

Índice de resiliência dos sistemas de abastecimento de água frente a Cenários de Seca

Resilience assessment index for water supply systems in the face of Drought Scenarios

• **Data de entrada:**
09/02/2022


• **Data de aprovação:**
14/03/2023

Nayara Luciana Jorge^{1*} | Tadeu Fabrício Malheiros¹ | Amanda Francieli de Almeida¹ |
Julia Dedini Felício¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.012>

ORCID ID

Jorge NL  <https://orcid.org/0000-0003-1355-2966>

Malheiros TF  <https://orcid.org/0000-0002-9455-4199>

Almeida AF  <https://orcid.org/0000-0002-2815-6774>

Felício JD  <https://orcid.org/0009-0003-5927-1649>

Resumo

Os eventos climáticos extremos poderão gerar diversos impactos negativos, inclusive nos sistemas de abastecimento de água, sendo importante que o conceito de resiliência esteja institucionalizado nos processos de gestão do setor, visando melhorar seu planejamento. Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar um modelo de avaliação de resiliência para os sistemas de abastecimento de água frente a eventos de seca e aplicar em uma operadora de abastecimento de água pertencente às Bacias PCJ. Para isso, a metodologia consistiu em uma revisão da literatura para identificar as dimensões e indicadores para elaboração do modelo e posteriormente sua aplicação e cálculo da resiliência da operadora. Como resultado, o modelo elaborado propõe 4 dimensões: “Ameaça Climática”; “Desenvoltura”; “Robustez” e “Recuperação”, sendo que a resiliência alcançada pela operadora em estudo foi de 78,7%. Sendo assim, conclui-se que o modelo elaborado nesta pesquisa é uma ferramenta de tomada de decisão que possibilita a priorização de ações pela operadora, pois além do índice de resiliência, permite visualizar quais dimensões precisam de mais atenção.

Palavras-chave: Resiliência. Seca. Abastecimento de Água.

Abstract

Extreme weather events may generate several negative impacts, including on water supply. It is important that the concept of resilience is institutionalized in the sector's management processes in order to improve its planning. Therefore, the aim of this article is to present a model for assessment the resilience of water supply facing future drought scenarios and apply at a company of water supply. For this, the methodology consisted of a literature review to identify the dimensions and indicators for the development of the model and later its application and calculation of the company resilience. As a result, the model developed presented 4 dimensions: “Climate Threat”; “Fulness”; “Robustness” and “Recovery”, with the resilience achieved by the company under study being 78.7%. Thus, it was concluded that the model developed in this research is a decision-making tool that enables the prioritization of actions by the company, because in addition to the resilience index, it allows to see which dimensions need more attention.

Keywords: Resilience. Drought. Water Supply.

¹ Universidade de São Paulo - São Carlos - São Paulo - Brasil.

* **Autora correspondente:** nayarajorgeni@gmail.com.

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, definido pela Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (ISRD, 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 risco.

Considerando que o Brasil tem como desafio colocar esforços alinhados aos compromissos internacionais e nacionais da sociedade frente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o que inclui assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, sendo um de seus objetivos a universalização dos serviços de saneamento (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 de saneamento.

Embora o setor tenha avançado nos últimos anos, ainda há diversas áreas com falta de acesso aos serviços de saneamento básico, 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 por-

tanto, os sistemas de abastecimento de água o recorte para estudo desta pesquisa.

Considerando os diversos desafios que esses sistemas enfrentam diariamente, como desastres naturais, problemas com a qualidade da água, infraestruturas antigas, vazamentos, entre outros; as prestadoras de serviço precisam lidar com as incertezas no suprimento e na demanda de água frente às mudanças climáticas e o crescimento populacional (EPA, 2015); segundo Marengo (2009), mudanças na variabilidade climática aumentam as incertezas no processo de gestão das águas, já que aumentam a vulnerabilidade do sistema.

Sendo assim, quando se consideram os impactos dos eventos climáticos extremos sobre as operadoras de abastecimento de água, aquelas que incorporam mais atributos de resiliência em suas estratégias para enfrentar tal problema —como por exemplo, um modelo de avaliação de resiliência—, conseqüentemente minimizam o seu tempo de recuperação e adaptação após o evento perturbador.

Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar um modelo de avaliação de resiliência para os sistemas de abastecimento de água frente a eventos de seca e aplicá-lo em uma operadora de abastecimento de água pertencente às Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ.

2 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada a revisão da literatura para identificar as dimensões e os indicadores para elaborar o modelo de avaliação de resiliência. Essas informações foram levantadas por meio de uma revisão bibliográfica e análise de documentos técnicos. A Fig. 1 apresenta as etapas para elaboração do modelo.

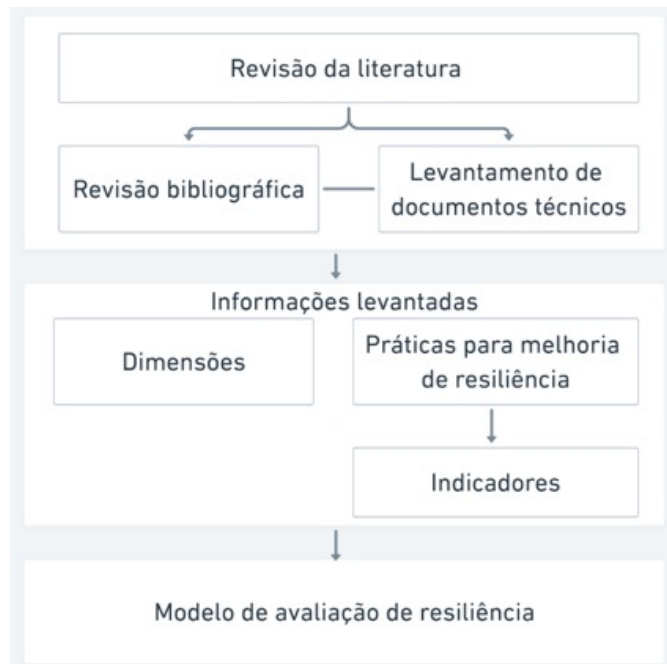


Figura 1 - Etapas para elaboração do modelo de avaliação de resiliência.

2.1 Dimensões e indicadores do modelo

Sendo assim, a partir do levantamento bibliográfico e de documentos técnicos, as dimensões do

modelo elaborado (Fig. 2) foram estabelecidas com base em alguns autores como NIAC (2009); ANSI (2010); Fisher, et al. (2010); ARCADIS (2018); Adapta Brasil MCTI (2020).



Figura 2 - Dimensões do modelo de avaliação de resiliência.

Para elaboração dos indicadores, as práticas para melhoria de resiliência encontradas foram analisadas e adaptadas para perguntas que relacionam a operadora com cada prática e, posteriormente, transformadas nos indicadores do modelo de avaliação.

A partir disso, esses indicadores passaram por um processo de avaliação de sustentabilidade com base no modelo de Pontos de Alavancagem (Fig. 3), proposto por Donella Meadows (MEADOWS, 1999). O modelo é sistêmico, dinâmico e hierárquico, sendo que as prioridades podem ser

direcionadas estrategicamente de acordo com o que se quer alcançar e visam identificar os “pontos de apoio” dentro de um sistema que a partir

de esforços mínimos possam gerar grandes mudanças e resultados satisfatórios (MEADOWS, 1999; COELHO; JORGE; MALHEIROS, 2020).



Figura 3 - Pontos de Alavancagem de Meadows.

Fonte: Coelho; Jorge e Malheiros (2020). Elaborado a partir de Meadows (1999).

São considerados pontos de menor alavancagem os vinculados a questões de infraestrutura; pontos de alavancagem intermediária incluem mudanças relacionadas à organização e gestão do sistema; e pontos de maior alavancagem, voltados à mudança de comportamento.

Portanto, os indicadores foram agrupados de acordo com a categoria dos pontos de alavancagem que melhor os definiam, sendo que foram atribuídos pesos para cada uma destas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - 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

Posteriormente, cada indicador recebeu seu valor de acordo com a categoria em que se encaixava e foi utilizado para calcular o índice de resiliência, como apresentado no item 2.2.

2.2 Cálculo do índice de resiliência

Para o cálculo do índice de resiliência, foram estabelecidos os pesos de cada indicador, definidos pela metodologia dos Pontos de Alavancagem (MEADOWS, 1999), como mostra o item 2.1. Essa 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.

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 .

$$Pd = \sum Pi \quad (1)$$

Onde:

- Pd = Peso total da dimensão;
- Pi = Peso do indicador.

Para definir o peso máximo que cada dimensão pode representar dentro do modelo foi estabelecido o *Pmd* (*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 ¼ do modelo, visto que todas representam igual importância, ou seja, neste caso, cada dimensão pode atingir um peso máximo no valor de 25.

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

$$Pfi = \frac{(Pi \cdot Pmd)}{Pd} \quad (2)$$

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 (Eq. 1).

A partir disso, a operadora de abastecimento de água respondeu cada um dos indicadores com uma nota de 0 (inexistência); 0,5 (em partes); ou 1 (existência); estabelecendo, assim, a variável *Ni* (*Nota do indicador*).

Considerando então o peso final do indicador relativo ao total da dimensão (*Pfi*) calculado para cada indicador, a Nota final do indicador (*Nfi*) foi calculada por meio da Eq. 3:

$$Nfi = Ni \cdot Pfi \quad (3)$$

Onde:

- *Nfi* = Nota final do indicador;
- *Ni* = Nota do indicador;
- *Pfi* = Peso final do indicador relativo ao total da dimensão (Eq. 2).

Portanto, para o cálculo do Índice de Resiliência, foi realizada a somatória de *Nfi*, como mostra a Eq. 4:

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

Onde:

- *Nfi* = Nota final do indicador (Eq. 3).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica e análise de documentos técnicos, foram identificadas as dimensões para compor o modelo de avaliação de resiliência, bem como as práticas para melhoria de resiliência dos sistemas de abastecimento de água.

As práticas identificadas foram organizadas em uma lista e, a partir disso, foram realizadas perguntas que relacionam cada uma delas com a operadora; assim, foram adaptadas para compor os indicadores do modelo elaborado.

Em seguida, a teoria dos Pontos de Alavancagem (MEADOWS, 1999) foi aplicada nestes indicadores, a fim de identificar a sua relevância e pesos atribuídos dentro do modelo proposto para 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.

3.1 Pontos de Alavancagem Estática

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 são baseados nas mesmas informações, metas e regras antigas, o sistema não apresenta uma grande evolução (Tabela 2).

Tabela 2 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 12.

Código	Indicador
IND01	Armazenamento de peças de reposição e manutenção de equipamentos

11. Proteção e estabilização de estoque e fluxo: são as estratégias 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 por 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 (Tabela 3).

Tabela 3 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 11.

Código	Indicador
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

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 que podem ser

mais lentas e mais caras. Além disso, algumas estruturas de estoques e fluxos são imutáveis (Tabela 4).

Tabela 4 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 10.

Código	Indicador
IND06	Reparos proativos de infraestruturas
IND07	Reparos proativos de redes de água
IND08	Sistema operacional
IND09	Construção e modernização de infraestruturas

3.2 Pontos de Alavancagem Dinâmica

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 poderiam ser um alto ponto de alavancagem exceto pelo fato de que nem sempre são facilmente modificáveis (Tabela 5).

Tabela 5 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 9.

Código	Indicador
IND10	Resposta de emergência
IND11	Treinamento de equipe para resposta de emergência

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 autocorriger 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 em longo prazo (Tabela 6).

Tabela 6 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 8.

Código	Indicador
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

7. Realimentação de *feedbacks* positivos: diferentemente do *feedback* negativo, que é auto-corretivo, 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 à transparência. A disponibilidade e o acesso às informações podem 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 (Tabela 7).

Tabela 7 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 6.

Código	Indicador
IND16	Monitoramento de mananciais
IND17	Comunicação e transparência
IND18	Compartilhamento de informações com outras operadoras para mitigar situações de crise

3.3 Pontos de Alavancagem Contextual

5. Regras do sistema (incentivos, punições, restrições): as regras do sistema definem seu escopo, seus limites, seus graus de liberdade, são pontos de alavancagem altos, já que a mudança de uma regra pode gerar o objetivo desejado (consequência positiva) ou mesmo consequências negativas (Tabela 8).

Tabela 8 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 5.

Código	Indicador
IND19	Medidas de restrições no uso da água durante um evento climático extremo
IND20	Políticas públicas capazes de lidar com cenários extremos

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, e na esfera social temos a revolução social (Tabela 9).

Tabela 9 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 4.

Código	Indicador
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

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 adequar a esse novo objetivo (Tabela 10).

Tabela 10 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 3.

Código	Indicador
IND29	Planejamento integrado

3.4 Pontos de Alavancagem Paradigmática

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 o que estabelece o sistema. Dessa forma, corresponde ao segundo maior ponto de alavancagem, pois intervir em um sistema ao nível paradigmático possibilita a sua total transformação (Tabela 11).

Tabela 11 - Indicadores correspondentes ao ponto de alavancagem 2.

Código	Indicador
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

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 à sua própria visão de mundo.

Após a aplicação da teoria dos Pontos de Alavancagem, os indicadores foram analisados e enquadrados em suas dimensões correspondentes, como mostram as Tabelas 12, 13, 14 e 15.

A dimensão “ameaça climática” é composta por 3 indicadores e está relacionada com 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 por meio de outros sistemas, reduzindo o impacto (Tabela 12).

Tabela 12 - Indicadores pertencentes à dimensão “Ameaça Climática”.

Pmd	Código	Indicador	Pi	Pfi
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

A dimensão “desenvoltura” é composta por 18 indicadores e está relacionada com a capacidade do sistema de se preparar habilmente para responder e gerenciar uma crise ou interrupções (Tabela 13).

Tabela 13 - Indicadores pertencentes à dimensão “Desenvoltura”.

Pmd	Código	Indicador	Pi	Pfi
25	IND02	Suficiência 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

A dimensão “robustez” é composta por 6 indicadores e está relacionada com a capacidade do sistema de manter operações e funções críticas diante de eventos perturbadores e crises (Tabela 14).

Tabela 14 - Indicadores pertencentes à dimensão “Robustez”.

Pmd	Código	Indicador	Pi	Pfi
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

A dimensão “recuperação” é composta por 6 indicadores e está relacionada com a capacidade do sistema de retornar e/ou reconstruir operações de maneira rápida e eficiente após uma interrupção (Tabela 15).

Tabela 15 - Indicadores pertencentes à dimensão “Recuperação”.

Pmd	Código	Indicador	Pi	Pfi
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

Após a elaboração do modelo, este foi aplicado na operadora de abastecimento de água por meio de uma planilha *Excel*, composta por seus

indicadores e descrição. A partir da análise das respostas coletadas, 52% dos indicadores receberam nota 1, seguido por 42% que receberam nota 0,5 e 6% que receberam nota 0.

Analisando as dimensões do modelo, na dimensão “Ameaça Climática”, 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 (Fig. 4).

A partir do cálculo do índice de resiliência, como apresentado no item 2.2, a operadora apresentou um resiliência de 78,7, como mostra a Fig. 5.

Além disso, foi analisado o alcance do potencial de cada dimensão, ou seja, a porcentagem que a dimensão atingiu em relação ao *Pmd* (peso máximo da dimensão). Como estabelecido na metodologia (item 2.2), 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. Portanto, a dimensão “Ameaça Climática”, “Robustez” e “Recuperação”, apresentara uma resiliência alta; já a dimensão “Desenvoltura” apresentou uma resiliência média, como mostra a Fig. 6.

Sendo assim, analisando as dimensões do modelo, conclui-se que apesar da “recuperação” e “robustez” também precisarem de atenção, a dimensão “desenvoltura” é a que apresentou menor resiliência, sendo portanto necessária a priorização de ações voltadas para melhoria dos seus indicadores para que a operadora melhore sua resiliência frente a eventos de seca.

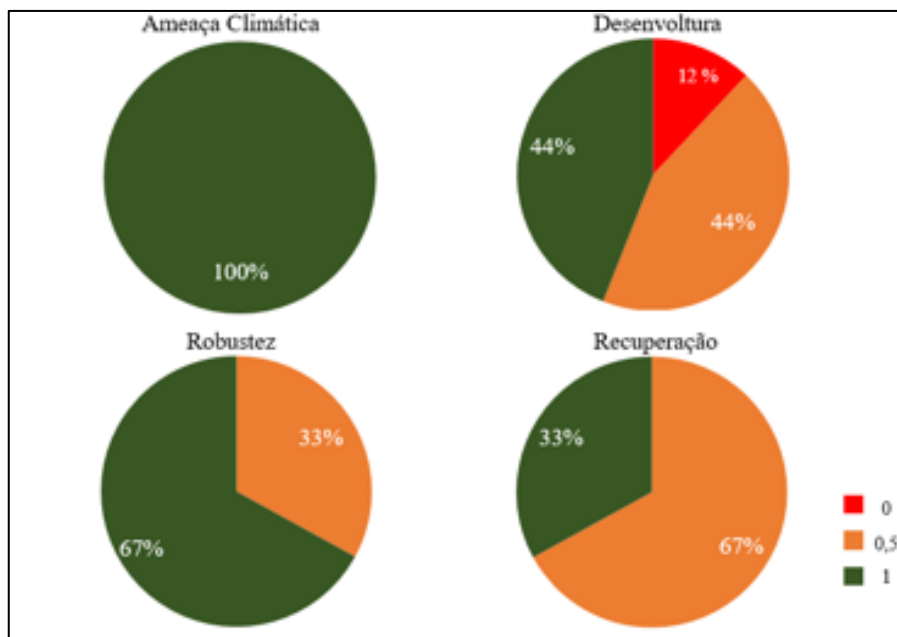


Figura 4 - % das notas dos indicadores do modelo por dimensão.

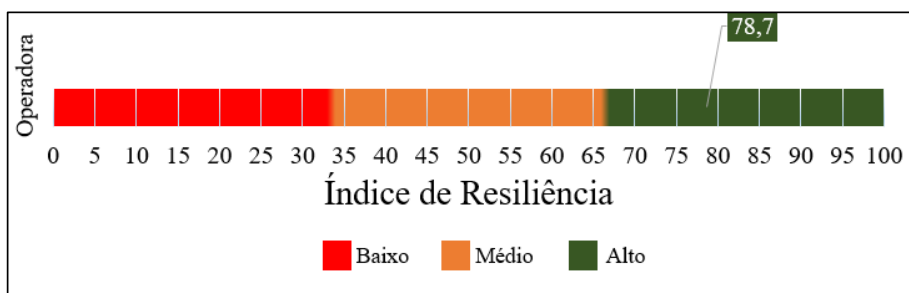


Figura 5 - Resiliência da operadora de abastecimento de água.

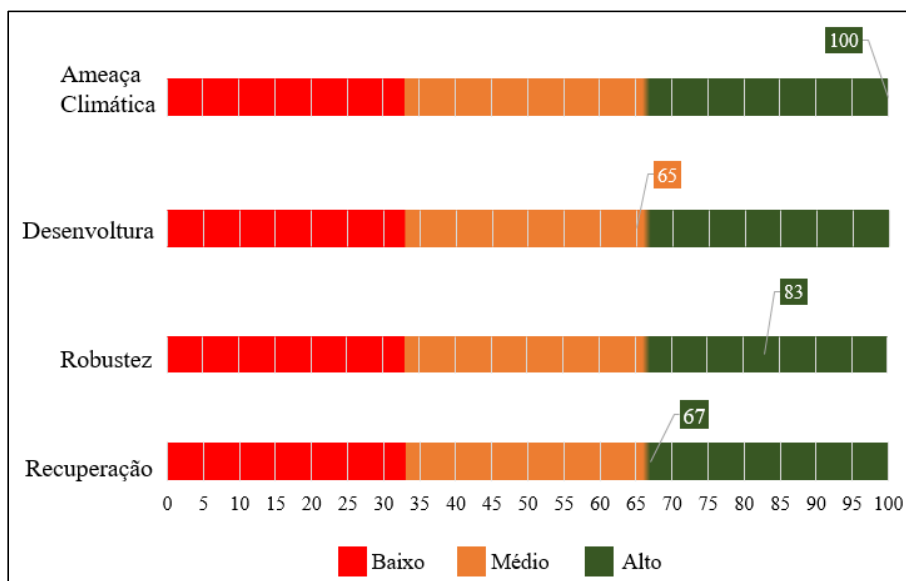


Figura 6 - Alcance de cada dimensão em %.

4 CONCLUSÃO

É importante que as operadoras de abastecimento de água incorporem o conceito de resiliência em sua gestão, sendo que, independentemente de apresentar uma institucionalização ou uma política com enfoque na temática, é essencial que pratiquem ações que visem ao aumento de sua resiliência, como as práticas e indicadores apresentados nesta pesquisa.

Neste sentido, o modelo de avaliação elaborado traz muitos benefícios quando incorporado pela operadora, visto que, além de permitir uma análise de sua resiliência total, também possibilita a visualização dos pontos que precisam de mais atenção, classificando-se, portanto, como uma ferramenta importante na tomada de decisão e priorização de ações.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Jorge NL; **Metodologia:** Jorge NL e Malheiros, TF; **Investigação:** Jorge NL e Malheiros, TF; **Redação – Primeira versão:** Jorge NL; **Redação – Revisão & Edição:** Jorge NL, Almeida AF, Felício, JD e Malheiros, TF; **Supervisão:** Malheiros, TF.

6 REFERÊNCIAS

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

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

ARCADIS. **Measuring Resilience in the water industry**. June. 2017. Disponível em: <https://www.nwg.co.uk/globalassets/corporate/about-us/pdfs/3.6_resilience_assessment_final_report_-_arcadis.pdf>. Acesso em dezembro de 2023.

BATES, B.C.; KUNDZEWICZ, Z.W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.P. **Climate Change and Water**. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, pp 210, 2008. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/publication/climate-change-and-water-2/>>. Acesso em dezembro de 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. BRASÍLIA, 1988.

COELHO, B.L.; JORGE, N.L.; MALHEIROS, T.F. Avaliação de Sustentabilidade: Modelos Sistêmicos Aplicados às Universidades. **II Sustentare e V Wipis**, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/2_sustentare_5_wipis/306691-avaliacao-de-sustentabilidade--modelos-sistemicos-aplicados-as-universidades/>. Acesso em dezembro de 2023.

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. Disponível em: <<https://publications.anl.gov/anlpubs/2010/09/67823.pdf>>. Acesso em dezembro de 2023.

Intergovernmental Panel On Climate CHANGE - IPCC. **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 [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

ISDR: 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. Disponível em: <[unisdr.org/files/657_lwr1.pdf](http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf)>. Acesso em dezembro de 2023.

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 dezembro de 2023.

MEADOWS, D. **Leverage points** – Places to intervene in a system. Hartland, The Sustainability Institute, 1999. Disponível em: <<https://donellameadows.org/archives/leverage-points-places-to-intervene-in-a-system/>>. Acesso em dezembro de 2023.

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

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**. 2019. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf>. Acesso em dezembro de 2023.

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.

United States Environmental Protection Agency (EPA). **Systems Measures of Water Distribution System Resilience**. Washington, USA, 2015.

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