



# ABRHidro

Associação Brasileira de Recursos Hídricos

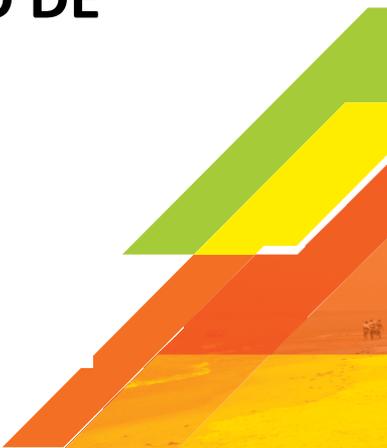


## **MÉTODO FUZZY AHP APLICADO À ANÁLISE DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA A GESTÃO DE DEMANDA DE ÁGUA, CÓDIGO 10711**

**José Matheus Bezerra dos Santos Amorim**

**Saulo de Tarso Marques Bezerra, Andreia Azevedo Abrantes de Oliveira,  
Lyanne Cibely Oliveira de Sousa, Sabrina da Silva Côrrea.**

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**



# INTRODUÇÃO

Como mitigar o problema?

Solução tradicional:

- Expansão da oferta

Solução moderna:

- **Gestão da demanda**

- A gestão da demanda de água é definida como qualquer ação que reduz a quantidade de água consumida ou permite que a água seja utilizada de forma mais eficiente (BROOKS, 2006).

# OBJETIVO

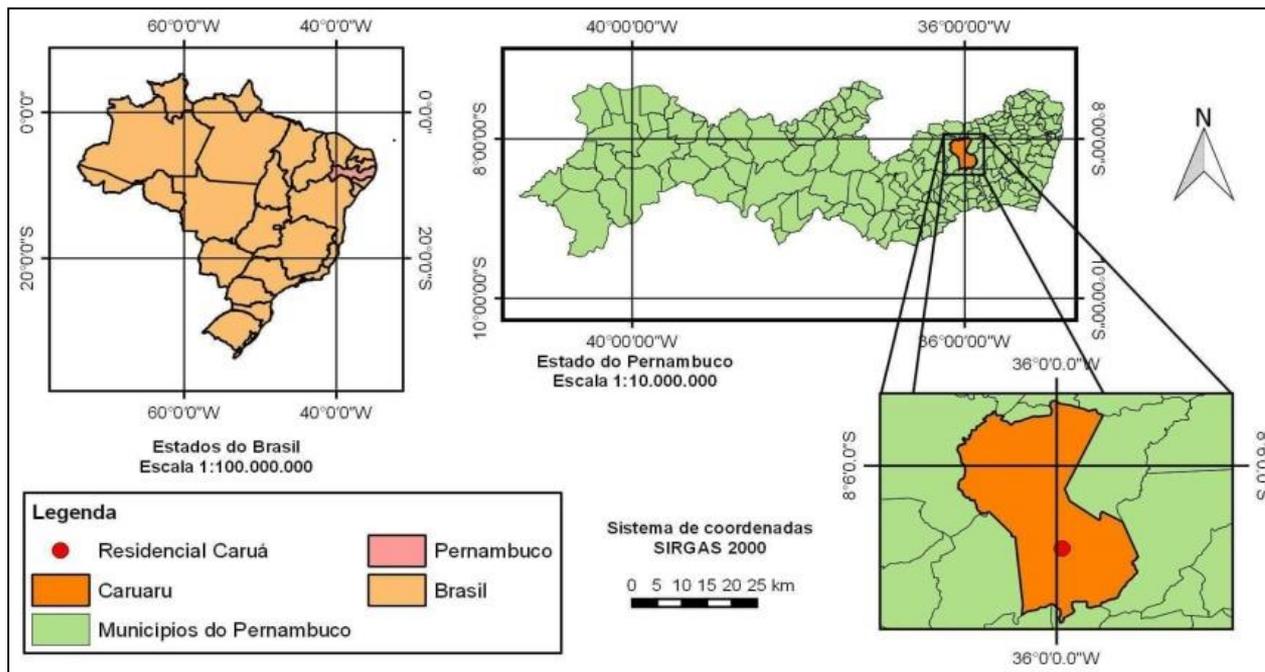
- Apresentar uma análise multicriterial para avaliar as alternativas tecnológicas (implantação hipotética).



# METODOLOGIA

## ➤ Área de estudo

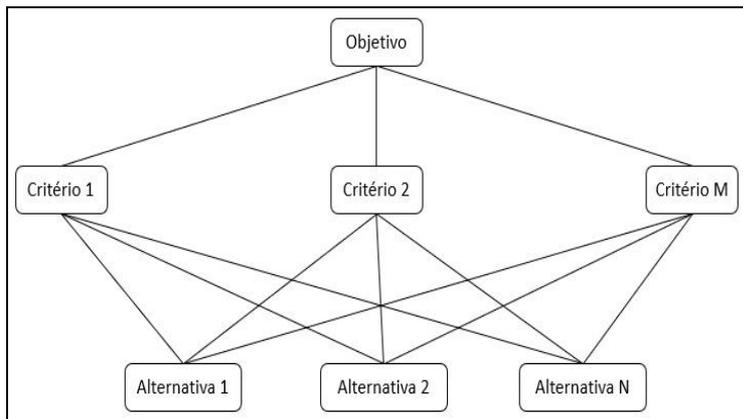
Figura 01. Mapa de localização da área de estudo



# METODOLOGIA

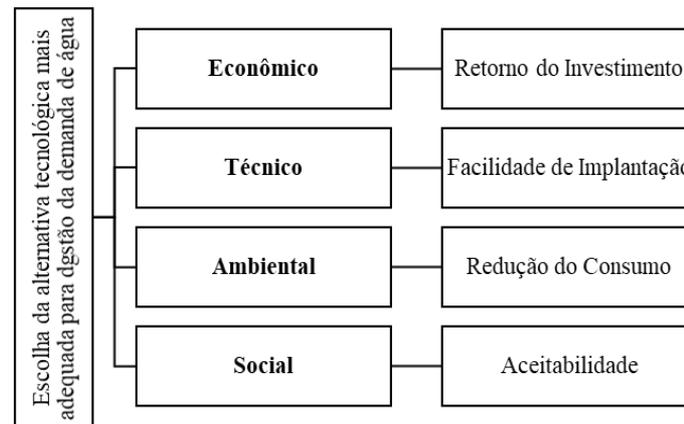
## ➤ Estruturação da hierarquia: Objetivo e critérios.

Figura 02. Exemplo de estrutura hierárquica



Fonte: Autor.

Figura 03. Objetivo e critérios considerados



Fonte: Autor.

# METODOLOGIA

## ➤ Estruturação da hierarquia: Alternativas.

- Alternativa 1: sistema captação de água da chuva;
- Alternativa 2: sistema de reuso de águas cinzas;
- Alternativa 3: bacia sanitária de 6 L por uma de VDR *dual flush*;
- Alternativa 4: substituição das torneiras e chuveiros por econômicos; e
- Alternativa 5: adoção, simultaneamente, das alternativas 3 e 4.

# METODOLOGIA

## ➤ Determinação dos pesos do critérios:

- Matriz de comparações par a par: atribuição de prioridade relativa de acordo com uma escala.

**Tabela 01. Escala de números *fuzzy* adotada**

Valor linguístico	Número <i>Fuzzy</i>
Igual importância	(1, 1, 1, 1)
Importância pequena	(1, 3/2, 2, 5/2)
Importância moderada	(3/2, 2, 5/2, 3)
Importância grande	(2, 5/2, 3, 7/2)
Importância muito grande	(5/2, 3, 7/2, 4)

Fonte: Kaya e Kahraman (2011).

# METODOLOGIA

## ➤ Determinação dos pesos do critérios:

- Resultado das comparações:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{a}_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{M1} & \cdots & \tilde{a}_{MM} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{z}_i = \left( \prod_{j=1}^M \tilde{a}_{ij} \right)^{1/M}, \quad \text{para } i, j = 1, \dots, M.$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{z}_i \otimes \left( \sum_{j=1}^M \tilde{z}_j \right)^{-1}, \quad \text{para } i, j = 1, \dots, M.$$

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_M)$$

- Defuzzificação:

$$V(\mu) = \frac{a + 2(b+c) + d}{6}$$

# METODOLOGIA

## ➤ Determinação do desempenho das alternativas:

- Para o critério técnico: semelhante à determinação dos pesos (matriz de comparação par a par).
- Ambiental: estimou-se a redução de consumo de água (%), considerando 4 habitantes na residência, e utilizou o valor em decimal como desempenho;

# METODOLOGIA

- Determinação do desempenho das alternativas:
- Econômico: elaborou-se os projetos, determinou-se os custos e o quanto reduziria na fatura de água e calculou-se o tempo de retorno (*payback*). No fim, normalizou-se os valores.
  - Social: questionários foram aplicados em 20 domicílios, de modo a obter o grau de aceitabilidade da implementação de cada alternativa pela população, com o valor variando entre 0 e 1.

# METODOLOGIA

- Desempenho das alternativas com relação ao objetivo da análise e o ranqueamento:
  - Com o desempenho das alternativas frente a cada um dos critérios montou-se a matriz de desempenho, multiplicou-a pelos pesos e somou, para cada alternativa, os desempenhos em relação a cada critério;
  - Quanto maior a pontuação final, melhor a posição no ranque final.

# PRINCIPAIS RESULTADOS

## ➤ Peso dos critérios:

- Observa-se que os critérios adotados têm grau de importância muito próximos um do outro.

**Tabela 03. Peso obtido para cada critério**

<b>Critério</b>	<b>Subcritério</b>	<b>Peso</b>
Econômico	Redução do consumo de água	0,29
Técnico	Tempo de retorno do investimento	0,23
Ambiental	Facilidade de implantação	0,21
Social	Aceitabilidade dos moradores	0,26

Fonte: Autor.

# PRINCIPAIS RESULTADOS

➤ Desempenho das alternativas com relação a todos os critérios:

Tabela 04. Peso obtido para cada critério

Alternativas de redução de consumo	À redução do consumo (%)	Ao tempo de retorno	À facilidade de implantação	À aceitabilidade dos moradores
Captação de água da chuva	16,8	0,43	0,36	0,86
Reuso de águas cinzas	27,7	0,67	0,14	0,75
Bacia VDR <i>dual flush</i>	11,1	0,96	0,50	0,88
Torneiras e chuveiro econômicos	12,9	0,97	0,50	0,90
Aparelhos poupadores	20,6	0,96	0,50	0,89

Fonte: Autor.

# PRINCIPAIS RESULTADOS

- Desempenho das alternativas com relação ao objetivo: aplicação dos pesos e soma dos desempenhos individuais com relação a cada critério:

**Tabela 05. Desempenho final e análise de sensibilidade**

<b>Alternativa de redução de consumo</b>	<b>Desempenho final</b>	<b>Desempenho na análise de sensibilidade</b>	<b>Posição no ranque</b>
Captação de água da chuva	0,45	0,45	5º
Reuso de águas cinzas	0,46	0,46	4º
Bacia VDR <i>dual flush</i>	0,59	0,61	3º
Torneiras e chuveiro econômicos	0,61	0,62	2º
Aparelhos poupadores	0,62	0,64	1º

Fonte: Autor.

# PRINCIPAIS CONCLUSÕES

- O potencial de redução do consumo das alternativas apresentadas;
- Não se pode condenar as alternativas com os piores desempenho, pois o método visa apontar a alternativa mais adequada e não ótima;
- Até porque alternativas têm natureza distinta;
- O método *Fuzzy* AHP mostrou-se uma ferramenta bastante simples, porém eficaz e robusta no auxílio à tomada de decisão.