



XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS USADAS PARA ABASTECIMENTO HUMANO NA COMUNIDADE DE MORRINHOS, ARACATI – CEARÁ.

Charles Teles Santos da Silva¹; Fábio José Freitas da Silva²; Kelly de Fátima N. Lima Silva³; Francisco Sildemberny Souza dos Santos⁴

RESUMO

Diante a um aumento no consumo de água envasada, cuja qualidade em alguns casos nem sempre é garantida perante das dificuldades do controle pelos órgãos fiscalizadores, é que se objetivou analisar através de um monitoramento periódico mensal os parâmetros hidrodinâmicos, físicos e químicos da água subterrânea que abastece a comunidade de Morrinhos. A condutividade elétrica nos dois primeiros anos (2007 e 2008) de investigação ocorre uma elevação da condutividade elétrica do início para o final do ano, entretanto, no último ano (2009) nota-se uma tendência de aumento até o meado do ano e uma diminuição no fim do mesmo. Com relação aos Sólidos Totais Dissolvidos encontrou-se um valor mínimo de 27,2 mg L⁻¹ (PT 04, ano 2009) e um valor máximo de 282 mg L⁻¹ (PT 03, ano 2007). Os valores encontrados de pH indicam águas de caráter ácido, obtendo a média das médias de 4,33 (2007, 2008 e 2009). Valores mínimos e máximos encontrados para salinidade são 21,4 ppm (PT 04 ano 2009) e 201 (PT 03 ano 2007), respectivamente.

Palavras-chave: Sedimento Costeiro, Água Subterrânea, Potabilidade

EVALUATION OF THE MONITORAMENTO OF THE UNDERGROUND WATERS USED FOR HUMAN PROVISIONING IN THE COMMUNITY OF MORRINHOS, ARACATI - CEARÁ.

ABSTRACT

Before to an increase in the consumption of water bottled, whose quality in some cases not always it is guaranteed before of the difficulties of the control for the organs supervisors, it is the objective to analyze through a monthly periodic monitoring the hydrodynamic, physical and chemical parameters of the underground water that it supplies the community of Morrinhos. The electric conductivity in the first two years (2007 and 2008) of investigation it happens an elevation of the electric conductivity of the beginning for the end of the year, however, in the last year (2009) it is noticed an increase tendency to the middle of the year and a decrease in the end of the same. Regarding the Dissolved Total Solids he/she was a minimum value of 27,2 mg L⁻¹ (PT 04, year 2009) and a maximum value of 282 mg L⁻¹ (PT 03, year 2007). The found values of pH indicate waters of acid character, obtaining the average of the averages of 4,33 (2007, 2008 and 2009). Values minimum and maximum found for salinity are 21,4 ppm (PT 04 year 2009) and 201 (PT 03 year 2007), respectively.

Key words: Coastal Sediments, Underground Water, Potability

¹ Mestre em Engenharia Agrícola - Tecnólogo em Gestão dos Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH. Rua Antonio Joaquim, Centro – 1296, Limoeiro do Norte, CE. Cel: (88) 9951-1047. e-mail: charles.teles@cogerh.com.br

² Tecnólogo em Gestão dos Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH. Rua Antonio Joaquim, Centro – 1296, Limoeiro do Norte, CE. Cel: (88) 9713-3080. e-mail: fabio.silva@cogerh.com.br

³ Professora MSc. do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Limoeiro do Norte. Rua Ramal de Flores, Flores s/n, Russas (CE). Cel. (98) 81261122. e-mail: kelly.kyl@ifma.edu.br

⁴ Professor DSr. do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

1. INTRODUÇÃO

Quando se fala em recursos hídricos, normalmente é pressuposto tratar-se apenas dos recursos hídricos superficiais (rios, lagos, etc.). Tal percepção pode levar a importantes erros na avaliação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos de uma determinada região (ABRH, 2001).

O crescimento populacional associado à falta de saneamento básico e aos maus hábitos de higiene tem contribuído para degradação dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. A água subterrânea é utilizada indevidamente, tanto em virtude de poços mal construídos, alguns até localizados perto de fossas, como também pela ausência de uma análise abalizada e de um tratamento adequado (INESP, 2008).

Algumas cidades dispõem de água bruta de baixa qualidade que, devido a um tratamento inadequado, não é considerada apropriada para o consumo pela população. Diante disso, a um aumento no consumo de água envasada, cuja qualidade em alguns casos nem sempre é garantida diante das dificuldades do controle pelos órgãos fiscalizadores. Em outras situações, embora exista tratamento da água por parte dos sistemas maiores, os hábitos da população e suas condições educacionais e culturais, provocam a contaminação da água por acondicionamento e manuseio inadequados (INESP, 2008).

Atualmente, o manancial subterrâneo se apresenta como uma fonte hídrica de suma importância para muitas populações que ainda não tem acesso a água em quantidade e qualidade satisfatórias ou sistemas de tratamento e distribuição adequados a realidade e as necessidades das mesmas.

A principal fonte de água para o abastecimento humano na Comunidade de Morrinhos (Aracati), cuja captação é feita em poços rasos geralmente construídos pelos próprios moradores por meios artesanais de construção é considerada como uma grande riqueza para os moradores daquela comunidade que se orgulham da “fama” de qualidade em toda nossa região. Essa fama se espalhou em virtude do comércio que os moradores fazem da água através de carroças nas comunidades vizinhas e até na própria sede do município.

O objetivo geral deste trabalho é a avaliação do monitoramento das águas subterrâneas usadas para abastecimento humano na Comunidade de Morrinhos, Aracati – Ceará, mais especificamente o trabalho visa analisar através de um monitoramento periódico mensal os parâmetros hidrodinâmicos, físicos e químicos da água subterrânea que abastece a comunidade estudada, observar as alterações das características da água durante os períodos chuvoso e seco (Ano 2009) e avaliar os resultados dos parâmetros investigados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os recursos hídricos superficiais são a principal fonte de suprimento de água no Ceará. Entretanto, a exploração de águas subterrâneas vem crescendo significativamente (DA SILVA, ALMEIDA e ARAÚJO, 2001). As águas subterrâneas ocorrem natural ou artificialmente no subsolo de forma suscetível à extração e utilização pelo homem. O início dessa utilização perde-se no tempo, e o seu crescimento tem acompanhado o desenvolvimento do homem na Terra (COSTA e SANTOS, 2000). Desde os anos cinquenta do século passado, tem-se atribuído aos reservatórios subterrâneos um papel de destaque no equacionamento do problema de água.

Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades (REBOUÇAS, 1999). No subsolo brasileiro, estima-se que o volume armazenado deste recurso seja da ordem de 112.000 Km³ (MMA, 2001).

Usos cada vez mais competitivos da água exigem a definição de um perfil de qualidade em concordância com seu fim de aplicação. Os aspectos qualitativos das águas subterrâneas tendem a receber maior atenção em regiões economicamente abastadas ou onde estas constituam a principal, senão a única, fonte de abastecimento. A carência de estudos específicos, e a falta de políticas regionais são fatores limitantes à aplicação de um modelo crítico e eficaz de gestão da água. Estes são fundamentais para avaliação da ocorrência e da potencialidade de recursos hídricos subterrâneos (SILVA et al., 2007).

A água subterrânea tem se tornado uma fonte alternativa de abastecimento de água para o consumo humano. Isto é devido tanto à escassez quanto à poluição das águas superficiais, tornando os custos de tratamento, em níveis de potabilidade, cada vez mais elevados. Em geral, as águas subterrâneas são potáveis e dispensam tratamento prévio, pois os processos de filtração e depuração do subsolo promovem a purificação da água durante a sua percolação no meio, tornando-se uma fonte potencial de água de boa qualidade e baixo custo, podendo sua exploração ser realizada em áreas rurais e urbanas (OLIVEIRA & LOUREIRO, 1998).

A qualidade das águas subterrâneas deve ser preservada, daí a crescente preocupação com a sua contaminação. Entre as principais fontes de contaminação do solo e das águas subterrâneas pode-se citar os vazamentos em dutos e tanques de armazenamentos subterrâneos de combustível, atividades de mineração e uso de defensivos agrícolas. Outras importantes fontes de contaminação são os esgotos que, nas cidades e nas regiões agrícolas, são lançados no solo diariamente em grande quantidade, poluindo rios, lagos e lençol freático (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

O Ceará pertence a duas províncias hidrogeológicas: o escudo oriental e a província costeira. Figura 1. Cerca de 70% da área do Ceará é composta de embasamento cristalino, representando 21% do total do cristalino nordestino (500.000 Km²), sendo caracterizado por solos de pequena

espessura (≤ 2 m). Há também bacias sedimentares como as de Iguatu, do Apodi, do Araripe e da Ibiapaba. Além dos aquíferos existentes nestas conformações, existem áreas de aluviões, e o sedimento costeiro que é formado por sistemas dunas, paleodunas e formação barreiras (SILVA et al., 2007).



Figura 1: Áreas de sedimento e cristalino no Ceará. (Fonte: IPLANCE, 1989)

2.1 - Sedimento Costeiro

A região costeira do Estado do Ceará possui aproximadamente 573 km de extensão, caracterizada por exuberantes paisagens constituídas, principalmente, por diversificadas zonas de praia, expressivos campos de dunas e singulares escarpas, que atingem a zona de praia, talhadas em rochas sedimentares da Formação Barreiras (BEZERRA, 2009).

Com base na da classificação da morfoestrutura supramencionada, Moreira & Gatto (1981) e Prates et al. (1981), propõem consideração de cinco unidades morfoestruturais: Planície litorânea; Tabuleiros litorâneos; Superfície sertaneja; Planaltos residuais e Planalto da Ibiapaba.

As propostas de classificação morfoestruturais retromencionadas alicerçaram a proposta de Souza (1988), que sugere para o Ceará três unidades de domínio morfoestruturais (Figura 2).

- Planícies e terraços fluviais, correspondentes aos depósitos sedimentares no cenozóico;
- Chapadas e planaltos, correspondentes aos sedimentos das bacias sedimentares paleomesozóico, como a chapada da Araripe, chapada do Apodi, planalto do Ibiapaba e Serra Grande;
- Escudos e maciços antigos, correspondentes aos terrenos cristalinos pré-cambrianos, que formam os planaltos residuais e a depressão Sertaneja.

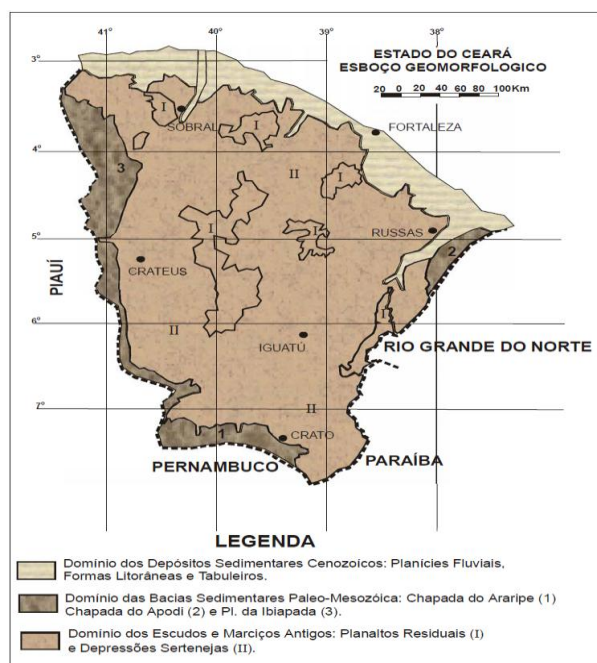


Figura 2 – Classificação das unidades morfoestruturais do Ceará (SOUZA, 1988).

A geologia do litoral Cearense é composta por um empilhamento estratigráfico da base para o topo, composta de rochas Pré-Cambrianas, sedimentos Plio-Pleistocênicos e Quaternários (Figura 3).

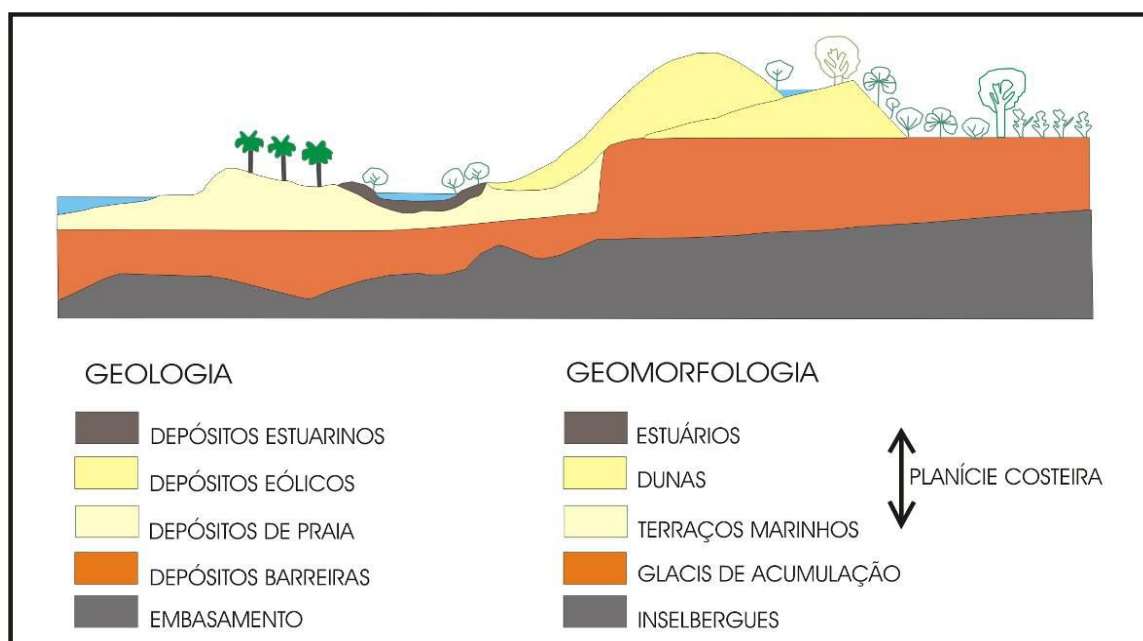


Figura 3 – Esquema da geologia e geomorfologia costeira na área de estudo.

Fonte: Modificado de Maia, 1998.

Estudo realizado por Melo (1995) mostra que os sedimentos terció-quaternários guardam um sistema hidráulico único denominado sistema aquífero dunas, Barreiras. Esse sistema comporta-se, no geral, como livre, porém, localmente, pode desenvolver condições de semiconfinado. De acordo com Melo, Queiroz e Hunziker (1998), a espessura dos sedimentos Dunas/Barreiras é de 90 m, com espessura saturada efetiva de cerca de 40 m.

2.2 Qualidade da Água Subterrânea

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo da mesma. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA *et al.*, 1997).

No meio rural, os poços, são a principal fonte de abastecimento de água, que na maioria das vezes pouco profundos tornam-se bastante susceptíveis à contaminação. O consumo de água segundo os padrões de potabilidade adequados é de importância fundamental para a saúde humana. No Brasil, a vigilância da qualidade da água é normatizada pela Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) para contaminantes bacteriológicos e para as características físico-químicas que representam riscos para a saúde (BRASIL, 2004).

2.2.1 Propriedades Físicas da Água Subterrânea

As propriedades físicas são características de ordem estética e elevados valores que algumas delas podem causar certa repugnância a consumidores mais exigentes. As águas subterrâneas raramente são portadoras de características perceptíveis, a não ser o sabor decorrente de sais dissolvidos em quantidade excessiva. Enquadram-se nas características de propriedades físicas os seguintes aspectos: temperatura, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

2.2.2 Propriedades Químicas da Água Subterrânea

Segundo Silva *et al.* (2007), a qualidade das águas subterrâneas é investigada quanto às impurezas dissolvidas. O contato da água precipitada com compostos e materiais diversos existentes na atmosfera e na crosta terrestre podem ser solubilizados, compondo o conteúdo dissolvido nas águas de substrato. O processo pode ser descrito como uma separação iônica. O estudo da matriz iônica da água é essencial ao planejamento e à sustentabilidade das diversas atividades de consumo hídrico.

2.3 Proteção de Aquífero

Em uma análise das atividades do homem que podem gerar uma carga contaminante no subsolo é importante reconhecer quais fontes são de emissão pontual e quais são de emissão difusa. Da mesma forma, devem ser distinguidas atividades onde a geração de carga é parte integral do sistema daquelas onde estão envolvidos componentes acidentais e incidentais, sobretudo considerando-se a prevenção e o controle de contaminação.

A definição da vulnerabilidade natural de um aquífero pressupõe a realização de estudo hidrogeológico para definição das suas características mais importantes como extensão, área de recarga, espessura, profundidade do nível de água, qualidade das águas e parâmetros como condutividade hidráulica. A partir destas informações é possível avaliar a sua vulnerabilidade natural à contaminação. A proteção dos recursos hídricos subterrâneos é um aspecto crítico já que os custos de remediação de aquíferos são muito altos e tecnicamente é muito difícil a sua recuperação para as condições originais (ANA, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 - Caracterização da Área de Estudo

O município de Aracati situa-se na região litorânea homônima, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Fortim, Icapuí, Itaiçaba, Jaguaruana e Beberibe, e com o oceano Atlântico. Compreende uma área de 1.132 km², localizada nas cartas topográficas Parajuru (SB. 24-X-A-III), Aracati (SB. 24-X-A-VI) e Areia Branca (SB. 24-X-B-IV), todas da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, escala 1:100.000.

A Comunidade de Morrinhos, distando 18 km a leste do município de Aracati, possui as seguintes coordenadas (UTM) 9.488.000 Norte/ 640.000 Leste (Figura 4).



Figura 4 - Mapa de localização da comunidade de Morrinhos no município de Aracati-CE

Segundo a CPRM (1998), quanto aos aspectos geológicos, predominam sedimentos detríticos conglomeráticos a areno-argilosos, atribuídos ao Terciário/Quaternário. Na porção sudeste do município ocorrem sedimentos de diversas granulometrias da chapada do Apodi (Mesozóico) e ao longo do rio e da praia, sedimentos arenosos aluviais ou marinhos do Quaternário.

De acordo com dados do Guia Municipal 2009/2010 (FROTA, 2009), a precipitação pluviométrica é de 936 mm (média histórica). Diversos solos são encontrados no município (Aracati), dentre eles, têm-se, areias quartzosas distróficas (61,21%), areias quartzosas marinhas distróficas (2,93%), cambissolo eutrófico (3,87%), latossolo vermelho amarelo eutrófico (3,82), podzólico vermelho amarelo distrófico (5,26%), podzólico vermelho amarelo eutrófico (4,77%).

Nos Atlas do IPLANCE (1998) e da SRH-CE (Plano Estadual dos Recursos Hídricos, 1992) verifica-se que o clima de Aracati apresenta temperaturas geralmente entre 20 °C e 29 °C, e precipitação pluviométrica em torno de 900 mm anuais.

3.2 - Locais de Amostragem

Inicialmente, foram cadastrados em campo 51 poços (Figura 5), para cada um deles foi preenchido, pelo recenseador, uma ficha padrão elaborada em escritório para o desenvolvimento do projeto específico. Nessa ficha constam as características construtivas, litológicas e hidrodinâmicas que foram informadas por seus proprietários ou responsáveis.

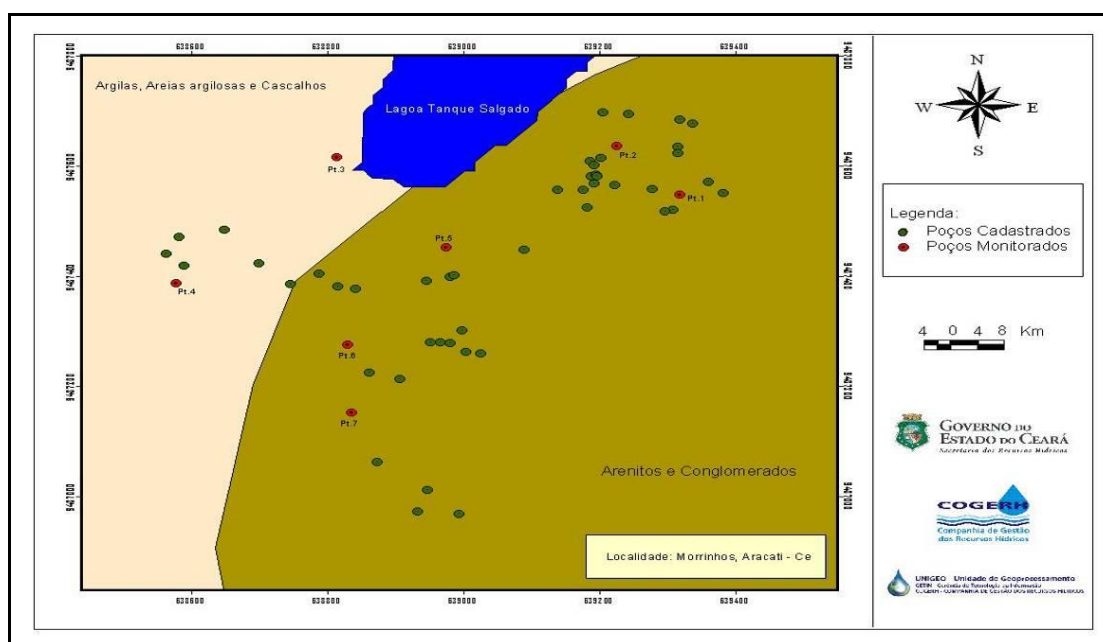


Figura 5 – Localização dos Poços Cadastrados

Posteriormente, em escritório, foram selecionados em função da distribuição espacial 7 poços para o monitoramento, com início propriamente dito em junho de 2007, medido-se nível estático (nível freático) e outros parâmetros. A periodicidade das medidas foi mensal.

Esta seleção foi inerente a localização espacial dos mesmos dentro da comunidade, visando sempre fazer uma distribuição mais homogênea possível, fato conseguido quando evitou-se escolher poços muito próximos entre si (Figura 6 e 7).



Figura 6 – Localização dos Poços Monitorados em azuis



Figura 7 – Poços da Comunidade de Morrinhos

3.3 - Metodologia

A escolha dos parâmetros para a caracterização de uma água está diretamente relacionada com os objetivos da pesquisa. O controle da potabilidade dos recursos hídricos é definido pelos padrões de uso para o consumo, baseado em critérios adotados em níveis nacionais e internacionais. Não obstante, para maior segurança, se faz necessário que uma maior quantidade de parâmetros seja investigada, pelo menos ocasionalmente.

Os dados de um exame físico-químico de uma área com relação a sua qualidade natural podem ser interpretados como base em análises individuais ou num conjunto de dados de diferentes pontos amostrados em uma área ou num aquífero em particular.

Nessa pesquisa foram pesquisados 6 parâmetros, dentre eles, hidrodinâmico (nível estático), físicos (temperatura e condutividade elétrica) e químicos (sólidos totais dissolvidos, potencial hidrogeniônico e salinidade) das águas dos poço tubulares rasos, ou seja, até 20 metros.

Visando alcançar o elevado desempenho na operacionalização deste trabalho e assegurar a obtenção dos resultados pretendidos, os serviços foram executados na seqüência das atividades a seguir indicadas:

- ✓ Levantamento de estudos hidrológicos, hidrogeológicos e hidroquímicos executados em trabalhos de escritório, campo e de laboratório;
- ✓ Utilização de abordagem interpessoal, contatos com lideranças formais e informais para cadastro de pontos d'água (poços tubulares, amazonas e mistos), na qual se realizou um preenchimento de fichas com informações sobre os parâmetros construtivos, litológicos e hidrodinâmicos;
- ✓ Determinação das coordenadas geográficas dos pontos d'água com navegadores GPS, da marca Garmim, modelo III *Plus*, usando datun SAD 69.
- ✓ Realização de medidas das concentrações de alguns parâmetros físico-químicos *in locu* com condutivímetro (Conductivity METER – WTW) modelo *tracer*, fabricante Policontrol Indústria e Comércio Ltda e recipiente asséptico para coleta de água.
- ✓ Realização de medidas de níveis estáticos e dinâmicos com medidor de nível d'água, modelo HS-100, fabricante Hidrosuprimentos Indústria e Comércio Ltda., com capacidade para medidas de até 100 (cem) metros de profundidade.

Para interpretação e análise dos resultados foram elaborados tabelas e gráficos mensais e anuais, além de gráficos de resultados obtidos no período chuvoso (geralmente do mês de fevereiro) e do período seco (geralmente mês de outubro) no ano de 2009.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho realizou-se o levantamento dos poços na área de estudo, cadastrando 51 poços tubulares rasos que exploram água dos aquíferos aluvionar, dunar e barreiras. Os poços foram construídos pela própria comunidade sem critérios de perfuração. A figura 8 apresenta os diversos tipos de poços com relação ao seu revestimento de construção.

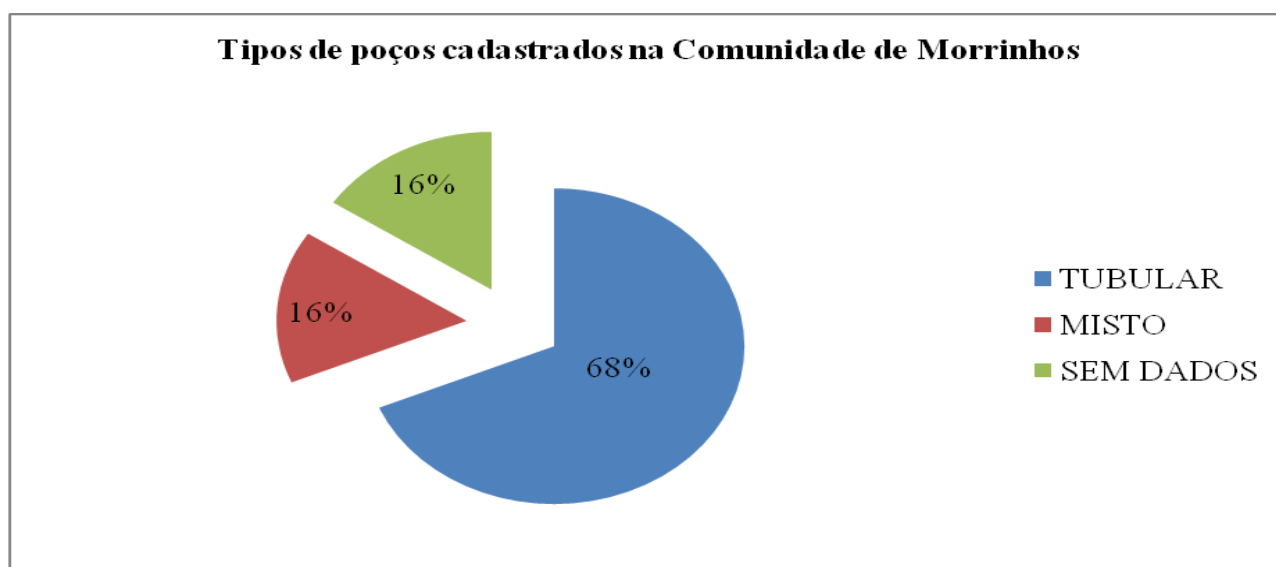


Figura 8 – Tipos de revestimentos dos poços da comunidade de Morrinhos, município de Aracati, Ceará

Nos Atlas do IPLANCE (1998) e da SRH-CE (Plano Estadual dos Recursos Hídricos, 1992) verifica-se que o clima de Aracati apresenta temperaturas geralmente entre 20 °C e 29 °C, e precipitação pluviométrica em torno de 900 mm anuais.

A pluviometria anual, medida no posto situado em Aracati – sede, nos anos 2007, 2008 e 2009 esta apresentado na Figura 9, respectivamente.

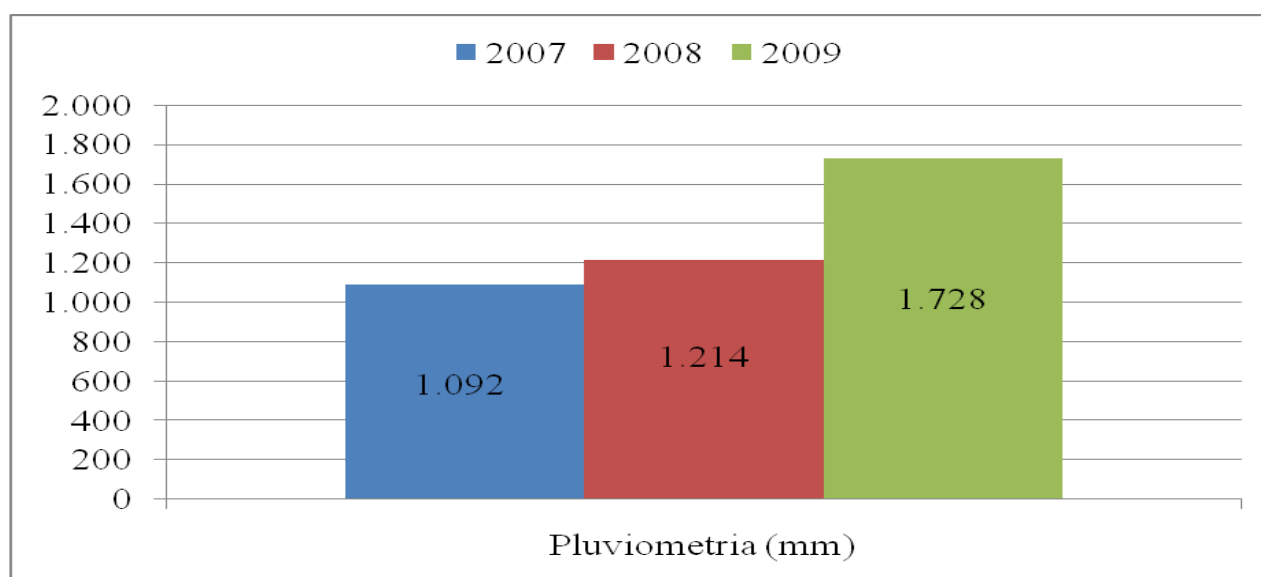


Figura 9 – Valores da Pluviometria no período de 2007 a 2009 no posto sede, Município Aracati, Ceará – FUNCEME: 2009.

4.1 – Parâmetro Hidrodinâmico

Nível Estático (NE)

O nível estático não variou de maneira significativa durante esses 3 (três) anos de monitoramento. Observa-se que anos com chuvas mais intensas, a exemplo de 2009, com pluviometria anual de 1728 mm, favoreceu a elevação do nível estático, como observados em quase

todos os poços, exceção, muita pequena, se faz no poço PT 07. O nível estático mínimo foi de 1,10 metros (PT 06, Agosto/2009) e máximo de 6,87 metros (PT 04, Fevereiro/2009). Também nota-se um aumento do nível estático no decorrer do primeiro para o segundo semestre, o que vem a corroborar que a estiagem das chuvas, no final do ano, culmina com o aumento do parâmetro investigado, deixando-o mais profundo. Na Tabela 2, pode-se constatar as médias anuais dos níveis estáticos da água dos poços no período monitorado.

Tabela 2 – Média Anual de Nível Estático da água dos Poços Monitorados no período 2007 a 2009

Poços	Nível Estático (m) 2007	Nível Estático (m) 2008	Nível Estático (m) 2009
PT 01	5,57	5,08	4,64
PT 02	3,47	3,15	2,44
PT 03	3,69	3,19	2,39
PT 04	3,56	3,22	3,26
PT 05	6,32	5,08	4,35
PT 06	3,33	2,92	2,19
PT 07	2,92	2,23	2,01

Legenda: PT – Poço tubular.

Em relação ao monitoramento dos poços no ano de 2009, correspondente aos períodos chuvoso (fevereiro) e seco (outubro), observa-se que a recarga do aquífero ocorre no segundo semestre do ano, salientando-se que este ano obteve-se uma pluviometria de 1.728 mm, considerada acima da média histórica, o que vem a contribuir com a diminuição do nível estático (Figura 10).

Os parâmetros físico-químicos monitorados são temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH e salinidade, medidos *in situ* com a sonda portátil *Tracer* de fácil manutenção e utilização, possuindo um alto grau de precisão.

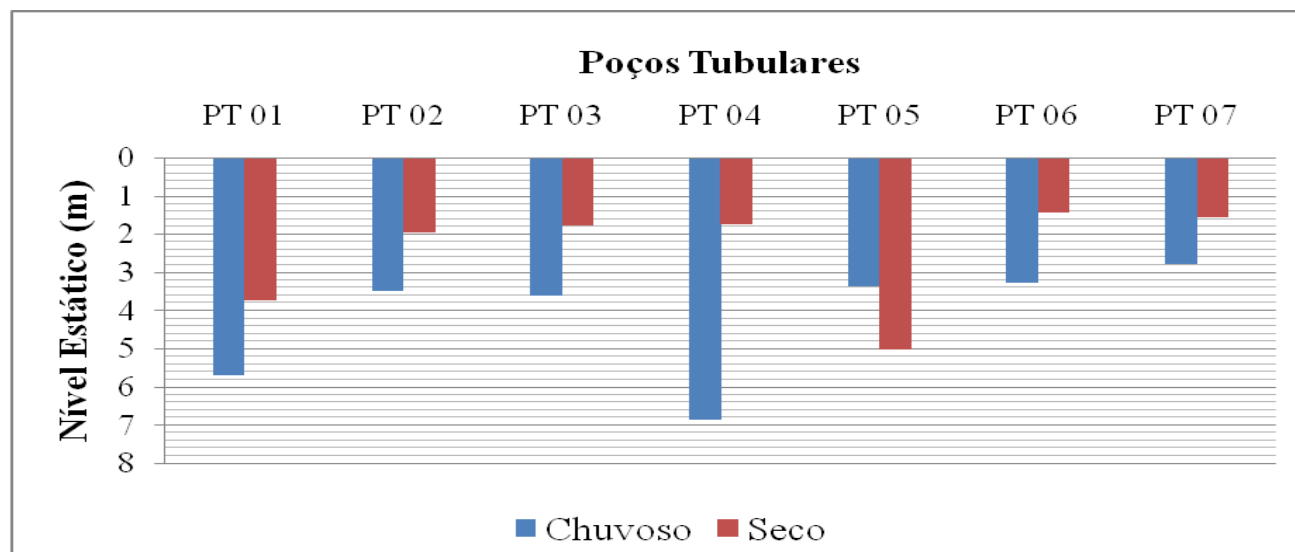


Figura 10 – Valores dos Níveis Estáticos da água dos poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

4.2 – Parâmetros Físicos

Temperatura (°C)

A amplitude média anual da água subterrânea dos poços investigados variou 4,30°C, sendo a temperatura mínima encontrada de 29,3°C (PT 01, ano 2009) e a máxima de 33,6°C (PT 05 e PT 07, ano 2009). Ressalta-se que a temperatura da água subterrânea medida no interior do poço sofre influência tanto da temperatura atmosférica, pois o aquífero é de pequena profundidade, quanto da tubulação (PVC) da própria obra de captação.

Na Tabela 3 pode-se constatar as médias anuais das temperaturas da água subterrânea no interior do poço para o período monitorado.

Tabela 3 – Média Anual de Temperatura da água dos Poços Monitorados no período 2007 a 2009

Poços	Temperatura (°C) 2007	Temperatura (°C) 2008	Temperatura (°C) 2009
PT 01	31,46	30,83	31,58
PT 02	31,45	31,17	31,68
PT 03	31,67	31,77	33,61
PT 04	31,34	31,34	31,75
PT 05	31,69	31,68	31,78
PT 06	31,71	31,54	31,61
PT 07	31,77	32,14	32,56

Legenda: PT – Poço tubular.

Os resultados para os parâmetros físicos (Temperatura e Condutividade Elétrica) encontram-se nas Figuras 11 e 12, respectivamente, para as amostras de água subterrânea dos poços da comunidade de Morrinhos, município de Aracati, no (período chuvoso) coletada em fevereiro de 2009 e no (período seco) coletada em outubro de 2009.

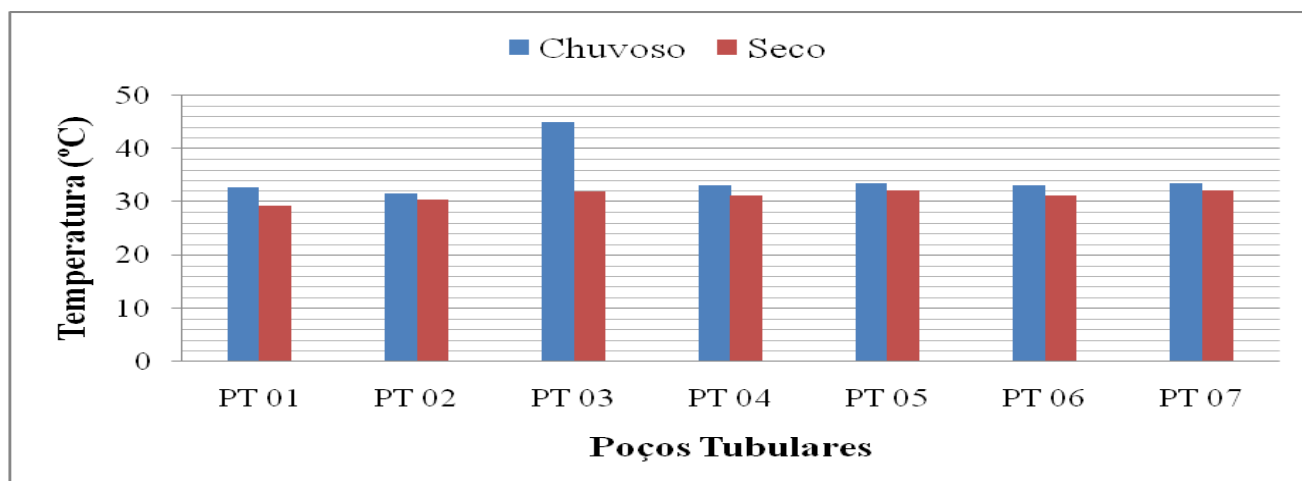


Figura 11 – Temperaturas da água dos poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

Observou-se que a temperatura da água no interior do poço diminui, em média, de um grau de um período para outro.

Condutividade Elétrica (CE)

Foi encontrado um valor mínimo de $23,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ (PT 02, ano 2007) e $402 \mu\text{S cm}^{-1}$ (PT 03, ano, 2007). Observa-se que nos dois primeiros anos (2007 e 2008) de investigação ocorre uma elevação da condutividade elétrica do início para o final do ano, entretanto, no último ano (2009) nota-se uma tendência de aumento até o meado do ano e uma diminuição no fim do mesmo. Na Tabela 4, pode-se constatar a média anual da condutividade elétrica para o período monitorado.

Tabela 4 – Média Anual da Condutividade Elétrica da água dos poços no período de 2007 a 2009

Poços	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) - 2007	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) - 2008	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) Ano 2009
PT 01	180,87	155,91	153,03
PT 02	202,37	191,10	240,69
PT 03	350,00	107,85	102,08
PT 04	63,00	77,28	73,95
PT 05	62,66	86,62	96,95
PT 06	71,87	90,67	95,84
PT 07	187,13	178,89	244,46

Legenda: PT – Poço tubular.

Segundo Santiago (2009), para o consumo humano, é relevante que a água possua uma condutividade elétrica entre 50 e $1.500 \mu\text{S cm}^{-1}$, portanto, todas as amostras analisadas encontram-se na condição de potabilidade.

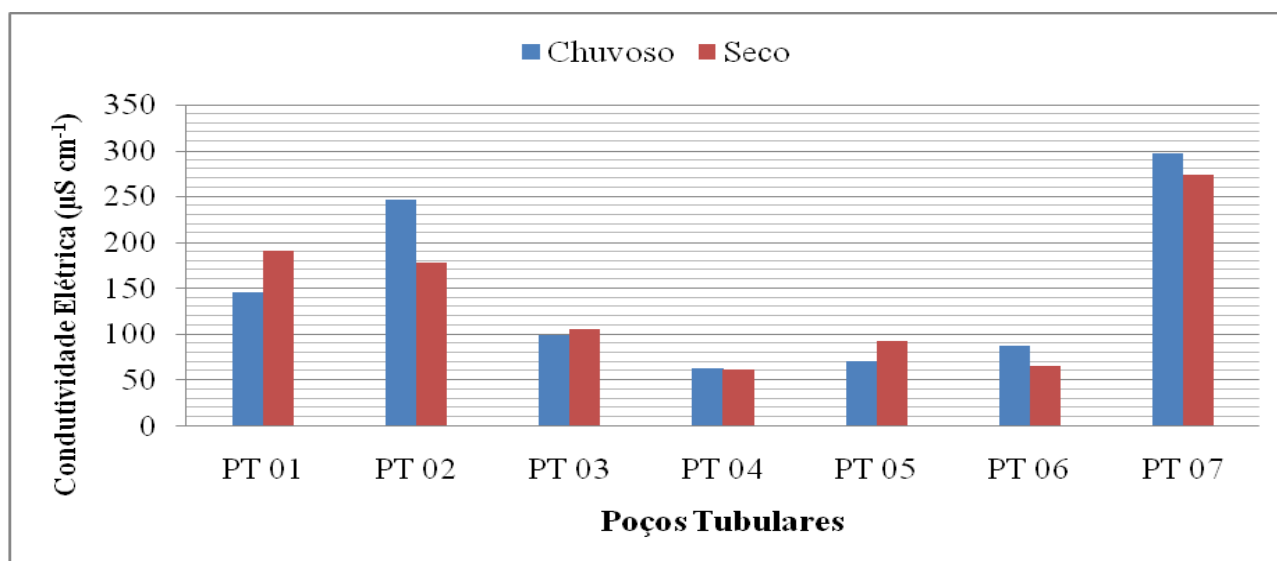


Figura 12 – Valores das Condutividades Elétricas da água dos poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

Em relação ao monitoramento dos poços no ano de 2009, correspondente aos períodos chuvoso (fevereiro) e seco (outubro), observa-se que, neste ano 60% das amostras analisadas, houve uma inversão dos valores da condutividade elétrica, ou seja, a mesma apresentou um decréscimo no decorrer do ano. Face a isto, não se evidencia, porém, um fator que possa ter ocasionado tal fenômeno, uma vez que as boas chuvas caídas nesse ano influenciaria para menos os resultados de condutividade elétrica em todas as amostras e não apenas em algumas.

4.3 – Parâmetros Químicos

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Para este parâmetro encontrou-se um valor mínimo de 27,2 mg L⁻¹ (PT 04, ano 2009) e um valor máximo de 282 mg L⁻¹ (PT 03, ano 2007). As concentrações dos sólidos totais dissolvidos são proporcionais às de condutividade elétrica, portanto, no período chuvoso as concentrações são menores em relação ao período seco. Assim sendo, observa-se, também, que nos dois primeiros anos (2007 e 2008) de investigação ocorre uma elevação de sólidos totais dissolvidos do início para o final do ano, entretanto, no último ano (2009) nota-se uma tendência de aumento até o meado do ano e uma diminuição no fim do mesmo.

Tabela 5 – Média Anual de Sólidos Totais Dissolvidos da Água dos Poços no Período 2007 a 2009

Poços	STD (mg L ⁻¹) - 2007	STD (mg L ⁻¹) - 2008	STD (mg L ⁻¹) - 2009
PT 01	128,40	108,21	113,43
PT 02	169,90	149,40	163,93
PT 03	245,00	75,13	71,69
PT 04	43,21	54,08	52,03
PT 05	43,94	60,49	82,61
PT 06	50,09	63,02	68,87
PT 07	130,87	127,21	169,60

Legenda: PT – Poço tubular; STD – Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos no ano de 2009 encontram-se na Figura 13, para as amostras de água subterrânea dos poços da comunidade de Morrinhos, município de Aracati, no (período chuvoso) coletada em fevereiro de 2009 e no (período seco) coletada em outubro de 2009.

De acordo com a Portaria nº 396 (CONAMA), o valor máximo permitido (VMP) de sólidos totais dissolvidos para consumo humano é de 1.000 mg L⁻¹, portanto, todas as amostras analisadas encontram-se dentro do padrão de potabilidade.

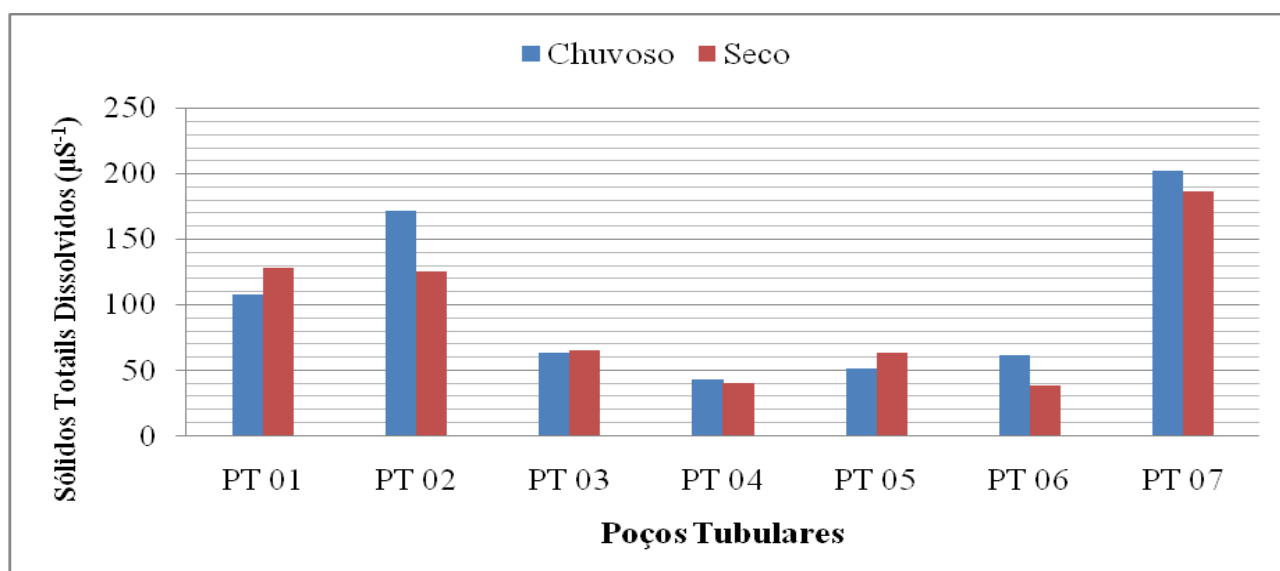


Figura 13 – Valores dos Sólidos Totais Dissolvidos da água dos poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Portaria n° 396 (CONAMA, 2008), com relação ao potencial hidrogeniônico (pH), não há um valor máximo permitido (VMP) inerente à água subterrânea para consumo humano, ou seja, este parâmetro não faz parte daqueles que subsidiam e restringem o enquadramento, embora seja importante para o acompanhamento da qualidade da água.

Porém, de acordo com a Resolução n° 20 de 18/06/86, externa que o VMP para o potencial hidrogeniônico varie de 6,0 a 9,0 quando a água superficial for enquadrada na categoria classe especial, que são águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Valores mínimos e máximos encontrados para o potencial hidrogeniônico são 3,22 (PT 02 ano 2009) e 5,12 (PT 07 ano 2009), respectivamente. Na Tabela 6, pode-se constatar a média anual da Potencial Hidrogeniônico para o período monitorado.

Tabela 6 – Média Anual de Potencial Hidrogeniônico da Água dos Poços no período 2007 a 2009

Poços	pH (2007)	pH (2008)	pH (2009)
PT 01	4,38	4,28	4,49
PT 02	4,16	4,13	3,95
PT 03	4,05	4,25	4,18
PT 04	4,48	4,58	4,43
PT 05	4,60	4,56	4,37
PT 06	4,26	4,24	4,08
PT 07	4,58	4,56	4,45

Legenda: PT – Poço tubular.

Nos sistemas de abastecimento público de água, o pH está entre 6,5 e 9,5. De um modo geral, águas de pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto, enquanto que águas de alto pH tendem a formar incrustações (RICHTER e AZEVEDO NETO, 2002). Na maior parte das águas naturais, o pH é controlado pelo sistema de equilíbrio do gás carbônico – bicarbonatos – carbonatos.

Em relação ao monitoramento dos poços no ano de 2009, correspondente aos períodos chuvoso (fevereiro) e seco (outubro), observa-se que o potencial hidrogeniônico da água do poço foi superior em todos os poços no período seco (Figura 14).

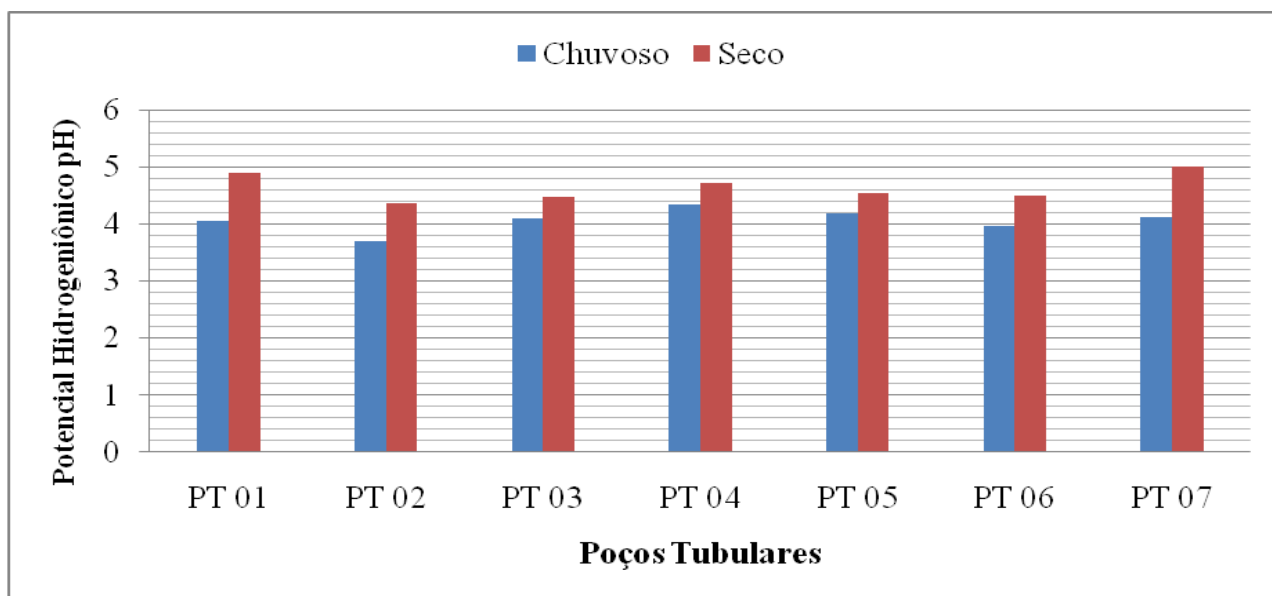


Figura 14 – Valores do Potencial Hidrogeniônico da água dos poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

Salinidade (S)

Diversas fontes de água apresentam salinidades intermediárias entre água doce e água do mar. Valores mínimos e máximos encontrados para salinidade são 21,4 ppm (PT 04 ano 2009) e 201 (PT 03 ano 2007), respectivamente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 20 (Recursos Hídricos Superficiais), já que o parâmetro de salinidade não é citado na Resolução CONAMA nº 396 (Recursos Hídricos Superficiais), as águas superficiais são classificados, em função do teor de sal, como doce, salobra e salina, como visto na Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação das Águas Superficiais de acordo com a Salinidade

Tipo de Água	Salinidade (ppm)
Doce	500
Salobra	$500 \leq 30.000$
Salina	≥ 30.000

Fonte: CONAMA nº 20, 1986

Pelos resultados obtidos das análises, pode-se classificar todas as amostras como sendo água do tipo doce de acordo com a Resolução supracitada. Na tabela 8, pode-se constatar a média anual da salinidade para o período monitorado.

Tabela 8 – Média Anual de Salinidade da água dos poços no período 2007 - 2009

Poço	Salinidade (ppm) 2007	Salinidade (ppm) 2008	Salinidade (ppm) 2009
PT 01	90,94	76,64	82,95
PT 02	121,17	110,99	123,99
PT 03	175,00	53,32	51,64
PT 04	35,49	37,56	37,80
PT 05	33,24	42,37	59,39
PT 06	35,71	44,41	48,44
PT 07	97,14	88,96	120,44

Legenda: PT – Poço tubular.

Em relação ao monitoramento dos poços no ano de 2009, correspondente aos períodos chuvoso (fevereiro) e seco (outubro), observa-se que as salinidades da água dos Poços Tubulares 02, 04, 06 e 07, obtiveram valores superiores no período chuvoso (Figura 15).

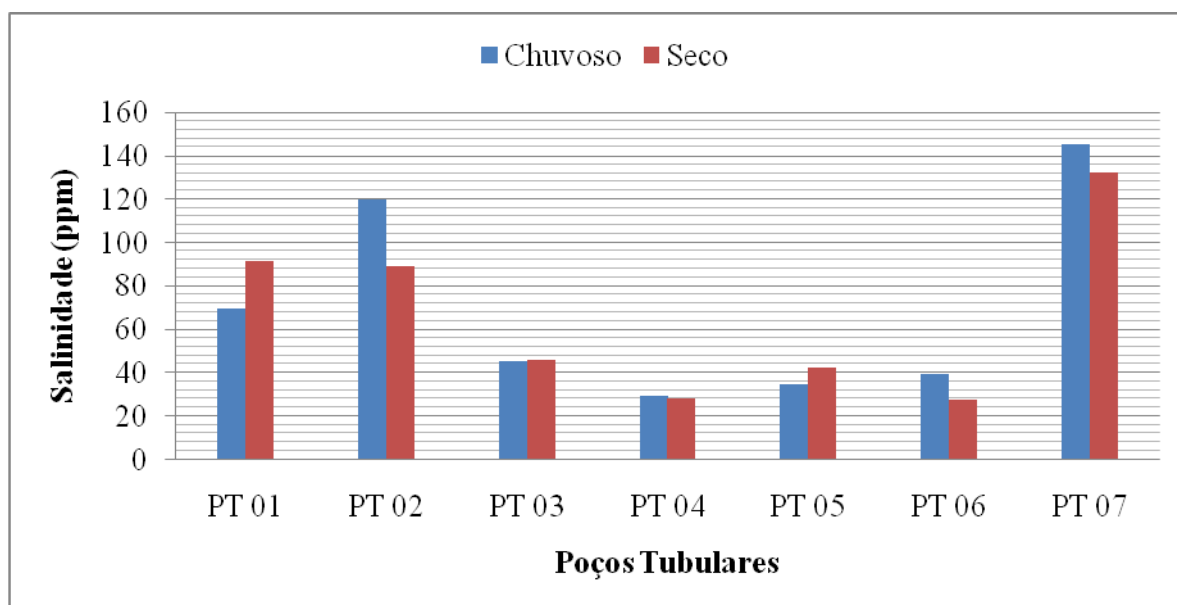


Figura 15 – Valores da Salinidade da água dos Poços da Comunidade de Morrinhos nos períodos chuvoso e seco no ano de 2009.

5. CONCLUSÕES

- ↪ Os resultados do monitoramento dos níveis estáticos dos poços considerando os anos de 2007 e 2008 mostram que os poços estudados apresentam um comportamento semelhante, com exceção do poço 5.
- ↪ A recarga ocorre mesmo no ano de menor pluviometria, como também, não há oscilações acentuadas no rebaixamento que indiquem uma extração maior que a capacidade do aquífero.
- ↪ Com relação aos parâmetros, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, as águas estão dentro dos padrões de potabilidade, havendo restrições apenas para o pH, que se apresenta ácido.
- ↪ A recarga pode ser percebida também observando a dissolução dos íons no período chuvoso.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **PANORAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL**. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília 2005

BEZERRA, Luiz José Cruz – **Caracterização dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará** - Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Fortaleza, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa de águas subterrâneas*. Brasília, DF. 2001. 21 p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 518**, de 25 de março de 2004. DOU. Nº 59. Brasília, 26/03/2004. Seção 1. p.266

BRASIL - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. ver. 1ª reimpressão – Brasília, 2006, p. 41.

COSTA, A. C. M.; SANTOS, M. A. A gestão dos recursos hídricos no Brasil e a questão da água subterrânea. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, Fortaleza, 2000. *Anais...*Fortaleza: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). **Programa Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará**. Edição em CD ROM. Fortaleza – CE, 1998.

DA SILVA, F. J. A.; ALMEIDA, M. M.; ARAÚJO, L. F. P. **Indicadores hidroquímicos obtidos a partir da condutividade elétrica em alguns poços do Ceará**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia - conceitos e aplicações. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Fortaleza, 1997. 389p.

FETTER C. W. 1994. Applied Hydrogeology. 3 ed. New York, Toronto, 691 p.

- FUNCEME - 2007/2008/2009 - Boletim de Pluviometria anual da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.
- INESP – Instituto de Estudos e Pesquisas para o desenvolvimento do Estado do Ceará. **Cenário Atual dos Recursos Hídricos do Ceará**. Fortaleza, 2008. 174p.
- IPLANCE. *Atlas do Ceará*. Fortaleza, 1989. 57 p
- IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. Anuário estatístico do Estado do Ceará. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. CD ROM. Fortaleza – CE. 1998.
- MAIA, L P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona. 256p, 1998.
- FEITOSA, F. A. C. & FILHO, J. M. Hidrogeologia Conceições e Aplicações – CPRM, LABHID-UFPE, 412 p; il. 1997.
- MELO, J.G. *Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal*, RN. 195 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- MELO, J.G.; QUEIROZ, M.A.; HUNZIKER, J. *Mecanismos e fontes de contaminação das águas subterrâneas de Natal (RN) por nitrato*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, São Paulo. Anais... São Paulo. CD-ROOM, 1998.
- MOREIRA, M.M.A. M: GATTO, L.C. S Geomorfologia in: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha AS 24 Fortaleza.RJ: Levantamento dos Recursos Naturais, 21, 1981.
- OLIVEIRA, L. I. & LOUREIRO, C. O., 1998, Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em Belo Horizonte: Avaliação preliminar. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 21 Abril 2000 <<http://www.abas.org/congressos/x1998/art61.html>>
- PRATES, M: GATTO, L.C. S: COSTA, M. I. P Geomorfologia. IN: Brasil. DNPM-Projeto Radam-brasil. Folha SB 24-25 Jaguaribe-Natal, RJ: RADAMBRASIL, 1981.
- REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 117-151.
- SILVA, FERNANDO JOSÉ ARAÚJO DA; ANDRÉA ARAÚJO, LIMA VERDE DE; SOUZA, RAIMUNDO OLIVEIRA DE. *Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade*. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.
- SOUZA, M.J.N. de **Contribuição ao estudo das unidades-morfoestruturais do estado do Ceará**, *Revista de Geologia*, v 1, p 73-91, Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1988.
- SRH — Secretaria dos Recursos Hídricos – **Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Diagnóstico**. v.1. Fortaleza – CE. 1992.