

# CUSTO DA ÁGUA EM PENAFORTE-CE - ÁGUA SUBTERRÂNEA X ÁGUA SUPERFICIAL -

**Antônio Ferreira Neto<sup>1</sup>; Luilson Tarcisio Leal e Sá<sup>1</sup>; Osvaldo Pereira Sobrinho<sup>1</sup> &  
José Murilo Pontes Santos<sup>1</sup>**

**Resumo** - O presente trabalho em questão apresenta os custos dos recursos hídricos em Penaforte-CE e vantagens de se construir um poço no sedimento ao invés de um açude, comparando-se os custos dos metros cúbicos d'água disponíveis nestes mananciais, quando ambos recebem o mesmo investimento, nas mesmas condições de tempo e de financiamento e considerando-se, também, para cada manancial o devido custeio de operação. Desta forma, verificou-se que o custo do metro cúbico d'água do poço é apenas 11% em relação ao do açude. Além do mais, o poço apresenta as seguintes vantagens: oferta d'água permanente, independentemente de haver inverno; água sem maiores riscos de poluição/contaminação; maior volume de oferta; garantia de 100%; menor custo de tratamento, quando for o caso; economia com tratamento de doenças causadas por veiculação hídrica; e preservação das características ambientais, sem necessidade de uso de maiores áreas.

**Palavras-chave** - Poço, açude, recursos hídricos, sedimento, água subterrânea.

## **INTRODUÇÃO**

O município de Penaforte-CE está situado no extremo sul do Estado, região do Semi-árido, faz parte da bacia do Jaguaribe, limitando-se ao norte e ao sul com o Estado de Pernambuco. Seu território com 213km<sup>2</sup>, representa 0,14% da área do estado e 0,30% da bacia do Jaguaribe, o qual caracteriza-se como uma microbacia, sendo 179km<sup>2</sup> (84%) de sedimento e 34km<sup>2</sup> (16%) em cristalino. Seu sedimento se caracteriza mais como um

---

<sup>1</sup> Secretaria de Recursos Hídricos – Pernambuco, CEP 52.061—070, Recife-PE,  
FONE/FAX:441.56.36/441.75.25

bolsão, ou seja, um testemunho da bacia do Araripe, uma vez que é vizinha da mesma, sendo quase totalmente contornada por cristalino. Segundos estudos realizados na área, o sedimento de Penaforte é da Formação Mauriti, com uma espessura de 66m. Em termos de recursos hídricos, o município possui 126 poços, sendo 60 profundos e 66 Amazonas, enquanto que a pequena açudagem perfaz 171 mananciais (Ferreira Neto, 1998). O custo da perfuração de poço no município/ região , é, relativamente, barata, devido alguns fatores, quando comparado ao custo de outras regiões. Neste trabalho, faz-se uma comparação entre o custo do metro cúbico d'água disponível (capitável) da construção de um poço e de açude, com o mesmo investimento e os custeio de operação para cada obra. Para isto, no caso do poço, foi adotado o custo real e os dados de um poço perfurado em 1998, no Sítio Lagoa Preta, de propriedade do Sr. Antonio Martins. Para o açude, Adotou-se a metodologia desenvolvida pela SUDENE para a pequena açudagem no Semi-Árido do nordeste do Brasil, tendo a mesma boa aplicação no município de Penaforte-CE (Ferreira Neto, 1998)

## **DADOS REFERENTES AO POÇO**

### **CARACTERÍSTICAS**

- Profundidade: 100m;
- Vazão: 11m<sup>3</sup>/h;
- Bombeamento: 24/24h;
- Coeficiente de utilização: 0,95
- Bomba, vida útil: 5 anos; e
- Vida útil do poço/açude: 40 anos.

### **CUSTO**

- Perfuração: R\$ 3.500
- Cano/acessórios: R\$ 500
- Rede elétrica: R\$ 1.000
- Bomba: R\$ 3.500
- Prazo de pagamento: 20 anos;
- Taxa de juros de 10% a. a.

## VALOR ANUAL DA PARCELA DE AMORTIZAÇÃO DO CAPITAL (VAC):

No caso do poço, para o cálculo do valor anual da parcela referente ao investimento foi dividida em duas partes:

- a) a primeira em 20 anos, referente ao investimento inicial: perfuração do poço, cano/acessórios e rede elétrica;
- b) a segunda em cinco anos: bomba

### PARA 20 ANOS:

- Perfuração do poço: R\$ 3.500
- Cano/acessórios: R\$ 500
- Total: R\$ 4.000

$$V_{(ac)} = I \times (1 + i)^n \times i / ((1 + i)^n - 1), \text{ sendo:} \quad (1)$$

- $V_{(ac)}$  – valor anual da parcela de amortização de capital
- $I$  – investimento
- $n$  – prazo do empréstimo = 20 anos
- $i$  – taxa de juros a. a = 10%

$$((1 + i)^n \times i) / ((1 + i)^n - 1) = r \quad (2)$$

$$V_{(ac)} = (4.000 \times (1 + 0,1)^{20} \times 0,1) / ((1 + 0,1)^{20} - 1) = 4.000 \times 0,11746 = \text{R\$ } 470 \quad (3)$$

$$\text{Manutenção: } 5,00\% \text{ de } V_{(ac)}, \text{ Logo, } V_{20m (ac)} = 0,05 \times 470 = \text{R\$ } 23,49/m^3 \quad (4)$$

$$V_{1 (ac)} = ( 470 + 23,49) = \text{R\$ } 493,49 \quad (5)$$

Energia Elétrica - Rede:

- Rede elétrica = R\$ 1.000

$$V_{ac} = 1.000 \times r = 1.000 \times 0,11746 = \text{R\$ } 117,46 \quad (6)$$

Manutenção por conta da concessionária

$$V_{2 (ac)} = \text{R\$ } 117,46$$

### PARA 5 ANOS:

- bomba = R\$ 3.500

$$V_{(ac)} = (3.500 \times (1 + 0,1)^5 \times 0,1) / ((1 + 0,1)^5 - 1) = 3.500 \times 0,26380 = \text{R\$ } 923,29 \quad (7)$$

$$\text{Manutenção: } 5,00\% \text{ de } V_{5m (ac)} = 0,05 \times 923,29 = \text{R\$ } 46,16 \quad (8)$$

$$V_{3 (ac)} = (923,29 + 46,16) = \text{R\$ } 969,45 \quad (9)$$

$$V_{T (ac)} = V_{1 (ac)} + V_{2 (ac)} + V_{3 (ac)} = 493,49 + 117,46 + 969,45 = \text{R\$ } 1580,40 \quad (10)$$

## CUSTO DO M3 D'ÁGUA:

a) Devido ao investimento:

$$V_I (\text{R\$/m}^3) = V_{T(ac)}/Q_{\text{bomb. anual}} = \text{R\$ } 1580,40 / (0,95 \times 11 \times 24 \times 365) \text{m}^3 = \text{R\$ } \mathbf{0,01726/\text{m}^3} \quad (11)$$

b) Devido a operação – bombeamento, energia consumida para bombear 1 m<sup>3</sup> d'água:

Para o cálculo custo do m<sup>3</sup> d'água bombeado foi adotado a equação (12):

$$C_{\text{m}^3} = (C_{\text{cons.}} + C_{\text{dem}}) / (.Q(\text{m}^3/\text{h}) \times 24 \times 365) \quad (12)$$

Sendo:

$$C_{\text{cons.}} = \text{custo anual de consumo} = E \times T_{\text{cons}} \quad (13)$$

E - energia gasta em kwh anualmente =  $0,736 \times Q(\text{l/s}) \times H_{\text{man}}(\text{m}) / (75 \times n) \times Y(\text{h})$ , sendo Y o número de horas de funcionamento da bomba por ano e n o seu rendimento.

Tcons. tarifa de consumo = 0,06376 R\$/kwh.

$$C_{\text{dem.}} = \text{custo anual de demanda} = P_{\text{inst.}} \times T_{\text{dem.}} \quad (14)$$

Sendo  $P_{\text{inst.}} = X(\text{HP})$ ; e  $T_{\text{dem.}} = 4,35 \text{ R\$/kwh} \times \text{mês}$ , em assim sendo a equação (12) fica;

$$C_{\text{m}^3} = (0,06376 ((Q(\text{l/s}) \times H_{\text{man.}}) / (60 \times n) \times 0,736 \times 42 \times 365) + 4,35 \times 0,736 \times 12) / (Q(\text{m}^3/\text{h}) \times 24 \times 365)$$

Desta forma para uma  $Q(\text{l/s}) = 3,06$ ;  $H_{\text{man}} = 102\text{m}$ ,  $X(\text{HP}) = 7,5$  e n (rendimento da bomba) = 0,6, pela equação (12), temos que:

$$C_{\text{m}^3} = \text{R\$ } \mathbf{0,021/\text{m}^3}$$

$$V_T (\text{R\$/m}^3) = V_I (\text{R\$/m}^3) + V_E (\text{R\$/m}^3) = \mathbf{0,01726 + 0,021 = \text{R\$ } 0,038/\text{m}^3} \quad (15)$$

Como pode-se observar 55% do custo da água é devido ao bombeamento.

## DADOS REFERENTES AO AÇUDE:

Para construção do açude, adotou-se o custo de investimento total do poço durante os 20 anos, porém, com aplicação dos recursos em marcha, ou seja, da mesma forma que o poço, devido a compra sucessiva das bombas a cada cinco anos. Desta forma, o investimento no açude foi o seguinte: aplicação inicial de R\$ 8.500; no sexto ano, R\$ 3.500; no décimo primeiro ano, R\$ 3.500; e no décimo sexto, R\$ 3.500. Isto significa que a cada investimento, o açude é ampliado e o custo do m<sup>3</sup> d'água muda de valor. Neste caso, não há custo de operação para o açude, existe apenas a manutenção que já está dentro do próprio investimento.

Os parâmetros do açude foram calculados, adotando as metodologias desenvolvidas pela SUDENE (Série Hidrologia/29 – 1994) para pequena açudagem do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro e pela EMATER-PE para o sertão e agreste de Pernambuco:

- que o m<sup>3</sup> de terra no maciço custa: **R\$ 2,55**
- que o aproveitamento do volume d'água em regime contínuo, ou seja, a vazão regularizadora é de 10 a 15% da capacidade do açude; e
- que, para nos açudes, o volume de terra do maciço guarda com a capacidade de armazenamento, em média, a seguinte relação:

$$V_{\text{água}} = 1,90 \times V_{\text{terra}}^{1,195} \quad (16)$$

Desta forma, com base nestes dados podemos calcular os dados do açude:

### **CUSTO DA ÁGUA DO PRIMEIRO AO QUINTO ANO:**

$$V_{\text{parede}} = \text{Invest. Inical}/2,55 = 8.500/2,55 = 3.333 \text{ m}^3 \quad (17)$$

$$V_{\text{água}} = 1,9 \times 3.333^{1,195} = 30.803 \text{ m}^3 \quad (18)$$

$$V_{\text{água disp.}} = 0,1 \times V_{\text{água}} = 0,1 \times 30.803 = 3.080 \text{ m}^3 \quad (19)$$

Como a topografia em Penaforte é plana, desfavorável a açudagem e ser em sedimento, adotou-se um aproveitamento de 10%.

Valor da parcela de amortização de capital para 20 anos:

$$V_{20 \text{ (ac)}} = 5000 \times ((1 + 0.1)^n \times 0.1 / (1 + 0.1)^n - 1) = 5000 \times 0,11746 = \text{R\$ } 587,30 \quad (20)$$

Valor da parcela de amortização de capital, para 5 anos, correspondente ao custo da bomba.

$$V_{5 \text{ (ac)}} = 3.500 \times ((1 + 0.1)^n \times 0.1 / (1 + 0.1)^n - 1) = 3.500 \times 0,26380 = \text{R\$ } 923,30 \quad (21)$$

### **VALOR TOTAL DA AMORTIZAÇÃO DO CAPITAL DO PRIMEIRO AO QUINTO ANO.**

$$V_{(\text{R\$}/\text{m}^3)} = (V_{20 \text{ (ac)}} + V_{5 \text{ (ac)}}) / V_{\text{água disp.}} = (587,30 + 923,30) / 3.080 = \text{R\$ } \mathbf{0,491/\text{m}^3}. \quad (22)$$

### **CUSTO DA ÁGUA DO SEXTO AO DÉCIMO ANO:**

$$V_{\text{parede}} = (8.500 + 3.500) / 2,55 = 4.706 \text{ m}^3 \quad (23)$$

$$V_{\text{água}} = 1,9 \times 4.706^{1,195} = 46.511 \text{ m}^3 \quad (24)$$

$$V_{\text{água disp.}} = 0,1 \times 46.511 = 4.651 \text{ m}^3 \quad (25)$$

$$V_{(\text{R\$}/\text{m}^3)} = V_{T6/10 \text{ (ac)}} / V_{\text{água disp.}} = 1511 / 4.615 = \text{R\$ } \mathbf{0,325/\text{m}^3} \quad (26)$$

### **CUSTO DA ÁGUA DO DÉCIMO PRIMEIRO AO DÉCIMO QUINTO ANO:**

$$V_{\text{parede}} = (12.000 + 3.500) / 2,55 = 6.078 \text{ m}^3 \quad (27)$$

$$V_{\text{água}} = 1,9 \times 6.078^{1,195} = 63.152 \text{ m}^3 \quad (28)$$

$$V_{\text{água disp.}} = 0,1 \times 63.152 = 6.315 \text{ m}^3 \quad (29)$$

$$V_{(R\$/m^3)} = V_{T11/15(ac)}/V_{\text{água disp.}} = 1.511/6.315 = R\$ \mathbf{0,239/m^3} \quad (30)$$

### CUSTO DA ÁGUA DO DÉCIMO SEXTO AO VIGÉSIMO ANO:

$$V_{\text{parede}} = (15.500 + 3.500)/2.55 = 7.451 \text{ m}^3 \quad (31)$$

$$V_{\text{água}} = 1,9 \times 7.451^{1,195} = 80.546 \text{ m}^3 \quad (32)$$

$$V_{\text{água disp.}} = 0,1 \times 80.546 = 8.055 \text{ m}^3 \quad (33)$$

$$V_{(R\$/m^3)} = V_{T16/20(ac)}/V_{\text{água disp.}} = 1511/8.055 = R\$ \mathbf{0,188/m^3} \quad (34)$$

Como o custo do m<sup>3</sup> d'água foi variável a cada cinco anos e sendo também o volume disponível diferente nestes períodos, então o custo do m<sup>3</sup> d'água será a média ponderada dos vários períodos, tomando-se como peso os volumes disponíveis:

$$V_m (R\$/m^3) = (0,491 \times 3.080 + 0,325 \times 4.651 + 0,239 \times 6.315 + 0,188 \times 8.055)/(3.080 + 4.651 + 6.315 + 8.055) = R\$ \mathbf{0,274 /m^3} \quad (35)$$

Como 20% dos anos são secos e os açudes não recebem água, então a garantia é de 80%, logo o:

$$V_m (R\$/m^3) = 0,271/0,8 = R\$ \mathbf{0,343/m^3}. \quad (36)$$

Comparando este custo com o valor referente ao poço, vemos que o custo da água do poço é apenas **11%** em relação ao custo da água do açude, para um período de vinte anos. Como o açude vai ser reformado a cada 5 anos, desprezamos o gasto com a manutenção. No caso de considerar um período de **40 anos**, vida útil das obras, os custos mudam de valor. Porém, o custo da água do poço continua menor. Ainda considerando as condições anteriores, verifica-se que o volume médio disponível do açude é representado pela média aritmética multiplicada pelo coeficiente de garantia de 0,8, ou seja:

$$V_m (\text{água disp.}) = ((3.080 + 4.651 + 6.315 + 8.055)/4) \times 0,8 = 4.420 \text{ m}^3/\text{ano} \quad (37)$$

enquanto que, o volume d'água disponível do poço, por ano, é de 91.542 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, 21 vezes o do açude. Apenas, a título de informação, se o custo de bombeamento para a água do poço, fosse também levado em consideração para construção de açudes, típicos do município, faria-se, também, mais ou menos 5 (cinco) novos barramentos do mesmo porte, porém o volume d'água total disponível seria no máximo da ordem de 26.000m<sup>3</sup>/ano, enquanto que o do poço é 91.542m<sup>3</sup>/ano. Pode ser demonstrado que, em um poço com esta distribuição de custo e com uma vazão igual ou superior a 720 l/h, preservadas as demais características, sua construção passa a ser mais vantajosa do ponto de vista financeiro, custo do metro cúbico d'água, que a construção do açude.

## CONCLUSÃO

Desta forma, conclui-se que em Penaforte-CE, no sedimento, é mais viável a construção de um poço que a de um açude, considerando-se o mesmo investimento, além das seguintes vantagens:

- oferta d'água permanente, independente de haver inverno;
- água sem maiores riscos de poluição/contaminação;
- água a menor custo;
- maior volume de oferta;
- garantia de 100%;
- menor custo de tratamento, quando for o caso;
- economia com tratamento de doenças causada por veiculação hídrica ou vetores; e
- preservação das características ambientais sem necessidade de uso de maiores áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CADIER, E. & MOLLE, E. F., 1992. **Manual do Pequeno Açude**. SUDENE/ORSTOM. Recife-PE.
- MOLLE, F., 1994. **Marcos Históricos e Reflexões sobre a Açudagem e seu Aproveitamento**. Série Hidrologia/30. Recife-PE.
- MOLLE, F., 1994. **Geometria dos Pequenos Açudes**. Série Hidrologia/29. SUDENE/ORSTOM. Recife-PE.
- PATSENKO, Y., 1994. **Um Método Simplificado para Avaliação dos Volumes dos Açudes**. II.
- Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Volume Único, p 277-283. Fortaleza – CE.
- SUDENE, 1989. **Perdas por Evaporação e Infiltração em Pequenos Açudes**. Série. Hidrologia/31. SUDENE/ORSTOM, Recife-PE.