

DEMANDA X OFERTA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA: ESTUDO DE CASO

Maria da Conceição Rabelo Gomes¹; Itabaraci Nazareno Cavalcante²; Karen Vendramini de Araújo³; João Thiago Viana Maia⁴ & Darlyane Rocha do Nascimento⁵

RESUMO - O trabalho tem como objetivo avaliar a demanda e oferta das águas subterrâneas no Campus Universitário do Pici 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 metodologia de trabalho adotada foi: Levantamento bibliográfico, levantamento de arquivo de dados de poços tubulares, elaboração de bases temáticas, tratamento e integração de dados. Os recursos hídricos subterrâneos da área estudada têm reservas de $1,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ como reservas permanentes e $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ são renováveis. As reservas renováveis e permanentes são as mais adequadas para a análise integrada dos recursos hídricos subterrâneos. O volume hídrico que pode ser utilizado anualmente no Campus do Pici é de $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, com uma demanda atual de $176 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$.

ABSTRACT - The study aims to assess the demand and supply of groundwater in the Campus do Pici associated with a proposition of planning and management of this resource in order to have the collection and use of water from the perspective of sustainable development and quality of life. The work methodology was adopted: literature survey, survey data file tube wells Preparation of thematic bases, processing and data integration. The groundwater resources of the area studied have total reserves of about $1.71 \times 10^6 \text{ m}^3$ per year. Approximately $1.59 \times 10^6 \text{ m}^3$ reserves are permanent and $117 \times 10^3 \text{ m}^3$ per year are renewable. Renewable resources and permanent are the most suitable for the integrated analysis of groundwater resources. The volume of water that can be used annually in the Campus of Pici is $117 \times 10^3 \text{ m}^3$ per year, with a current demand of $176 \times 10^3 \text{ m}^3$ per year.

Palavras-Chaves: Água Subterrânea, Demanda, Oferta.

¹ Doutoranda em Geologia-DEGEO/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). Rua Alcides Gerardo 71. Conjunto Palmeiras. Fortaleza/CE e-mail: conceicaoabelo@yahoo.com.br

² Prof. Dr. Adjunto do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, Bloco 913, Pici. Fortaleza/CE. e-mail: ita@fortalnet.com.br

³ Discente em Geologia-DEGEO/UFC (Bolsista PIBIC/CNPq). Rua Ildelfonso Albano, 2361, Casa I. Joaquim Távora. Fortaleza/CE e-mail: karevendramini@yahoo.com.br

⁴ Mestrando em Geologia-DEGEO/UFC (Bolsista CAPES). e-mail: viana_thiago@yahoo.com.br.

⁵ Discente em Geologia/DEGEO/CC/UFC. Rua Deputado matoso Filho, 1290. Antônio Bezerra – Fortaleza/CE. E-mail: darlyrocha@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A gestão dos usos das águas, também denominada gestão da demanda, dá-se 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 (Gomes, 2009).

A gestão das águas, pelo lado da oferta, dá-se 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 (Gomes, 2009).

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, a exemplo do NUTEC, PADETEC e EMBRAPA. No entanto, este trabalho tem como objetivo avaliar a demanda e oferta 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.

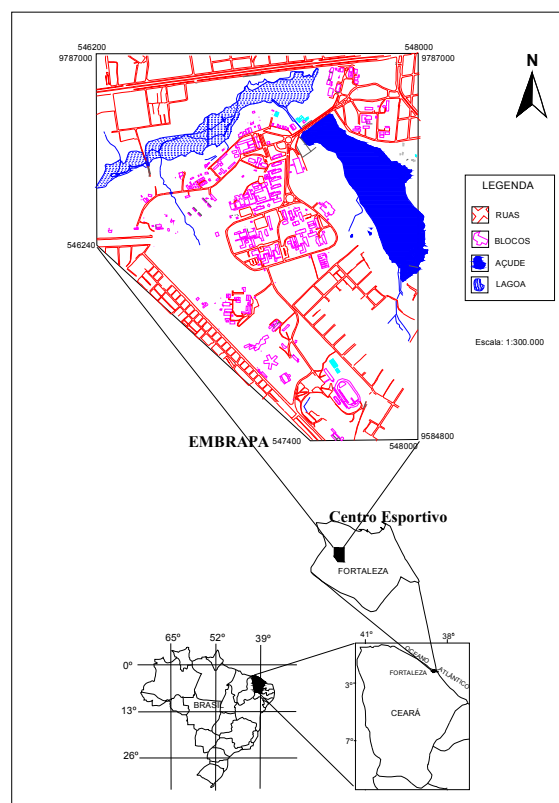


Figura 1. Localização do Campus Universitário do Pici/UFC, Fortaleza - Ceará

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia de trabalho adotada na elaboração desta pesquisa está dividida nas etapas seqüenciais: Levantamento bibliográfico, Levantamento de arquivo de dados de poços tubulares, elaboração de bases temáticas, tratamento e integração de dados.

A primeira etapa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a área de estudo constou da obtenção de dados referentes à geologia, à hidrogeologia, aos aspectos geoambientais e aos mapas temáticos.

A segunda etapa constou da atualização do cadastro das fichas técnicas referentes aos poços tubulares nos órgãos públicos e empresas particulares para se compor um arquivo de poços.

Na elaboração de bases temáticas foram integrados os dados adquiridos nas etapas de levantamento bibliográfico e de arquivos de poços, em seguida, foram integrados com os pontos georreferenciados, originando, assim, uma base preliminar de distribuição de poços (mapa base: PLANOP/2001) na escala de 1:10.000 utilizando o programa AutoCAD Map 2008.

Após o término das etapas anteriores, a fase seguinte constou da integração e discussão dos dados obtidos, com vistas à gestão integrada das águas no Campus do Pici. Foram utilizadas fichas de cadastro de poços, trabalhando-se com o programa Excel (elaboração de figuras e gráficos); mapa de distribuição dos poços, usando o programa AutoCAD Map 2008. Além disso, foram utilizadas equações baseadas no método volumétrico, que tem por base a flutuação dos níveis de água dos aquíferos livres, resultando assim nos tipos de reservas mais utilizados para as análises integradas dos recursos hídricos subterrâneos.

3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Nesse item apresentam-se resumidamente os aspectos hidrogeológicos, a situação das obras e os aspectos qualitativos das águas subterrâneas da área.

3.1. Aspectos hidrogeológicos

A área de estudo está inserida estratigraficamente no Barreiras (Tércio-Quaternário) que é constituída por níveis arenosos a silto-arenosos, sobreposta ao embasamento cristalino representado pelos gnaisses do Complexo Caicó.

O Barreiras representa o principal aquífero, tanto em termos de área aflorante quanto em potencialidade e aproveitamento, e, secundariamente, tem-se o embasamento cristalino não aflorante, contribuindo para o armazenamento das águas subterrâneas no Campus do Pici, constituindo, ocasionalmente, o aquífero principal.

3.2. Situação das obras de captação

A situação atual de exploração das águas subterrâneas no Campus do Pici consta do cadastramento de 43 poços tubulares, sendo eles distribuídos nos Centros da UFC e nos órgãos no Campus, EMBRAPA, NUTEC e PADETEC. O Centro de Ciências Agrárias possui 16 poços, 37% do total.

É possível identificar, a partir de dados coletados em campo, a seguinte situação dos poços: 18 em uso; 22 desativados; 2 abandonados e 1 não instalado. A maior concentração dos poços desativados está nos Centro de Ciências Agrárias (10), Centro de Ciências (06) e na administração superior (04) representando, respectivamente, 23%, 14% e 9% dos poços paralisados no Campus. O motivo é a quebra de bomba, mau funcionamento do motor e concentração de capa rosa (ferro) na água dos poços.

É notório que a utilização desse recurso hídrico subterrâneo, que aparenta boas condições sanitárias, poderia ser uma fonte de abastecimento, tanto para o Departamento da Zootecnia quanto na utilização da irrigação da horta.

As águas dos poços tubulares ativos na área são explorados 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.

Quanto à distribuição temporal dos 43 poços cadastrados, somente 28 (65%) têm informação sobre a data de construção. O maior período de construção dos poços ocorreu entre 1970 e a de 1990. Significa que a Universidade foi responsável pela construção desses poços, já que a mesma foi instalada em 1955.

Apesar de a maioria dos poços cadastrados apresentarem dados incompletos, foram levantados dados sobre suas características físicas e hidráulicas, tais como profundidade do poço (33 dados), níveis estáticos e dinâmicos (31 dados), rebaixamento, capacidade específica e vazão (31 dados).

3.3. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas

Gomes (2009) analisou a qualidade das águas de 15 poços tubulares área de estudo, onde concluiu que águas analisadas apresentaram índices aceitáveis do ponto de vista físico-químico,

porém, 03 amostras apresentaram valores para ferro que desqualificam estas águas para o consumo humano, enquanto que para o nitrato apenas 01 amostra encontra-se fora dos padrões de potabilidade. A média geral dos demais parâmetros (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$, Cl^{-} , HCO_3^{-}) variou entre “Boa” a “Passável”, qualificando as águas subterrâneas locais quanto à potabilidade físico-química.

As 15 análises revelam que, para o íon ferro, 20% das análises estão com valores acima dos padrões de potabilidade da Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde (0,3 mg/L).

Sabe-se que a elevada concentração de ferro, mesmo que pontual, pode causar problemas ao consumo humano, favorecendo a incidência de problemas cardíacos e diabetes.

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica, provém de resíduos da atividade humana e encontra-se presente acima dos limites permitidos pela Portaria nº518/2004 do MS (10 mg/L N-NO_3) em 0,6% das amostras analisadas com valor de 11,53 mg/L. A concentração elevada do nitrato é explicada na medida em que se tem a existência de fossas negras, ausência de saneamento básico e um posicionamento do nível estático muito raso, quase sempre inferior a 10 m, com predominância de 0 a 5 m e a mercê da variação sazonal.

4. DEMANDAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

O Campus Universitário do Pici (2 km²) ocupa uma ampla área arborizada com prédios espaçados e ruas largas. Durante os dias úteis, o ambiente é dominado pelo corpo docente, discente e funcionários, além de moradores e pescadores da redondeza, que utilizam o açude Santo Anastácio como área de lazer e pesca.

Atualmente o Campus utiliza água captada pelos poços tubulares, água da CAGECE e do açude Santo Anastácio, priorizando o potencial fornecido pela CAGECE (80%).

O Campus é freqüentado por, aproximadamente, 14.600 pessoas por mês sendo 14.000 alunos, 300 servidores técnico-administrativos e 300 professores. Em termos de demanda hídrica, isso reflete um volume médio (vazão) de 176.174 m³/ano (176×10^3 m³/ano), variando de 9.274 a 19.283 m³/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.

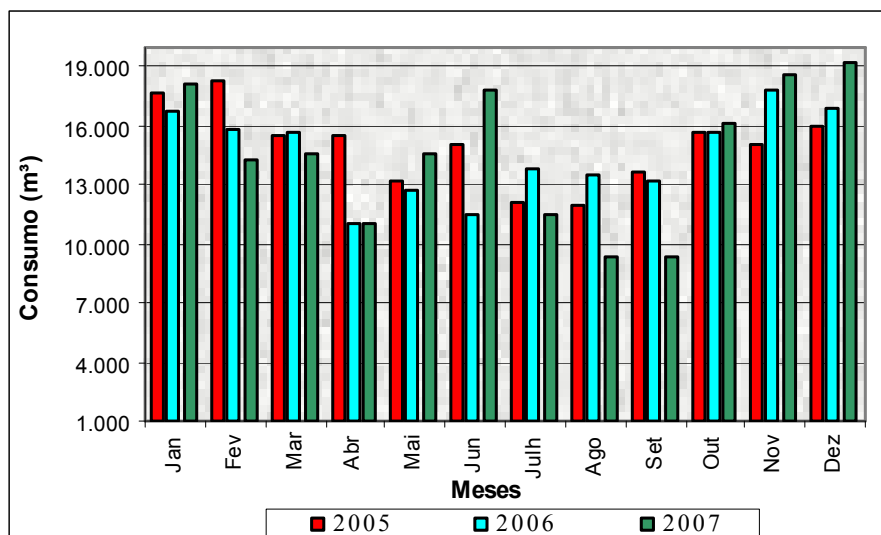


Figura 3 - Consumo d'água em m³/mês (CAGECE) no Campus do Pici/UFC

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 (vazão) de esgoto cobrado é o mesmo da água consumida. Considerando que nem toda a água utilizada transforma-se em despejo líquido, o resultado é uma alternativa mais cara (R\$ 22.000,00/mês) ao comparar-se com a manutenção e operação da ETE-PICI (Estação de Tratamento de Esgoto do Pici) pela UFC (R\$ 7.000,00/mês).

Nos três Centros e Administração do Campus do Pici, tem-se 36 poços tubulares, onde 21 estão desativados, 2 abandonados e 1 não instalado, totalizando 24 poços paralisados e apenas 12 em uso.

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 Aqüicultura e indispensável ao Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

5. OFERTAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Depois das considerações feitas sobre os aspectos hidrogeológicos, seguidas da abordagem geral sobre a situação dos poços existentes na área, tem-se a integração dessas informações, culminando com a estimativa das reservas 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).

5.1. Reservas Renováveis (Rr)

As reservas renováveis são representadas pelo volume de águas armazenadas no meio aquífero, função direta da porosidade eficaz, que varia anualmente em decorrência dos aportes sazonais de água (superficial e pluviométrica), do escoamento subterrâneo e dos exutórios, tendo como limite os níveis de flutuação máximo e mínimo da água dos aquíferos livres (Cavalcante, 1998).

O cálculo das reservas renováveis foi utilizado neste trabalho somente para o Sistema Hidrogeológico Barreiras, não sendo adequado ao Sistema Cristalino, em razão deste possuir um comportamento heterogêneo e anisotrópico.

Neste trabalho foi usado o método volumétrico, que tem por base a flutuação (Δh) dos níveis de água dos aquíferos livres, sendo utilizada a equação 01.

$$Rr = A \times \Delta h \times \eta_e$$

Onde:

Rr = Reserva renovável (m³/ano) (01)

A = Área de ocorrência do aquífero (m²)

Δh = Variação do nível d'água (m)

η_e = Porosidade efetiva (adimensional)

Para efetuar a avaliação do valor médio da variação do nível d'água (Δh), utilizou-se como base os dados dos níveis d'águas dos poços tubulares monitorados durante um período de vinte e três meses (Fevereiro/2007 a Dezembro/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, conforme foi proposto por Cavalcante, 1992 (apud Cavalcante, 1998).

Sendo assim, temos: A = 2,13 km², Δh = 1,1 m e η_e = 5%, para o que se obtêm 117 x 10³ m³/ano para as reservas renováveis.

5.2. Reservas Permanentes (Rp)

As reservas permanentes representam o volume de água subterrânea contida nos aquíferos em função da porosidade eficaz ou do coeficiente de armazenamento e que não varia em função das variações sazonais, ou seja, participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Corresponde à água permanentemente presente no aquífero, localizada abaixo da zona de flutuação do nível estático (Cavalcante, 1998).

O cálculo destas reservas foi realizado através do método volumétrico utilizando a equação 02.

$$Rp = A \times h_o \times \eta_e$$

Onde:

Rp = Reserva permanente (m³) (02)

A = Área de ocorrência do aquífero (m²)

h_o = Espessura média saturada (m)

η_e = Porosidade efetiva (adimensional).

No Sistema Hidrogeológico Cristalino não foi possível o cálculo de reserva permanente devido às características deste sistema citadas anteriormente.

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 km², uma porosidade efetiva de 5% e uma espessura saturada de 15 m, tem-se uma reserva permanente de 1,59 x 10⁶ m³.

5.3. Reservas Totais (Rt)

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 03.

$R_t = R_r + R_p$	Onde: R _t = Reserva Total (m ³ /ano) R _r = Reserva Renovável (m ³ /ano) R _p = Reserva Permanente (m ³).	(03)
-------------------	---	------

No Sistema Barreiras tem-se 117 x 10³ m³/ano (0,12 x 10⁶ m³/ano) para as reservas renováveis e 1,59 x 10⁶ m³ para as reservas permanentes, resultando em uma reserva total de 1,71 x 10⁶ m³ /ano.

5.4. Disponibilidades hídricas subterrâneas

A disponibilidade hídrica corresponde aos recursos hídricos exploráveis 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. Tal fato poderá ocorrer quando existir a possibilidade de que

uma parcela utilizada da reserva permanente venha a ser repostada naturalmente ou sob a forma de recarga induzida (Cavalcante, 1998).

O cálculo para a disponibilidade potencial é obtido através da equação 04.

$Dp = Rr + 1/3 \times Rt$	Onde: $Dp =$ Disponibilidade potencial (m^3/ano) (04) $Rr =$ Reserva Renovável (m^3/ano) $Rt =$ Reservas Totais (m^3)
---------------------------	---

Logo, a área de estudo apresenta a disponibilidade potencial representada pela reserva renovável ($117 \times 10^3 m^3/ano$) mais 1/3 da reserva total ($570 \times 10^3 m^3/ano$), como de aproximadamente $687 \times 10^3 m^3/ano$.

Disponibilidade Efetiva representa o volume de água subterrânea normalmente captada pelos poços instalados em funcionamento (Cavalcante, 1998).

O cálculo dessas reservas é feito através da equação 05.

$De = n \times Qm \times th$	Onde: $De =$ Disponibilidade Efetiva (m^3/h) (05) $n =$ números de poços em usos $Qm =$ vazão média (m^3/h) $th =$ taxa média de bombeamento (h/dia).
------------------------------	--

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 é de $360 m^3/dia$, ou seja, $131 \times 10^3 m^3/ano$.

6. CONCLUSÕES

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

renováveis e permanentes são as mais adequadas para a análise integrada dos recursos hídricos subterrâneos. Neste trabalho foram utilizadas as reservas renováveis para caracterizar a oferta hídrica do Campus do Pici. Logo, o volume hídrico que pode ser utilizado anualmente no Campus do Pici é de $117 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, com uma demanda atual de $176 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$. Ressalta-se, que a oferta foi calculada considerando 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 suprido por 66% das águas subterrâneas, não existindo necessidade de total dependência de atendimento pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

GOMES, M. da C. R. 2009. O conhecimento hidrogeológico como instrumento de gestão das águas subterrâneas no campus universitário do Pici/UFC, Fortaleza – Ceará. 171f. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará.

PLANOP. Planejamento Físico e Operações. 2001. Mapa planialtimétrico do Campus Universitário do Pici. Escala: 1:4000.

PORTARIA MS nº 518/2004 do Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2004. 34p.

RIBEIRO, J. A. P. Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará. 2001. 122f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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.