

Investigação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água de poços no município de Sousa-PB para fins de potabilidade

Mirelly Alexandre Gomes^[1], Emanuel Victor da Silva Ramos^[2], Luís Carlos dos Santos^[3], Damião Júnior Gomes^[4], Antonio José Ferreira Gadelha^[5]

[1] gomesmirelly24@gmail.com. [2] emanuelvramos@hotmail.com. [3] luiscarlosenergisa@gmail.com. [4] damiao.gomes@ifpb.edu.br. [5] antonio.gadelha@ifpb.edu.br. IFPB - Campus Sousa.

RESUMO

Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas das águas de poços artesanais ofertados à população da zona urbana do município de Sousa-PB, com o intuito de verificar a potabilidade e adequação para consumo humano, segundo parâmetros estabelecidos pela Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Identificou-se inadequação de algumas amostras referentes a parâmetros físico-químicos causados, principalmente, pela alta concentração de sólidos totais dissolvidos, entre os quais sódio, bicarbonatos e cloretos. Observou-se que esses parâmetros sofreram pouca alteração ao longo dos meses em que foram monitorados, o que indica que a alternância entre períodos chuvosos e secos não influencia na concentração dessas espécies químicas. Além disso, verificou-se também a contaminação pela presença de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* em todos os poços avaliados, o que pode estar associado a ligações clandestinas de esgotos ou infiltrações causadas por fossas sépticas. Por fim, emerge a necessidade de um controle de qualidade das águas ofertadas à população do município em questão, tendo em vista que a alteração de alguns parâmetros pode acarretar danos à saúde humana.

Palavras-chave: Qualidade de água. Análise físico-química. Análise microbiológica. Água subterrânea.

ABSTRACT

*Physicochemical and microbiological analyzes of waters from artesian wells offered to the population of the urban area of Sousa-PB. They were carried out in order to verify the potability and suitability for human consumption, according to parameters established by Ordinance n° 2.914 / 2011 of the Ministry of Health. Due to physical-chemical parameters caused mainly, by the high concentration of total dissolved solids, such as: sodium, bicarbonates and chlorides some samples were considered inadequate. It was observed that these parameters did not change much during the months in which they were monitored, indicating that the alternation between rainy and dry periods does not influence the concentration of these chemical species. In addition, contamination by the presence of total coliforms, thermotolerant and *E. coli* was also observed in all the wells evaluated, which may be associated with clandestine sewage connections or infiltrations caused by septic tanks. Finally, there is an urgent need for a quality control of the water offered to the population of Sousa-PB, considering that, the alteration of some parameters can cause damages to human health.*

Keywords: *Water quality. Chemical physical analysis. Microbiological analysis. Groundwater.*

1 Introdução

A busca por água potável é tão antiga quanto a presença do homem no planeta, e o primeiro padrão para determinar a potabilidade foram os sentidos humanos (LENZI *et al.*, 2009).

Arain *et al.* (2014) relatam que o monitoramento da qualidade da água tem elevada importância para a determinação das condições atuais e de tendências de longo prazo na gestão eficaz de um corpo hídrico. O fornecimento de água não potável tem um impacto enorme na disseminação de doenças transmitidas através da água. A abundância de compostos orgânicos, radionuclídeos, produtos químicos tóxicos, nitritos e nitratos na água podem causar efeitos deletérios sobre a saúde humana, especialmente câncer (DAN'AZUMI; BICHI, 2010). É necessário, portanto, monitorar regularmente a qualidade da água destinada ao consumo humano. Segundo Scorsafava *et al.* (2010), a água é considerada própria para o consumo humano quando seus parâmetros microbiológicos e físico-químicos atendem aos padrões de potabilidade estabelecidos e não oferecem risco à saúde da população.

Desta forma, este trabalho busca investigar a evolução da qualidade da água, em poços perfurados na área urbana pela Prefeitura Municipal de Sousa, pelo Departamento de Água, Esgotos e Saneamento Ambiental de Sousa – DAESA, que é distribuída à população das localidades próximas. Isso pode contribuir para prevenção de uma série de problemas relacionados à água de má qualidade, como algumas doenças transmitidas por água contaminada, por exemplo. Assegurar a qualidade da água para consumo humano constitui um objetivo primordial nas sociedades atuais, ponderada a sua importância para a saúde e a necessidade de salvaguardar e promover a sua utilização sustentável (PAULOS, 2008). Sendo assim, o controle da qualidade de água tem por objetivo proteger a população de qualquer risco nocivo advindo de qualquer contaminação por esse recurso.

2 Referencial teórico

A água constitui um elemento essencial à vida animal e vegetal. O homem consegue, com efeito, resistir meses à carência de alimentos que lhe forneçam suprimentos energéticos. No que se refere à privação absoluta da água, no entanto, em poucos dias, pode levar à morte, sendo esse prazo reduzido em condições de perdas acrescentadas por

exsudação (PAULOS, 2008). A água é tão crucial que, desde os primórdios, já se estudava e se cogitava a sua importância. Seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a antiguidade (VEIGA, 2006). Sendo assim, a água constitui um papel extremamente importante na vida do ser humano e no ecossistema. Sua importância para a vida terrestre é inegável. Mesmo assim, outros aspectos dessa preciosidade também podem representar sérios riscos à vida (VEIGA, 2006). A contaminação da água provoca alterações significativas no ecossistema. Isso ocorre porque nem sempre é possível reestabelecer o seu equilíbrio através de processos naturais.

Embora o Brasil possua em seu subsolo as maiores reservas subterrâneas de água doce do planeta, muitos estados sofrem com a escassez de água, como é o caso do semiárido brasileiro, que inclui o sertão da Paraíba. Os rios, lagos e mares, ao longo do tempo, vêm sendo severamente degradados pela ação do homem sobre o ambiente, urbanização desordenada, expansão de indústrias, desmatamentos, principalmente em áreas ciliares, queimadas e desperdícios, que levam à redução do volume de água, contaminação e poluição. E, como consequência, tais infortúnios propiciam o aparecimento de doenças de veiculação hídrica (VEIGA, 2006). Sendo assim, o desenvolvimento dos recursos hídricos não pode se desassociar da conservação ambiental, já que, na essência, envolve a sustentabilidade do homem no meio natural. Isto faz refletir sobre os diversos fatores que podem alterar a qualidade da água, principalmente onde esse bem é mais escasso, como é o caso da região nordeste do Brasil (RENOVATO *et al.*, 2013). O longo período de estiagem ao qual o semiárido nordestino vem sendo submetido nos últimos anos tem forçado as populações e autoridades a buscarem fontes alternativas de abastecimento de água, como os poços artesianos, por exemplo.

De acordo com Crispim *et al.* (2017), na região semiárida, a água subterrânea é uma fonte imprescindível para o abastecimento público, haja vista que vários municípios enfrentam prolongados períodos de estiagem e secas severas.

Nem sempre se encontra água com a qualidade desejada para ser distribuída às comunidades; isso pode trazer uma série de riscos associados à presença de espécies químicas e microrganismos potencialmente patogênicos.

Segundo Souza *et al.* (2015), três fatores contribuem de forma significativa para a ocorrência

de secas nessa região: os solos de natureza rasa, falta de locais adequados para armazenamento e a elevada evapotranspiração. Por causa da inacessibilidade à água de qualidade, os moradores de sítios são forçados a se valerem do uso de poços artesianos que, muitas vezes, não apresentam água com potabilidade adequada para o consumo humano.

A qualidade da água é comprometida desde o manancial, pelo lançamento de efluentes e resíduos, o que exige investimento nas estações de tratamento e alterações na dosagem de produtos para se garantir a qualidade da água na saída das estações (BRASIL, 2006).

A água utilizada para consumo humano deve apresentar qualidade e não ser susceptível de causar danos à saúde pública, logo não deve apresentar cor, odor nem sabor. Para garantir com rigor a sua qualidade, é fundamental, no entanto, recorrer a análises cuidadosas com base em diversos parâmetros e em diversas épocas sazonais (PAULOS, 2008). As alterações de alguns parâmetros físico-químicos como também microbiológicos podem acarretar patologias moderadas e severas à saúde da população. Nessa perspectiva, o controle em épocas sazonais se faz essencial, tanto no período chuvoso quanto na estação seca. No sertão da Paraíba, o período de chuvas compreende os meses de janeiro a junho, enquanto os meses de julho a dezembro são marcados pela escassez de chuvas, como pode ser observado na Tabela 1, que apresenta a pluviometria registrada no município de Sousa ao longo do ano de 2017.

Tabela 1 – Pluviometria do município de Sousa de janeiro a dezembro de 2017.

Mês	Pluviometria (mm)
Janeiro	249,7
Fevereiro	48,4
Março	95,9
Abril	68,9
Maió	56,2
Junho	14,2
Julho	20,5
Agosto	0,0
Setembro	0,0
Outubro	0,0
Novembro	0,0
Dezembro	0,0
Total	553,8

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA-PB, 2018.

Em 2005, o Ministério de Minas e Energia, por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, publicou o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Diagnóstico do Município de Sousa (CPRM, 2005), no qual se apresenta uma análise qualitativa e quantitativa das fontes de água subterrânea da zona rural do município de Sousa, mostrando a localidade, a natureza dos poços (público ou particular), a profundidade, a vazão, a situação (abandonado ou em operação), o tipo de equipamento de bombeamento, a finalidade do uso e, ainda, o teor de sólidos totais dissolvidos (STD). Trata-se de um trabalho de grande importância para sua área de atuação, mas que não garante um diagnóstico preciso sobre a qualidade das águas subterrâneas do município.

O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde – a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (BRASIL, 2006). Entre as doenças relacionadas ou veiculadas através da água de má qualidade pode-se citar: hepatite A, cólera, diarreia infecciosa, leptospirose, esquistossomose, amebíase, giardíase etc.

A qualidade da água pode ser avaliada por um conjunto de parâmetros, determinados por uma série de análises físicas, químicas e biológicas. A análise físico-química da água determina, de modo preciso e explícito, algumas características da amostra em questão, e assim é vantajosa para se avaliar a qualidade da água (CRUZ *et al.*, 2007). Os parâmetros físicos para uma análise minuciosa de água abrangem desde temperatura da água até a análise de sólidos suspensos e sólidos dissolvidos pelo método gravimétrico (SANTOS *et al.*, 2007). A presença de microrganismos patogênicos na água, na maioria das vezes, é decorrente da poluição por fezes de humanos e de animais, e, devido ao fato de que os microrganismos patogênicos usualmente aparecem de forma intermitente e em baixo número na água, podem-se pesquisar outros grupos de microrganismos que coexistem com os patogênicos nas fezes.

Desse modo, a presença desses microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal, principalmente originária do homem e de animais de sangue quente. Segundo Colvara *et al.* (2009, p. 12), “Os indicadores mais utilizados para essa finalidade,

e que são preconizados pela legislação vigente, são os índices de coliformes totais e de coliformes termotolerantes”.

Nesta perspectiva, tendo em vista que não há trabalhos dessa natureza realizados anteriormente acerca do diagnóstico das águas subterrâneas da zona urbana do município de Sousa, este trabalho tem como objetivo principal avaliar, periodicamente, o comportamento de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água de poços destinada ao abastecimento público, na zona urbana do município de Sousa-PB, bem como comparar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação vigente.

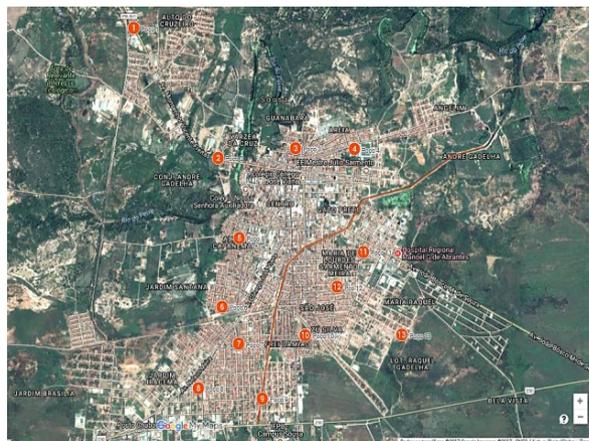
3 Método da pesquisa

As coletas iniciaram-se a partir do mês de junho de 2017 (fim da estação chuvosa), se estendendo até dezembro de 2017 (fim do período seco), quando foram realizadas análises físico-químicas (12 coletas) e análises microbiológicas (02 coletas), as quais foram executadas no Laboratório de Química da Unidade Sede e no Laboratório de Microbiologia da Unidade São Gonçalo, respectivamente, ambos pertencentes ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba- IFPB, Campus Sousa. As análises físico-químicas compreendem: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade total (carbonatos e bicarbonatos), dureza total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos. Essas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (RICE *et al.*, 2012). Foram coletadas amostras de água em treze poços distribuídos na zona urbana no município de Sousa. As amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas previamente lavadas e, em seguida, transportadas em caixa térmica com gelo. No caso das análises microbiológicas, as garrafas utilizadas no processo de amostragem foram esterilizadas, para eliminar possíveis contaminações por microrganismos.

Para a determinação de coliformes totais e termotolerantes, foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos, empregando-se caldo *Lauril Sulfato Triptose* (LST, Acumedia) como teste presuntivo (incubação a 35°C por 48h) e como teste confirmatório o caldo *Lactosado Bile Verde Brilhante* (LBVB, Acumedia) para coliformes totais (incubação a 35°C por 48h) e o caldo *Escherichia coli* (EC, Acumedia) para coliformes termotolerantes (incubação a 44,5°C durante 24h

em banho-maria). A confirmação dos coliformes termotolerantes efetuou-se alçada a partir de cada tubo suspeito. A turvação com ou sem produção de gás nos tubos EC, após 24h de incubação a 45°C, foi considerada confirmativa para presença de Coliformes Termotolerantes.

Figura 1 – Imagem referente à geolocalização dos poços analisados no município de Sousa- PB.



Fonte: Adaptado de Google Maps.

4 Resultados da pesquisa

Com relação aos parâmetros microbiológicos, na primeira coleta realizada, todas as 13 amostras de água proveniente dos poços artesianos estavam contaminadas por bactérias do grupo coliformes (totais e termotolerantes) com contagens elevadas, além da presença de *E. coli* em todas as amostras. Na segunda coleta, realizada no mês de agosto, os poços 03, 04, 10 e 11 não apresentaram presença de *E. coli*, porém continuaram mostrando altas concentrações de coliformes, conforme se observa na Tabela 2. Em virtude da distância entre o Laboratório de Microbiologia (Unidade São Gonçalo) e a Unidade Sede, só foi possível realizar duas coletas para análises microbiológicas.

Os poços 08 e 09 não puderam ser amostrados na segunda coleta porque tiveram suas reservas esgotadas devido ao período de estiagem ou ocorreram problemas técnicos com as bombas que captam água desses poços.

Tabela 2 – Análise Microbiológica dos poços da zona Urbana do município de Sousa-PB.

Poços	Data	Coliformes a 35°C	Coliformes a 45°C	<i>E. coli</i>
Poço 01	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 02	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 03	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 04	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 05	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 06	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 07	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 08	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 09	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 10	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 11	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 12	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 13	25/07/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 01	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 02	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 03	22/08/17	>1,1 X 10 ³	4,6 X 10 ²	Ausente
Poço 04	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Ausente
Poço 05	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 06	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 07	22/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 08	29/08/17	NR	NR	NR
Poço 09	29/08/17	NR	NR	NR
Poço 10	29/08/17	2,4 x 10 ²	< 3,0	Ausente
Poço 11	29/08/17	2,4 x 10 ²	< 3,0	Ausente
Poço 12	29/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente
Poço 13	29/08/17	>1,1 X 10 ³	>1,1 X 10 ³	Presente

Nota: NR: Não Realizado.

Fonte: Próprio autor

Verificou-se que todos os poços encontram-se contaminados com coliformes termotolerantes, o que demonstra que a qualidade sanitária da água dos poços artesianos avaliados é inadequada, refletindo a situação de risco em que se encontra a população que utiliza essas águas. É importante destacar que os coliformes termotolerantes pertencem a um grupo de microrganismos que tem habitat no trato intestinal do homem e de outros animais, portanto sua presença em água e alimentos indica que houve contato direto do produto com fezes, evidenciando risco para a saúde dos consumidores, devido a sua alta patogenicidade (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Esse resultado é relevante, porque a má qualidade da água pode estar diretamente associada às doenças diarreicas de veiculação hídrica. O principal microrganismo do grupo dos coliformes termotolerantes é *Escherichia coli*, o qual tem importância tanto como indicador de contaminação fecal recente, quanto pelo potencial patogênico de alguns de seus patótipos.

A contaminação desses poços por esses tipos de microrganismos deve estar associada à infiltração de esgotos domésticos no subsolo, provenientes de ligações clandestinas ou fossas sépticas mal projetadas.

Resultados semelhantes foram observados por Gomes *et al.* (2016), ao verificar a presença de coliformes totais e *E. coli*, em 04 poços particulares na zona urbana de Sousa, durante os meses de fevereiro a junho de 2015. Os autores atribuem esses resultados à destinação inadequada de resíduo sólidos e à infiltração de efluentes de fossas sépticas.

Com relação aos parâmetros físico-químicos avaliados, a maioria dos valores obtidos não obedeceu à Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade. Ainda segundo esta portaria, água potável é toda e qualquer água destinada ao consumo humano de modo que os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos estejam de acordo com o padrão de potabilidade e que, de forma alguma, ofereçam riscos à saúde. Estes parâmetros, quando alterados, agregam também a repulsa ao consumo dessas águas em virtude do sabor desagradável relacionado com a elevada concentração de sais. Os Gráficos de 1 a 12 apresentam os resultados das análises físico-químicas para os 13 poços amostrados. Dentre os poços analisados, três (3), em especial o 04, o 09 e o 13, apresentaram situação crítica quando comparados à Portaria nº 2.914/2011, o que está relacionado às altas concentrações de sólidos totais dissolvidos (ions), principalmente, bicarbonatos, cloretos e sódio. Essa situação é consequência do contato direto dessas águas com os materiais presentes no solo, visto que a água possui uma enorme capacidade de dissolver substâncias, principalmente sais.

Além disso, o longo período de estiagem que o semiárido enfrenta acarreta uma redução na recarga hídrica do lençol freático e, conseqüentemente, promove uma concentração maior de sais nas águas subterrâneas dessa região. Em alguns casos, pode também estar relacionado com a contaminação doméstica e ou industrial presente.

O Ministério da Saúde e o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), estabelecem valores permissíveis para que a água esteja adequada para consumo humano (Água Doce – Classe1). Esses índices indicam a normalidade de cada parâmetro.

A respeito desses índices, a Resolução 357/2005 do CONAMA ainda classifica a água, de modo específico para salinidade, de acordo com o teor de sólidos totais dissolvidos, conforme é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das águas segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA.

Tipo de Águas	STD (mg/L)
Doce	0 - 500
Salobra	501 - 1500
Salgada	>1500

Fonte: Resolução 357/

A Tabela 4 traz essa categorização para os poços avaliados neste trabalho, com base nos dados contidos no Gráfico 12.

Tabela 4 – Classificação dos poços segundo o CONAMA, conforme STD.

Nome do Poço	Classificação
Poço 01	Água salobra
Poço 02	Água salobra
Poço 03	Água salobra
Poço 04	Água salgada
Poço 05	Água salobra
Poço 06	Água salobra
Poço 07	Água salobra
Poço 08	Água salobra
Poço 09	Água salgada
Poço 10	Água salobra
Poço 11	Água salobra
Poço 12	Água salobra
Poço 13	Água salgada

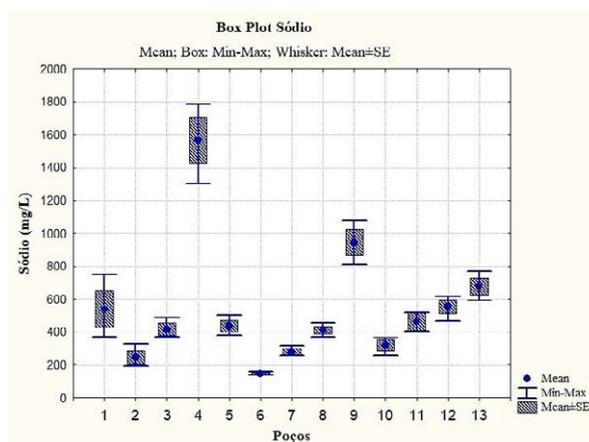
Do exposto, verificou-se que 10 poços tiveram suas águas classificadas como água salobra, exceto os poços 04, 09 e 13, que foram classificados como tendo água salgada, os quais apresentaram os valores mais críticos com relação ao teor de sólidos dissolvidos. Esses irão requerer mais atenção, tendo em vista que, quando presentes na água, podem acarretar distúrbios

à saúde humana, além do sabor desagradável que apresenta.

Valores semelhantes foram obtidos por Crispim *et al.* (2017), ao avaliarem a qualidade físico-química de três poços amazonas da zona urbana de Pombal-PB (média de 1.202 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), e por Medeiros (2010) nos municípios de Camalaú-PB (média de 1.130 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e Amparo-PB (média de 1.645 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

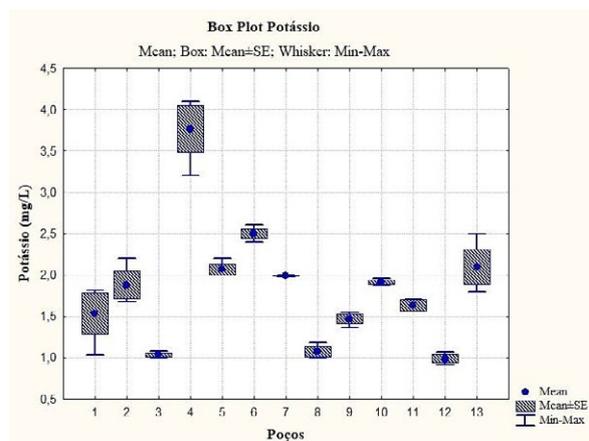
Um dos íons presentes em maior concentração e que contribuem para a salinidade das amostras é o sódio (Na^+), cujos valores são expressos no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Teores de sódio (Na^+), em mg/L, dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB.



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 2 – Teores de potássio (K^+), em mg/L, dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB.



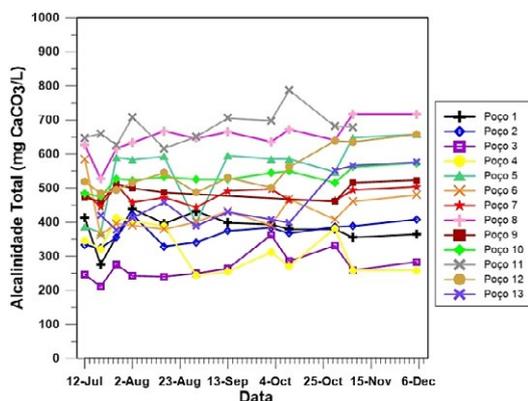
Fonte: Próprio Autor

Os teores de sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama e são apresentados nos Gráficos 1 e 2. Pode-se observar que a concentração de sódio (entre 140 e 1800 mg/L) nos poços analisados

é muito maior que a concentração de potássio (entre 1 e 4 mg/L). Isso pode acarretar riscos à saúde da população, tendo em vista que o consumo excessivo de sódio está relacionado a problemas como hipertensão arterial, além do gosto salgado que este elemento promove à água. A Portaria MS nº 2.914/2011, em seu Anexo X, estabelece um limite máximo de 200 mg/L para o teor de sódio na água. Os valores mostrados no Gráfico 1 indicam que, com exceção do Poço 6, todos os demais estão acima do Valor Máximo Permitido (VMP) pela legislação. A referida Portaria não estabelece valores limites para a concentração do íon potássio.

O Gráfico 3 apresenta a evolução dos teores de alcalinidade total para os poços avaliados durante o período de coletas.

Gráfico 3 – Valores obtidos para Alcalinidade Total dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.

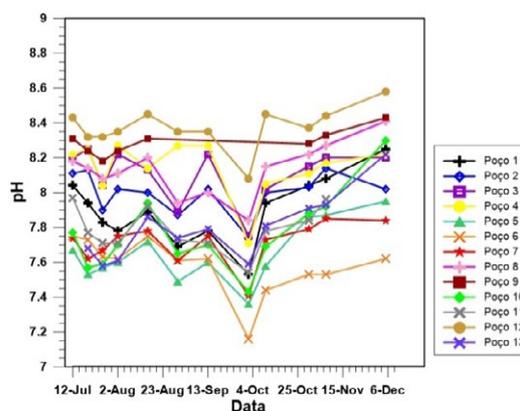


Fonte: Próprio Autor

A partir da análise do Gráfico 3, percebe-se que todos os poços apresentaram valores elevados para a alcalinidade total, principalmente os poços 11 e 08. Os íons causadores de alcalinidade, neste caso, são o carbonato (CO_3^{2-}) e o bicarbonato (HCO_3^-), que estão relacionados com o pH da amostra; assim, quanto maior for o pH, maior a concentração de carbonatos e, quanto menor o pH, maior a concentração de bicarbonatos. A legislação não estabelece valores máximos permitidos para a alcalinidade total nem para seus íons causadores.

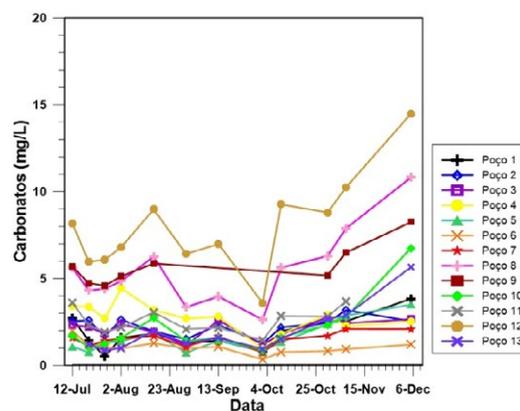
Os Gráficos 4, 5 e 6 apresentam os valores de pH, carbonatos e bicarbonatos encontrados ao longo das análises realizadas, respectivamente.

Gráfico 4 – Valores de pH dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



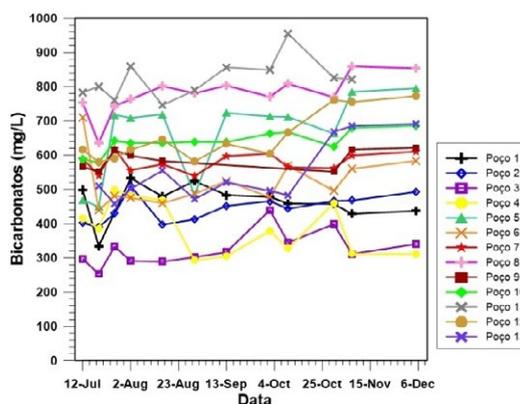
Fonte: Próprio Autor

Gráfico 5 – Valores de carbonatos dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 6 – Valores de bicarbonatos dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

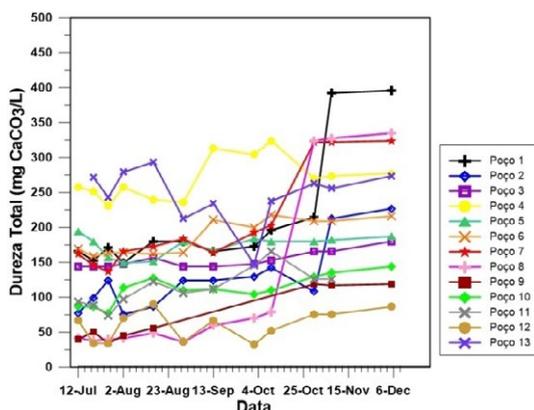
Ao analisar-se o Gráfico 4, percebe-se que o pH das amostras analisadas se situa na faixa entre 7,2 e 8,6, o que caracteriza essas águas como sendo levemente básicas, sendo que esses valores estão dentro da faixa estabelecida pelo padrão de potabilidade brasileiro. Esses resultados podem ser atribuídos à presença de íons causadores de alcalinidade, como o carbonato e o bicarbonato.

O Gráfico 5 mostra que a concentração de carbonato nas amostras é relativamente baixa e que esses valores estão relacionados com os valores de pH, ou seja, poços com pH mais elevado apresentam maiores concentrações de carbonatos.

O Gráfico 6 mostra, no entanto, que a maior parte da alcalinidade dessas águas se deve às altas concentrações dos íons bicarbonato, que se situam na faixa entre 250 e 960 mg/L. Particularmente, este íon não apresenta importância sanitária, mas pode conferir gosto ruim à água quando em altas concentrações, levando à sua rejeição por parte da população.

O Gráfico 7 traz os valores encontrados para a dureza total das amostras coletadas. Este parâmetro está relacionado à presença de cátions multivalentes, principalmente cálcio e magnésio.

Gráfico 7 – Valores de Dureza Total dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



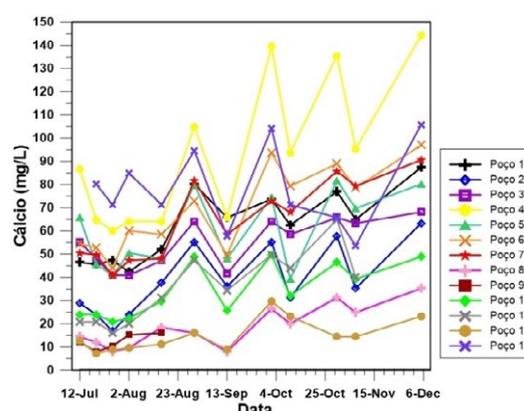
Fonte: Próprio Autor

Verificou-se que os poços amostrados durante o período de execução da pesquisa apresentaram valores variáveis para a dureza total (25 – 400 mg CaCO₃/L); mesmo assim, todas as amostras se enquadraram dentro do limite permissível pelo padrão de potabilidade, que é de 500 mg CaCO₃/L. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al.* (2015), ao avaliarem a qualidade da água de três

poços, na zona rural do município de São João do Rio do Peixe-PB, em julho de 2015, observando-se valores médios em torno de 500 mg CaCO₃/L.

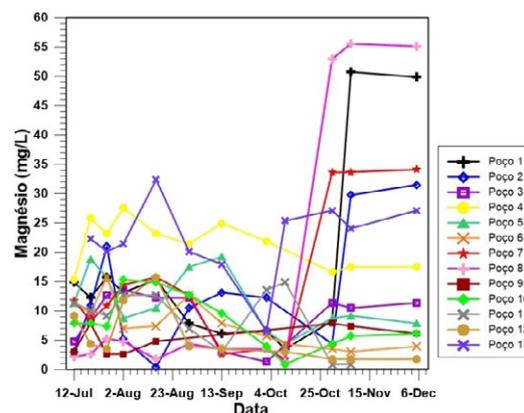
Os Gráficos 8 e 9 ilustram a evolução da concentração de íons cálcio e magnésio, entre os meses de julho e dezembro, nos poços analisados, determinados através do método titulométrico com EDTA.

Gráfico 8 – Valores de concentração de cálcio (Ca²⁺) dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 9 – Valores de concentração de magnésio (Mg²⁺) dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



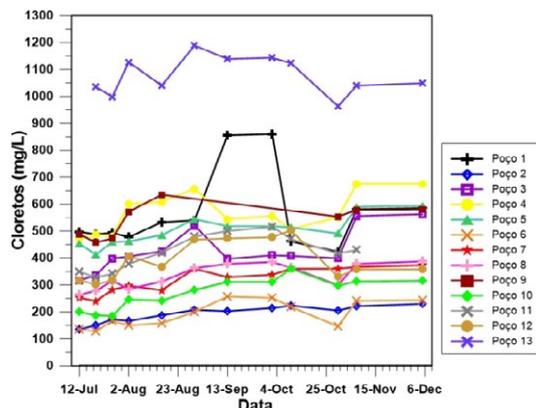
Fonte: Próprio Autor

Observando-se os Gráficos 8 e 9, pode-se verificar que os teores de cálcio e magnésio oscilaram um pouco ao longo do período em estudo. Percebe-se também que a maior parte da dureza total pode ser atribuída principalmente ao cálcio, que apresenta concentrações bem superiores ao magnésio. A

legislação não apresenta valores para a concentração máxima desses cátions na água.

Outro íon encontrado em elevadas concentrações em águas subterrâneas é o íon cloreto, que tem seus teores apresentados no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Valores de concentração de cloretos (Cl⁻) dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

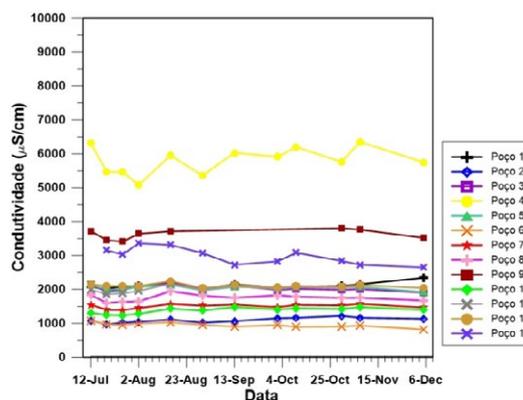
A partir da análise do Gráfico 10, podem-se identificar as elevadas concentrações de cloretos encontrados nos poços artesanais da zona urbana do município de Sousa. Os valores para este parâmetro se situaram entre 110 e 1200 mg/L, sendo que o Poço 13 apresentou os valores mais críticos, acima de 1000 mg/L, que são muito superiores ao limite estabelecido pelo padrão de potabilidade (Portaria MS nº 2.914/2011) que é de 250 mg/L. Isso pode acarretar desde sabor desagradável na água até efeitos laxativos em alguns casos, segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde).

Os valores elevados para as concentrações de sódio, bicarbonatos e cloretos são responsáveis por elevar as medidas de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD), das amostras analisadas.

O Gráfico 11 apresenta os resultados para a condutividade elétrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, enquanto o Gráfico 12 traz os valores para sólidos totais dissolvidos, em ppm, dos poços amostrados durante o período de realização do estudo.

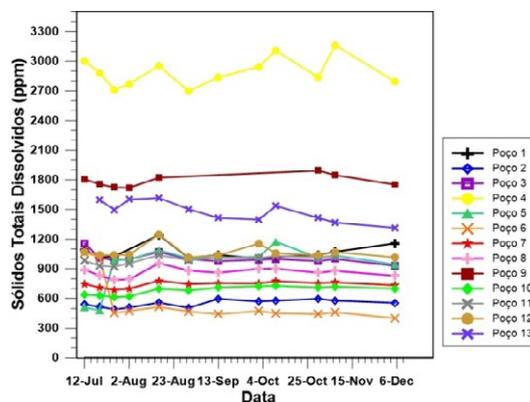
Ao se avaliarem os Gráficos 11 e 12, podem-se verificar os altos valores para condutividade elétrica e para o teor de sólidos dissolvidos encontrados nas amostras coletadas. Isso é atribuído ao grande número de espécies químicas, dissolvidas em amostras de águas subterrâneas.

Gráfico 11 – Valores de condutividade elétrica dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 12 – Teores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) dos poços da zona urbana do município de Sousa-PB, no período de Julho a Dezembro de 2017.



Fonte: Próprio Autor

Em ambos os parâmetros, os Poços 04, 09 e 13 apresentaram os maiores valores em comparação aos demais poços, o que indica que estes apresentam maiores concentrações de espécies químicas dissolvidas. O Padrão de Potabilidade não institui valores máximos permitidos para a condutividade elétrica, mas para o teor de STD limita em 1000 mg/L a concentração máxima desse parâmetro, o que coloca os poços 04, 09 e 13 em desacordo com a legislação. Em CPRM (2005), são encontrados valores de mesma magnitude para as águas de poços da zona rural do município de Sousa.

5 Conclusão / Considerações

A qualidade da água pode ser representada com base em diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Para que a água seja considerada potável, estes parâmetros deverão estar de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que apresenta as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Por meio dos dados obtidos nas análises, pode-se perceber que alguns parâmetros demonstraram valores incompatíveis com a portaria citada. A elevada concentração de coliformes totais e termotolerantes e a presença efetiva de *E. coli* nas amostras avaliadas indicam a inadequação dessas águas para o consumo humano, sob risco de contaminação por patógenos. Esses resultados podem ser atribuídos à destinação inadequada de esgotos domésticos através da infiltração destes no solo, seja por ligações clandestinas de esgoto, seja pela implantação incorreta de fossas sépticas na zona urbana. A partir dos dados apresentados e com relação aos parâmetros físico-químicos analisados, pode-se concluir que os valores elevados dos parâmetros – condutividade elétrica, STD, sódio, bicarbonatos e cloretos – revelam que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos, que pode ter sido originada tanto pelo despejo de efluentes domésticos como pelo baixo nível de água que se encontra nos poços que abastecem a população de Sousa-PB, devido à falta de recarga ocasionada pelo longo período de estiagem. Os dados acima retratam a situação das amostras analisadas e comprovam, de imediato, que não estão adequadas para o consumo humano, fugindo, portanto, do padrão que é imposto pela legislação. Diante de tais resultados, deve-se salientar que é necessário um monitoramento contínuo da qualidade das águas subterrâneas distribuídas à população, além da promoção de algum tipo de tratamento que torne essas águas seguras do ponto de vista sanitário.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAPB). **Meteorologia – Chuvas**. 2018. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 6 abr. 2018.

ARAIN, M. B.; ULLAH, I.; NIAZ, A.; SHAH, N.; SHAH, A.; HUSSAIN, Z.; TARIQ, M.; AFRIDI, H. I.; BAIG, J. A.; KAZI, T. G. Evaluation of water quality parameters in drinking water of district Bannu, Pakistan: Multivariate study. **Sustainability of Water Quality and Ecology**, v. 3-4, p. 114-123, 2014.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, Edição Especial - II Simpósio de Segurança Alimentar, 2009.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Sousa, estado da Paraíba**. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRISPIM, D. L.; OLIVEIRA, A. M. B. M.; CHAVES, A. D. C. G.; COELHO, L. F. O.; ANDRADE, S. O. Análise físico-química das águas de três poços amazonas no centro da cidade de Pombal-PB. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 155-163, 2017.

CRUZ, P.; REIS, L.; BARROS, A.; NEVES, J.; CÂMARA, F. Estudo comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos rios Poti e Parnaíba em Teresina-PI. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE

NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: IFS, 2007.

DAN'AZUMI, S.; BICHI, M. Industrial pollution and heavy metals profile of Challawa River in Kano, Nigeria. **Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation**, v. 5, p. 56-62, 2010.

GOMES, D. J.; MONTEIRO, F. M. G.; LOIOLA, M. V. C.; ABRANTES, G. B.; FERREIRA, A. G. A.; MEDEIROS, O. Q. Qualidade microbiológica de água de poços artesanais no município de Sousa-PB. **Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB)**, v. 10, n. 1, p. 99-105, 2016.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água: ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MEDEIROS, J. X. **Qualidade das fontes hídricas na região do alto curso do rio Paraíba e análises multivariadas na hierarquização dos componentes principais**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

PAULOS, E. M. S. **Qualidade de água para consumo humano**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Química Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. F. Análise de Parâmetros físico-químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN (CONGIC), 9., 2013, Currais Novos-RN. **Anais...** Currais Novos: IFRN, 2013. p. 879-888.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. S. (Eds.). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

SANTOS, T. E. B.; FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; CALDAS, R. R. Avaliação da qualidade física da água para fins de irrigação no córrego do ipê, Ilha Solteira-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito, MS. **Anais...** Bonito, MS: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007.

SCORSFAVA, M. A.; SOUZA, A.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas

destinada ao consumo humano. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p. 229-232, 2010.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SOUZA, F. M.; SANTOS, A. S.; ARAÚJO, A. S.; LIMA, R. R.; SILVA, R. A. Avaliação físico-química de águas de poços no município de São João do Rio do Peixe-PB. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2., 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2015.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis**. 2006. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.