

OFERTA X CUSTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO PICI/UFC

Maria da Conceição Rabelo Gomes¹
Itabaraci Nazareno Cavalcante²
Ediu Carlos Lopes Lemos³

¹ Doutoranda em Hidrogeologia/Centro de Ciências/Universidade Federal do Ceará (Bolsista CAPES/REUNI). conceicaorabelo@yahoo.com.br

² Departamento de Geologia/CC/UFC. ita@fortalnet.com.br

³ Doutorando em Geociências/ Centro de Tecnologia e Geociências/Universidade Federal de Pernambuco / Bolsista CNPq / e-mail: ediu.lemos@ufpe.br

RESUMO

Este trabalho avaliou a oferta e custo das águas subterrâneas no Campus Universitário do Pici/UFC associadas a uma proposição de planejamento e gestão desse recurso a fim de se ter a captação e uso da água sob a óptica de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida. A área estudada possuem reservas permanentes de $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ e $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ de reservas renováveis. As reservas renováveis e permanentes são as mais adequadas para uma análise integrada dos recursos hídricos subterrâneos. O volume hídrico que pode ser disponibilizado anualmente no Campus do Pici é de $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, com uma demanda atual de $176 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$. O custo de produção do metro cúbico de água subterrânea no Campus do Pici com um regime de bombeamento de 6 horas/dia é de aproximadamente 0,35 R\$/ m^3 . O custo fixo total anual para captação de água subterrânea na área é de 2.327,72 (dois mil, trezentos e vinte e sete reais e setenta e dois centavos) e os custos operacionais de 1.531,83 (um mil, quinhentos e trinta e um reais e oitenta e três centavos) no regime de bombeamento de 6 horas por dia.

Palavras chave: Oferta de água subterrânea, custo, água subterrânea.

ABSTRACT

This study evaluated the supply and cost of groundwater in the Pici Campus/UFC associated with a proposition that resource planning and management in order to have the collection and use of water from the perspective of sustainable development and quality of life. The study area have permanent reserves of $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ and 117 m^3 per year of renewable resources. Renewable reserves are permanent and more suitable for an integrated analysis of groundwater resources. The water volume that can be made available annually in the Pici Campus is $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$, with a current demand of $176 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$. The production cost per cubic meter of groundwater in the Pici Campus with a regimen of pumping 6 hours/day is approximately 0,35 R\$/ m^3 . The total annual fixed cost for the abstraction of groundwater in the area is 2.327,72 (two thousand three hundred and twenty-seven reais and seventy two cents) and operating costs 1531.83 (one thousand, five hundred thirty-one reais and eighty three cents) in the regime of pumping 6 hours per day.

Keywords: Ground water offer, cost, groundwater.

INTRODUÇÃO

A gestão dos usos das águas, também denominada gestão da demanda, se dá no sentido de utilizar, da melhor maneira possível, as disponibilidades hídricas viabilizadas pela oferta. Classificam-se, como funções do uso, o conjunto de ações necessárias para que a água se torne efetivamente útil aos homens, às plantas, aos animais e às paisagens (CAMPOS, 2001).

A gestão das águas, pelo lado da oferta, se dá no sentido de aumentar as disponibilidades hídricas através da ativação das potencialidades. Assim, classificam-se como funções da oferta as diversas ações, em obras ou serviços, através das quais a água se torna disponível para utilização no tempo e no local onde ocorre a demanda (CAMPOS, *op.ct.*).

Planejar, agir e avaliar ações são partes fundamentais do processo de gestão das águas, cujo objetivo é garantir, de forma sustentável, água em quantidade e qualidade suficientes para as necessidades da sociedade e dos

ecossistemas. Para planejar de modo consequente, portanto, é necessário avaliar corretamente a necessidade de recursos físicos, humanos e financeiros para implementar ações (ARAÚJO *et al.*, 2005). Neste sentido o presente artigo apresenta cálculos dos custos de intervenções capazes de ampliar a oferta e a distribuição da água no Campus Universitário, ou seja, intervenções capazes de implementar a disponibilização da água bruta.

A área de estudo localiza-se no Campus Universitário do Pici, integrado a um dos bairros metropolitanos de Fortaleza, com uma área de 2 km² (Figura 1) sendo ocupado pela Universidade Federal do Ceará desde 1955. Dispõe de poços tubulares distribuídos nos seus diversos Centros e em áreas de parcerias. No entanto, este trabalho tem como objetivo avaliar a oferta e custo das águas subterrâneas associadas a uma proposição de planejamento e gestão desse recurso a fim de se ter a captação e uso da água sob a ótica de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida.

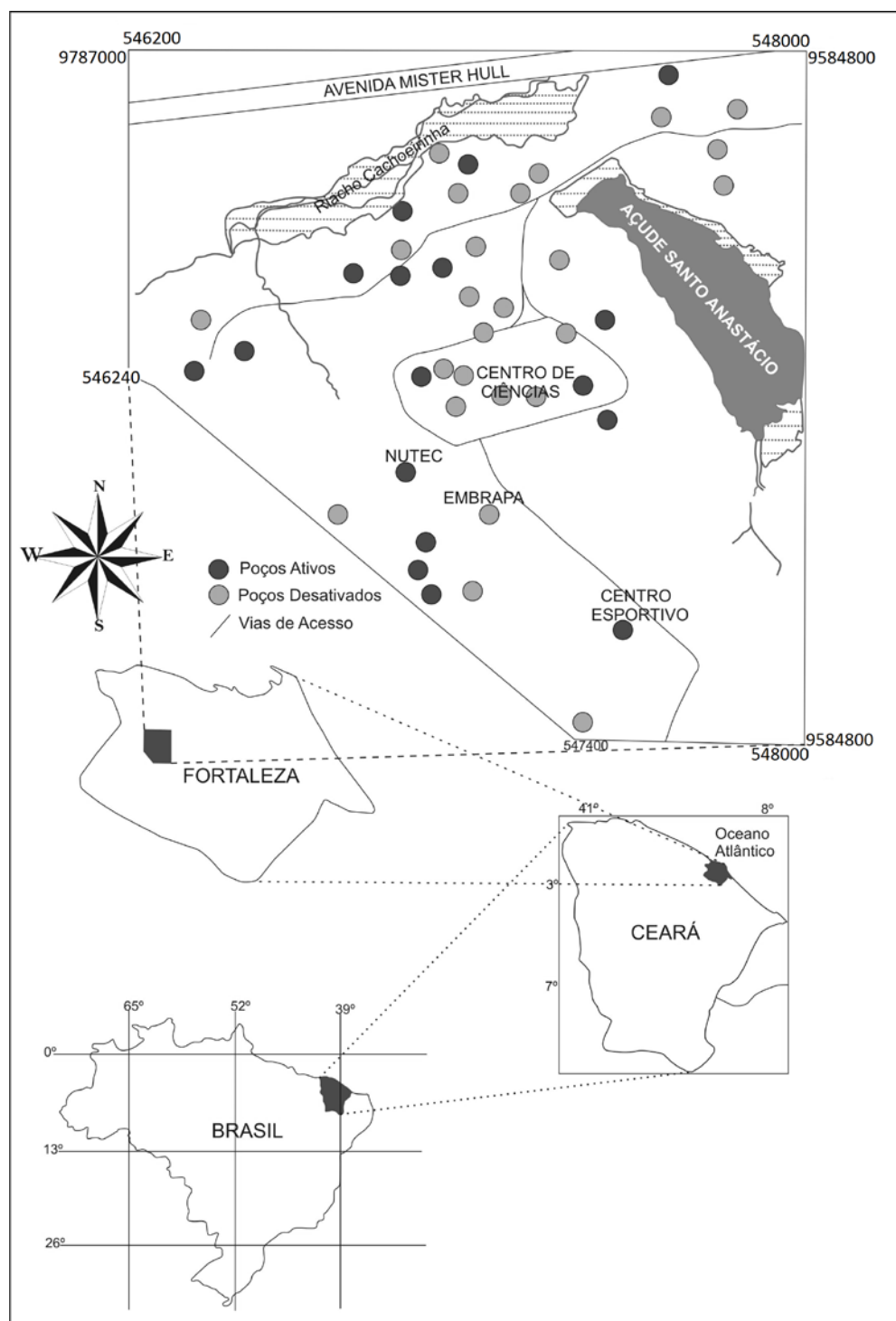


Figura 1. Localização do Campus Universitário do Pici/UFC, Fortaleza - Ceará

METODOLOGIA

A metodologia de trabalho constou de equações específicas para cálculos de reservas e custo da água subterrânea, descritos a seguir.

Reservas hídricas

Para a estimativa do volume de água armazenado no sistema aquífero, foram calculados reservas renováveis, permanentes e totais, além das disponibilidades hídricas subterrâneas.

As reservas renováveis são representadas pelo volume de água acumulada no meio aquífero, em função da porosidade efetiva ou do coeficiente de armazenamento, e é variável anualmente (CAVALCANTE, 1998). Neste trabalho foi calculado com base na flutuação (Δh) dos níveis de água dos aquíferos livres, sendo utilizada a equação $R_r = A \times \Delta h \times \eta_e$. Onde: R_r = Reserva renovável (m^3/ano); A = Área de ocorrência do aquífero (m^2); Δh = Variação do nível d'água (m) e η_e = Porosidade efetiva (adimensional).

As reservas permanentes representam o volume de água subterrânea contida nos aquíferos, em função da porosidade efetiva ou do coeficiente de armazenamento e que não varia em função das variações sazonais (CAVALCANTE, 1998). O cálculo destas reservas foi realizado através da equação $R_p = A \times h_o \times \eta_e$. Onde: R_p = Reserva permanente (m^3); A = Área de ocorrência do aquífero (m^2); h_o = Espessura média saturada (m) e η_e = Porosidade efetiva (adimensional).

As reservas totais de um sistema aquífero representam o somatório das reservas renováveis e permanentes consistindo, assim, na totalidade das águas subterrâneas que estão armazenadas no aquífero. O cálculo

destas reservas é efetuado através da equação $R_t = R_r + R_p$. Onde: R_t = Reserva Total (m^3/ano); R_r = Reserva Renovável (m^3/ano) e R_p = Reserva Permanente (m^3).

A disponibilidade hídrica corresponde aos recursos hídricos explotáveis que estão disponíveis e que não comprometem as reservas do aquífero nem o meio ambiente, podendo ser dividida em potencial e efetiva (CAVALCANTE, 1998). A Disponibilidade Potencial é o volume total da reserva renovável que não produz diminuição da reserva permanente. O cálculo é obtido através da equação $D_p = R_r + 1/3 \times R_t$. Onde: D_p = Disponibilidade potencial (m^3/ano); R_r = Reserva Renovável (m^3/ano) e R_t = Reservas Totais (m^3). A Disponibilidade Efetiva representa o volume de água subterrânea normalmente captada pelos poços instalados em funcionamento. O cálculo dessas reservas é feito através da equação $D_e = n \times Q_m \times t_h$. Onde: D_e = Disponibilidade Efetiva (m^3/h); n = números de poços em usos; Q_m = vazão média (m^3/h) e t_h = taxa média de bombeamento (h/dia).

Custo de exploração da água subterrânea

Para a determinação do custo anual de produção de água subterrânea adotou-se alguns conceitos de matemática financeira que são aplicados em grandes e pequenos projetos de engenharia (TANCREDI, 1996; VIDAL, 2003; KOURY, 2006). Neste método é feita a conversão dos investimentos em uma unidade equivalente, onde os valores referentes ao custo inicial da obra devem ser multiplicados por fatores calculados por juros compostos em função da vida útil provável dos elementos

componentes da obra e da taxa anual de juros, através da expressão: $Fa = i (1 + i)^n / [(1 + i)^n - 1]$. Onde: Fa - Fator de anualização ou de reposição do capital; i - Taxa de juro anual e n - Vida útil provável da obra.

A partir do fator de anualização, pode-se calcular a amortização do poço, das bombas e instalações de equipamentos (Custos fixos).

O cálculo da amortização do poço (Ap) é feito pela equação $Ap = Pp \times Fa$. Onde: Ap - Amortização do poço; Pp - Preço presente do bem (R\$) e Fa - Fator de anualização.

O cálculo da amortização da construção da casa de bomba e instalações de equipamentos (Acb) é efetuado da seguinte forma: $Acb = Pcb \times Fa$. Onde: Acb - Amortização da construção da casa de bomba e instalações de equipamentos; Pcb - Preço presente do bem (R\$) e Fa - Fator de anualização.

O cálculo do valor principal da geração de bombas (R) é feito da seguinte equação: $R = P / (1 + i)^n$. Onde: R - Valor principal da geração de bombas; P - Custo inicial da bomba; i - Taxa de juro anual e n - Período de duração em anos.

Para calcular a amortização das bombas (Ab) é utilizada a equação $Ab = Pb \times Fa$. Onde:

Ab - Amortização da bomba; Pb - Preço presente do bem (R\$) e Fa - Fator de anualização.

Para calcular os custos operacionais (despesas para bombeamento, manutenção e reparos) são utilizadas duas equações descritas a seguir.

O cálculo das despesas com energia elétrica é baseado na potência consumida e na tarifa anual de energia, através da equação $P = \alpha \times Q \times AMT$. Onde: P - Potência consumida em uma hora de bombeamento (kW); α - Potência da bomba submersa (15Q.H);

Q - Vazão da bomba (m³/s) e AMT - Altura manométrica total (m).

O cálculo da tarifa anual de energia é realizado pela equação $Te = P \times kW/h \times n$. Onde:

Te - Tarifa anual de energia; kW - Potência consumida (R\$) e n - Número de dias do ano.

O cálculo das despesas com manutenção do poço e instalações é feito da seguinte equação: $Gm = i \times Pp$. Onde: Gm - despesas com manutenção do poço e instalações; i - Taxa de juro anual e

Pp - Preço presente do bem (R\$).

O cálculo da produção anual de água é realizado pela seguinte equação: $Pa = Q \times h$. Onde: Pa - Produção anual prevista; Q - Vazão da bomba e h - Horas de funcionamento por ano.

O custo de produção do m³ de água subterrânea (Cp) é calculado pela seguinte equação: $Cp = (Ap + Acb + Ab + Te + Gm) / Pa$. Onde: Cp = Custo de produção (m³); Ap = Valor da amortização anual; Acb = Valor da amortização anual do capital para construção da casa de bomba e da instalação dos equipamentos elétricos; Ab = Valor da amortização anual do capital para o conjunto de bombas; Te = Tarifa anual de energia; Gm = Manutenção do poço e instalações e Pa = Produção (volume) anual previsto.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

No Campus do Pici ocorrem dois sistemas hidrogeológicos que são diferenciados na vocação para o armazenamento hídrico e principalmente, para a produção de água subterrânea. O primeiro corresponde ao Sistema Hidrogeológico Barreiras (aflorante) onde se tem, em geral, as melhores perspectivas de exploração das águas subterrâneas. O segundo compreende o Sistema Hidrogeológico Cristalino, representado pelo embasamento

cristalino não aflorante, que apresenta uma baixa vocação hidrogeológica, restrito apenas às zonas fraturadas, capazes de armazenar e ceder água (GOMES, 2009).

O Barreiras é representado pelos sedimentos terciário-quadernário, sendo considerado como um aquífero livre com predomínio de coloração avermelhada, friáveis, com níveis conglomeráticos intercalados ocasionalmente. A cobertura sedimentar tem uma espessura média de 50m, destacando-se a base da Formação Barreiras formada por sedimento areno-argilosos e/ou argilo-arenosos com espessura média de 34m, sobreposto a esses sedimentos, as areias lixiviadas da Formação Barreiras, constituindo um estrato muito regular do Barreiras, com espessura média de 9m.

O embasamento cristalino (não aflorante) representado litologicamente pelas rochas gnáissicas do Complexo Caicó de idade Pré-Cambriano, onde se intercalam corpos lenticulares de anfíbolitos, quartzitos e calcários cristalinos, atingindo profundidades superiores a 50m.

Situação das obras de captação

No Campus do Pici foram cadastrados 43 poços tubulares, sendo eles distribuídos nos Centros da UFC e nos órgãos no Campus, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), NUTEC (Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará) e PADETEC (Parque de Desenvolvimento Tecnológico).

A partir do cadastro foi possível determinar a situação atual dos poços: 18 em uso; 22 desativados; 2 abandonados e 1 não instalado. O motivo dos poços desativados é quebra de bomba, mau funcionamento do

motor e concentração de capa rosa (ferro) na água dos poços.

As águas dos poços tubulares ativos na área são explotados para diversos fins. Do total de 18 dados de uso das águas, temos 9 poços sendo usados para consumo humano/irrigação, 8 para irrigação e 1 para recreação. A maior quantidade de poços (50%) é usada para irrigação no Centro de Ciências Agrárias, devido à localização nos setores de irrigação de pastagens e hortas do Campus do Pici.

Aspectos qualitativos das águas subterrâneas

Devido à importância das águas subterrâneas para atendimento às diversas demandas atuais e futuras da coletividade no Campus Universitário do Pici, foram analisadas as características físico-químicas das águas e a sua adequabilidade para consumo humano.

Durante o período de 2008 foram coletadas 20 amostras das águas subterrâneas para realização de análises físico-químicas.

A área de estudo é caracterizada pela predominância (80%) de valores de até 400 mg/L de STD (Sólidos Totais Dissolvidos). Podendo-se constatar que as concentrações estão dentro do padrão recomendado pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) que é de 1.000 mg/L. A concentração de sais nas águas subterrâneas pode ser produzida por diversos fatores, sendo os mais prováveis a dissolução e o processo de evaporação.

O Campus do Pici é caracterizado pela predominância (70%) de águas ácidas, ou seja, pH menor que 7 (6,1 a 6,9), principalmente na parte leste e sul da área. De acordo com a Portaria vigente, o valor máximo tolerável (VMT) para o consumo humano oscila de 6,0 a 9,5.

Em relação à concentração de nitrato, os valores variaram de 0,1 a 11,5 mg/L de N-NO_3^- . De acordo com a Portaria Nº 2914/2011 do MS, o valor máximo permissível de nitrato é de 10 mg/L de N-NO_3^- , assim, apenas uma amostra encontram-se fora do limite permissível, com 11,5 mg/L de N-NO_3^- (poço do PADETEC), onde essa alta concentração de nitrato estar sendo influenciada pelas águas poluídas do açude santo Anastácio.

A concentração de ferro variou de 0,01 a 6,90 mg/L, onde 5 amostras tiveram valores acima do limite permitido (0,3 mg/L) pela Portaria Nº 2914/2011 do MS. Na área é comum a ocorrência da “capa rosa” nas águas subterrâneas; a origem desse elemento na área está vinculada ao Sistema Aquífero Barreiras (níveis lateríticos).

De acordo com os ânions (Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} em meq/L) presentes nas amostras de águas subterrâneas, foi possível identificar a predominância de águas Cloretadas Sódicas (95%).

Demandas hídricas subterrâneas

Atualmente o Campus utiliza água captada pelos poços tubulares, água da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará) e do açude Santo Anastácio, priorizando o fornecido pela CAGECE (80%).

O Campus é frequentado por, aproximadamente, 14.700 pessoas por mês sendo 14.000 alunos, 300 servidores técnico-administrativos e 400 professores. Em termos de demanda hídrica, isso reflete um volume médio de 176.174 m^3/ano , variando de 9.274 a 19.283 $\text{m}^3/\text{mês}$ (Figura 2), com um custo médio mensal de R\$ 51.971,51, no período de 2005 a 2007, ou seja, um custo médio anual de R\$ 623.658,00 sem incluir multas e descontos. Esse volume de água é utilizado em chuveiros, lavatórios, descargas sanitárias, pias de cantinas, bebedores e laboratórios nos Centros de Ciências, Ciências Agrárias e Tecnologia e Administração Superior. Ressalta-se que o volume de água citado se refere somente a água consumida pela CAGECE, pois não se tem dados do volume que é usado através dos poços.

Durante o período de 2005 a 2007, os percentuais de consumo médio de água no Centro de Ciências e no Centro de Ciências Agrárias, comparativamente ao restante dos Centros/Departamentos do Campus do Pici, foram de 30% e 42% respectivamente, ou seja, 72% do total de água utilizada no Campus. Ressalta-se, porém, que o Centro de Ciências possui 08 poços tubulares, dentre os quais 06 desativados, e o Centro de Ciências Agrárias possui 16 poços, com 10 deles desativados, e apenas 08 poços estão em operação para atender os dois centros.

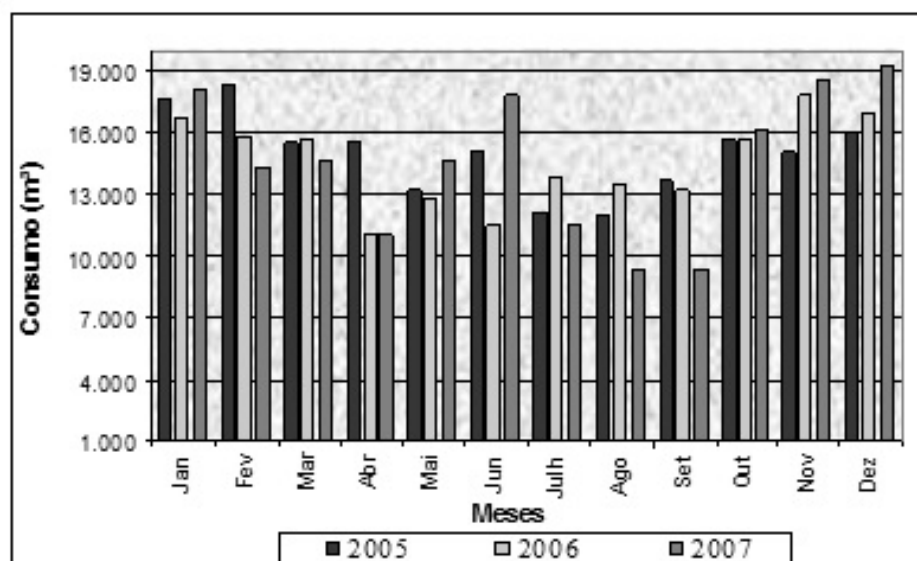


Figura 2 - Consumo d'água em m³/mês (CAGECE) no Campus do Pici/UFC

De acordo com os dados de 2005 a 2007, o volume do esgoto escoado no Campus é de, aproximadamente, 542 m³/ano. De acordo com Rocha (2007), a CAGECE visa implantar o programa SANEAR no Campus Universitário do Pici; o volume de esgoto cobrado é o mesmo da água consumida.

Na procura por meios alternativos que baixassem os gastos com o pagamento de água à CAGECE, a Prefeitura do Campus do Pici optou pela construção de um poço no Centro de Ciências Agrárias para complementar o abastecimento, enquanto que os 21 poços desativados (Bomba quebrada ou problema no motor) ficam sem utilidade.

Em se tratando de água superficial na área de estudo, tem-se o açude Santo Anastácio com um volume de 316.760 m³, utilizado principalmente pelos moradores e pescadores da redondeza que, através da pesca, geram a alimentação ou o sustento de suas famílias com a comercialização do pescado e, em alguns pontos, a água é utilizada para pequena irrigação e lazer. Ela é também utilizada na Estação de

Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias, que tem como atividade principal a produção de alevinos para repasse a proprietários rurais interessados em criação de peixes. A estação é importante para o ensino de Aquicultura e indispensável ao Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são abordados as reservas hídricas e custo da água subterrânea na área de estudo.

Ofertas hídricas subterrâneas

Na área em estudo existem basicamente dois domínios litológicos distintos: o sedimentar (Barreiras) e o cristalino, sendo este um meio anisotrópico e heterogêneo impossibilitando, muitas vezes, a efetivação do cálculo do potencial hídrico quantitativo. O meio sedimentar apresenta porosidade e permeabilidade primárias, facilitando o armazenamento e fluxo d'água, com base nos quais são feitos os cálculos de reservas.

Tradicionalmente, os dois tipos de reservas mais utilizados para as análises

integradas dos recursos hídricos subterrâneos são as reservas renováveis e as reservas permanentes (Matta, 2002).

Reservas Renováveis (Rr)

Para efetuar a avaliação do valor médio da variação do nível d'água (Δh), utilizou-se como base os dados dos níveis d'água dos poços tubulares monitorados durante um período de doze meses (Fevereiro/2007 a Janeiro/2008), logo a variação média do nível d'água nos poços monitorados para o período foi de 1,1 m.

Na literatura existem diferentes valores de porosidade efetiva utilizados para o Sistema Barreiras; neste trabalho, o valor usado no cálculo de reservas foi de 5% para a RMF (Região Metropolitana de Fortaleza), conforme foi proposto por Cavalcante, 1992 (apud Cavalcante, 1998).

Sendo assim, temos: $A = 2,13 \text{ km}^2$, $\Delta h = 1,1 \text{ m}$ e $\eta_e = 5\%$, para o que se obtêm $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ para as reservas renováveis.

Reservas Permanentes (Rp)

Devido à inexistência de 95% dos perfis construtivos dos poços cadastrados, foi usado para calcular a reserva permanente do Sistema Barreiras o valor da espessura média saturada de 15 m, proposto por Cavalcante (1998).

Sendo assim, para uma área aflorante em $2,13 \text{ km}^2$, uma porosidade efetiva de 5% e uma espessura saturada de 15 m, tem-se uma reserva permanente de $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Reservas Totais (Rt)

No Sistema Barreiras tem-se $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ para as reservas renováveis e $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ para as reservas permanentes, resultando em uma reserva total de $1,71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

4.1.4. Disponibilidades hídricas subterrâneas

A disponibilidade potencial representada pela reserva renovável ($117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$) mais 1/3 da reserva total ($570 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$) é de aproximadamente $687 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Considerando que do total de quarenta (43) poços cadastrados, 18 estão em uso, com vazão média de 5,0 m^3/h e a taxa de bombeamento com média de 4 horas diárias, a disponibilidade efetiva é de $360 \text{ m}^3/\text{dia}$, ou seja, $131 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Custo de exploração da água subterrânea

O custo de exploração da água subterrânea é função das condições hidrogeológicas locais e das condições de infra-estrutura da área (TANCREDI, 1996) e está dividido em custos fixos e operacionais, cuja soma constitui os custos totais de exploração.

CUSTOS FIXOS

Os custos fixos compreendem a aquisição do terreno onde será construído o poço, construção do poço, aquisição de bombas, equipamentos hidráulicos e elétricos para bombeamento e as instalações.

Nessa pesquisa não foi calculado o custo de aquisição do terreno para construção de poços, devido área de estudo estar em um terreno público, pertencendo a Universidade Federal do Ceará.

CONSTRUÇÃO DO POÇO

Estima-se em R\$ 300,00 (Trezentos reais) o custo atual do metro linear da construção de um poço em ambiente sedimentar, revestimento e filtro de PVC geomecânico. Esse valor é baseado em preços praticados por empresas locais para construção de poços tubulares, com características

semelhantes as dos poços adotados para a apropriação do custo unitário de produção de água subterrânea na área de estudo.

Para efeito de apropriação de custo adotou-se um poço com profundidade de 50m, para o qual teremos um custo de R\$ 15.000,00 (quinze mil reais).

Para efeito de avaliação econômica e viabilidade técnica foi calculado o custo de produção da água subterrânea, adotando-se para os poços destinados a consumo, irrigação e recreação uma vida útil de 20 anos. A conversão desse investimento em uma unidade equivalente foi realizada através da equação $Fa = i (1 + i)^n / [(1 + i)^n - 1]$. Onde: Fa - Fator de anualização ou de reposição do capital; i - Taxa de juro (8%) adotado pela Caixa Econômica Federal para os programas de abastecimento e saneamento e n - Vida útil provável da obra (20 anos). Logo, substituindo-se na equação, tem-se: $Fa = 0,08 (1+0,08)^{20} / [(1 + 0,08)^{20} - 1]$, resultando em $Fa = 0,10$.

O valor da amortização anual do capital para construção do poço com 20 anos de vida útil é:

$$Ap_{20\text{anos}} = 15.000,00 \times 0,10 = \text{R\$ } 1.500,00 \text{ (um mil e quinhentos reais).}$$

CASA DE BOMBAS E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Temos também para o cálculo do custo de água subterrânea os valores referentes à construção de casa de bombas e instalação de equipamentos elétricos. O custo da construção da casa de bomba e da instalação dos equipamentos elétricos, segundo empresa local, é de R\$ 4.044,70 (Materiais = R\$ 2.994,73 + Mão de obra = R\$ 1.050,00).

O valor da amortização anual do capital para construção da casa de bomba e da instalação dos equipamentos elétricos é de: $Acb =$

$$4.044,70 \times 0,10 = \text{R\$ } 404,47 \text{ (quatrocentos e quatro reais e quarenta e sete centavos).}$$

BOMBAS

Para as bombas submersas, cuja vida útil é de 5 anos, tem-se quatro gerações de bombas para a vida útil do poço que é de 20 anos. Tem-se como custo inicial de uma bomba para produzir uma vazão de 5 m³/h e altura manométrica de 34 m, o valor de R\$ 1.721,22 preço referente a uma bomba (DANCOR) com essas características a ser adquirida no comércio local.

Sendo assim, efetua-se o cálculo do valor principal do conjunto de bombas utilizando a equação $R = P / (1 + i)^n$. Onde: R - Valor principal da geração de bombas; P - Custo inicial da bomba (R\$ 1.721,22); i - Taxa de juro anual (8%) adotado para compra de equipamentos eletromecânicos e o conjunto de bombas (n - Período de duração em anos; n = 5 para a segunda bomba, n = 10 para a terceira bomba e n = 15 para a quarta bomba).

Logo, o custo para o conjunto de bombas é: $R_t = 1.721,22 + 1.171,43 + 797,26 + 542,60$, resultando em $R_t = 4.232,51$ (quatro mil, duzentos e trinta e dois reais e cinquenta e um centavos).

O valor da amortização anual do capital para o conjunto de bombas é de: $Ab = 4.232,51 \times 0,10 = \text{R\$ } 423,25$ (quatrocentos e vinte e três reais e vinte e cinco centavos).

Custos Operacionais

Os custos operacionais compreenderam as despesas para bombeamento, manutenção e reparos.

DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA

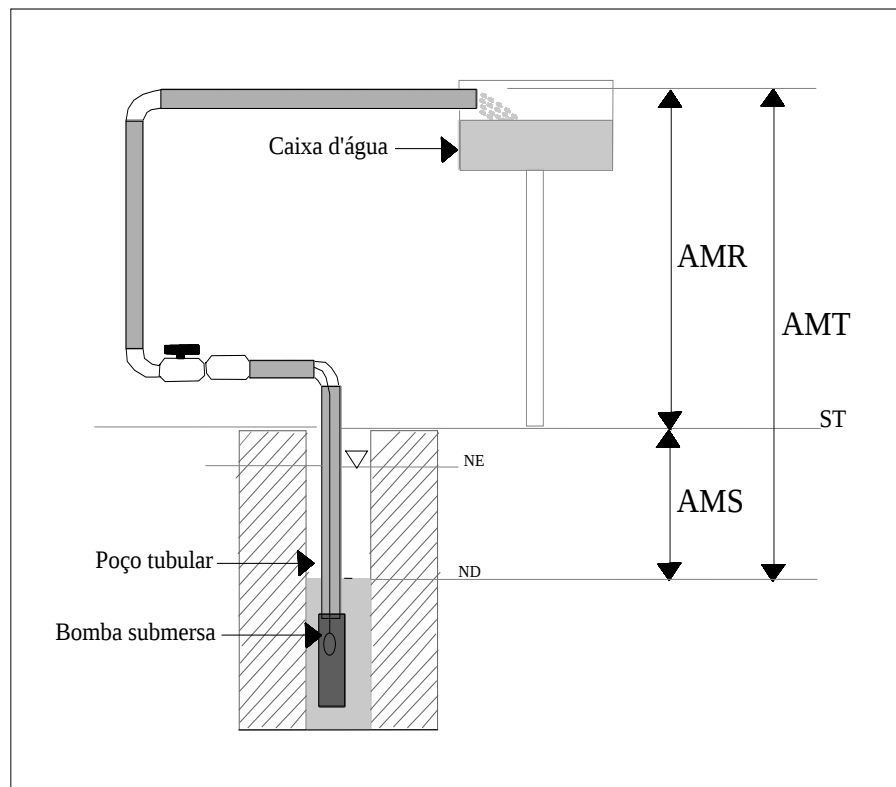
Na determinação das despesas financeiras referentes à energia, utilizou-se a equação $P = \alpha \times Q \times \text{AMT}$. Onde: P - Potência consumida em uma hora de bombeamento (kW); α

- Potência da bomba submersa (15QH);
Q - Vazão da bomba (m^3/s) e AMT -
Altura manométrica total (m).

Altura manométrica é uma característica do sistema e representa a energia, por unidade de peso, que o sistema solicita da bomba. Essa energia que a bomba fornece ao líquido (energia hidráulica) é conhecida como a Carga da bomba.

A Altura Manométrica Total (AMT) é calculada pela equação AMT

= AMS + AMR, refletida na Figura 3. Onde: AMT - Altura Manométrica Total (m); AMS - Altura Manométrica da Sucção (altura do nível dinâmico até a superfície do terreno); AMR - Altura Manométrica de Recalque (Altura da superfície do terreno até a altura que a bomba despeja água no reservatório, incluindo perdas de carga da água na tubulação e conexões (Joelhos, válvulas, etc)).



Legenda: MT = Altura Manométrica Total (m); AMS = Altura Manométrica da Sucção (m); AMR = Altura Manométrica de Recalque (m); NE = Nível Estático; ND = Nível Dinâmico (m) e ST = superfície topográfica.

Figura 3 – Modelo esquemático para cálculo da altura manométrica em um sistema de captação com bomba submersa (GOMES, 2009)

Na determinação da potência das bombas e consumo de energia para a área de estudo, considerou-se a altura manométrica total para poços com profundidade média de 50m da seguinte forma: AMS = 31m (ND); AMR = 3m; logo, tem-se AMT = 34m e $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h} = 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

De acordo com a equação, temos: $P = 15 \times 1,38 \times 10^{-3} \times 34 = 0,70 \text{ kW}$. Portanto, a energia consumida em 1h de bombeamento é de 0,70 kW. Para um regime de bombeamento de 6 horas, tem-se: $P_6 = 0,70 \text{ kW} \times 6\text{h} = 4,20 \text{ kWh}$.

Na avaliação dos custos anual de energia elétrica, para os bombeamentos, utilizou-se o valor de R\$ 0,51 por kWh, segundo informações da Companhia Energética do Ceará (COELCE, 2008) em Fortaleza, utilizando-se a equação $Te = P \times 1\text{kWh} \times n$. Onde: Te = Tarifa anual de energia; P = Potência consumida em horas de bombeamento (kW); $1\text{kWh} = \text{R\$ } 0,51$ e n = Número de dias do ano, logo o custo anual com energia elétrica para uma tarifa de R\$ 0,51 por kWh, incluindo impostos é de aproximadamente R\$ 781,83 (setecentos e oitenta e um reais e oitenta e três centavos).

DESPESAS COM MANUTENÇÃO DO POÇO E INSTALAÇÕES

Em consonância com Tancredi (1996), Barbosa (2000), Vidal (2003) e Araújo *et al.* (2005), foi utilizado para as despesas com manutenção anual do poço e equipamentos eletromecânicos uma taxa de 5% do preço de construção do poço. Adotando-se o preço do poço unitário de R\$ 15.000,00 calcula-se o gasto financeiro anual referente à manutenção do poço (G_m) pela equação $G_m = 0,05 \times 15.000,00$. Logo, as despesas com manutenção do poço e instalações são de R\$ 750,00/ano (setecentos e cinquenta reais).

PRODUÇÃO ANUAL DE ÁGUA

Para o cálculo da produção anual de água para um regime de bombeamento de 6 e 4 horas por dia tem-se a equação $Pa = Q \times h$. Onde: Pa - Produção anual prevista; Q - Vazão da bomba ($5\text{m}^3/\text{h}$) e h - Horas de funcionamento por ano (2.190 h). Logo, a produção anual prevista para o poço em um regime de bombeamento de 6 horas por dia é de $10.950,00 \text{ m}^3$.

Custos Totais de Exploração (Custo de Produção de Água Subterrânea)

O custo de produção do metro cúbico de água subterrânea é igual à somatória dos custos de amortização da aquisição do terreno, construção do poço, aquisição de bombas, instalação de equipamentos elétricos e construção das instalações, despesas com energia elétrica e despesas com manutenção do poço dividido pela produção anual do poço. Ressalta-se que não será utilizado nesse cálculo a aquisição do terreno, já que a área de pesquisa está em um terreno público.

Para calcular o custo de produção do m^3 de água subterrânea (C_p) tem-se a equação $C_p6h = (A_p + A_{cb} + A_b + Te + G_m) / Pa$. Logo para um regime de bombeamento de 6 horas por dia tem-se $C_p6h = (1.500,00 + 404,47 + 423,25 + 781,83 + 750,00) / 10.950,00$, resultando $C_p6h = \text{R\$ } 0,35/\text{m}^3$ (Custo final do m^3 de água).

Avaliação dos componentes do custo de produção de água subterrânea

A avaliação da composição do custo de produção do metro cúbico de água subterrânea para um regime de bombeamento, mostra a participação de

OFERTA X CUSTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO PICI/UFC

cada componente na formação do preço de produção da água subterrânea e o

percentual de cada item nesse preço (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição do custo de produção do metro cúbico de água subterrânea para um regime de bombeamento de 6 horas por dia.

Componente	Valor da despesa anual (R\$)	%
Construção do poço (20 anos de vida útil)	1.500,00	40
Casa de bomba e equipamentos	404,47	10
Aquisição do conjunto de bomba	423,25	11
Despesas com energia elétrica	781,83	20
Despesas com manutenção	750,00	19
Total	3.859,55	100

CONCLUSÕES

Os recursos hídricos subterrâneos do Campus do Pici têm reservas totais da ordem de $1,71 \times 10^6$ m³. Cerca de $1,59 \times 10^6$ m³ são reservas permanentes e 117×10^3 m³/ano são renováveis. A disponibilidade potencial que retrata o volume que pode ser extraído sem que haja diminuição na reserva permanente foi de 687×10^3 m³/ano e a disponibilidade efetiva calculada a partir dos poços em uso com uma taxa média de bombeamento de 4 horas foi de 131×10^3 m³/ano.

As reservas renováveis e permanentes são as mais adequadas para a análise integrada dos recursos hídricos subterrâneos. As reservas renováveis foram utilizadas para caracterizar a oferta hídrica do Campus do Pici. Assim sendo, o volume hídrico que pode ser utilizado anualmente no Campus do Pici é de 117×10^3 m³/ano, com uma demanda atual de 176×10^3 m³/ano. Ressalta-se, que a oferta foi calculada considerando a porosidade e espessura saturada dos poços da RMF,

devido à ausência de perfis dos poços da área. De acordo com os dados, o Campus pode ser suprida por 66% das águas subterrâneas, não existindo necessidade da dependência de atendimento por parte da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

O custo de produção do metro cúbico de água subterrânea no Campus do Pici com um regime de bombeamento de 6 horas/dia é de aproximadamente 0,35 R\$/m³.

O custo fixo total anual para captação de água subterrânea na área é de 2.327,72 (dois mil, trezentos e vinte e sete reais e setenta e dois centavos) e os custos operacionais de 1.531,83 (um mil, quinhentos e trinta e um reais e oitenta e três centavos) no regime de bombeamento de 6 horas por dia.

REFERÊNCIAS

Araújo, J. C. de; Molinas; P. A.; Joca, E. L. L.; Barbosa, C. P.;

- Bemfeito; C. J. de S.; Belo, P. S. do C. Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, nº 2, abr-jun. 2005.
- Barbosa, C. P. Avaliação dos custos de água subterrânea e reuso de efluentes no Estado do Ceará. 2000. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- Campos, N. O Modelo Institucional. In: Gestão de águas: Princípios e Práticas. 1º edição. Organizado por Nilson Campos e Ticiane Studart. Porto alegre. ABRH, 2001. cap. 03, p. 39-51.
- Cavalcante, I.N. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. 1998. 153f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- Coelce - Companhia Energética do Ceará. 2008. Disponível em: www.coelce.com.br. Acesso em: 15 de outubro de 2008.
- Gomes, M. da C. R.. O conhecimento hidrogeológico como instrumento de gestão das águas subterrâneas no campus universitário do Pici/UFC, Fortaleza – Ceará. 2009. 171f. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- Koury, F. de S. M. A viabilidade econômica e técnica da utilização de poços tubulares para o abastecimento de água na Região de Belém e Ananindeua, Estado do Pará - Brasil. 2006. 101f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- Matta, M. A. da S. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará/Brasil. 2002. 292f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Ceará, Belém, 2002.
- Portaria MS nº 2914 do Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2011. 32p.
- Rocha, V. L. M. da. Levantamento das condições operacionais da estação de tratamento de esgoto do Campus do Pici. 2007. 36f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- Tancredi, A.C.F.N.S. Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém: Fundamentos para uso e proteção. 1996. 153f. Tese (Doutorado em Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.
- Vidal, C. L. R. Disponibilidade e Gerenciamento Sustentável do Aquífero Serra Grande no Município de Picos – Piauí. 2003. 208f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2003.