UTILIZAÇÃO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) COMO FERRAMENTA PARA HIERARQUISAÇÃO DE CRISES DE DESABASTECIMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO

Nubia Aparecida Vale Nolli(1)
Engenheira Civil, Especialista em Construção Civil e Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos (UFMG). Gerente de Macrooperação de Água da RMBH da COPASA MG.
Simão Voloch Neto(2)
Engenheiro Civil e Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos (UFMG). Coordenador do Centro de Operação de Sistemas da Região Metropolitana de Belo Horizonte da COPASA MG.
Sérgio Neves Pacheco(3)
Engenheiro Civil e especialista em Engenharia Sanitária. Gestor de Empreendimentos de Grande Porte da COPASA MG.

Endereço(1): Rua Mar de Espanha, 453 - Bairro Santo Antônio - Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30330-900 – Brasil - Tel: +55 (31) 32501695 - e-mail: nubia.vale@copasa.com.br .

RESUMO

As mudanças climáticas, a idade avançada dos ativos associados ao abastecimento público municipal e a mudança na percepção dos clientes das companhias de saneamento sobre qualidade na prestação de serviços, tornaram necessária a gestão de crises com foco na continuidade de negócios. Para isto, a hierarquização dos eventos crise para que estes sejam tratados desde o surgimento até a fase de disseminação de boas práticas é essencial. Entretanto, esta hierarquização envolve a tomada de decisão multicritério, que muitas vezes é realizada de forma individualizada e sem padronização reforçando a necessidade de uma metodologia bem definida a favor da padronização, que reflita as diretrizes e anseios das corporações.
Desta forma, este artigo apresenta a utilização da metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) como ferramenta para a construção de uma régua de crise, a partir da qual é possível a classificação do evento de crise associado a falhas no sistema de abastecimento de água e o tratamento adequado do evento pelas companhias de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de crises, Analytic Hierarchy Process, Continuidade de Negócios, Régua de Crises, Desabastecimento de água**.**

INTRODUÇÃO

Muitas são as variáveis envolvidas nas crises de abastecimento de água. As dimensões envolvidas na tomada de decisão para solução de eventos de crise de abastecimento geralmente são analisadas de forma isolada, subjetiva e de acordo com a vivência da equipe diretamente envolvida no evento. Isto traz uma grande variabilidade na adoção de soluções para equacionamento da crise, o não envolvimento de todos os níveis organizacionais necessários para a solução do problema e ainda a ausência de registro e compartilhamento de boas práticas.

Diante disso, a adoção de uma metodologia que possibilite a análise e classificação do evento de forma rápida e padronizada pela operação permite o acionamento dos comitês regionais ou coorporativos de gestão de crise, a depender da magnitude do evento, sendo o ponto de acionamento da governança interna de crise.

Neste cenário aplica-se a medotologia AHP (Analytic Hierarchy Process) que permite organizar, analisar e definir uma hierarquia entre as alternativas existentes permitindo a classificação da situação apresentada de forma padronizada para que o tratamento da crise de desabastecimento seja o mesmo por todas as unidades da companhia.

Desta forma, a partir da aplicação da metodologia AHP, e baseado na experiência de especialistas em operação de sistemas de abastecimento de água, foram hierarquizados critérios e dimensões relacionadas ao desabastecimento de água, que comparados permitiram a definição de uma régua de crise, que será o materializador das crises do plano de crise corporativas.

Esta padronização da classificação das crises permitirá que operadores de sistemas de abastecimento, diante de uma potencial crise possam verificar a classificação do evento de desabastecimento em: crise regional, crise corporativa ou se o evento não é reconhecido como crise pela companhia. Permitindo assim, a adequada e tempestiva tomada de decisão e acionamento de todas as partes interessadas internas das companhias na solução do problema.

OBJETIVO

Apresentar a utilização da metodologia AHP na construção de uma régua de crise para hierarquização de crises em sistemas de abastecimento de água.

METODOLOGIA UTILIZADA

Quando diante de um problema de desabastecimento de água, cada operador de sistema tende a avaliar a situação de acordo com sua experiência, relação com a comunidade, com poder concedente e com a imprensa. Além disto, o porte e o tipo de estrutura afetada, a população afetada e o tempo de retorno e normalização do abastecimento são critérios fundamentais na análise das crises de abastecimento.

A tarefa de cruzar estes julgamentos diante de um evento de crise, quando não padronizado, é carregada de subjetividade e está intimamente ligada à experiencia do operador de sistema.

Diante deste problema, foi adotada a aplicação da metodologia AHP como ferramenta para a tradução dos julgamentos verbais em valores numéricos, por meio da atribuição de pesos para os julgamentos realizados pelos operadores de sistema quando diante de uma situação potencial de crise e obtenção da classificação da situação posta.

A metodologia AHP consiste na decomposição dos critérios envolvidos na tomada de decisão por meio da definição das proporções entre elas. O princípio central é a redução do estudo de problemas a uma sequência de comparações aos pares dos parâmetros, estabelecendo uma ordem de prioridade entre eles, conduzindo o usuário à solução. Esta metodologia foi desenvolvida por Tomas L. Saaty no início da década de 70 e é o método mais amplamente utilizado e difundido no apoio à tomada de decisão envolvendo múltiplos critérios.

O método se baseia nos seguintes três princípios:

1. Construção de hierarquias: um problema em questão é estruturado em critérios decompostos em parâmetros ordenados do mais gravoso para o menos gravoso.

2. Definição de prioridades: a partir da hierarquia estabelecida são definidas as prioridades a partir de comparações par a par dos parâmetros.

3. Consistência lógica: por meio da proposição de índices, é verificada a consistência da definição de prioridades, ou seja, se os julgamentos realizados são coerentes.

> Cotidianamente, as pessoas têm maior facilidade para expressar preferência entre critérios utilizando julgamentos verbais do que valores numéricos. Dessa maneira, relações entre números e termos linguísticos foram propostas como forma de apoiar os tomadores de decisão no processo de definição das prioridades. (Anexo 3 – Metodologia de cálculo AHP, p.01)
>
> As comparações par a par, expressas em termos linguísticos/verbais, são convertidas em valores numéricos usando a Escala Fundamental de Saaty para julgamentos comparativos, sendo essa escala de valores, que varia de 1 a 9. Mede-se, então, o grau de importância do elemento de um determinado nível sobre os elementos de um nível inferior. (Análise Hierárquica de Processos, p.45)

Tabela 1 - Escala Fundamental de SAATY

Escala	Avaliação Numérica	Recíproco
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8

Escala	Avaliação Numérica	Recíproco
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: SAATY(1991)

A comparação par a par gera matrizes quadradas, onde os parâmetros analisados são ordenados na linha e na coluna do mais importante para o menos importante. São geradas matrizes para todos os critérios que ser deseja analisar.

Após a elaboração da matriz, a partir da coleta de julgamentos de valor, calcula-se a matriz normalizada de onde é possível obter a ordem de prioridade dos parâmetros analisados.

A verificação de consistência dos resultados obtidos é realizada a partir do cálculo do índice de consistência e da razão de consistência, através das seguintes equações:

$IC = (\lambda max - N) / N-1$ (equação 1)

onde: N é a ordem da matriz e λmax é o maior valor da matriz de julgamentos.

$RC = IC/IR$ (equação 2)

onde: IC é o Índice de Consistência e IR é o Índice Randômico.

O IR é o índice de consistência médio, que varia de acordo com o tamanho da matriz, estabelecido por Saaty (baseado num grande número de simulações) como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Índice Randômico Médio

N (Número de critérios)	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Fonte: SAATY(1991)

Aplicação da Metodologia AHP para Estabelecimento de Régua de Crise de Desabastecimento de Água – Estudo de Caso

Para aplicação da metodologia foram definidos, por especialistas em operação de sistemas de abastecimento de água, os 3 principais critérios relacionados ao desabastecimento de água. Os parâmetros relacionados a estes critérios a serem comparados par a par nas matrizes, conforme apresentado nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Critérios– Desabastecimento de água

Código	Critério
A	Infraestrutura afetada
B	População Afetada
C	Duração do Evento

Tabela 4 – Critérios e parâmetros – Desabastecimento de água

Código	Parâmetros
A1	Redução da Disponibilidade Hídrica (Água Bruta)
A2	Redução da Capacidade de Produção de Água (Captação e Tratamento)
A3	Redução da Capacidade de transporte (Sistema de Distribuição)
B1	Abastecimento intermitente acima de 100.000 clientes
B2	Abastecimento intermitente de até 100.000 clientes
B3	Abastecimento intermitente de até 50.000 clientes
C1	Desabastecimento sem previsão de reestabelecimento em menos de 72h
C2	Desabastecimento acima de 48h e menor que 72h
C3	Desabastecimento acima de 24h e menor que 48h

Foram construídas 3 matrizes para comparação par a par dos parâmetros relacionados a cada critério. A partir da matriz normalizada foram obtidos vetores de prioridade com os pesos de cada parâmetro relacionado a cada critério, conforme demonstrado na tabela 5.

Tabela 5 – Prioridade média Parâmetros

Código	Parâmetro	Prioridade (Valor Médio)
A1	Redução da Disponibilidade Hídrica (Água Bruta)	0,669
A2	Redução da Capacidade de Produção de Água (Captação e Tratamento)	0,243
A3	Redução da Capacidade de transporte (Sistema de Distribuição)	0,088
B1	Abastecimento intermitente acima de 100.000 clientes	0,669
B2	Abastecimento intermitente de até 100.000 clientes	0,243
B3	Abastecimento intermitente de até 50.000 clientes	0,088
C1	Desabastecimento sem previsão de reestabelecimento em menos de 72h	0,748
C2	Desabastecimento acima de 48h e menor que 72h	0,180
C3	Desabastecimento acima de 24h e menor que 48h	0,071

É importante destacar que tanto o levantamento dos critérios quanto a classificação conforme a escala de classificação de Saaty foram realizados por profissionais com vasta experiencia em operação de sistemas de abastecimento de água de diferentes portes.

Assim, a aplicação da metodologia AHP permitiu a hierarquização dos parâmetros de cada critério, entretanto para julgamento do evento de crise faltava a classificação da combinação dos critérios em todos os cenários possíveis de ocorrer em sistemas de abastecimento de água para a definição de uma régua de crise como input do plano de crise corporativas.

Desta forma, foi adotado o princípio fundamental da contagem, onde se um critério c1 pode ocorrer de m maneiras e um critério c2 pode ocorrer de n maneiras e uma critério c3 pode ocorrer de p maneiras, então o número de maneiras que a situação pode ocorrer simultaneamente é calculado pela equação 3.

$$N = m \cdot n \cdot p \qquad \text{(equação 3)}$$

Foram encontrados um total de 27 arranjos diferentes possíveis. Os arranjos foram analisados pelos especialistas em operação e baseado na experiência foram fixadas as faixas de classificação dos eventos como não sendo crise, crise de escala regional e crise de escala corporativa, conforme demonstrado na tabela 6.

Tabela 6 – Régua de Crise - Arranjos e classificação de crise

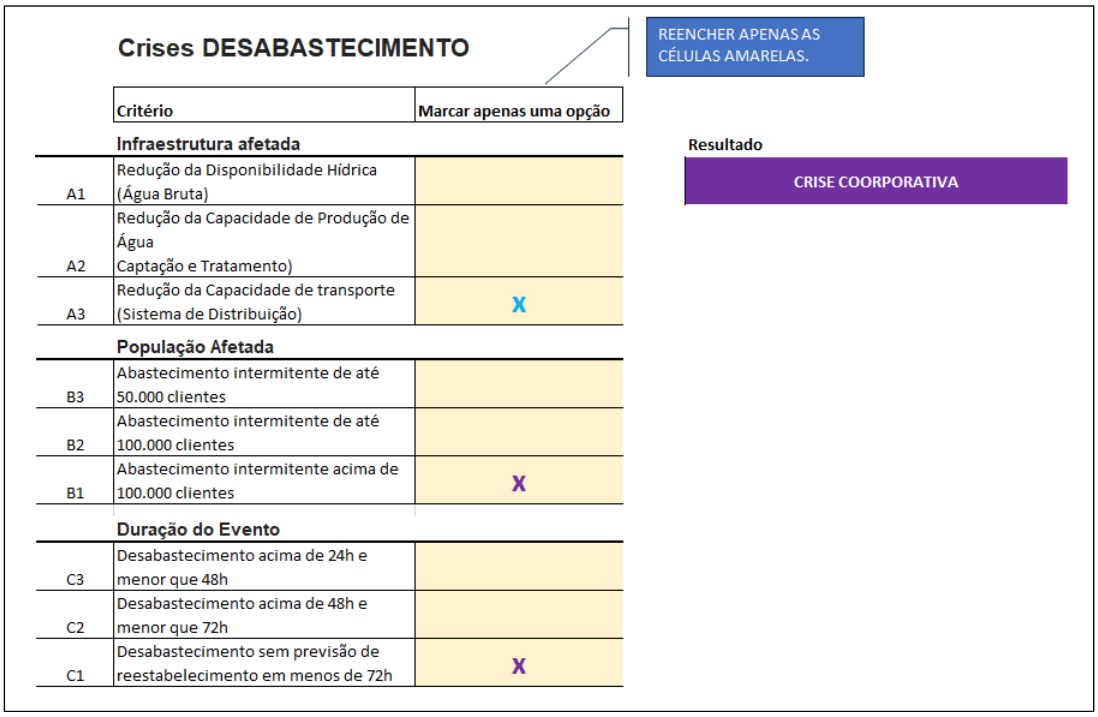
Arranjo	Pontuação	Classificação
A3 + B3 + C3	0,248	NÃO É CRISE
A3 + B3 + C2	0,357	
A3 + B2+ C3	0,403	
A2 + B3 + C3	0,403	
A3 + B2 + C2	0,512	Crise REGIONAL
A2 + B3 + C2	0,512	
A2 + B2 + C3	0,558	
A2 + B2 + C2	0,667	
A3 + B1 + C3	0,828	
A1 + B3 + C3	0,828	
A3 + B3 + C1	0,925	
A3 + B1 + C2	0,937	
A1 + B3 + C2	0,937	
A2 + B1 + C3	0,983	
A1 + B2 + C3	0,983	
A3 + B2 + C1	1,079	Crise CORPORATIVA
A2 + B3 + C1	1,079	
A2 + B1 + C2	1,092	
A1 + B2 + C2	1,092	
A2 + B2 + C1	1,234	
A1 + B1 + C3	1,409	
A3 + B1 + C1	1,505	
A1 + B3 + C1	1,505	
A1 + B1 + C2	1,518	
A2 + B1 + C1	1,660	
A1 + B2 + C1	1,660	
A1 + B1 + C1	2,086	

RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos arranjos obtidos e somado aos limites estabelecidos entre eventos pelos especialistas, foi materializada a régua de classificação de crises de abastecimento de água.

O usuário operacional fará a utilização da régua apenas indicando qual parâmetro dentro dos três critérios relacionados (Infraestrutura afetada, população afetada e duração do evento) está presente no evento que se deseja classificar. Desta forma, o utilizador realizará a entrada dos dados em uma máscara previamente estabelecida que retornará a classificação do evento, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Régua de Crise



Crises DESABASTECIMENTO

REENCHER APENAS AS CÉLULAS AMARELAS.

	Critério	Marcar apenas uma opção
	Infraestrutura afetada	
A1	Redução da Disponibilidade Hídrica (Água Bruta)	
A2	Redução da Capacidade de Produção de Água Captação e Tratamento)	
A3	Redução da Capacidade de transporte (Sistema de Distribuição)	X
	População Afetada	
B3	Abastecimento intermitente de até 50.000 clientes	
B2	Abastecimento intermitente de até 100.000 clientes	
B1	Abastecimento intermitente acima de 100.000 clientes	X
	Duração do Evento	
C3	Desabastecimento acima de 24h e menor que 48h	
C2	Desabastecimento acima de 48h e menor que 72h	
C1	Desabastecimento sem previsão de reestabelecimento em menos de 72h	X

Resultado

CRISE COORPORATIVA

Esta classificação permitirá à equipe operacional rapidamente classificar potenciais eventos de crises de desabastecimento apenas indicando características simples e de fácil identificação. Para utilização desta régua não é necessário que o operador tenha vasta experiência em crises de abastecimento, uma vez que a experiência dos especialistas foi transportada para a régua que realizará a classificação de forma padronizada e simples.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A régua construída a partir da metodologia descrita se mostrou aderente às situações de crises de desabastecimento vivenciadas na operação de sistemas de abastecimento de água. A régua estabelecida foi aplicada a situações reais de crises de desabastecimento e esta refletiu de forma adequada a classificação das crises passadas.

O julgamento das dimensões definidas e dos arranjos encontrados deve necessariamente ser realizado por profissionais com ampla experiência na operação de sistemas de abastecimento para refletir a realidade e para que haja desvios no acionamento adequado da governança de crise corporativa.

É perfeitamente possível a adequação da metodologia apresentada para aplicação desta na construção de réguas de crise para demais riscos presentes nas atividades das empresas de saneamento.

CONCLUSÕES

Diante da necessidade de padronização da hierarquização de crises por meio da criação de uma régua padronizada de desabastecimento de água para adequado acionamento dos comitês de crise, a utilização da metodologia AHP mostrou-se eficaz.

Entretanto, a construção da régua de crise necessariamente deve ser realizada por profissionais com experiência na gestão do sistema de abastecimento para que a régua tenha aderência com a realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELO HORIZONTE, Análise Hierárquica de Processos. Disponível em https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AMCN-8AGG38/5/capitulo4.pdf. Acesso em: 01/05/2025.

2. COSTA, HELDER GOMES. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói, RJ, 104p., 2002.

3. RIO DE JANEIRO. O Método AHP – *Analytic Hierarchy Process*. Disponível em https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10385/10385_4.PDF. Acesso em: 01/05/2025.

4. SAATY, THOMAS. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

5. SÃO PAULO. Anexo 3 – Metodologia de cálculo AHP. Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/Anexo3MetodologiadeclculoAHP. Acesso em: 01/05/2025.