



## Caracterização das obras de captação e uso das águas subterrâneas no Complexo Industrial e Portuário do Pecém, Ceará-Brasil

Pâmella Moura<sup>1</sup>; Itabaraci N. Cavalcante<sup>2</sup>; José A.B. Sabadia<sup>3</sup>; João B. A. de Moraes<sup>4</sup>

*Recebido em 08 de julho de 2011, aceito em 23 de outubro de 2013*

*1-Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará. e-mail: pamella.moura@usp.br, Av. Sen. Virgílio Távora, 50- Apto 203. Meireles – Fortaleza/Ceará Cep: 60170-250.2-Professor Dr. Associado do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará E-mail: ita@fortalnet.com.br; 3-Professor Dr. Associado do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará E-mail: sabadia@ufc.br;4-Doutorando em Hidrogeologia da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: boscomoraiscrea@yahoo.com.br*

### Resumo

O Complexo Industrial e Portuário do Pecém (**CIPP**) constitui-se de um pólo industrial em fase de instalação na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará, nordeste do Brasil. Associada aos potenciais riscos ambientais que o empreendimento pode ocasionar aos recursos hídricos, a instalação do **CIPP** irá aumentar a demanda hídrica para suprimento das necessidades industriais e da população, que deverá crescer com sua consolidação. O presente estudo levantou informações sobre os diferentes meios de captação e uso das águas subterrâneas no local por meio da análise do cadastro de cem poços, a fim de auxiliar futuras ações de planejamento para o uso adequado das águas subterrâneas da região. Os resultados indicam que: *i*) a maioria dos poços é destinada ao abastecimento doméstico; *ii*) a captação de água é realizada principalmente por poços tubulares; *iii*) a maioria dos poços apresenta profundidade inferior a 20 m; *iv*) o tempo de construção dos poços oscila entre 11 e 25 anos; *v*) o nível estático médio é de 5,9 m e *vi*) as águas subterrâneas levemente ácidas e classificadas como água doce. O grande número de poços destinados para abastecimento doméstico indica a importância das águas subterrâneas para a população local e ressalta a necessidade de preservação desses recursos.

Palavras-Chave: Água Subterrânea, Poços Tubulares, CIPP

### Abstract

The Industrial and Port Complex of Pecém (**CIPP**) is an industrial hub that has been installed in the Metropolitan Region of Fortaleza, Ceará, northwestern of Brazil. Associated to environmental potential risks that the undertaking can offer to water resources, the installing of **CIPP** can increase human and industrial water demand, since the population growth that has been fostered by **CIPP**. In this scenario, the present study aims to characterize different ways of abstraction and usage local groundwater through database analysis of 100 drilling and dug wells, in order to help the appropriate management for use of the local groundwater. The results indicate that: *i*) the majority of wells is intended for domestic supply; *ii*) the majority of groundwater abstraction is by drilling wells; *iii*) the depth of the most wells is less than 20 m, *iv*) the prevalent age are between 11 to 25 years old; *v*) the water table average is 5.9 m and *vi*) the groundwater is fresh and slightly acidic. The great wells number intended for domestic supply indicate the groundwater value for local population and prove how necessary is the preservation of these resources.

Keywords: Groundwater, Drilling Well, **CIPP**

## 1. Introdução

As fontes de água doce são essenciais à vida e ao desenvolvimento econômico acarretando, atualmente, grande interesse da sociedade no que diz respeito à sua proteção e conservação. Estima-se que 97% de seu volume encontra-se em reservatórios subterrâneos, entretanto, segundo Albuquerque (2007) apenas 60% deste volume estaria disponível para uso, já que deve-se considerar o volume necessário para atendimento da demanda ecológica.

As atividades industriais são as que apresentam potencial perigo de contaminação para a água subterrânea devido à utilização de produtos químicos e práticas de deposição de efluentes (Hirata e Ferreira, 2001). Por essa razão, medidas de planejamento ambiental devem ser consideradas no processo de suas instalações e operações no intuito de preservar o meio ambiente e diminuir possíveis impactos.

Nos últimos anos, o estado do Ceará tem passado por processos de crescimento econômico que se refletem numa série de ações estatais para investimento em infra-estrutura, produção industrial, comércio e prestação de serviços. Como exemplo disso, tem-se a taxa de crescimento do PIB, que entre os anos de 2003 e 2007 aumentou de 1,5% para 8,5% ao ano (IPECE, 2010). Este crescimento econômico repercute diretamente na ocupação do espaço territorial do estado, onde a construção do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) é exemplo dessa expansão e ocupação.

O CIPP, integrante do Programa de Desenvolvimento do Estado do Ceará, foi inaugurado em 2001 e constitui-se de um pólo industrial em fase de instalação, com algumas indústrias já em funcionamento, associado ao sistema portuário do Pecém. Está localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) a 60 km a oeste da capital, nos Municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Diversos grupos industriais serão implantados ou estão em fase de implantação na área, tais como siderúrgicas, petroquímicas, metalúrgicas, montagem de aerogeradores, usinas termelétricas e refinaria de petróleo. Parte da demanda de água requerida por estes seguimentos

será atendida por meio do Sistema Adutor Canal Sítios Novos/Pecém. No entanto, de acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (CEARÁ, 2009), há previsão de um déficit hídrico de 3.916 L/s para atendimento da demanda industrial após a consolidação plena do CIPP, sem contar o aumento da demanda de água por parte do crescimento populacional que deverá se estabelecer no entorno do Complexo. Visto esta situação e considerando o problema de estiagem dos últimos anos, a água subterrânea local poderia servir como reserva estratégica de abastecimento do CIPP e da população circunvizinha. Diante disto, o presente trabalho apresenta uma caracterização dos atuais meios de captação e uso das águas subterrâneas do CIPP por meio da análise do cadastro de poços, auxiliando futuras ações de planejamento para o uso adequado dos recursos hídricos subterrâneos da região.

## 2. Materiais e métodos

Este trabalho teve início com a análise do banco de dados de poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, disponibilizado pela CPRM (SIAGAS, 2012), onde foram identificados 75 poços instalados na área de estudo. Posteriormente, foi realizado no início de 2013 o cadastramento em campo de outros 25 poços, totalizando cem poços. Os dados foram uniformizados e tabelados em planilha para melhor interpretação e análise, tendo-se coordenadas UTM, município, localização, proprietário, data da construção do poço, profundidade, nível estático (NE), vazão, situação, uso e tipo de instalação etc. A partir disto, os dados foram processados em programa de Sistema de Informação Geográfica, onde por meio do mapeamento foi possível inferir a distribuição dos poços sobre os diversos sistemas aquíferos da região. Também foram realizadas medições *in situ* da condutividade elétrica (CE), pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e temperatura nos 25 poços cadastrados em campo. As medidas foram tomadas no mês de fevereiro de 2013, início do período das chuvas.

Ainda neste trabalho o termo sistema aquífero foi adotado considerando a interação entre as águas

subterrâneas e superficiais, isto é, das unidades aquíferas com o meio ambiente, conforme proposto por Cavalcante (1998) e consoante com os trabalhos de Morais (2011), Sabadia (2001), entre outros.

### 3. Área de estudo

A área delimitada para estudo perfaz 148,5 km<sup>2</sup>, sendo formada pelo **CIPP** e por uma área ao norte imediatamente à jusante. O acesso ao local, a partir de Fortaleza, pode ser feito pela Rodovia Federal BR-222 e pela Rodovia Estruturante (CE-085). (Fig. 1)

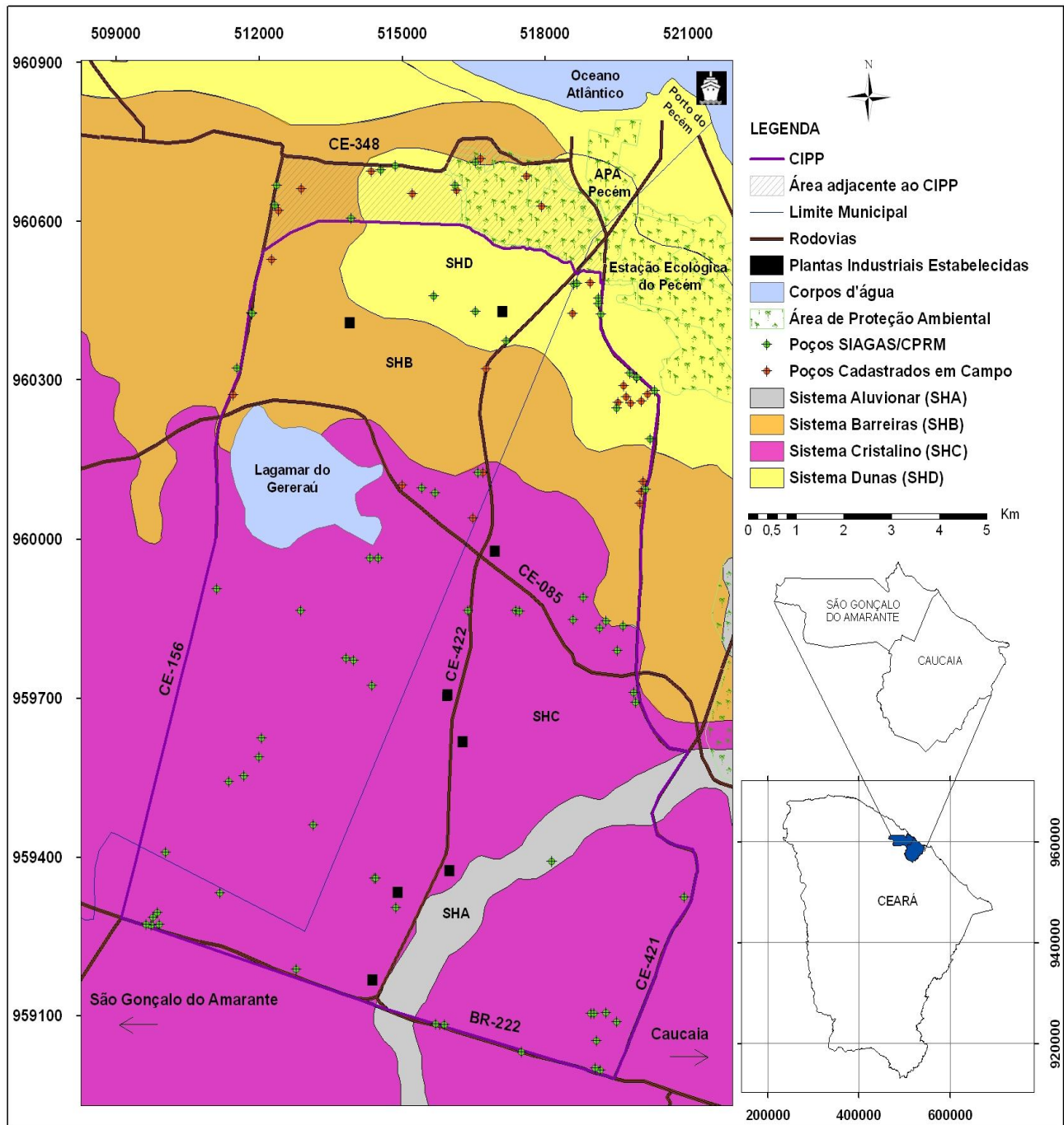


Fig. 1 - Localização da área de estudo e distribuição dos poços nos sistemas aquíferos (Fonte: Adaptado de CPRM, 2003 e IPECE, 2009)

#### 4. Aspectos Sócio-Econômicos

O município de São Gonçalo do Amarante possui 834.448 km<sup>2</sup>, com uma população de 43.890 habitantes, sendo que 65% deles vivem em área urbana. O Município de Caucaia compreende uma área de 1.228.506 km<sup>2</sup> e possui 325.441 habitantes, onde mais de 89% vivem na zona urbana (IBGE, 2010). De acordo com o último *ranking* do Índice de Desenvolvimento Municipal do Brasil (IDH), o município de Caucaia ocupa o 2382º lugar e São Gonçalo ocupa a 2776ª posição (PNDU, 2013). Na última década, os dois municípios apresentaram crescimento de aproximadamente 80% no número de indústrias instaladas em seus territórios, o que contribuiu para o PIB per capita, em valores correntes, de R\$ 25.430,88 e R\$ 7.998,82, para São Gonçalo e Caucaia, respectivamente (IBGE, 2010). De tal forma que este crescimento econômico contribuiu para o aumento dos investimentos e melhora no IDH dos municípios, em comparação com o *ranking* de IDH anterior.

#### 5. Aspectos Geoambientais e Hidrogeológicos

No que concerne ao clima, a região se enquadra no clima tropical quente e úmido de Köppen (1948), com estação seca no inverno e chuvosa no verão. Apresenta temperatura média mensal de 27,4°C, sendo as menores temperaturas medidas nos meses de abril e julho e as maiores nos meses de novembro e dezembro.

A série histórica de dados pluviométricos da Estação Meteorológica de São Gonçalo do Amarante obtidos junto a FUNCEME (2013), período de 1982 a 2012, indica média anual de precipitação pluviométrica de 1033 mm, com aproximadamente 75% das chuvas ocorrendo nos meses de fevereiro a maio. A maior média mensal de precipitação ocorre no mês de março, com 256 mm, e a menor no mês de novembro, que contribui com apenas 2,1 mm (*Fig. 2*).

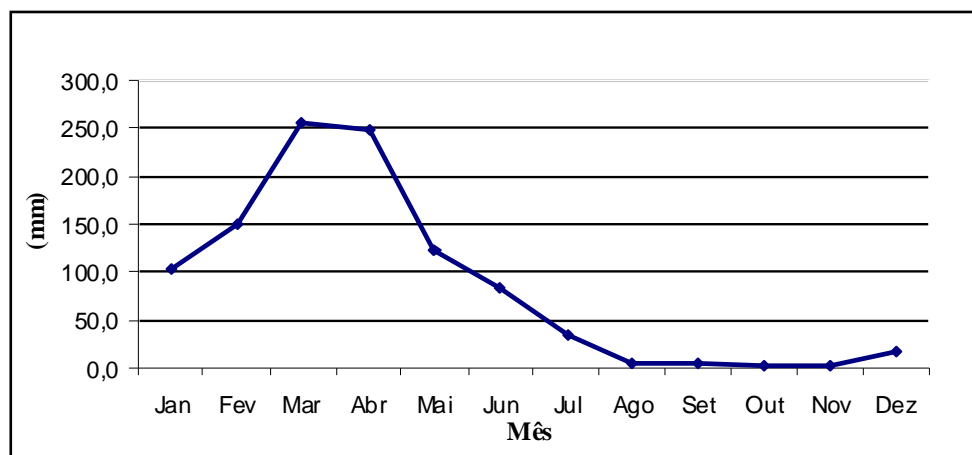


Fig. - 2. Média mensal de precipitação para o período de 1982-2012. Estação Meteorológica de São Gonçalo do Amarante (Fonte dos dados: FUNCEME, 2013)

Os resultados do balanço hídrico indicam que a Evapotranspiração Potencial (ETP) atinge o valor de 1734 mm/ano e a Evapotranspiração Real (ETR) é de 805 mm/ano, o que corrobora para que apenas 14% do volume precipitado sejam infiltrados (142 mm/ano, considerando 100 mm como capacidade de retenção de água pelo solo). No caso dos aquíferos livres este volume reflete o volume potencial

de recarga por precipitação. Verifica-se uma situação de déficit hídrico entre os meses de junho e janeiro, com situação de excedente hídrico somente entre os meses de fevereiro e maio. (*Fig. 3*)

No âmbito geológico e fisiográfico, a área assenta-se sobre os terrenos cristalinos pré-cambrianos, representados pelas rochas do Complexo Ceará e correspondentes a Depressão Sertaneja, que

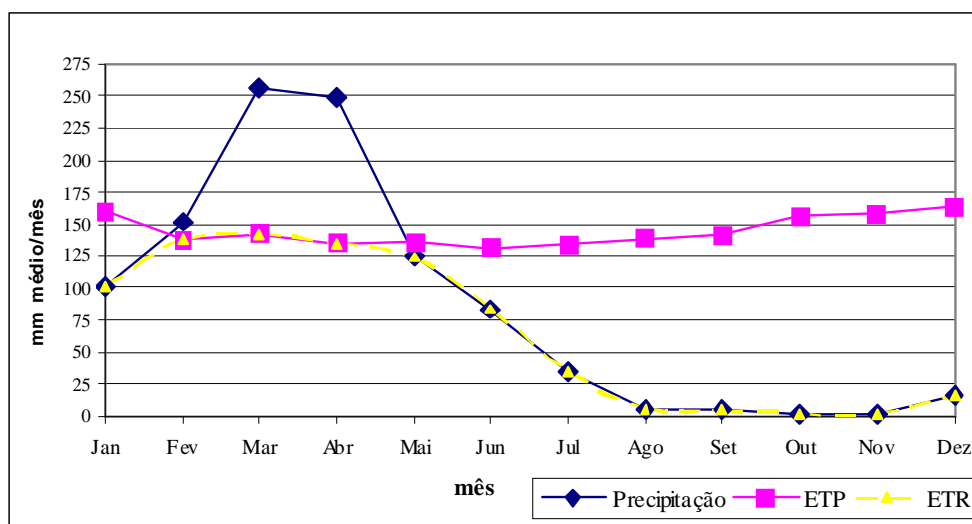


Fig. - 3. Balanço Hídrico para o período de 1982-2012. Estação Meteorológica de São Gonçalo do Amarante (Fonte dos dados: FUNCEME, 2013)

ocorrem aflorantes na porção sul da área. Na porção norte encontram-se os Tabuleiros Pré-Litorâneos constituídos de sedimentos neógenos da Formação Barreiras, aflorantes principalmente na porção noroeste. Assentada discordantemente sobre os tabuleiros, a Planície Pré-Litorânea ocorre formada principalmente por depósitos quaternários de areias marinhas e eólicas e subordinadamente, por sedimentos texturalmente imaturos de origem aluvionar. Os compartimentos fisiográficos/litológicos supracitados condicionam a presença de quatro (4) sistemas aquíferos, a saber: Aluvionar, Dunas, Barreiras e Cristalino. Os três primeiros, de caráter poroso clástico, são formados por sedimentos não consolidados (Aluvionar e Dunas) ou por litotipos sedimentares (Barreiras), e apresentam porosidade intergranular primária. Por sua vez, o Sistema Cristalino apresenta caráter fraturado/fissural, e engloba os litotipos ígneos e metamórficos. Sua porosidade intergranular é secundária, e a circulação da água ocorre ao longo de fraturas interconectadas.

O Sistema Aquífero Aluvionar recobre apenas 6,2 km<sup>2</sup>, isto é, 4,2% da área, e constitui-se de aquíferos livres de alta porosidade e média permeabilidade. São formados por sedimentos recentes que margeiam as calhas de rios e lagos (Gomes, 2009), com sedimentos de tamanhos variados, desde cascalhos até argilas, eventualmente associados à matéria orgânica. Em regiões próximas ao mar, estão sujeitos ao aumento de salobridade

devido à infiltração de água salgada durante a subida da maré. No entanto, a recarga é proveniente principalmente de precipitações pluviométricas e drenagens influentes e o exutório é representado principalmente pela rede de drenagens.

O Sistema Aquífero Dunas recobre aproximadamente 19,9 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 13,4% da área, e constitui-se de aquíferos livres formados por sedimentos quaternários, principalmente areias quartzosas de granulação fina a média. Ocasionalmente apresentam intercalações de níveis silte-argilosos a argilosos. Apesar de geologicamente envolver as unidades dunas e paleodunas, este sistema pode ser tratado como um sistema único de aquíferos, uma vez que possuem características litoestratigráficas e hidrodinâmicas similares, como apresentado por Moraes (2011). Normalmente este sistema é caracterizado com dupla função hidrogeológica, tanto como aquíferos principais, como aquíferos de transferência do potencial hídrico para as unidades sotopostas. A recarga é realizada predominantemente por precipitações pluviométricas e segundo Cavalcante (1998), apresenta o maior potencial hidráulico produtivo da região litorânea da **RMF**, com vazão média de 6,0 m<sup>3</sup>/h. Entre outros fatores, a importância hidroambiental deste meio ao longo da costa é fundamental para que, com recarga facilitada em função da elevada permeabilidade, sejam mantidos os gradientes de fluxo capazes de afastar

do continente a água salgada marinha. Em função dos elevados coeficientes de condutividade hidráulica, transmissividade e porosidade efetiva que as dunas apresentam em toda a **RMF**, associados aos níveis estáticos extremamente rasos, este sistema é altamente susceptível à poluição, resultantes do uso e ocupação do meio físico. Os exutórios naturais são representados por lagoas interdunares e pela rede de drenagem. As águas subterrâneas deste sistema apresentam temperaturas próximas a 29,4°C, CE média de 258  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , com valores entre 59 e 538  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . O pH oscila entre 5,6 e 8,5, com valor médio de 6,7. Já a concentração média de STD é de 129 mg/L, com valores entre 29 e 269 mg/L.

O Sistema Aquífero Barreiras é composto principalmente por intercalação de camadas arenosas a silte-argilosas, o que lhe confere valores de vazão muito variáveis. Apesar de poroso, este sistema apresenta baixa permeabilidade intrínseca, podendo ser classificado regionalmente como um aquífero, com valores regionais de condutividade hidráulica estimados em  $10^{-6}$  m/s (Bianchi *et al.*, 1984). Segundo Marinho *et al.* (1986), as possibilidades hidrogeológicas aquíferas do Sistema Barreiras estão restritas às fácies arenosas, geralmente intercaladas por sucessões silte-argilosas, o que permite caracterizá-lo localmente como meio hidrodinâmico livre. Sua recarga é oriunda da precipitação pluviométrica, de rios influentes e lagos, e também por infiltração de unidades sedimentares aquíferas sobrepostas (Dunas), que funcionam como meio de transferência (Sabadia, 2001). Seus exutórios naturais são representados por lagoas e pela rede de drenagem. Na área de estudo, este Sistema representa 17,4% da área, ou seja, recobre aproximadamente 25,9 km<sup>2</sup>. As águas subterrâneas deste sistema apresentam temperaturas próximas a 29,7°C, CE média de 181  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , com valores medidos entre 73 e 522  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . O pH apresenta valores entre 5,6 e 6,8, com valor médio em torno de 6,2. Por sua vez, a concentração de STD varia entre 36 e 261 mg/L, com valor médio de 90,4 mg/L.

O Sistema Aquífero Cristalino representa 64,9% da área de estudo, ocupando aproximadamente 96,4 km<sup>2</sup>. Este sistema pode ser

definido como aquífero, em decorrência da ausência quase total de porosidade e condutividade hidráulica primárias. A formação de aquíferos neste sistema é feita por meio do acúmulo de água nas zonas de fraturas interconectadas (aquíferos fraturados ou fissurais), representando um meio heterogêneo e anisotrópico. Pode receber, portanto, no caso de aflorar, recarga direta das precipitações pluviométricas e das águas de drenagens congruentes às fraturas do embasamento cristalino. Suas águas subterrâneas apresentam temperaturas próximas a 29,3°C, valor médio de CE de 330  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , com valores entre 90 e 737  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . O pH oscila entre 5,4 e 9,3, com valor médio de 6,8. A concentração média de STD é de 165 mg/L, com valores entre 45 e 369 mg/L.

## 6. ANÁLISE DO CADASTRO

O arquivo de dados utilizado para análise é composto de cem poços, formado por 75 poços contidos no banco de dados do SIAGAS/CPRM e 25 poços cadastrados em campo. Do total, 60 poços estão alocados no município de Caucaia e 40 poços no município de São Gonçalo do Amarante.

Somente sete poços possuem perfis litológicos e construtivos cadastrados, onde foi possível identificar a espessura do aquífero Dunas em torno de 10 metros, e litologias associadas ao aquífero Barreiras entre 9 e 32 metros de profundidade. A presença de rochas cristalinas ocorre desde níveis superficiais, recobertas com camadas de solo, até 60 m (segundo o que nos apresentam os perfis). A figura 4 apresenta o perfil do poço PS295, localizado no município de Caucaia e disponível no SIAGAS/CPRM (2012).

A localização dos poços ao longo dos aquíferos foi definida pelo mapeamento geológico, onde somente um poço está alocado no Sistema Aquífero Aluvionar, 19 poços estão alocados no Sistema Barreiras, 52 no Sistema Cristalino e 28 no Sistema Dunas (*Fig. 1*).

Aproximadamente 48% dos poços cadastrados não possuem informações a respeito da idade de instalação. Do montante informado, 10% possuem até 10 anos; 33% possuem idades entre 11 e 25 anos e 9% possuem mais de 25 anos. (*Fig. 5*).

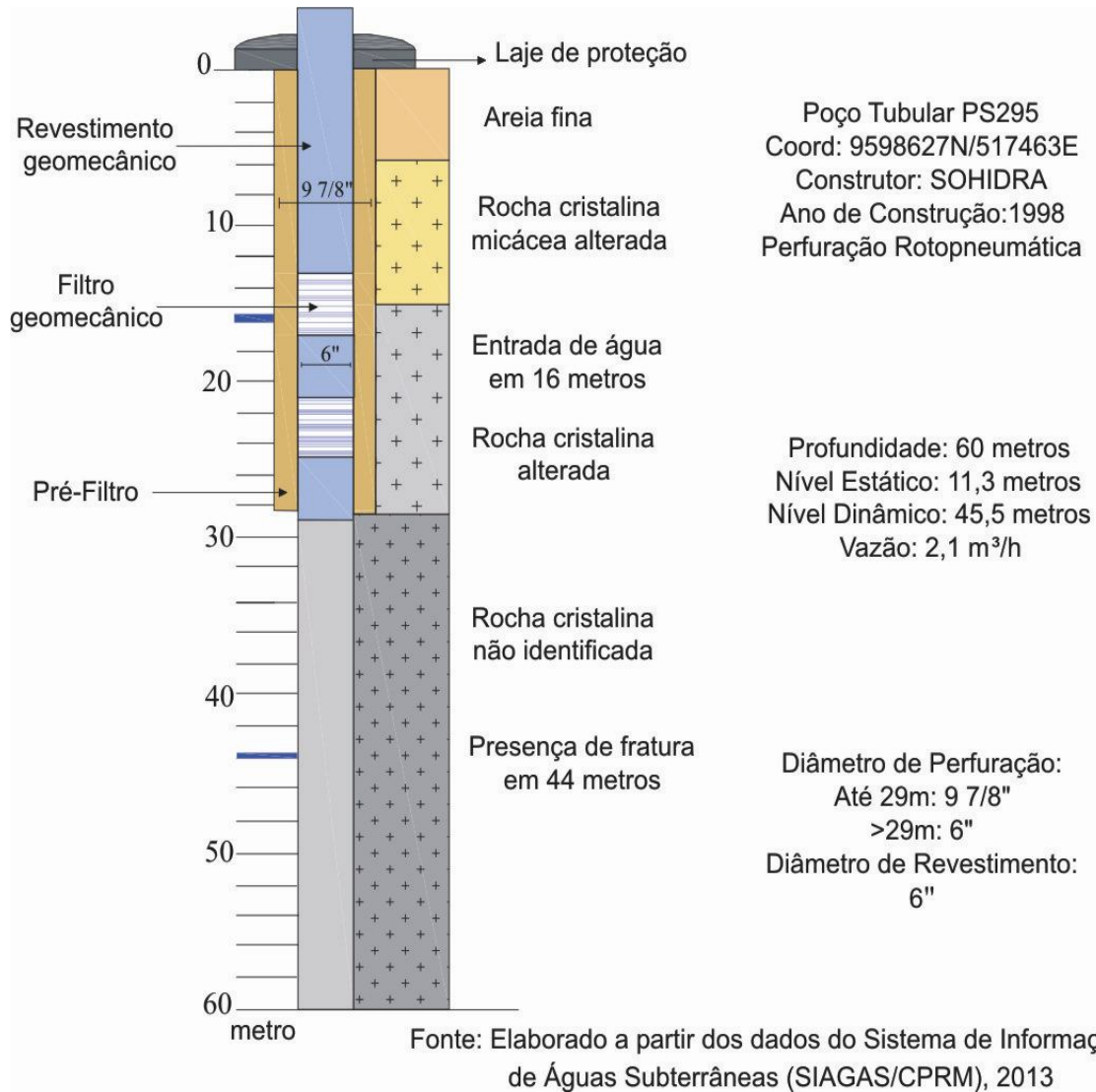


Fig. 4 – Exemplo de perfil litológico e construtivo disponível para os poços cadastrados na área de estudo

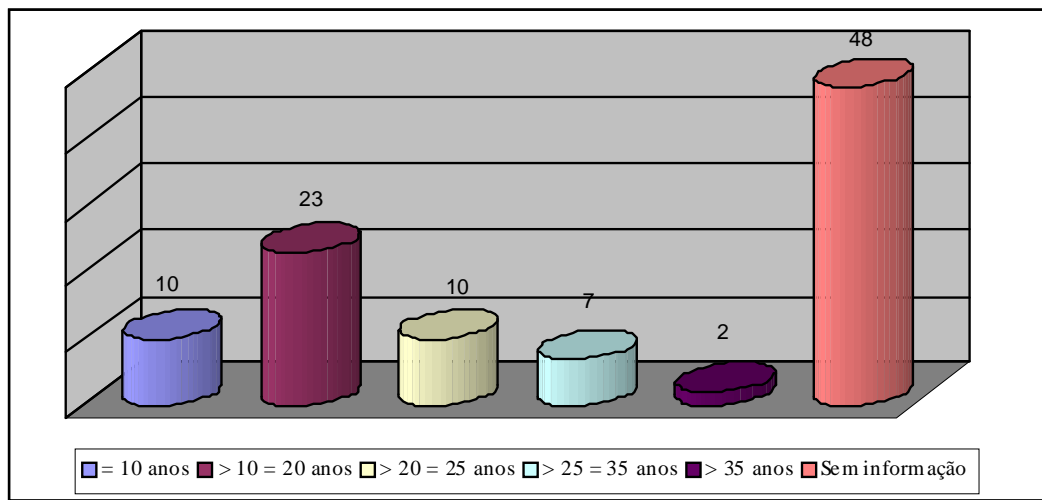


Fig. 5 – Tempo de construção dos poços da área de pesquisa

Os dados indicam que 70 poços estão instalados e equipados, 16 poços estão tamponados, dois estão abandonados e cinco não foram instalados (**Fig. 6**). A maior parte dos poços (91%) apresenta instalação tubular com PVC comum ou geomecânico. Apenas sete poços são do tipo cacimba, um é do tipo amazonas e um poço não possui esta informação.

No que diz respeito ao uso atual, verifica-se que 54% dos poços são destinados para uso exclusivamente doméstico; 20% possuem uso múltiplo (doméstico/irrigação ou doméstico/pecuária); 7% são destinados à irrigação e apenas 4% são destinados à pecuária (*Fig. 7*).

A partir da relação entre a instalação dos poços e o uso atual, tem-se que o uso doméstico é

realizado por poços tubulares em 88% dos casos, contudo, seis dos sete poços cacimbas são destinados para este fim.

A informação sobre a profundidade do poço foi verificada em 78 poços. Entre os valores existentes a profundidade varia entre 3,7 e 80 m, sendo que a maioria dos poços (34%) possui profundidade menor que 20 m (*Fig. 8*). A profundidade média de instalação dos poços no Cristalino é de 50 m, com valores que oscilam entre 5 e 80 m. No Sistema Barreiras, a profundidade oscila entre 6 e 60 m, com média em 14,9 m. No aquífero Dunas, a média de profundidade é de 9,3 m, com valores entre 3,7 e 60 m. O poço mapeado no Sistema Aluvionar apresenta profundidade de 60 m.

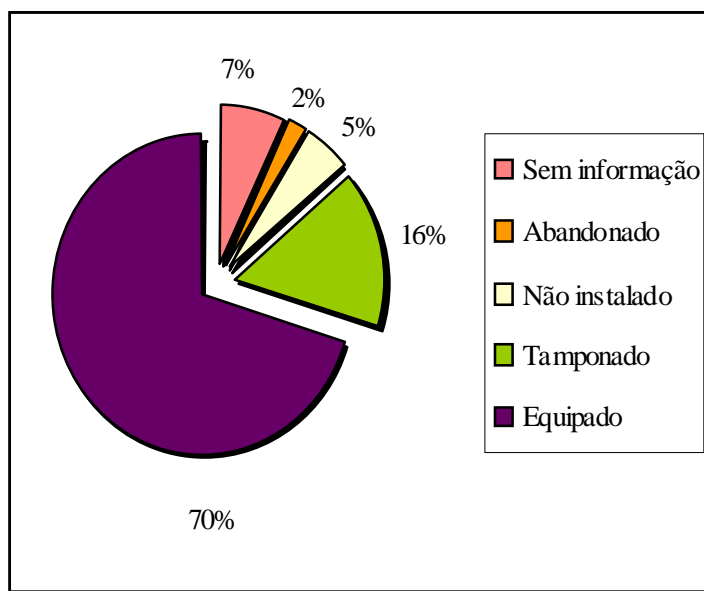


Fig. 6 – Situação atual da instalação dos poços da área de pesquisa

As medidas de nível estático disponíveis indicam valor médio de 5,9 m. Considerando os poços separadamente por tipo de aquífero tem-se nível estático médio de 5,3 m para Sistema Barreiras, com valores entre 2 e 10 m; 5 m para o sistema Dunas, com valores entre 1,7 e 12 m; e 8,3 m para o Cristalino, com valores entre 4,2 e 16 metros. A partir dessas medidas e da cota altimétrica de cada poço foi possível desenvolver um mapa preliminar das direções de fluxo subterrâneo. (*Fig. 9*)

A respeito da vazão dos poços, existem 22 medidas de vazão para os poços do sistema

Cristalino, resultando no valor médio de vazão de 2,9 m<sup>3</sup>/hora. Os Sistemas Dunas e Barreiras apresentaram medida de vazão para apenas um poço (2,2 e 1,4 m<sup>3</sup>/hora, respectivamente). Para o poço alocado no Sistema Aluvionar não há medida de vazão.

## 7. Discussão

Os resultados mostram que a maior parte dos poços possui profundidade inferior a 20 m, sendo classificados como rasos, conforme a classificação



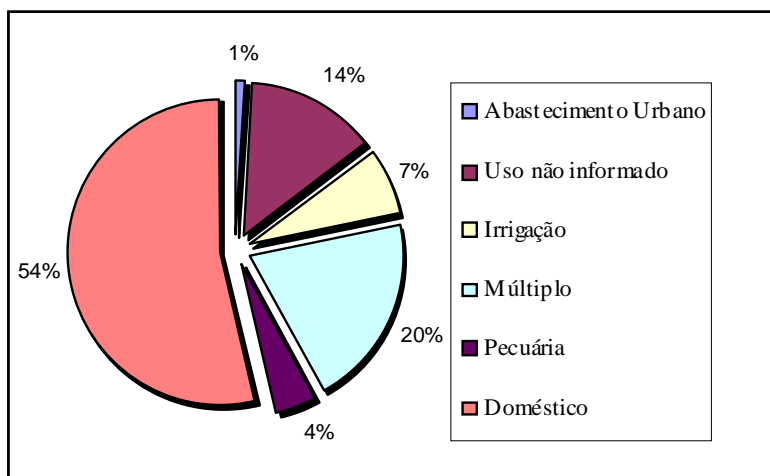


Fig. 7 – Situação atual de uso os poços da área de pesquisa

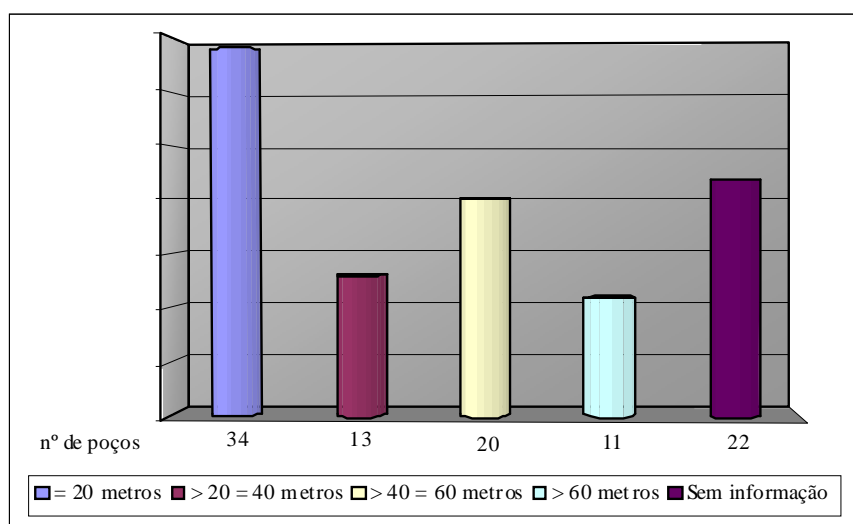


Fig. 8 – Profundidade dos poços da área de pesquisa

de poços do Decreto 23.068/1994 da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará. A maior parte dos poços rasos é encontrada no sistema Dunas, enquanto a maioria dos poços profundos (acima de 50 m) é encontrada no cristalino. Cabe ressaltar que a profundidade de instalação de alguns poços alocados sobre terrenos cristalinos (em torno de 6 m) sugere que os mesmos estejam captando águas de níveis freáticos, provavelmente de coberturas clásticas ou aluvionares, e não propriamente do sistema fraturado. Bem como os poços profundos alocados no Sistema Aluvionar, Barreiras e Dunas sugerem que a captação da água seja oriunda do Sistema Cristalino, ou da captação de água de mais de um aquífero. No entanto, a precariedade de

dados e a falta de perfis construtivos dificultam uma análise detalhada sobre a real profundidade de captação da água pelo poço.

A distribuição dos poços pelo sistema é bastante desigual, sendo que o grande número de poços construídos no Cristalino (52%) representa apenas o domínio espacial do terreno na área de estudo e não está relacionado à sua vocação hidrogeológica.

A análise da evolução temporal de instalação dos poços indica que 43% foram instalados nos últimos 25 anos, acompanhando o crescimento populacional da região. No que diz respeito à finalidade de uso dos poços, a prioridade de uso doméstico, seguido pelo uso múltiplo, indica o

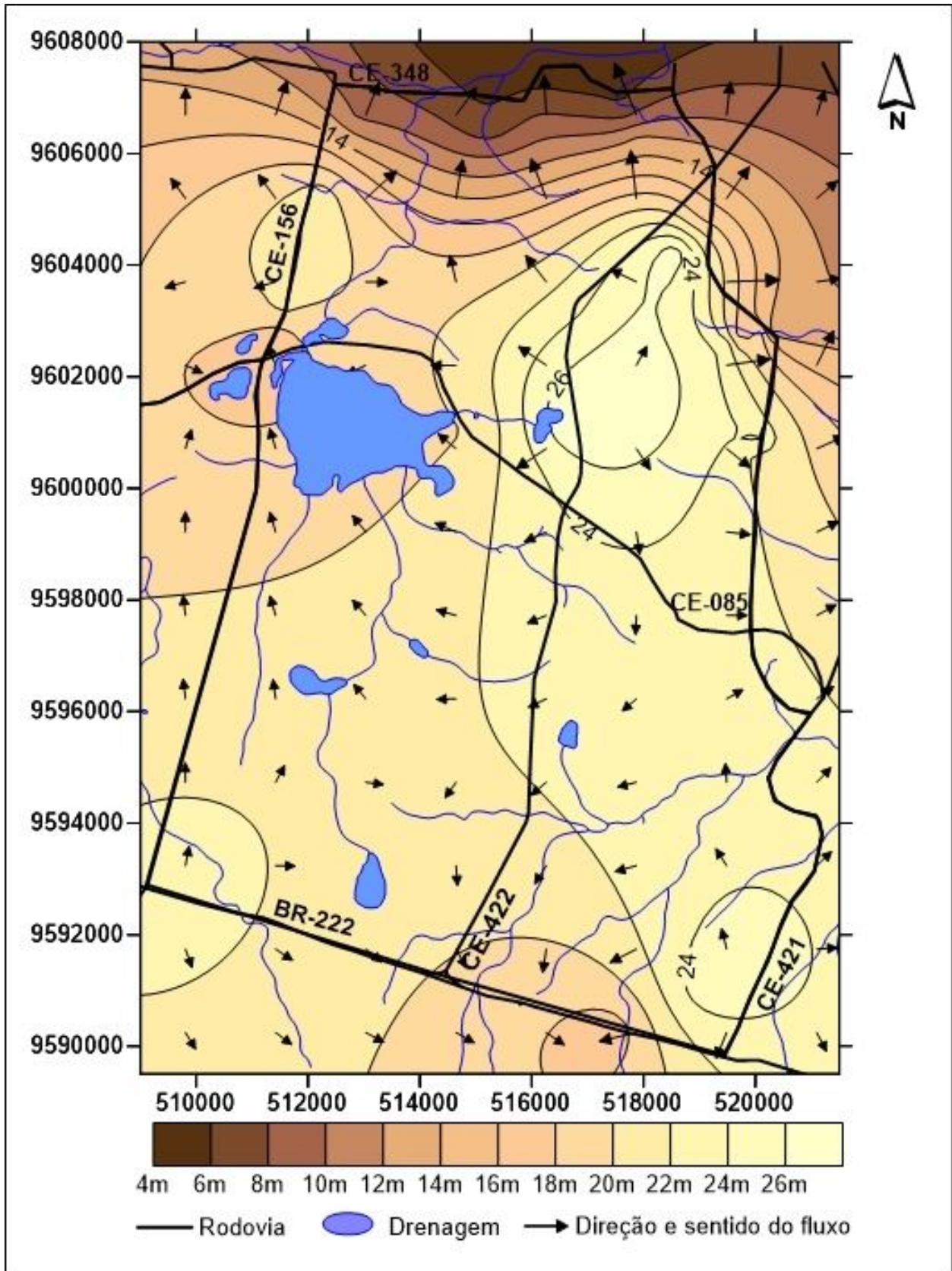


Fig. 9 – Mapa preliminar das direções preferenciais de fluxo subterrâneo

caráter estratégico de uso deste recurso pela população, como meio de suprir a ausência de abastecimento público e a manutenção da agricultura e pecuária familiar. Até o momento do levantamento dos dados, não houve o registro de poços direcionados para uso industrial, situação que deve ser modificada ao longo da consolidação do CIPP e atualização do banco de dados do SIAGAS/CPRM.

A direção preferencial do fluxo das águas subterrâneas apresenta dois padrões principais: na porção norte o fluxo preferencial converge de sul para norte, sentido ao mar; e na porção central e sul, o fluxo converge localmente para os diversos corpos hídricos superficiais presentes na área, como a Lagamar do Gereraú, Lagoa dos Bolsos e Rio Cauípe. Este segundo fato pode representar um alto do embasamento cristalino que impediria o fluxo natural em direção ao mar, na área específica trabalhada.

Um problema do cadastro refere-se à escassez de dados sobre medidas de vazão, insuficientes para a caracterização do potencial hídrico de cada sistema, uma vez que a maior parte dos dados do cadastro refere-se aos poços do Cristalino; no mais, sem acesso aos dados dos testes de bombeamento não há como definir se esses valores representam a vazão potencial de exploração ou a vazão de produção da unidade aquífera.

Com relação aos parâmetros físico-químicos medidos em campo, de modo geral, as águas subterrâneas da região apresentam-se levemente ácidas, com valores médios de pH muito semelhantes em todos os aquíferos. As concentrações STD apresentaram-se maior nas águas dos terrenos cristalinos, em comparação com as águas das Dunas e do Barreiras, porém, todas as águas consideradas em campo podem ser classificadas como doce (STD entre 0-500 mg/L), de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

## 8. Conclusões

O grande número de poços destinados para abastecimento doméstico e em uso indica a importância das águas subterrâneas para a

população local e ressalta a necessidade de preservação desses recursos. Medidas devem ser tomadas para que o suprimento da demanda de água industrial não comprometa a oferta para as comunidades. Por outro lado, faz-se necessário um maior controle sobre a construção de poços domésticos, para que a própria população não comprometa seu recurso hídrico. Somente por meio de uma gestão adequada, baseada em fundamentos hidrogeológicos e no conhecimento do uso e das demandas de água, assim como aplicação e fiscalização das leis hídricas e ambientais, poderá se garantir que a sustentabilidade ambiental do empreendimento não seja suprimida pelos potenciais impactos negativos, sejam os de caráter poluidor, sejam aqueles em decorrência da exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Daniel R. do Nascimento Jr. do Departamento de Geologia da UFC pelo auxílio nas atividades de campo.

## Referências Bibliográficas

- Albuquerque, J.P.T. (2007). Água Subterrânea no Planeta Terra. Estudos Geológicos. Vol. 17 (1), pp 23-39
- Bianchi, L.; Padilha M.W.M.; Teixeira, J.E.M. (1984). Recursos de Água Subterrânea na Região Metropolitana de Fortaleza. Fatores Condicionantes. In: Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF. – Fase I Fortaleza. SEPLAN – AUMEF, Vol. 1, 139 p.
- Cavalcante, I.N. (1998). Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (IGC-USP), 164 p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil (2003). Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000, Brasil.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil (2012). Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Disponível em: [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php). Acessado em: 20.05.2012.

- CEARÁ (1994). Decreto nº 23.068 de 11 de fevereiro de 1994. **Regulamenta o controle técnico das obras de oferta hídrica e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.srh.ce.gov.br/index.php/component/content/article/13-legislacao/416-decreto-no-23068-de-11-de-fevereiro-de-1994>. Acesso em 08.10.2013.
- CEARÁ (2009). Relatório de Impacto Ambiental do Complexo Industrial do Pecém. Elaborado para Secretaria de Infra-Estrutura (SEINFRA). Desenvolvido pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Fortaleza. Disponível em: Biblioteca da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE).
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2013). Série Histórica do Posto São Gonçalo do Amarante. Disponível em <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/download-de-series-historicas>. Acessado em 24.05.2013.
- Gomes, M.C.R. (2009). O Conhecimento Hidrogeológico como Instrumento de Gestão das Águas Subterrâneas no Campus Universitário do Pici/UFC, Fortaleza-Ceará. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, 154p.
- Hirata, C.A.R.; Ferreira, L.M.R. (2001). Os Aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Disponibilidade Hídrica e Vulnerabilidade à Poluição. Revista Brasileira de Geociências, Vol. 31, nº 1, pp 43-50.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em 20.02.2013.
- IPECE. Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará. (2009). Base Cartográfica do Pólo Ceará Costa do Sol, Escala 1:20.000, Fortaleza, Ceará.
- IPECE. Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará. (2010). Ceará em Números. Disponível em [http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara\\_em\\_numeros/2010/economico/04\\_1\\_de\\_produto\\_interno\\_bruto.pdf](http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2010/economico/04_1_de_produto_interno_bruto.pdf). Acessado em 14.05.2012
- Köppen, W. (1948) Climatologia com um Estudo de los climas de la Tierra. Version de Hendrichs, P.R. México, FONDE de Cultura Económica. 478p.
- Marinho J.M.L. ET AL.(1986). Resistividade Elétrica Aplicada a Prospecção de Água Subterrânea no Campus Universitário do Pici, Fortaleza-CE. Anais do XII Simpósio de Geologia do Nordeste, João Pessoa, pp 476-490.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2005) **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, Brasil, pp. 58-63.
- Morais, J.B.A. (2011). Fundamentos Hidrogeológicos do Aquífero Dunas para a Gestão dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, 96 p.
- PNUD (2013). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Disponível em [http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2003.aspx?indiceAccordion=1&li=li\\_Atlas2003](http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2003.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Atlas2003). Acesso em 15.08.2013.
- Sabadia, J.A.B. (2001). Impacto del Vertedero de Jangurussu en los Recursos Hídricos de la Ciudad de Fortaleza (Estado do Ceará, Brasil). Tese de Doutorado. Facultad de Geología. Universidad de Barcelona.

