremos, principalmente aqueles relacionados a inundações. Sugere-se também um destaque maior para indicadores relacionados à água bruta, levando em consideração sua importância dentro do sistema.

Além disso, sugere-se que o modelo seja aplicado e validado em outras operadoras, já que nesta pesquisa, esta etapa foi realizada apenas com o DAE S.A de Jundiaí, permitindo assim, visões e opiniões diferentes, o que possibilita, portanto, uma melhoria e refinamento do modelo e seus indicadores.

Por fim, sugere-se que o modelo seja aplicado visando a elaboração de um sistema de *benchmarking*, possibilitando o compartilhamento de informações e ajuda mútua entre as operadoras do setor, fazendo que assim, a resiliência aumente de uma forma conjunta a partir dos esforços destas operadoras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADAPTA BRASIL MCTI. **Sobre o AdaptaBrasil MCTI**. 2020. Disponível em: <<https://adaptabrasil.mcti.gov.br/sobre>>. Acesso em janeiro de 2020.

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Mudança Climática, crise hídrica e desafios da governança das águas nas bacias do PCJ**. Documento 1 do Projeto “Eco Cuencas: Bacias e Redistribuição Financeira em Ação”. 2016. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/ecocuencas/informe-ecocuencas-07-16-port.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Planos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010-2020: Relatório Final**. 2015. Disponível em: <www.agenciapcj.org.br/docs/plano-bacias-2010-2020/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf>. Acesso em novembro de 2019.

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Primeira Revisão do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020**. Relatório Final. 2018. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/plano-de-bacias>>. Acesso em outubro de 2019.

ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Variabilidade, anomalia e mudança climática**. Departamento de Ciências Exatas - setor de Agrometeorologia - ESAL/USP–2007. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/variabilidade.pdf>>. Acesso em outubro de 2019.

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection (RAMCAP®) Standard for Risk and Resilience Management of Water and Wastewater Systems**. ANSI/ASME-ITI/AWWA, 2010.

ARCADIS. **Resilience Assessment Final Report**. 2018. Disponível em: <https://www.nwg.co.uk/globalassets/corporate/about-us-pdfs/3.6_resilience_assessment_final_report_-_arcadis.pdf>. Acesso em janeiro de 2020.

ARENALES, A. **Avaliação da Resiliência de uma Empresa de Saneamento frente às Mudanças Climáticas**: Estudo de Caso do município de Araraquara/SP. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

ASHOFTEH, P.; RAJAEI, T.; GOLFAM, P. Assessment of Water Resources Development Projects under Conditions of Climate Change Using Efficiency Indexes (EIs). **Water Resources Management**, v.31, p. 3723–3744, 2017. DOI 10.1007/s11269-017-1701-y. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-017-1701-y>>. Acesso em junho de 2020.

BATES, B.C. et al. **Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, IPCC. Geneva, 2008. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/publication/climate-change-and-water-2/>>. Acesso em fevereiro de 2020.

BIOLCHINI, J. et al. Systematic review in software engineering. System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES, v. 679, n. 5, p. 45, 2005.

BRASIL. **Constituição da República federativa do Brasil de 1988**. BRASÍLIA, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em maio de 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em junho de 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do clima - PNMC e dá outras Providências. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm>. Acesso em novembro de 2019.

BRASIL. **Portaria nº 150, de 10 de maio de 2016**. Institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima e dá outras providências. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22804297/do1-2016-05-11-portaria-n-150-de-10-de-maio-de-2016-22804223>. Acesso em novembro de 2019.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário da União, 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em novembro de 2021.

BRASIL. **Resolução nº 156, de 09 de junho de 2014**. Estabelece diretrizes para a educação, o desenvolvimento de capacidades, a mobilização social, a informação e comunicação para a percepção de riscos e vulnerabilidades, e a prevenção, mitigação e aumento da resiliência frente a desastres inerentes às questões hídricas. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/1731-resolucao-156-ctem-cnrh-acoes-frente-a-desastres-pd/file>>. Acesso em novembro de 2019.

BRYAN, K.; et al. Coping with Drought: Perceptions, Intentions and Decision-Stages of South West England Households. **Water Resources Management**, v.33, p.1185–1202, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11269-018-2175-2>>. Acesso em junho de 2020.

BURCHBACHER, R. **A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?** Boletim regional, urbano e ambiental – IPEA, v.09, p. 11- 24, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5561/1/BRU_n09_teorias.pdf>. Acesso em agosto de 2020.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica**. 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHARLTON, M. B.; ARNELL, N. W. Adapting to climate change impacts on water resources in England - An assessment of draft Water Resources Management Plans. **Global**

Environmental Change, v. 21, p. 238–248, 2011. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2010.07.012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378010000713?via%3Dihub>>. Acesso em junho de 2020.

COÊLHO, B. L.; JORGE, N. L.; MALHEIROS, T. F. **Avaliação de Sustentabilidade: Modelos Sistêmicos Aplicados às Universidades**. In: Anais do II SUSTENTARE e V WIPIS - Workshop Internacional sobre Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos. Anais...Campinas (SP)- PUC-Campinas, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/2_sustentare_5_wipis/306691-avaliacao-de-sustentabilidade-modelos-sistemicos-aplicados-as-universidades/>. Acesso em: maio de 2021.

COHN, A.; BROCK, J. **Building a Climate Resilient Water and Wastewater Utility in New York City**. International Conference on Sustainable Infrastructure. P. 14-25, 2017. DOI: 10.1061/9780784481202.002. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784481202.002>>. Acesso em junho de 2020.

COMITÊ DAS BACIAS PCJ. **Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035: Relatório Final**. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2020.

COMITÊ DAS BACIAS PCJ. **Relatório de situação dos recursos hídricos: versão simplificada; ano base 2019**. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2019.

CONFORTO, C. E.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP. Porto Alegre, 2011.

DAE JUNDIAÍ. **Bacia do Rio Jundiaí-Mirim**. Jundiaí, 2019. Disponível em: <<https://daejudiai.com.br/bacia-do-rio-jundiai-mirim/sub-bacias/>>. Acesso em novembro de 2019.

DAE JUNDIAÍ. **Programa Águas de Jundiaí**. Jundiaí, 2018. Disponível em: <<https://daejudiai.com.br/educacao-ambiental/>>. Acesso em novembro de 2019.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano Diretor de Aproveitamento dos Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista**. 2013. Disponível em: <<http://www.comiteps.sp.gov.br/noticias/plano-diretor-de-aproveitamento-dos-recursos-hidricos-para-a-macrometropole-paulista>>. Acesso em novembro de 2019.

DANILENKO, A.; DICKSON, E.; JACOBSEN, M. **Climate Change and Urban Water Utilities: Challenges & Opportunities**. Water Working Notes, World Bank Group. Note nº.24, April 2010. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/628561468174918089/pdf/542350NWP0WN2410Box345640B01PUBLIC1.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

DIAS, M. A. F. S. Eventos Climáticos Extremos. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 33-40, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99178>>. Acesso em novembro de 2019.

DÍAZ, P.; et al. Shifting paradigms, changing waters: Transitioning to integrated urban water management in the coastal city of Dunedin, USA. **Sustainable Cities and Society**, v. 26, p. 555-567, 2016. DOI: 10.1016/j.scs.2016.03.016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716300476?via%3Dihub>>. Acesso em julho de 2020.

DUARTE, T.R. **O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas na Interface entre Ciência e Políticas Públicas**: Identidades, Geopolítica e Concepções Epistemológicas. Dossiê Sociologias, Porto Alegre, ano 21, n. 51, p. 76-101, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/soc/a/p8Z6JbhJbFtFYcGMmWc6WJy/?lang=pt>>. Acesso em junho de 2020.

EHSANI, N.; et al. Reservoir operations under climate change: Storage capacity options to mitigate risk. **Journal of Hydrology**, v. 555, p. 435–446, 2017.

ENGLE, N. L. Adaptation bridges and barriers in water planning and management: insight from recent extreme droughts in Arizona and Georgia. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 48, p. 1139-1150, 2012.

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Systems Measures of Water Distribution System Resilience**. Washington, USA, 2015.

ERAYDIN, A.; TASAN-KOK, T. **Introduction: Resilience Thinking in Urban Planning**. In: _____. *Resilience Thinking in Urban Planning*. Netherlands, v. 106, p. 1-16, Springer, 2013.

ESPÍNDOLA, I.B.; RIBEIRO, W.C. **Cidades e mudanças climáticas**: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. Caderno Metrópole, São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 365-395, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cm/a/ZY47nWVQJfMfCFcx7Q9hywn/?lang=pt>>. Acesso em junho de 2020.

FISHER, R.E.; et al. **Constructing a Resilience Index for the Enhanced Critical Infrastructure Protection Program**. Decision and Information Sciences Division, Argonne National Laboratory, UChicago Argonne, LLC. 2010.

FISHER-JEFFES, L. N.; et al. **Addressing Water Scarcity in South Africa through the Use of LID**. International Low Impact Development Conference, 2016. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784480540.004>>. Acesso em junho de 2020.

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 253–267, 2016. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959378006000379?token=448EC4D40AE3E6596DEC5F3500DC0477392BA0FE03B33CC7E83C1F6962A5DAF19D4664FEE7C7F1C15A8E234C4ED40571>>. Acesso em novembro de 2019.

FOSTER, S.; MACDONALD, A. The ‘water security’ dialogue: why it needs to be better informed about groundwater. **Hydrogeology Journal**, v. 22, p. 1489-1492, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-014-1157-6>>. Acesso em julho de 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175p.

HAQUE, M. M. et al. Probabilistic Water Demand Forecasting Using Projected Climatic Data for Blue Mountains Water Supply System in Australia. **Water Resources Management**, v.28, p. 1959-1971, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-014-0587-1>>. Acesso em maio de 2020.

HOLLING, C. S.; GUNDERSON, L. H. **Resilience and adaptive cycles**. In: Gunderson L, Holling C (eds) *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington: Island Press, p. 25-62. 2002.

HOWARD, G.; et al. Climate Change and Water and Sanitation: Likely Impacts and Emerging Trends for Action. **Climate Change and Water and Sanitation**, v.1, p. 253-276, 2016. Disponível em: < <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-110615-085856>>. Acesso em agosto de 2020.

HOWARD, G.; et al. Securing 2020 vision for 2030: climate change and ensuring resilience in water and sanitation service. **Journal of Water and Climate Change**, v.1, p. 251-257, 2010. Disponível em: <<https://iwaponline.com/jwcc/article-abstract/1/1/2/31003/Securing-2020-vision-for-2030-climate-change-and?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em setembro de 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/jundiai.html>>. Acesso em novembro de 2019.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **About the IPCC**. 2019. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/about/>>. Acesso em novembro de 2019.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2001.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. 2014.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Living with the Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. 2004. Disponível em: <[unisdr.org/files/657_lwr1.pdf](http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf)>. Acesso em outubro de 2019.

ISLAM, M. R. Rainfall in Bangladesh: Is Rainwater Harvesting a Sustainable Approach for Governing Rainwater? **European Journal of Sustainable Development**, v. 8, p. 433-444, 2019. Disponível em: < <http://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/953>>. Acesso em junho de 2020.

ITB - INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico: Entendendo o saneamento ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. 2012. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

JOANNOU, D.; et al. A Model-Based Engineering Methodology and Architecture for Resilience in Systems-of-Systems: A Case of Water Supply Resilience to Flooding. **Water**, v.11, 2019. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/496>>. Acesso em junho de 2020.

JUNDIÁI. **Lei nº 5.307 de 05 de outubro de 1999**. Autoriza a criação da DAE S/A – Água e Esgoto. Jundiáí – SP, 1999. Disponível em: <http://sapl.jundiai.sp.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/5290_texto_integral.pdf>. Acesso em novembro de 2019.

JUNDIÁI. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Jundiáí, 2017. Disponível em: <<https://jundiai.sp.gov.br/dae/plano-de-saneamento/>>. Acesso em setembro de 2019.

KIM, W.; et al. Assessment of Water Supply Stability for Drought-Vulnerable Boryeong Multipurpose Dam in South Korea Using Future Dry Climate Change Scenarios. **Water**, v. 11,

2019. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/11/2403>>. Acesso em junho de 2020.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. In: Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE. 2007.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S, V, W, B, de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, 2011. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6995/5555>>. Acesso em novembro de 2019.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.

LOW, K.G.; et al. Fighting drought with innovation: Melbourne’s response to the Millennium Drought in Southeast Australia. **Wiley Interdisciplinary Reviews-Water**, v. 2, p. 315-328, 2015. Disponível em: < <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1087>>. Acesso em junho de 2020.

MARENGO, J.A. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima** – Impactos sociais e econômicos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas –GPMC. Número 8 - Maio de 2009 - Edição Especial. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf>. Acesso em novembro de 2019.

MARENGO, J.A.; et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo. n. 106.p. 31-44, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101>>. Acesso em novembro de 2019.

MATONSE, A. H.; et al. Investigating the impact of climate change on New York City’s primary water supply. **Climatic Change**, v. 116, p. 437–456, 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-012-0515-4>>. Acesso em junho de 2020.

MEADOWS, D. **Leverage points: Places to intervene in a system**. Hartland, The Sustainability Institute, 1999.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. 2019a. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>>. Acesso em novembro de 2019.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2019b. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em novembro de 2019.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://hotsite.mma.gov.br/consultapublicapna/wp-content/uploads/sites/15/2015/08/PNA-Volume-1-05.10.15-Vers%C3%A3o-consulta-p%C3%BAblica.pdf>>. Acesso em agosto de 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Protocolo de Quito**. 2019c. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quito.html>>. Acesso em novembro de 2019.

MOREIRA, H.M.; GIOMETTI, A.B. O protocolo de Quito e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, v. 30, n. 1, p 9-47, 2008.

MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plano de Segurança da Água**: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde – Um olhar do SUS. Brasília – DF. 2012. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf>. Acesso em maio de 2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. 17 Objetivos para Transformar nosso Mundo. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em novembro de 2019.

NIAC - NATIONAL INFRASTRUCTURE ADVISORY COUNCIL. **Critical Infrastructure Resilience**: Final Report and Recommendations, U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C. 2009.

NOBRE, C. A. **Mudanças climáticas globais**: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do País. Parcerias Estratégicas. Número 12, Setembro, 2001. Disponível em: <<https://www.cisa.gov/publication/niac-critical-infrastructure-resilience-final-report>>. Acesso em setembro de 2020.

OPARE, S. Adaptation to climate change impacts: coping strategies of an indigenous community in Ghana to declining water supply, **Climate and Development**, 10:1, 73-83, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17565529.2016.1184610>>. Acesso em junho de 2020.

OSPINA, D.A.C. **Indicadores para a Integração da Gestão das Águas Subterrâneas e o Planejamento do Uso e Ocupação do Solo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2018.

PEIXOTO, J. B. **Saneamento básico**: política, marco legal e instrumentos de gestão dos serviços. Fundação Vale, 2013.

PETROSINO, A.; et al. **Dropout Prevention Studies in Developing Countries**: A Systematic Review and Meta-Analysis. SAGE Publications, London, 2014.

PINHO, M.M.L. **Paradiplomacia Ambiental e Econômica no Regime Internacional de Mudanças Climáticas**: a iniciativa Regions Adapt. 2017. Tese (doutorado) – Universidade Católica de Santos, Santos. 2017 Disponível em: <<http://biblioteca.unisantos.br:8181/bitstream/tede/3821/2/Mariangela%20mendes%20Lomba%20Pinho.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**. 2019 Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/odm.aspx>>. Acesso em setembro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **A Cidade**. 2019. Disponível em <<https://jundiai.sp.gov.br/a-cidade/perfil/>>. Acesso em novembro de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Jundiaí**. Jundiaí, 2017.

RIBEIRO, W. C. **Impactos das Mudanças Climáticas em Cidades no Brasil**. Parcerias Estratégicas. Brasília, n. 27, p. 298-322, dez. 2008.

RICKERT, B.; et al. Including aspects of climate change into water safety planning: Literature review of global experience and case studies from Ethiopian urban supplies. *International*

Journal of Hygiene and Environmental Health, v. 222, p. 744–755, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463919301981>>. Acesso em junho de 2020.

RODINA, L.; CHAN, K.M.A. Expert views on strategies to increase water resilience: evidence from a global survey. **Ecology and Society**, v. 24, 2019.

RODRÍGUEZ-ALARCÓN, R.; LOZANO, S. A complex network analysis of Spanish river basins. **Journal of Hydrology**, v. 578, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419307929?via%3Dihub>>. Acesso em junho de 2020.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Crise Hídrica, Estratégias e Soluções da SABESP para a Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf>. Acesso em dezembro de 2019.

SANTOS, J. R.; et al. Water used to be infinite: a Brazilian tale of climate change. **Kybernetes**, v.48, n. 1, p. 143-162, 2019. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/K-11-2017-0438/full/html>>. Acesso em junho de 2020.

SCOTT, C. A.; et al. Scenario Planning to Address Critical Uncertainties for Robust and Resilient Water: Wastewater Infrastructures under Conditions of Water Scarcity and Rapid Development. **Water**, v. 4, p. 848-868, 2012. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/4/4/848>>. Acesso em agosto 2020.

SILVA, P. W.; GRIMM, A.M. **Identificação da variabilidade climática em séries hidrológicas: Revisão de Métodos**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/60/PAP022858.pdf>>. Acesso em junho de 2021.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003– idb 2003. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v..11 - nº 3, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/D4wxfrjFjrnNCyQVqS4MXQR/abstract/?lang=pt>>. Acesso em outubro de 2019.

TEIXEIRA, J.B. **Saneamento rural no Brasil**. In: REZENDE, S.C. (org). Panorama do saneamento básico no Brasil – Vol. VII - Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

TIERNEY, K. BRUNEAU, M. **Conceptualizing and Measuring Resilience: A Key to Disaster Loss Reduction**. TR News, National Academies, Transportation Research Board. 2007.

VIEIRA, B. M. **Região do Sistema Cantareira tem déficit de 20% de chuva em um ano**. G1, São Paulo, 18 de dez. de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/12/18/regiao-do-sistema-cantareira-tem-deficit-de-20percent-de-chuva-em-um-ano-seca-pode-indicar-desabastecimento-de-agua-em-2021-diz-especialista.ghtml>>. Acesso em janeiro de 2021.

VORSTIUS, C.; et al. Large-scale risk screening of raw water quality in the context of drinking water catchments and integrated response strategies. **Environmental Science and Policy**, v.100, p.84–93, 2019. Disponível em: < <https://discovery.dundee.ac.uk/en/publications/large-scale-risk-screening-of-raw-water-quality-in-the-context-of>>. Acesso em novembro de 2020.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF- UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. Suíça, 2017.

ZHANG, X.; et al. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. **Science of the Total Environment**, v. 693, 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719334552>>. Acesso em junho de 2020.

ZHAO, G.; et al. A modeling framework for evaluating the drought resilience of a surface water supply system under non-stationarity. **Journal of Hydrology** v. 563, p. 22–32, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418303640>>. Acesso em junho de 2020.

ZODROW, K.R.; et al. Advanced Materials, Technologies, and Complex Systems Analyses: Emerging Opportunities to Enhance Urban Water Security. **Environ. Sci. Technol.** v. 51, p. 10274–10281, 2017. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b01679>>. Acesso em agosto de 2020.

APÊNDICE A – CARTA CONVITE

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

São Carlos, 10 de setembro de 2019

Ao Departamento de Água e Esgoto – DAE
Prezado Martin de França Silveira Ribeiro,

A ausência dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário agrava os problemas sociais, ambientais e econômicos. Além disso, fere o direito fundamental à saúde e meio ambiente sadio. Preocupado com esta questão, o Brasil é signatário dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que tem entre suas metas a universalização do acesso à água potável e esgotamento sanitário.

Entre os fatores agravantes dos desafios para o cumprimento estas metas, destacam-se os cenários de variabilidade e/ou mudança climática, onde problemas antigos poderão ser agravados e novas dificuldades surgirão devido à vulnerabilidade dos recursos. Isto irá aumentar os riscos sobre a estrutura física dos sistemas de águas e de seus serviços associados.

Diante desta problemática, um conceito chave para se conceber um modelo de avaliação do sistema de abastecimento de água em relação às variabilidades e mudanças climáticas é o da resiliência, que mostra o quanto um sistema é capaz de se reorganizar, aprender e se adaptar diante dos efeitos de perturbações (climáticas).

Sendo assim, este trabalho visa o desenvolvimento de um modelo de avaliação de resiliência do sistema de abastecimento de água frente às mudanças climáticas de forma sistêmica e o diagnóstico das práticas relacionados aos serviços de água.

O projeto será coordenado pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP), e realizado em parceria com a Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (FSP/USP), Instituto de Astronomia, Geofísica, e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo (IAG/USP), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP/USP), Universidade de Stuttgart (Alemanha) e a Universidade de Michigan (Estados Unidos).

O projeto de pesquisa tem caráter aplicado e deseja-se uma participação ativa da operadora na concepção e na aplicação do modelo a ser desenvolvido, o que irá gerar um produto real e útil. Ou seja, espera-se que a pesquisa não seja apenas uma coleta de dados dos municípios, mas, que seja um produto que tenha utilidade. Os resultados almejados irão contribuir significativamente para análise de risco da empresa frente às mudanças climáticas. Sendo assim, será possível definir medidas mais eficientes de adaptação, reduzindo desta forma, sua vulnerabilidade e aumentando sua resiliência. É importante ressaltar que essa pesquisa irá beneficiar não apenas a empresa, que estará mais preparada diante dos possíveis eventos climáticos, mas toda a população do município atendida por ela.

Nesse sentido, gostaríamos de convidar o DAE para ser parceiro desse projeto de pesquisa aplicado para a construção da plataforma de avaliação de resiliência do setor de saneamento. Em anexo, segue o resumo executivo do projeto em questão.

Atenciosamente,

Prof. Tadeu Malheiros

Nayara L. Jorge

Escola de Engenharia de São Carlos/USP

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

Município:	Operadora:	
População:	População atendida:	
Possui Plano de Saneamento: () Sim () Não () Em elaboração	Ano:	
Responsável técnico ETA:	Contato:	
Responsável técnico ETE:	Contato:	
Ano de construção das unidades:	ETA:	ETE:
Sistema de Tratamento ETA:		
Sistema de Tratamento ETE:		

Questionário de Percepção - NUPS-EESC-USP

1. O município sofreu com a crise hídrica de 2013-2015?

SIM

NÃO

Se a resposta for SIM, dar prosseguimento ao primeiro bloco:

BLOCO I - Crise Hídrica (2013-2015)

1.1. A operadora tomou algumas dessas medidas para amenizar os impactos negativos causados pela crise hídrica?

- Alterou os horários de funcionamento dos sistemas de tratamento;
- Alterou algum processo de sua operação;

- Deixou de atender algum parâmetro de qualidade;
- Tomou medidas para evitar os riscos com novas crises;
- Fez alterações estruturais nos sistemas de tratamento;
- Se outras, indicar:

1.2. Os impactos da crise hídrica foram convertidos em termos de tarifa?

SIM, de forma temporária;

SIM, de forma permanente;

NÃO, de forma temporária;

NÃO, de forma permanente;

1.3. Qual etapa de tratamento foi mais afetada pela crise hídrica?

BLOCO II - Mudanças climáticas e Resiliência

2. A operadora considera que incorpora o conceito de resiliência no seu cotidiano?

SIM, pois nossa operação considera todas as normas técnicas vigentes

SIM, pois nossas ações são pautadas nos preceitos da sustentabilidade

SIM, pois nosso sistema e operação está preparado para momentos críticos

NÃO, pois nosso sistema e operação ainda precisam de adequações

NÃO, pois nossas ações ainda não são pautadas na sustentabilidade

3. A empresa busca se espelhar nas boas práticas e rankings nacionais de atendimento do serviço de saneamento por parte das operadoras (públicas e privadas) utilizando para isso os preceitos do Benchmarking?

SIM, utilizamos tal ferramenta de forma ampla

SIM, mas a utilizamos de modo restrito

NÃO, não utilizamos tal ferramenta

NÃO, pois não conhecemos tal ferramenta

NÃO, pois o sistema e operação não são preparados para momentos críticos

4. Como a operadora enxerga o atendimento de seu serviço nas áreas de vulnerabilidade social? Acredita que suas metas e objetivos são focados para a universalização desses serviços?
5. A operadora considera importante observar os efeitos das mudanças climáticas/Eventos Climáticos Extremos em sua gestão e operação?
6. Como é realizado o monitoramento da disponibilidade hídrica?
7. A operadora investe em novas tecnologias considerando os eventos climáticos extremos?
8. A operadora investe em cursos de capacitação e treinamento para os funcionários voltados para atender eventos climáticos extremos?
9. Possui modelo de gestão de riscos para identificar os setores de distribuição mais críticos em caso de baixa disponibilidade hídrica?

APÊNDICE C - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA RBS

Protocolo de Avaliação da Revisão Bibliográfica Sistemática											
Título	País	Ano de publicação	Autor	Periódico	Tipo	Processo 1			Processo 2		
						Critérios de inclusão			Critérios de análise		
						A	B	C	Impactos	Atributos	Práticas

APÊNDICE D – FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRENTE A EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Este questionário foi elaborado com o objetivo de avaliar e validar o modelo elaborado para avaliação de resiliência dos sistemas de abastecimento de água frente a eventos climáticos extremos. Seu feedback é muito importante e nos ajudará a melhorar o modelo.

Qualquer dúvida, envie um e-mail para nayara.ljorge@usp.br

***Obrigatório**

1. Nome *

2. Cargo *

3. E-mail *

MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Atribua uma nota de 1 a 5* para as seguintes características em relação ao Modelo de Avaliação de Resiliência para a operadora de abastecimento de água:

*Sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota.

Legenda:

Relevância: Refere-se à relevância que o modelo apresenta para a operadora de abastecimento de água no seu dia a dia, em relação ao contexto das mudanças climáticas;

Compreensão: Refere-se à facilidade de compreensão e entendimento do modelo;

Adaptabilidade: Refere-se à possibilidade do modelo ser aplicado em outras operadoras de diferentes contextos;

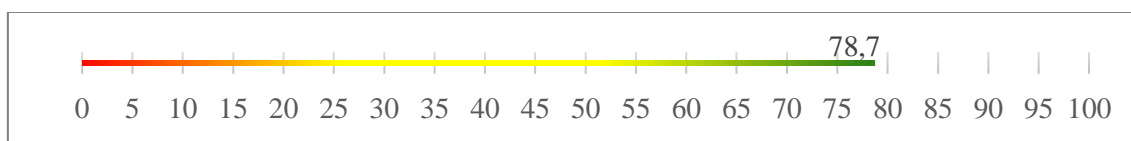
Representatividade: Refere-se à representatividade do modelo para a operadora, ou seja, se o modelo captou ou não a realidade da operadora.

4. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compreensão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adaptabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Representatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Você concorda com o resultado do Índice de Resiliência da operadora DAE-Jundiá apresentado na imagem abaixo? *



Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

6. Comentários/Sugestões para o Modelo de Avaliação de Resiliência

Avaliação dos Indicadores IND01 a IND10

Atribua uma nota de 1 a 5* para as seguintes características dos Indicadores de 01 a 10 em relação ao modelo de avaliação de resiliência:

*Sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota.

Legenda:

Relevância: Refere-se à relevância do indicador dentro do modelo de avaliação;

Facilidade de Compreensão do indicador: Refere-se à compreensão e entendimento do indicador.

IND01 - Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos

Situação quanto à existência ou não do armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos (por exemplo bombas, motores, geradores, etc.).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

7. IND01 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Você concorda com o resultado do IND01 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND01	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

9. Comentários/Sugestões para o IND01

IND02 - Redundância de mananciais para captação

Situação quanto à suficiência ou não dos mananciais existentes para captação (se consegue atender a demanda da população em situações normais ou em situações de eventos extremos).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a suficiência (1,0); em partes (0,5); e insuficiência (0).

10. IND02 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Você concorda com o resultado do IND02 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND02	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

12. Comentários/Sugestões para o IND02

IND03 - Suficiência de barragens

Situação quanto à suficiência ou não das barragens existentes para atender a demanda da população (se consegue atender a demanda da população em situações normais ou em situações de eventos extremos).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a suficiência (1,0); em partes (0,5); e insuficiência (0).

13. IND03 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Você concorda com o resultado do IND03 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND03	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

15. Comentários/Sugestões para o IND03

IND04 - Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional

Situação quanto à realização ou não de reciclagem e reutilização de água em seu sistema operacional.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e não realização (0).

16. IND04 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Você concorda com o resultado do IND04 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND04	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

18. Comentários/Sugestões para o IND04

IND05 - Diversidade de fontes para a captação

Situação quanto à existência ou não de mais de um tipo de fonte que a operadora possui para captação (Ex.: superficial, subterrâneo).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); e inexistência (0).

19. IND05 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Você concorda com o resultado do IND05 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND05	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

21. Comentários/Sugestões para o IND05

IND06 - Reparos proativos de infraestruturas

Situação quanto à existência ou não da realização de reparos proativos em todas as suas infraestruturas.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

22. IND06 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. Você concorda com o resultado do IND06 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND06	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

24. Comentários/Sugestões para o IND06

IND07 - Reparos proativos de redes de água

Situação quanto à realização ou não de reparos proativos em todas as suas redes de água.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

25. IND07 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Você concorda com o resultado do IND07 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND07	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

27. Comentários/Sugestões para o IND07

IND08 - Sistema operacional

Situação quanto à existência ou não de melhorias no seu sistema operacional.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

28. IND08 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. Você concorda com o resultado do IND08 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND08	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

30. Comentários/Sugestões para o IND08

IND09 - Construção e modernização de infraestruturas

Situação quanto a priorização ou não de construção e modernização de infraestruturas para melhor gerenciar o abastecimento, como por exemplo reservatórios de contingência de seca e poços.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a priorização (1,0); em partes (0,5); e não priorização (0).

31. IND09 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. Você concorda com o resultado do IND09 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND09	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

33. Comentários/Sugestões para o IND09

IND10 - Resposta de emergência

Situação quanto à existência ou não de uma abordagem para resposta de emergência (de qualquer tipo).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

34. IND10 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. Você concorda com o resultado do IND10 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND10	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

36. Comentários/Sugestões para o IND10

Avaliação dos Indicadores
IND11 a IND21

Atribua uma nota de 1 a 5* para as seguintes características dos Indicadores de 11 a 21:

*Sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota.

IND11 - Treinamento de equipe para resposta de emergência

Situação quanto à existência ou não de treinamento da equipe para respostas de emergência (de qualquer tipo).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

37. IND11 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

38. Você concorda com o resultado do IND11 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND11	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

39. Comentários/Sugestões para o IND11

IND12 - Controle de perdas

Situação quanto à existência ou não de planos e ações sobre controle de perdas.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

40. IND12 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

41. Você concorda com o resultado do IND12 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND12	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

42. Comentários/Sugestões para o IND12

IND13 - Continuidade dos serviços de abastecimento de água

Situação quanto à continuidade ou não dos serviços de abastecimento de água.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a continuidade (1,0); em partes (0,5); e intermitência (0).

43. IND13 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

44. Você concorda com o resultado do IND13 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND13	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

45. Comentários/Sugestões para o IND13

IND14 - Geradores de energia elétrica para falhas no sistema

Situação quanto à utilização ou não de geradores de energia elétrica para o caso de falhas no sistema.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a utilização (1,0); em partes (0,5); e não utilização (0).

46. IND14 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

47. Você concorda com o resultado do IND14 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND14	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

48. Comentários/Sugestões para o IND14

IND15 - Equipe de emergência para eventos climáticos extremos

Situação quanto à existência ou não de uma equipe de emergência que possa ser acionada em caso de eventos climáticos extremos.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

49. IND15 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

50. Você concorda com o resultado do IND15 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND15	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

51. Comentários/Sugestões para o IND15

IND16 - Monitoramento de mananciais

Situação quanto à realização do monitoramento constante dos seus mananciais.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

52. IND16 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

53. Você concorda com o resultado do IND16 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND16	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

54. Comentários/Sugestões para o IND16

IND17 - Comunicação e transparência

Situação quanto à existência ou não de comunicação e transparência sobre possíveis eventos extremos.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

54. IND17 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

55. Você concorda com o resultado do IND17 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND17	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

56. Comentários/Sugestões para o IND17

IND18 - Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise

Situação quanto à existência ou não de compartilhamento de informações entre as operadoras visando mitigar situações de crise.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

57. IND18 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

58. Você concorda com o resultado do IND18 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND18	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

59. Comentários/Sugestões para o IND18

IND19 - Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo

Situação quanto à existência ou não de medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

60. IND19 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

61. Você concorda com o resultado do IND19 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND19	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

62. Comentários/Sugestões para o IND19

IND20 - Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos

Situação quanto à existência ou não de políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

63. IND20 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

64. Você concorda com o resultado do IND20 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND20	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

65. Comentários/Sugestões para o IND20 *

IND21 - Plano de segurança hídrica

Situação quanto à existência ou não de um plano que visa a segurança hídrica.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

66. IND21 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

67. Você concorda com o resultado do IND21 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND21	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

68. Comentários/Sugestões para o IND21

Avaliação dos Indicadores
IND22 a IND33

Atribua uma nota de 1 a 5* para as seguintes características dos Indicadores de 22 a 33:

*Sendo 1 a menor nota e 5 a maior nota.

IND22 - Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica

Situação quanto à inclusão ou não de aspectos de mudança climática e eventos climáticos extremos no plano de segurança hídrica.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a inclusão (1,0); em partes (0,5); e não inclusão (0).

69. IND22 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

70. Você concorda com o resultado do IND22 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND22	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

71. Comentários/Sugestões para o IND22

IND23 - Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica

Situação quanto à inclusão ou não de aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a inclusão (1,0); em partes (0,5); e não inclusão (0).

72. IND23 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

73. Você concorda com o resultado do IND23 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND23	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

74. Comentários/Sugestões para o IND23

IND24 - Programas e ações de conservação e preservação da água

Situação quanto à existência ou não de programas e ações de conservação e preservação da água em seus mananciais.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

75. IND24 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

76. Você concorda com o resultado do IND24 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND24	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

77. Comentários/Sugestões para o IND24

IND25 - Informações e cenários climáticos no planejamento

Situação quanto à utilização ou não de informações e cenários climáticos (informações históricas, projeções futuras, modelos hidrometeorológicos, etc.) para o planejamento.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a utilização (1,0); em partes (0,5); e não utilização (0).

78. IND25 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

79. Você concorda com o resultado do IND25 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND25	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

80. Comentários/Sugestões para o IND25

IND26 - Restauração e preservação de ecossistemas

Situação quanto a realização ou não de ações para restaurar e preservar ecossistemas.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e não realização (0).

81. IND26 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

82. Você concorda com o resultado do IND26 apresentado na imagem abaixo?

Código	Resposta da Operadora
IND26	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

83. Comentários/Sugestões para o IND26

IND27 - Projeções de demanda futura

Situação quanto à existência ou não de um planejamento com projeções de demanda futura.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

84. IND27 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

85. Você concorda com o resultado do IND27 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND27	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

86. Comentários/Sugestões para o IND27

IND28 - Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água

Situação quanto à existência ou não de coleta e tratamento da água da chuva para aumentar o suprimento de água da operadora.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

87. IND28 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

88. Você concorda com o resultado do IND28 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND28	0

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

89. Comentários/Sugestões para o IND28

IND29 - Planejamento integrado

Situação quanto à existência ou não de um planejamento integrado com o governo municipal, estadual e federal; comitês de bacias hidrográficas; e outros atores sobre os recursos hídricos e cenários climáticos futuros.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

90. IND29 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

91. Você concorda com o resultado do IND29 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND29	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

92. Comentários/Sugestões para o IND29

IND30 - Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água

Situação quanto à realização ou não de campanhas/ações para incentivar seus usuários a reciclar e reutilizar a água.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e não realização (0).

93. IND30 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

94. Você concorda com o resultado do IND30 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND30	0,5

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

95. Comentários/Sugestões para o IND30

IND31 - Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização

Situação quanto à realização ou não de campanhas/ações para conscientização e sensibilização dos seus usuário.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a realização (1,0); em partes (0,5); e não realização (0).

96. IND31 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

97. Você concorda com o resultado do IND31 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND31	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
- Discordo
- Não concordo nem discordo

98. Comentários/Sugestões para o IND31

IND32 - Campanhas/Ações para coleta de água da chuva

Situação quanto à existência ou não de campanhas/ações para incentivar seus usuários a coletar água da chuva para reutilização.

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

99. IND32 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

100. Você concorda com o resultado do IND32 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND32	0

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
 Discordo
 Não concordo nem discordo

101. Comentários/Sugestões para o IND32

IND33 - Investimento em pesquisa científica

Situação quanto à existência ou não de investimentos (financeiro ou não) em pesquisa científica sobre as mudanças climáticas e resiliência (ex.: parcerias com universidades).

Resposta: Indicador proveniente da atribuição de ponderação para a existência (1,0); em partes (0,5); e inexistência (0).

102. IND33 *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Relevância (para o modelo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Compreensão do indicador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

103. Você concorda com o resultado do IND33 apresentado na imagem abaixo? *

Código	Resposta da Operadora
IND33	1

Marcar apenas uma oval.

- Concordo
 Discordo
 Não concordo nem discordo

104. Comentários/Sugestões para o IND33


APÊNDICE E - RESPOSTAS DO FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Participantes		1	2	3	4	5	6	7	
Modelo de Avaliação de Resiliência	Características	Respostas							
	Relevância	4	4	3	4	4	3	4	
	Compreensão	3	3	3	3	3	3	4	
	Adaptabilidade	3	5	5	3	4	3	4	
	Representatividade	4	5	3	4	4	3	4	
	Você concorda com o resultado do Índice de Resiliência?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
Indicadores	IND01	Relevância	3	5	4	4	5	4	4
		Compreensão	3	5	5	5	3	3	4
		Você concorda com o resultado do IND01?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo
	IND02	Relevância	5	5	5	5	5	5	4
		Compreensão	3	5	5	5	4	4	4
		Você concorda com o resultado do IND02?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
	IND03	Relevância	4	5	4	5	5	5	4
		Compreensão	4	5	5	5	4	4	4
		Você concorda com o resultado do IND03?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
	IND04	Relevância	5	5	5	4	5	5	4
		Compreensão	4	5	5	4	4	4	5
		Você concorda com o resultado do IND04?	Concordo	Nem concordo nem discordo	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
	IND05	Relevância	3	5	3	4	5	5	4
		Compreensão	5	5	5	4	4	4	4
		Você concorda com o resultado do IND05?	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo
	IND06	Relevância	5	5	5	4	5	5	4
		Compreensão	4	5	5	4	4	3	3
		Você concorda com o resultado do IND06?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
	IND07	Relevância	5	5	5	5	5	5	4
		Compreensão	4	5	5	5	4	3	4
		Você concorda com o resultado do IND07?	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Discordo
	IND08	Relevância	5	5	3	4	5	4	4

	Compreensão	3	5	3	4	4	3	4
	Você concorda com o resultado do IND08?	Não concordo nem discordo	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
IND09	Relevância	5	5	5	4	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	4	3	4
	Você concorda com o resultado do IND09?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND10	Relevância	5	5	5	4	5	5	5
	Compreensão	4	5	5	3	4	3	5
	Você concorda com o resultado do IND10?	Concordo	Concordo	Discordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND11	Relevância	5	5	3	4	3	5	4
	Compreensão	3	5	5	4	3	4	4
	Você concorda com o resultado do IND11?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
IND12	Relevância	5	5	5	3	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	4	3	4
	Você concorda com o resultado do IND12?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Discordo	Concordo
IND13	Relevância	5	5	5	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	5	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND13?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND14	Relevância	5	5	3	3	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	3	5	4	4
	Você concorda com o resultado do IND14?	Concordo	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND15	Relevância	5	5	3	3	4	5	3
	Compreensão	4	5	5	3	4	3	3
	Você concorda com o resultado do IND15?	Discordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
IND16	Relevância	5	5	5	4	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	5	3	3
	Você concorda com o resultado do IND16?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
IND17	Relevância	5	5	4	4	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	5	2	4

	Você concorda com o resultado do IND17?	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND18	Relevância	5	5	5	3	4	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	3	5	3	3	4
	Você concorda com o resultado do IND18?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND19	Relevância	5	5	5	4	5	4	4	4
	Compreensão	4	5	5	3	5	3	3	4
	Você concorda com o resultado do IND19?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND20	Relevância	5	5	5	4	4	5	5	3
	Compreensão	5	5	5	4	4	2	2	3
	Você concorda com o resultado do IND20?	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND21	Relevância	5	5	5	3	5	5	5	5
	Compreensão	4	5	5	3	4	3	3	5
	Você concorda com o resultado do IND21?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
IND22	Relevância	5	5	3	4	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	3	4	4	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND22?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND23	Relevância	5	5	3	4	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	3	4	4	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND23?	Não concordo nem discordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND24	Relevância	5	5	5	3	5	5	5	5
	Compreensão	4	5	5	3	5	4	4	5
	Você concorda com o resultado do IND24?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND25	Relevância	5	5	4	4	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	4	3	4	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND25?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
IND26	Relevância	5	5	5	3	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	3	5	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND26?	Não concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo	Discordo


		nem discordo					nem discordo	
IND27	Relevância	5	5	5	5	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	4	4	4
	Você concorda com o resultado do IND27?	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND28	Relevância	5	5	3	3	3	5	3
	Compreensão	5	5	3	3	3	3	3
	Você concorda com o resultado do IND28?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
IND29	Relevância	5	5	5	5	5	5	5
	Compreensão	5	5	5	4	4	2	5
	Você concorda com o resultado do IND29?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND30	Relevância	5	5	5	3	5	5	5
	Compreensão	5	5	5	3	5	4	5
	Você concorda com o resultado do IND30?	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND31	Relevância	5	5	5	4	5	5	4
	Compreensão	4	5	5	4	5	4	4
	Você concorda com o resultado do IND31?	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
IND32	Relevância	5	5	3	3	3	5	3
	Compreensão	4	5	5	3	3	4	3
	Você concorda com o resultado do IND32?	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo
IND33	Relevância	5	5	3	3	4	5	3
	Compreensão	4	5	5	3	4	3	3
	Você concorda com o resultado do IND33?	Concordo	Discordo	Concordo	Concordo	Concordo	Não concordo nem discordo	Concordo



Modelo de Avaliação de Resiliência frente a Eventos de Seca

DAE S/A - ÁGUA E ESGOTO JUNDIAÍ

Julho de 2021



Relatório Síntese do Modelo de Avaliação de
Resiliência frente a Eventos de Seca

DAE S/A - ÁGUA E ESGOTO JUNDIAÍ

Julho de 2021

Elaboração:

Nayara Luciana Jorge

Tadeu Fabrício Malheiros



AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

Este relatório traz uma síntese do modelo elaborado na pesquisa de mestrado (JORGE, 2021) e sua aplicação no DAE S.A. - Água e Esgoto do município de Jundiaí-SP como estudo de caso, a partir de uma equipe composta por 10 funcionários da operadora.

Outras informações podem ser consultadas no documento completo:

JORGE, N.L. Avaliação de Resiliência dos Serviços de Abastecimento de Água frente a Cenários Futuros de Seca: estudo de caso no Município de Jundiaí/SP. 2021. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

Sumário

- 01 — Introdução**
- 02 — Modelo de Avaliação de Resiliência frente a eventos de seca**
- 03 — Indicadores do modelo**
- 04 — Dimensões do modelo**
- 05 — Como calcular a resiliência?**
- 06 — Resiliência do DAE S.A. - Água e Esgoto**
- 07 — Aplicação do modelo no DAE S.A. - Água e Esgoto**

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE/S.A. - ÁGUA E ESGOTO

1 Introdução

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2014), indica que o risco da ocorrência de eventos climáticos extremos cresce com o aumento da temperatura média global, o que sugere a necessidade de um planejamento e adequação de infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos.

Neste contexto, pode ser resgatado o conceito de resiliência, definida pela Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres – ISDR (2004), como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade de resistir ou se adaptar para manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura, quando exposto ao

funcionamento e estrutura, quando exposto ao risco.

Sendo assim, é importante que as operadoras de abastecimento de água incorporem o conceito de resiliência em sua gestão, e independentemente de apresentar uma institucionalização ou uma política com enfoque na temática, é essencial que busquem ações com objetivo de aumentar a resiliência, como o modelo elaborado nesta pesquisa.

O modelo de avaliação de resiliência auxilia as operadoras de abastecimento de água a enfrentarem este problema, já que permite uma análise da resiliência total, e a visualização dos pontos que precisam de mais atenção, se classificando portanto, como uma ferramenta importante na tomada de decisão e priorização de ações.

2 MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA FRENTE A EVENTOS DE SECA

O modelo foi elaborado a fim de auxiliar as operadoras de abastecimento de água frente a cenários de seca, sendo composto por indicadores e dimensões estabelecidas a partir da revisão de literatura e análise de documentos técnicos.

3 INDICADORES DO MODELO

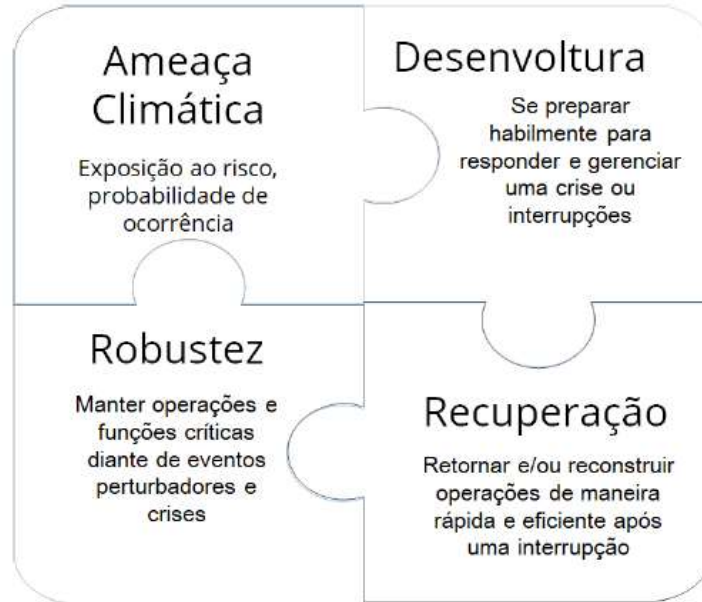
IND01 Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos	IND02 Suficiência de mananciais para captação	IND03 Suficiência de barragens	IND04 Reciclagem e reutilização de água no sistema operacional	IND05 Diversidade de fontes para a captação	IND06 Reparos proativos de infraestruturas
IND07 Reparos proativos de redes de água	IND08 Sistema operacional	IND09 Construção e modernização de infraestruturas	IND10 Resposta de emergência	IND11 Treinamento de equipe para resposta de emergência	IND12 Controle de perdas
IND13 Continuidade dos serviços de abastecimento de água	IND14 Geradores de energia elétrica para falhas no sistema	IND15 Equipe de emergência para eventos climáticos extremos	IND16 Monitoramento de mananciais	IND17 Comunicação e transparência	IND18 Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

IND19 Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo	IND20 Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos	IND21 Plano de segurança hídrica	IND22 Aspectos de mudança climática no plano de segurança hídrica	IND23 Aspectos de resiliência e aprendizados no plano de segurança hídrica
IND24 Programas e ações de conservação e preservação da água	IND25 Informações e cenários climáticos no planejamento	IND26 Restauração e preservação de ecossistemas	IND27 Projeções de demanda futura	IND28 Coleta e tratamento de água da chuva para aumentar o suprimento de água
IND29 Planejamento integrado	IND30 Campanhas/Ações para incentivar a reciclagem e reutilização de água	IND31 Campanhas/Ações para conscientização e sensibilização	IND32 Campanhas/Ações para coleta de água da chuva	IND33 Investimento em pesquisa científica

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

4 DIMENSÕES DO MODELO



AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

5 COMO CALCULAR A RESILIÊNCIA?

1

CALCULAR O PESO DOS INDICADORES

I- Pi (Peso do indicador)

Variável que consiste no peso atribuído para cada indicador dentro da dimensão

II- Pd (Peso total da dimensão)

Consiste na somatória de Pi.

$$Pd = \sum Pi$$

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

2

CALCULAR O PESO DAS DIMENSÕES***Pmd(Peso máximo da dimensão)***

Peso máximo que cada dimensão pode representar dentro do modelo, sendo a sua somatória fixa em 100.

*Para esta pesquisa, entendeu-se que cada uma das quatro dimensões estabelecidas corresponderia a ¼ do modelo, visto que todas representam igual importância, ou seja, neste caso, cada dimensão pode atingir um peso máximo no valor de 25.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

3

CALCULAR O PESO DO INDICADOR AJUSTADO CONFORME O PESO MÁXIMO DA DIMENSÃO***Pfi (Peso final do indicador relativo ao total da dimensão)***

$$Pfi = \frac{(Pi \cdot Pmd)}{Pd}$$

Onde:

Pfi = Peso final do indicador relativo ao total da dimensão;

Pi = Peso do indicador;

Pmd = Peso máximo da dimensão;

Pd = Peso total da dimensão.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

4 Calcular a Nota do Indicador

I- Ni (Nota do indicador)

Consiste na nota recebida pelo indicador (0; 0,5 ou 1).

II - Nota final do indicador (Nfi)

$$Nfi = Ni.Pfi$$

Onde:

Nfi = Nota final do indicador;

Ni = Nota do indicador;

Pfi = Peso final do indicador relativo
ao total da dimensão

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

5 ÍNDICE DE RESILIÊNCIA

$$\text{Índice de Resiliência} = \sum Nfi$$

Onde:

Nfi = Nota final do indicador

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

6 RESILIÊNCIA DO DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

Como resultado, a operadora apresentou um índice de resiliência de 78,7%, como mostra figura abaixo.

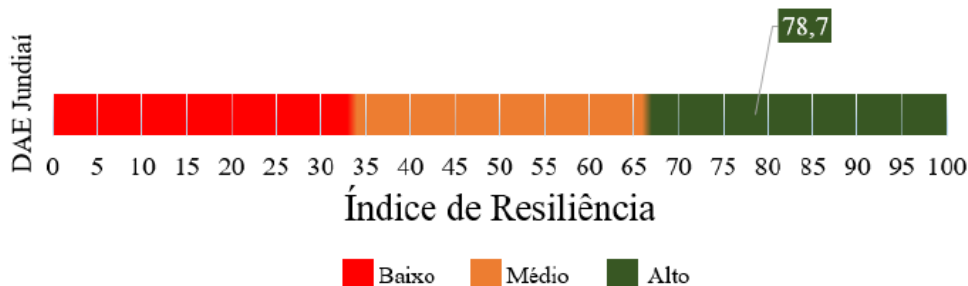


Figura 1. Resiliência do DAE Jundiaí
Fonte: Autores, 2021.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

Além disso, foram analisadas o alcance do potencial de cada dimensão, ou seja a porcentagem que a dimensão atingiu em relação ao Pmd (peso máximo da dimensão).

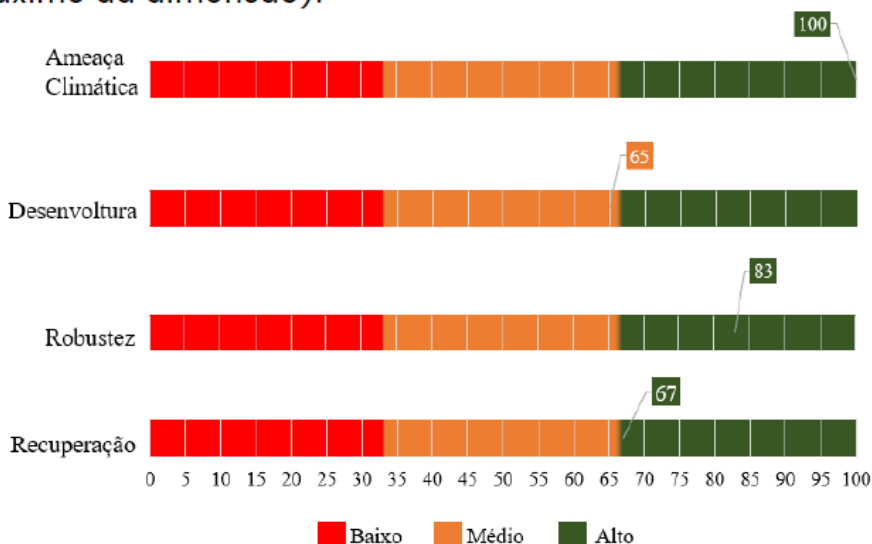


Figura 2. Alcance de cada dimensão em %
Fonte: Autores, 2021.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA DAE S.A. - ÁGUA E ESGOTO

A partir dos resultados e análises da aplicação do modelo na operadora DAE S.A – Água e Esgoto apresentados neste capítulo, conclui-se que a operadora não apresenta um total despreparo em relação ao enfrentamento das consequências dos eventos de seca considerados nesta pesquisa, já que apresentou um bom índice de resiliência (Figura 1).

Além disso, a partir da análise do alcance das dimensões do modelo (Figura 2), é possível visualizar quais dimensões precisam de uma melhoria, e consequentemente possibilita a priorização de ações focadas onde realmente são necessárias. Para o DAE S.A – Água e Esgoto, é necessário ações focadas nos indicadores das dimensões desenvoltura, robustez e recuperação, já que estas não apresentaram um alcance de 100% do seu potencial.

AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA
DAE S.A. – ÁGUA E ESGOTO

Relatório Síntese dos resultados da dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

Nayara L. Jorge
Prof. Tadeu Fabrício Malheiros

Contato

Nayara L. Jorge
nayarajorgenl@gmail.com
(16) 997838463

Tadeu F. Malheiros
tmalheiros@usp.br