



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

ISABEL THAIS FREITAS ALVES

**ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO
PESSOA PRÉ E PÓS TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

CAMPINA GRANDE - PB

2017

ISABEL THAIS FREITAS ALVES

**ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO
PESSOA PRÉ E PÓS TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Bacharelado em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Ciências Exatas e da Terra.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Vera Lúcia Meira de Morais Silva – DQ – CCT - UEPB

CAMPINA GRANDE – PB

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474e Alves, Isabel Thais Freitas.
Estudo comparativo da qualidade da água do açude Eptácio Pessoa pré e pós transposição do Rio São Francisco [manuscrito] : / Isabel Thais Freitas Alves. - 2017.
36 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, Departamento de Química - CCT."

1. Crise hídrica. 2. Transposição de águas. 3. Água - Análise físico-química.

21. ed. CDD 628.161

ISABEL THAIS FREITAS ALVES

**ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE
EPITÁCIO PESSOA PRÉ E PÓS TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Bacharelado em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Ciências Exatas e da Terra.

Aprovada em: 12 / 12 / 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dra. Vera Lucia Meira de Moraes Silva (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof^a. Dra. Lúcia Maria Ribeiro Lima (Examinadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof^a. Dra. Lenilde Mérgia Ribeiro Lima (Examinadora)

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus,

A meus pais Maria das Dores Freitas Alves e

Antônio Paulino Alves;

A meu esposo Rennan Normando;

.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois até aqui Ele tem me ajudado e me sustentado durante essa longa caminhada.

A meus irmãos, por todo apoio e carinho.

Agradeço a meus pais, Maria das Dores Freitas Alves e Antonio Paulino Alves, por acreditarem e investirem nos meus estudos, sendo exemplo de honestidade e de força para concretização dessa etapa na minha vida.

A meu esposo, Rennan Normando de Andrade Silva, por toda paciência, me incentivando, me apoiando e acreditando em mim durante toda a jornada desse curso.

A minha orientadora, Professora Dr^a Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, por todas as oportunidades para ingressar na área da pesquisa como também por contribuir nesse trabalho de conclusão de curso.

A todos os funcionários da CAGEPA (R1), e colegas de curso que me ajudaram a chegar ao fim desta etapa.

Enfim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado nessa caminhada e contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

RESUMO

Apesar do Brasil ser considerado um dos países com maior reserva de água do mundo, a crise hídrica é uma realidade em várias regiões do país, em especial a região Nordeste, devido as poucas chuvas que assolam essa região, resultando em baixos níveis de água nos reservatórios. Decorrente dessa grave crise hídrica que assolou o estado da Paraíba desde 6 de dezembro de 2014, Campina Grande e outras 18 cidades abastecidas pelo açude de Boqueirão estavam enfrentando racionamento de água. No dia 18 de abril deste ano (2017), o açude Epitácio Pessoa, açude de Boqueirão, chegou ao volume de 2,9% da capacidade total e na noite deste mesmo dia, ocorreu o encontro das águas da transposição do Rio São Francisco, com o espelho d'água de Boqueirão. Semanalmente são realizadas análises físico-químicas pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, CAGEPA, na Unidade Laboratorial R1 desde antes a transposição e elas são continuadas até os dias de hoje. Dentre várias análises realizadas, este trabalho aborda especificamente: sólidos totais que representam toda matéria dissolvida ou suspensa presente na água; salinidade que podem ser representados por íons de sódio e potássio; cloretos, que estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio e dureza, que é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. Os dados das análises físico-químicas abordadas mostraram uma diferença significativa nos parâmetros estudados, no qual os sólidos totais, salinidade, cloretos e dureza apresentavam antes da transposição os seguintes valores respectivamente: 1087,5 mg.L⁻¹, 1,1%, 615,35 mg.L⁻¹ e 346,8 mg.L⁻¹ e após a transposição apresentaram respectivamente os seguintes resultados: 341,3 mg.L⁻¹, 0,3%, 147,1 mg.L⁻¹ e 143,5 mg.L⁻¹ representando uma diminuição acentuada desses parâmetros, o que significa uma grande melhora na qualidade da água bruta do manancial após ocorrer a chegada das águas por meio da transposição.

Palavras-Chave: Crise hídrica. Transposição de águas. Água – Análise físico-química

ABSTRACT

Although Brazil is considered one of the countries with the largest water reserves in the world, the water crisis is a reality in several regions of the country, especially the Northeast, due to the few rains that devastate this region, resulting in low water levels in the reservoirs. As a result of this serious water crisis that devastated the state of Paraíba since December 6, 2014, Campina Grande and 18 other cities supplied by the Boqueirão dam were facing water rationing. On April 18 of this year (2017), the Boqueirão dam reached 2.9% of the total capacity and on the night of that same day, the waters of the transposition of the São Francisco River, with the water mirror of Boqueirão. Physicochemical analyzes are performed weekly by CAGEPA in Laboratory Unit R1 since before transposition and they are continued to this day. Among several analyzes, this work specifically addresses: total solids representing all dissolved or suspended matter present in water; salinity that can be represented by sodium and potassium ions; chlorides, which are present in the form of sodium, calcium and magnesium chlorides and hardness, which is calculated as the sum of the concentrations of calcium and magnesium ions in the water, expressed as calcium carbonate. The physico-chemical analysis data showed a significant difference in the studied parameters, in which total solids, salinity, chlorides and hardness presented before the transposition the following values, respectively: 1087.5 mg.L⁻¹, 1.1%, 615.35 mg.L⁻¹ and 346.8 mg.L⁻¹ and after transposition respectively showed the following results: 341.3 mg.L⁻¹, 0.3%, 147.1 mg.L⁻¹ and 143.5 mg.L⁻¹ representing a marked decrease of these parameters, which means a great improvement in the quality of the raw water of the well after the waters have reached by means of transposition.

Keywords: Water Crisis. Water Transposition. Water - Physical-chemical analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista aérea do açude Epitácio Pessoa	12
Figura 2 – Bacia do Rio São Francisco	14
Figura 3 – Determinação de Sólidos Totais.....	20
Figura 4 – Determinação de Salinidade.....	21
Figura 5 – Determinação de Cloretos.....	23
Figura 6 – Determinação de Dureza.....	25
Figura 7 – Análise de STD antes da Transposição.....	27
Figura 8 – Análise de Salinidade antes da Transposição.....	27
Figura 9 – Análise de Cloretos antes da Transposição.....	28
Figura 10 – Análise de Dureza antes da Transposição.....	29
Figura 11 – Análise de STD depois da Transposição.....	30
Figura 12 – Análise de Salinidade depois da Transposição.....	31
Figura 13 – Análise de Cloretos depois da Transposição.....	32
Figura 14 – Análise de Dureza depois da Transposição.....	32
Figura 15 – Resultados das análises de STD antes e pós Transposição.....	33

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 – Variação de Cloretos.....	22
Quadro 2 – Variação de Dureza.....	24
Tabela 1 – Médias mensais das análises físico-químicas das águas brutas antes da transposição.....	26
Tabela 2 – Análises físico-químicas das águas do Rio São Francisco coletadas no canal da transposição.....	29
Tabela 3 – Médias mensais das análises físico-químicas das águas brutas depois da transposição.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 AÇUDE EPITÁCIO PESSOA	12
3.2 RIO SÃO FRANCISCO	13
3.3 COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA).....	15
3.4 IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	16
3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS ABORDADAS	17
3.5.1 Sólidos Totais Dissolvidos	17
3.5.2 Salinidade	18
3.5.3 Cloretos	18
3.5.4 Dureza Total	19
4 METODOLOGIA	19
4.1 DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS	19
4.2 DETERMINAÇÃO DE SALINIDADE	20
4.3 DETERMINAÇÃO DE CLORETOS.....	21
4.4 DETERMINAÇÃO DE DUREZA.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida, porém é também importante veículo de disseminação de muitas doenças parasitárias e infecciosas. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), todas as pessoas têm o direito de ter acesso a um suprimento seguro e adequado de água potável. No entanto, esse bem, tem se tornado cada vez mais escasso.

Não é segredo que os recursos hídricos do planeta estão se esgotando gradativamente e que, além da poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos industriais, o crescente aumento no consumo, o desperdício, a seca ou a estiagem são fatores preponderantes para uma crescente escassez e caso não haja providências quanto à conscientização desses recursos o problema se agravará ocasionando a falta da água para as futuras gerações, sendo cada vez maior a preocupação relacionada ao abastecimento público em termos de quantidade e qualidade.

Segundo a OMS, em 2014 mais de 750 milhões de pessoas sofriam com a falta de acesso a fontes adequadas para consumo de água e mais de 2,5 bilhões de pessoas não tinham condições adequadas de saneamento.

A ameaça da falta de água, em níveis que podem até mesmo inviabilizar a nossa existência, pode parecer exagero, mas não é. Aproximadamente 80% da população mundial sofrem sérias ameaças quanto à sua segurança hídrica. As projeções da Organização das Nações Unidas indicam que, se a tendência continuar, em 2050 mais de 45% da população mundial estará vivendo em países que não poderão garantir a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa.

Mesmo países que dispõem de recursos hídricos abundantes como o Brasil, não estão livres da ameaça de uma crise. A disponibilidade varia muito de uma região para outra. O Brasil passou a viver, a partir de 2014, os primeiros grandes focos daquilo que pode ser a maior crise hídrica de sua história. Com um problema grave de seca e também de gestão dos recursos naturais, o país vem apresentando níveis baixos em seus reservatórios em épocas do ano em que eles costumam estar bem mais cheios. Essa ocorrência, de certa forma, representa uma grande contradição, pois o Brasil é considerado a maior potência hídrica do planeta (JACOBI ; GRANDISOLI, 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros físico-químicos da água do açude Eptácio Pessoa – Boqueirão, antes e depois da transposição do Rio São Francisco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os parâmetros sólidos totais dissolvidos, salinidade, dureza e cloretos;
- Analisar a mudança na qualidade da água com base nos dados das análises

3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

3.1 AÇUDE EPITÁCIO PESSOA

O açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – PB (Figura 1) está localizado na região semiárida paraibana, a 165 km da capital João Pessoa, na mesorregião da Borborema, especificamente na microrregião do Cariri Oriental paraibano, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, numa área formada pelo Alto Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá, que cobre uma área de 12.389,14 km² (BRITO, F. B.; VIANNA, P. C. G., 2008).

Figura 1 – Vista aérea do açude Epitácio Pessoa



Fonte: AESA, 2008.

A represa foi construída pelo Dnocs entre os anos de 1951 e 1956, tendo sido inaugurada pelo presidente Juscelino Kubitschek em janeiro de 1957. A sua inauguração consolidava assim a política de serviços hídricos do Governo Federal para a região Nordeste, que foi sempre voltada à construção de grandes açudes, obras estas que eram apresentadas como a solução definitiva para a deficiência hídrica da região, que pelo tamanho impressionava a população. Por isso mesmo, eram as obras preferidas pelos políticos de todos os níveis (DNOCS, 2017).

O açude foi construído com o objetivo de ter usos múltiplos: a princípio com a finalidade de geração de energia e irrigação. No ano seguinte à sua inauguração, em

função de uma crise de abastecimento em Campina Grande, foi construída a primeira adutora para atender o abastecimento urbano. A construção do açude solucionou o grave problema de abastecimento d'água de Campina Grande, pois a cidade ressentia-se de fontes de águas potáveis para a sua população, desde a inauguração do seu abastecimento urbano em 1939, em que tinha como fornecedora a represa de Vaca Brava, situada nas proximidades do município de Areia, no Agreste paraibano.

Decorrente de uma grave crise hídrica que assolou o estado da Paraíba, desde 6 de dezembro de 2014, Campina Grande e outras 18 cidades abastecidas pelo açude de Boqueirão estavam enfrentando racionamento de água. Em quase 2 anos e sete meses, os regimes de racionamento foram aumentando, na medida em que o nível do açude foi diminuindo.

No dia 18 de abril deste ano (2017), o açude de Boqueirão chegou ao volume de 2,9% da capacidade total, sendo este o pior nível da história, desde que o açude foi construído na década de 1950. Na noite deste mesmo dia, ocorreu o encontro das águas da transposição, com o espelho d'água de Boqueirão. Desde então, o volume está aumentando todos os dias.

3.2 RIO SÃO FRANCISCO

Com 2.800 quilômetros de extensão, desde a sua nascente, em Minas Gerais, até foz, entre Alagoas e Sergipe, o Rio São Francisco banha cinco estados brasileiros: Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Chamado de Rio da Integração Nacional, sua importância vai além da sua condição histórica (Figura2).

O São Francisco foi um dos primeiros rios navegados e ocupados desde o início do processo de colonização. É chamado também de rio dos currais. No início da colonização, a produção pecuária começa a ser realizada em suas margens. Levando em consideração que o litoral nordestino era ocupado pela produção da cana de açúcar.

Com 640 mil quilômetros quadrados, a bacia hidrográfica do Rio São Francisco equivale ao território da França. O que faz com que uma grande área dependa das suas águas. Ele ainda é uma grande fonte de energia com seis usinas hidroelétricas construídas ao longo do seu percurso. Edificada em Minas Gerais, a Três Maria é a única localizada fora da região Nordeste. As usinas Xingó, Moxotó, Paulo Afonso, Itaparica e Sobradinho estão distribuídas no território nordestino.

Figura 2 – Bacia do Rio São Francisco



Fonte: www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1047&evento=5, 2017.

A importância do Rio São Francisco vai além da produção de energia. A exemplo da fruticultura irrigada envolvida no Vale do São Francisco, entre as regiões de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), onde há a maior produção de frutas como manga e uva voltadas para a exportação.

O rio ainda carrega a responsabilidade de garantir desenvolvimento econômico na região. Por causa da sua localização no semiárido nordestino, ele é uma das poucas fontes de água potável para uma grande quantidade de pessoas.

O que levou a construção do projeto da transposição do Rio São Francisco, que visa, a partir da criação de canais, levar a água do rio para outras áreas do interior do Nordeste que não têm acesso direto a essa água. Permitindo que pessoas dos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará também tenham possibilidade de desenvolver suas atividades com a água provenientes do rio.

A região passa por uma escassez de água muito forte em longos períodos do ano o que faz com que a retirada excessiva e o próprio processo de produção agrícola também acabem promovendo degradação das suas margens, da sua vegetação ribeirinha. Isso provoca um processo de assoreamento intenso. Ou seja, excesso de quantidade de terra, de sedimentos, que acabam entrando no rio e promovendo uma diminuição do seu volume (CASTRO, 2011).

3.3 COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA)

A história do abastecimento público na Paraíba se confunde com o início da colonização portuguesa no Estado. Uma série de fatos se sucedeu até 26 de julho de 1972, quando as companhias de Saneamento da Capital (Sanecap) e de Saneamento de Campina Grande (Sanesa) foram incorporadas pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (Cagepa). Dessa união, surgiu a empresa, nos moldes mantidos até hoje.

O primeiro manancial público que serviu à população da Capital foi à fonte situada no sítio do Padre João Vaz Salem, onde fica hoje o Mosteiro de São Bento. Ali foi construído em 1599 um chafariz no Governo do presidente Frederico Carneiro da Cunha. Esta fonte era também conhecida como “Bica dos Milagres”.

Outros mananciais públicos e particulares foram criados até à primeira tentativa de disponibilizar água encanada para a população pessoense. Entre elas estão Bica do Tambiá; Cacimba do Povo; Bica de Maria Feia; Cacimba de Dr. Cícero e Cacimba de Maroca Estrela. O abastecimento de água em João Pessoa foi inaugurado no dia 21 de abril de 1912, durante o governo de João Lopes Machado.

O primeiro projeto para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário, na Paraíba, aconteceu em 26 de junho de 1922, quando foi autorizado empréstimo para a construção de uma rede de esgotos em João Pessoa. Outras experiências de implantação de sistemas de abastecimento foram implementadas em vários municípios paraibanos, embaladas pela criação das comissões municipais de abastecimento.

A Sanesa foi criada em 4 de novembro de 1955. Onze anos depois, em 1966, foram constituídas, no dia 30 de dezembro, a Sanecap e a Cagepa, que tinha abrangência estadual. As três empresas funcionaram paralelamente até 1972, quando houve a unificação de todas as companhias, que passaram a funcionar como Cagepa. Desde então, praticamente todas as cidades paraibanas passaram a ser atendidas pela companhia.

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é a responsável pelo abastecimento de água em 181 municípios e 22 localidades. A empresa também é responsável atualmente pela coleta de esgotos em 22 municípios. O atendimento nos

municípios é feito através das Gerências Regionais espalhadas pelo Estado. São elas, a do Litoral, com sede em João Pessoa; Brejo, em Guarabira; Borborema, em Campina Grande; Espinharas, em Patos; Rio do Peixe, em Sousa, e Alto Piranhas, em Cajazeiras (www.cagepa.pb.gov.br/institucional/historia/, acessado em 31/10/2017 às 08:44h).

3.4 IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para avaliar a qualidade da água, as análises físico-químicas normatizadas pela CONAMA Resolução nº357/2005 e Port. MS nº2914/2011 são ferramentas fundamentais.

Os parâmetros levantados podem ser utilizados para caracterização de águas de abastecimento, águas residuárias, de corpos receptores e também de mananciais. Dentre os parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais estão a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas frações, dentre outros. Embora sejam parâmetros físicos, fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão (associados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (associados à cor), os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), os compostos que produzem odor, etc. As suas aplicações nos estudos e fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público e residuárias, tornam as características físicas indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade de águas (PIVELI, 2010).

Os parâmetros químicos envolvem o potencial hidrogeniônico (pH), acidez, oxigênio dissolvido, cloretos, etc. Estes são parâmetros mais utilizados para caracterizar a qualidade da água, onde são avaliados como por exemplo o conteúdo orgânico, a força iônica, gases dissolvidos, nutrientes, presença de compostos orgânicos sintéticos, dentre outros.

Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses teores constituem os padrões de qualidade, os quais são fixados por entidades públicas como a CONAMA, com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo.

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial. Mesmo entre as indústrias, existem requisitos variáveis de qualidade, dependendo do tipo de processamento e dos produtos das mesmas.

Uma forma de definir a qualidade das águas dos mananciais, é enquadrá-los em classes, em função dos usos propostos para os mesmos, estabelecendo-se critérios ou condições a serem atendidos.

A partir do monitoramento das análises físico-químicas da água e também microbiológicas, é que se pode avaliar a qualidade da mesma. Sabendo assim pelos dados obtidos, quais as características da água em questão, quais os parâmetros que precisam ser corrigidos, qual a melhor forma de tratamento a ser aplicada nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e também avaliar a eficiência desse tratamento. Para que assim se tenha a água de acordo com a qualidade exigida, para a sua requerida finalidade.

3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS ABORDADAS

3.5.1 Sólidos Totais Dissolvidos

Ainda que alguns contaminantes da água possam ser gases ou líquidos, grande parte da carga contaminante é sólida. O teor de sólidos numa água refere-se à quantidade de matéria suspensa ou dissolvida presente nessa água, podendo afetar negativamente sua qualidade. A classificação de sólidos pode ser química ou física. Quimicamente, são classificados como fixos, que permanecem após completa evaporação da água e são geralmente sais e voláteis, que se volatilizam em temperaturas inferiores a 550°C, sejam substâncias orgânicas ou minerais. Do ponto de vista físico, são classificados segundo suas dimensões: com tamanhos inferiores a 2,0µm são chamados dissolvidos, que provém naturalmente do desgaste das rochas ou, em maior quantidade, de despejos domésticos e industriais e com dimensões superiores a 2,0 µm são chamados sólidos em suspensão, provenientes do carregamento de solos pelas águas pluviais, efluentes domésticos e industriais.

Para a qualidade da água de abastecimento, altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas. Visando classificar, proteger os corpos d'água e prevenir problemas relacionados a saúde da população, a Portaria 2914 estabeleceu como padrão de qualidade, valores máximos permitidos para sólidos dissolvidos totais (TDS) em 1000mg/L para consumo humano.

3.5.2 Salinidade

As águas naturais contêm sódio devido à sua abundância e a alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iônica (Na^+). Concentrações de sódio em corpos d'água variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local e das descargas de efluentes. A concentração de sódio na água potável geralmente não ultrapassa os 20mg/L e o valor máximo recomendável de sódio na água para potabilidade é 200mg/L (BRASIL, 2006). Em águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, ocorrem em concentrações abaixo de 50mg/L, em águas subterrâneas, frequentemente, excedem esse valor. O potássio é um elemento essencial tanto na nutrição das plantas quanto na dos humanos, e ocorre em águas subterrâneas como resultado da dissolução mineral de material vegetal em decomposição, e escoamento agrícola. Diferentemente de outros íons, como o sódio, o potássio não permanece em solução, pois é rapidamente assimilado pelas plantas, e facilmente incorporado em argilas. Concentrações de potássio em águas superficiais variam de 1 a 3 mg/L. Águas subterrâneas apresentam valores inferiores a 10mg/L, sendo mais frequente entre 0,5 e 5mg/L (EMBRAPA, 2011).

3.5.3 Cloretos

Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. A água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica).

3.5.4 Dureza Total

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam. A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Não se decompõe pela ação do calor. A Portaria MS nº 2.914/2011 estabelece para dureza total o teor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável.

4 METODOLOGIA

Os ensaios para a análise dos parâmetros físico-químicos foram realizados na unidade Laboratorial da CAGEPA R1, localizada na Rua Dr. Vasconcelos S/N, no bairro do Alto Branco, na cidade de Campina Grande – PB. Os ensaios foram realizados de acordo com as metodologias já aplicadas na CAGEPA, sendo práticas recorrentes da mesma unidade laboratorial. Essas práticas estão expressas a seguir.

4.1 DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS

Material e Aparelhagem

- Pisseta
- Papel toalha
- Bécker de 2L
- Condutivímetro

Procedimento

1. Selecionar através da tecla MODE o modo de medição.
2. Lavar a célula de condutividade com água destilada e secar.
3. Mergulhar o eletrodo na amostra a ser analisada e agitar para eliminar as possíveis bolhas.
4. Aguardar a estabilização da leitura quando o display indicar READY.

Figura 3 – Determinação de Sólidos Totais



Fonte: Autor, 2017.

4.2 DETERMINAÇÃO DE SALINIDADE

Material e Aparelhagem

- Pisseta
- Papel toalha
- Becker de 2L
- Condutivímetro

Procedimento

1. Selecionar através da tecla MODE o modo de medição.

2. Lavar a célula de condutividade com água destilada e secar.
3. Mergulhar o eletrodo na amostra a ser analisada e agitar para eliminar as possíveis bolhas.
4. Aguardar a estabilização da leitura quando o display indicar READY.

Figura 4 – Determinação de Salinidade



Fonte: Autor, 2017.

4.3 DETERMINAÇÃO DE CLORETOS

Material e Aparelhagem

- Bureta de 25mL
- Erlenmeyers de 250mL
- Proveta de 100mL
- Pipeta de 10mL

Reagentes

- Solução de Nitrato de Prata 0,0141N
- Solução indicadora Cromato de Potássio 5%
- Água destilada

Procedimento

1. Encher a bureta com a solução de Nitrato de Prata 0,0141N.
2. Medir o volume da amostra apropriado de acordo com a variação de cloreto indicada no Quadro 1.

Quadro 1 – Variação de Cloretos

VOLUME DA AMOSTRA (mL)	VARIAÇÃO DO CLORETO (mg.L ⁻¹)
100	1 – 50
50	51 – 100
25	101 – 200
10	201 – 500

Fonte: CAGEPA, 2017.

Se for necessária uma amostra de 50mL, acrescentar 50mL de água destilada, para que o volume atinja 100mL; com uma amostra de 25mL, acrescentar 75mL de água destilada.

3. Preparar uma “prova em branco” de comparação de cor colocando 100mL de água destilada no frasco erlenmeyer.
4. Com uma pipeta graduada adicionar 1,0mL da solução indicadora Cromato de Potássio à prova em branco e à amostra, e agitar.
5. Adicionar, cuidadosamente, à prova em branco, 0,30mL de Nitrato de Prata da bureta. Agitar a solução que assume cor alaranjada.
6. Se a amostra se tornar amarela no item 4, adicionar, gradualmente, Nitrato de Prata da bureta. Agitar a amostra constantemente. Continuar acrescentando o titulador até que a amostra se torne alaranjada como na prova em branco.

Se houver dificuldade em reconhecer a mudança de cor, ao invés de acrescentar uma gota do titulador de cada vez, adicione duas, pois intensifica a mudança de cor e a pequena perda de precisão não é significativa.

7. Calcular o volume total do titulador utilizado.

Figura 5 – Determinação de Cloretos



Fonte: Autor, 2017.

Cálculos:

$$\text{Cl}^{-}(\text{mg}, L^{-1}) = \frac{(A - B) \cdot N \cdot 35450}{V_A}$$

Onde:

A = Volume gasto para titular a prova em branco que contém a amostra, mL.

B = Volume gasto para titular a prova em branco, mL.

N = Normalidade de Nitrato de Prata,

N. V_A = Volume da amostra, mL.

4.4 DETERMINAÇÃO DE DUREZA

Material e Aparelhagem

- Espátulas
- Bureta de 25mL
- Erlenmeyers de 250mL
- Pipeta graduada de 5mL
- Proveta de 50mL

Reagentes

- Cristais de NaCN (Cianeto de Sódio)
- Solução tampão
- Titulador EDTA
- Indicador sólido: Erichrome Black T
- Água destilada

Procedimento

1. Encher a bureta com o titulador EDTA.
2. Medir com a proveta o volume apropriado da amostra de água a analisar, conforme as variações de durezas indicadas (Frasco I) (Quadro 2).

Quadro 2 – Variação da Dureza

VOLUME DA AMOSTRA (mL)	VARIAÇÃO DA DUREZA (mg.L⁻¹ de CaCO₃)
50	0 – 300
25	301 – 600
10	601 – 1.500

Fonte: CAGEPA, 2017.

Se necessária uma amostra de apenas 25mL, adicionar 25mL de água destilada para elevar o volume a 50mL. Se 10mL, completar o volume de 50mL com 40mL de água destilada.

3. Preparar a prova em branco de comparação de cor, colocando 50mL de água destilada em outro erlenmeyer de 250mL (Frasco II).
4. Com a espátula, medir 0,25g de cristais de Cianeto de Sódio e adicionar à prova em branco de comparação de cor.
5. Adicionar 2mL de solução tampão à prova em branco de comparação de cor (Frasco II) e à amostra (Frasco I). Agitar.
6. Com outra espátula, adicionar (aproximadamente 0,2g) uma porção da mistura indicadora sólida à prova em branco (Frasco II) e à amostra (Frasco I). Agitar para dissolver.

7. À prova em branco (Frasco II) acrescentar, cuidadosamente, da bureta, partindo de zero, 1 gota de EDTA de cada vez, até que a cor avermelhada mude para azul brilhante. A reação é lenta. Agitar bem cada gota acrescentada. Às vezes uma gota é suficiente; outras vezes, serão necessárias até 3 ou 4 gotas. Registrar o volume gasto nessa operação.
8. Se a amostra (Frasco I) se tornar vermelha ou alaranjada no item 6, adicionar, gradualmente, o titulador EDTA (com bureta partindo do zero). Agitar o frasco constantemente. (A reação é lenta. Gotejar pausadamente). Adicionar o titulador até que a cor vermelha atinja um tom alaranjado. Parar nesse ponto a adição do titulador, por 10 segundos, não permanecer agitando o frasco.
9. Prosseguir adicionando o titulador, agitando sempre, gota a gota (pausadamente), até a viragem, isto é, até que a cor alaranjada tenha a mesma cor azul brilhante da prova em branco. Esta ocorrerá com até 4 gotas.
10. Registrar a leitura da bureta.

Figura 6 – Determinação de Dureza



Fonte: Própria autoria (2017)

Cálculos:

$$\text{mg, L}^{-1}(\text{CaCO}_3) = \frac{(A - PB) \cdot N(\text{EDTA} - \text{Na}_2) \cdot \text{Eq}(\text{CaCO}_3) \cdot 10^3}{S}$$

Onde:

A = Volume da solução de (EDTA – Na₂) gastos na titulação.

PB = Volume da solução de (EDTA – Na₂) gastos na titulação da prova em branco.

N(CaCO₃) = Normalidade da solução de (EDTA – Na₂).

Eq(CaCO₃) = Equivalente-grama do Carbonato de Cálcio (50g/Eq).

S = Volume de amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios foram realizados minuciosamente, de acordo com as metodologias adotadas pela unidade laboratorial, para que fossem obtidos resultados confiáveis e que mostrassem a realidade dos parâmetros estudados, já que o trabalho desenvolvido pela CAGEPA é extrema importância para a sociedade.

De acordo com as análises físico-químicas realizadas com as águas brutas do manancial Epitácio Pessoa antes da transposição foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias mensais das análises físico-químicas das águas brutas antes da transposição

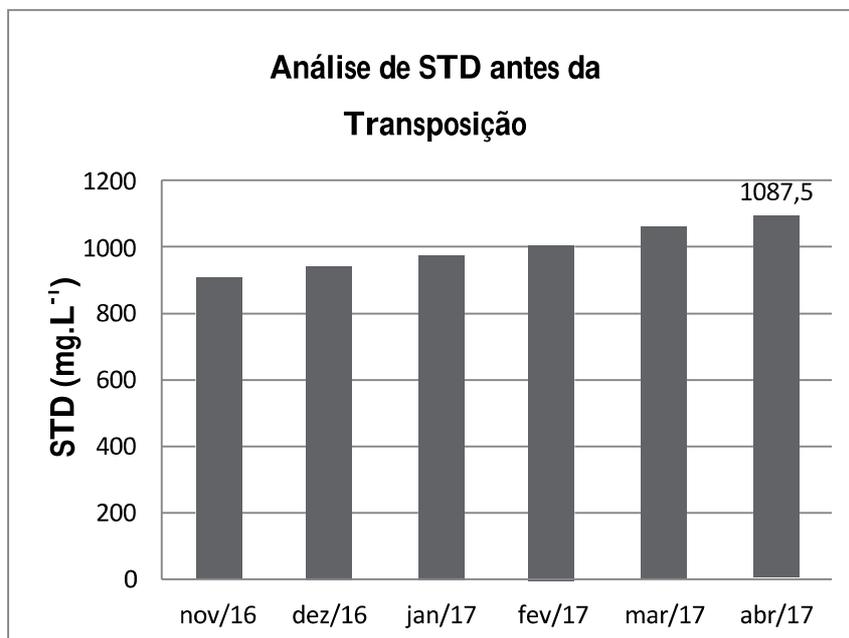
MÊS/ANO	TDS(mg.L ⁻¹)	SALINIDADE(%)	CLORETOS(mg.L ⁻¹)	DUREZA(mg.L ⁻¹)
NOVEMBRO/2016	903	0,9	457,6	292,2
DEZEMBRO/2016	939,2	1,0	531,2	315,3
JANEIRO/2017	972	1,0	529,9	366,8
FEVEREIRO/2017	1006,6	1,0	565,2	426,7
MARÇO/2017	1058	1,1	579,7	339,7
ABRIL/2017	1087,5	1,1	615,4	346,8

Fonte: CAGEPA, 2017.

Pode-se perceber com os dados da Tabela 1, que ao longo da crise hídrica sofrida pelo açude Epitácio Pessoa, os parâmetros analisados sofreram aumento em seus valores. Devido à fatores como, a escassez do reservatório, a distribuição de água e a evaporação, ocorreu a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos que são indicados pelos parâmetros da Tabela 1.

Observando cada parâmetro isoladamente, percebe-se suas mudanças com maior facilidade. Esses resultados estão apresentados nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

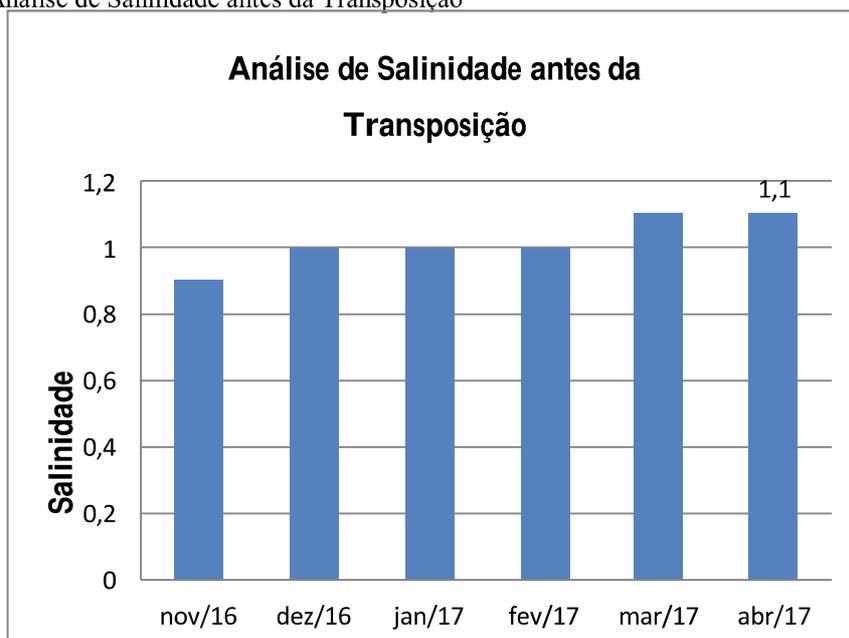
Figura 7 – Análise de STD antes da Transposição



Fonte: Própria autoria (2017)

De acordo com a Figura 7, pode-se observar um aumento nos valores de STD, devido à diminuição no volume de água do reservatório. Logo, eleva-se a concentração da matéria suspensa ou dissolvida presente na água, podendo afetar negativamente sua qualidade.

Figura 8 – Análise de Salinidade antes da Transposição

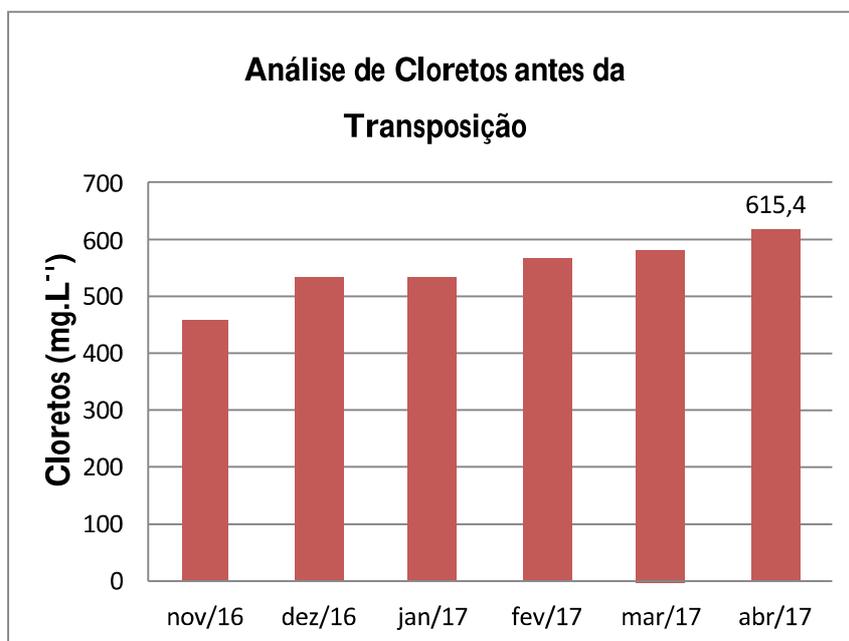


Fonte: Própria autoria (2017)

A Figura 8 mostra o crescimento no teor de salinidade, que pode ser representado pela

presença de sódio e/ou potássio. Esse crescimento pode ser causado pela concentração desses sais por causa do baixo nível de água do açude, como também pela característica geológica do local.

Figura 9 – Análise de Cloretos antes da Transposição

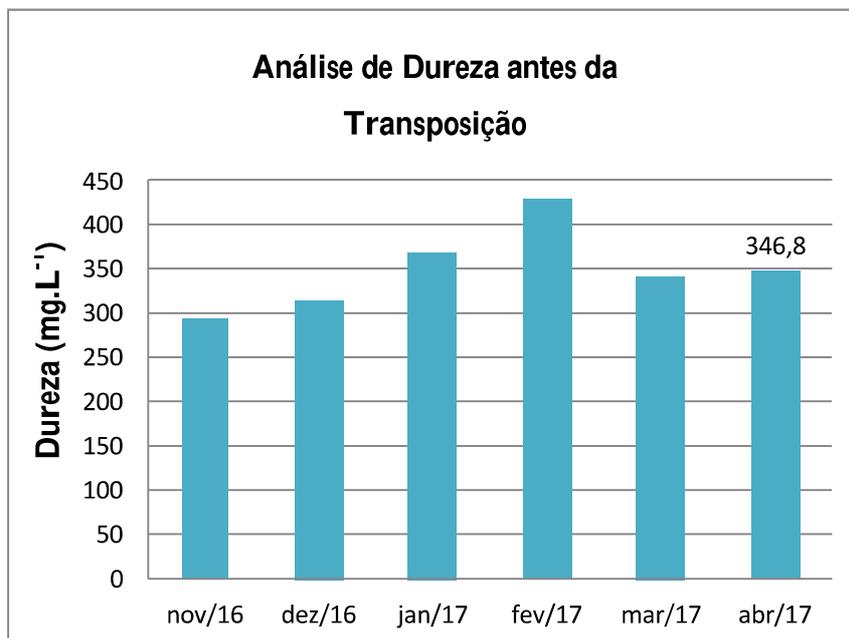


Fonte: Própria autoria (2017

)

Mediante a Figura 9, observa-se o aumento na concentração de cloretos na água do manancial, que podem estar presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Os cloretos em concentrações altas podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar, afetando assim na qualidade da água do manancial.

Figura 10 – Análise de Dureza antes da Transposição



Fonte: Própria autoria (2017)

Analisando a Figura 10, observa-se o aumento da dureza presente na água do manancial, que pode ser calculada como sendo a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio presentes na água, expressos como carbonato de cálcio. No qual a dureza pode ser temporária ou permanente.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados para as análises físico-químicas da água no canal de transposição.

Tabela 2 – Análises físico-químicas das águas do Rio São Francisco coletadas no canal de transposição

MÊS/ANO	TDS(mg.L ⁻¹)	SALINIDADE(%)	CLORETOS(mg.L ⁻¹)	DUREZA(mg.L ⁻¹)
MAIO/2017	93	0,1	16,1	71
AGOSTO/2017	97	0,1	20,1	65,6

Fonte: CAGEPA, 2017.

Pelos dados dos parâmetros físico-químicos da água do Rio São Francisco, nota-se que ela possui uma excelente qualidade pois seus valores estão muito abaixo dos padrões de referência aceitos para a água potável, podendo ser considerada uma água doce.

Tabela 3 – Médias mensais das análises físico-químicas das águas brutas depois da transposição

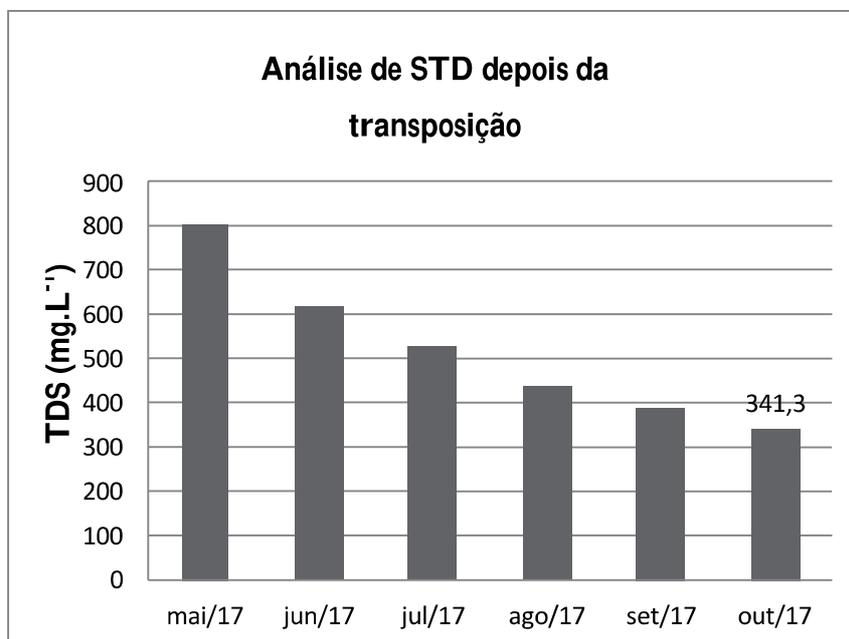
MÊS/ANO	TDS(mg.L ⁻¹)	SALINIDADE(%)	CLORETOS(mg.L ⁻¹)	DUREZA(mg.L ⁻¹)
MAIO/2017	805,16	0,8	416,95	267,9
JUNHO/2017	617,2	0,65	317,6	222,8
JULHO/2017	527,5	0,5	249,2	202,5
AGOSTO/2017	434,2	0,4	190,8	173,2
SETEMBRO/2017	388,2	0,4	167	156
OUTUBRO/2017	341,3	0,3	147,1	143,5

Fonte: CAGEPA, 2017.

Analisando os dados da Tabela 3, percebe-se que os valores dos parâmetros físico-químicos da água bruta, foram diminuindo ao longo do passar dos meses, por causa da transposição do Rio São Francisco, ocorrendo a mistura com as águas do açude Epitácio Pessoa, e assim a qualidade da água bruta melhorou significativamente ao longo da transposição como demonstrado nos dados da Tabela 3.

Observando cada parâmetro isoladamente percebe-se a queda de seus valores com maior facilidade, Figuras de 11 a 14.

Figura 11 – Análise de STD depois da transposição

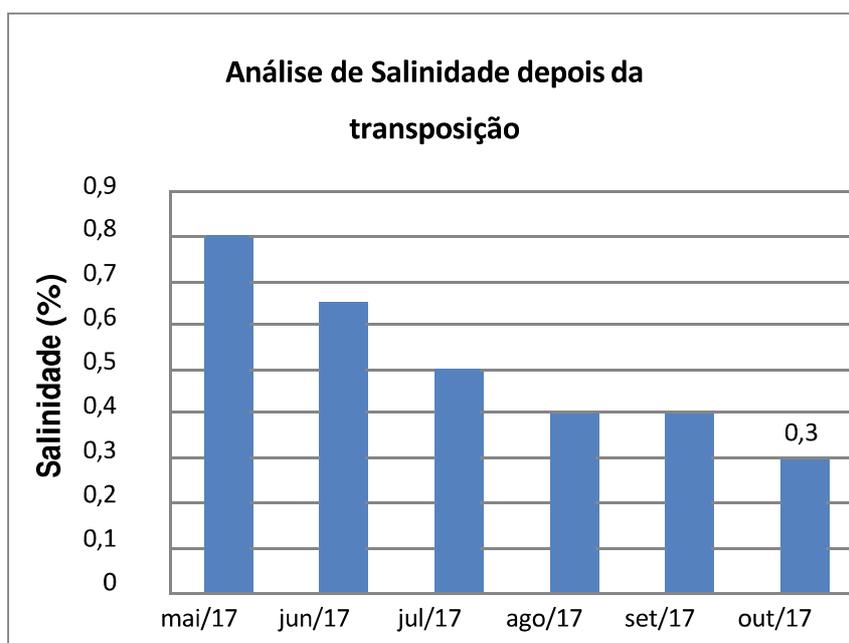


Fonte: Própria autoria (2017)

Percebe-se que à medida que ocorreu a mistura das águas, houve uma melhora significativa na quantidade de sólidos totais, que podem ser matérias suspensas ou

dissolvidas presentes na água. Melhora essa que pode ser explicada devido o aumento do volume do manancial, causando uma diluição desses sólidos.

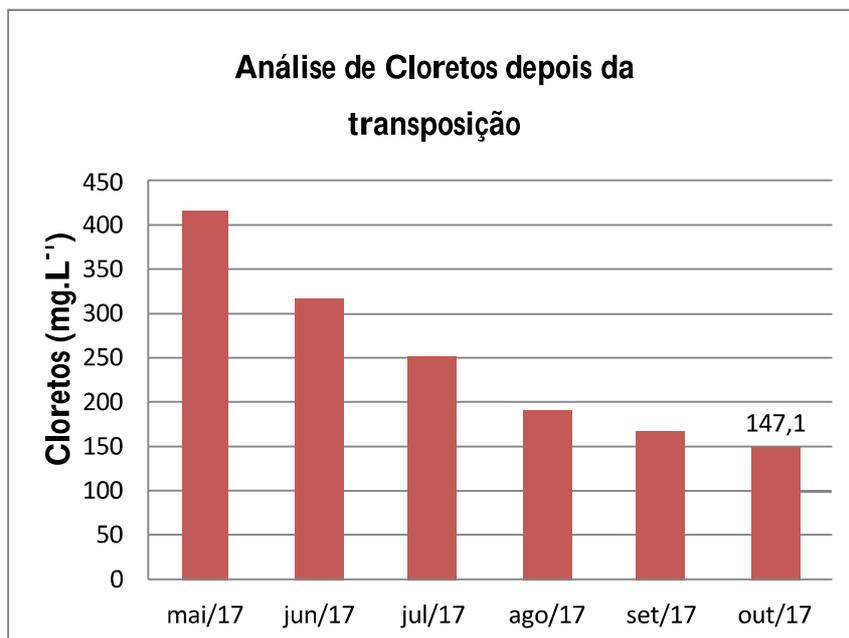
Figura 12 – Análise de Salinidade depois da transposição



Fonte: Própria autoria (2017)

O parâmetro Salinidade também teve uma queda expressiva, podendo ser explicado pelo aumento do volume do reservatório, como também pela baixa salinidade que é uma característica apresentada pelas águas do Rio São Francisco na Tabela 2.

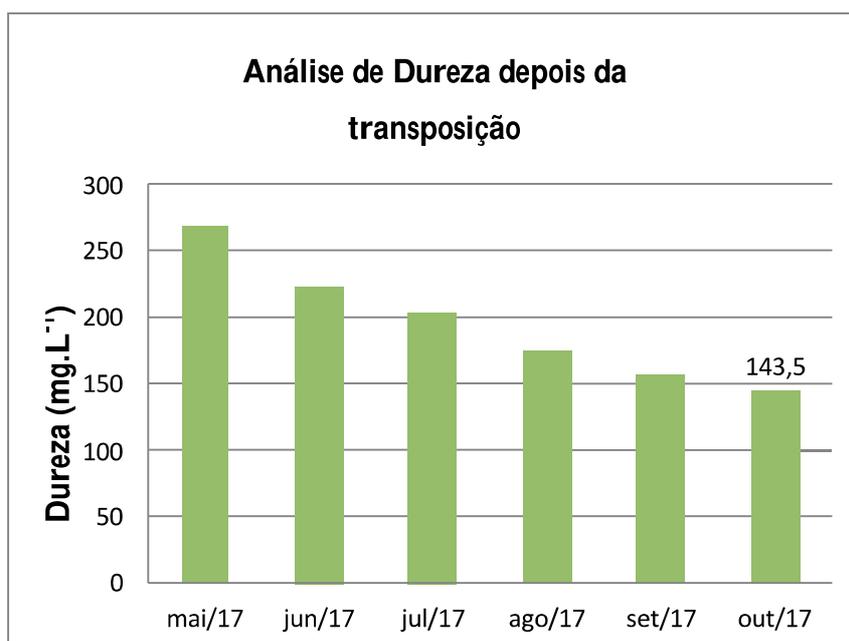
Figura 13 – Análise de Cloretos depois da transposição



Fonte: Própria autoria (2017)

Neste parâmetro observa-se a importância da qualidade apresentada pela água do Rio São Francisco, pois a mesma interferiu diretamente na diminuição da concentração de cloretos da água do Epitácio Pessoa, o que contribuiu diretamente para uma água de excelente qualidade.

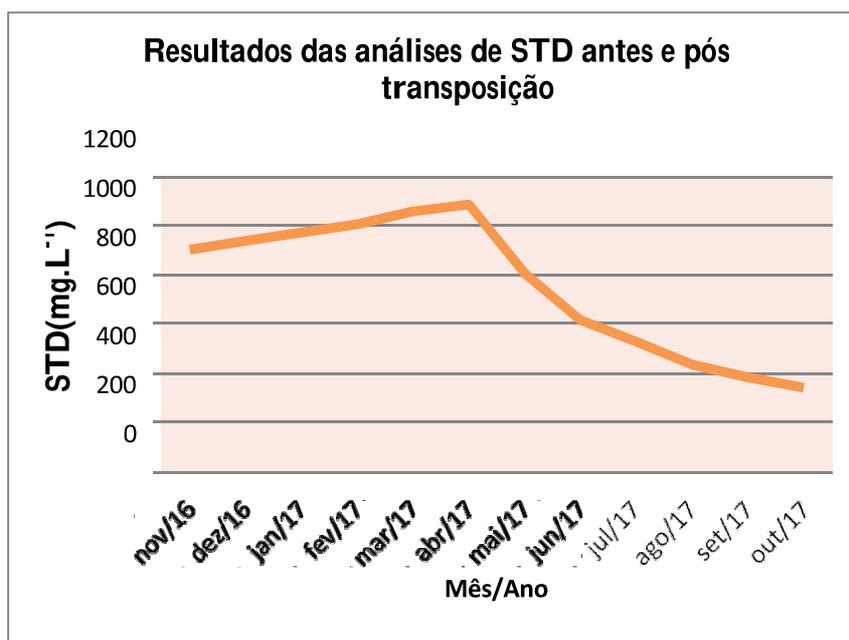
Figura 14 – Análise de Dureza depois da transposição



Fonte: Própria autoria (2017).

A dureza está relacionada com a soma da concentração de íons de cálcio e magnésio presentes na água, a Figura 14 mostra uma queda nessa concentração de dureza, o que indica que ocorreu uma diluição desses íons e também um baixo valor de dureza é característico da água do Rio São Francisco, apresentado na Tabela 2, o que contribui diretamente para a diminuição do valor desse parâmetro e assim uma água de melhor qualidade.

Figura 15 – Resultados das análises de STD antes e pós transposição



Fonte: Própria autoria (2017)

A figura 15 apresenta todos os resultados de STD, que representam de uma forma geral todos os sólidos presentes na água como cloretos, dureza e salinidade. Nota-se que do mês de novembro de 2016 até abril de 2017, acontece um crescimento nos valores dos sólidos totais suspensos ou dissolvidos que representa a queda de qualidade da água bruta do açude Epitácio Pessoa. Do mês de maio de 2017 até outubro do mesmo ano, a figura 15 apresenta uma diminuição acentuada desses sólidos, o que significa uma grande melhora na qualidade da água bruta do manancial após ocorrer a mistura das águas por meio da transposição.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados e informações mostrados ao longo deste trabalho, percebeu-se a importância que a transposição do Rio São Francisco para o açude Epitácio Pessoa representou para o grave problema hídrico sofrido nos últimos anos na região. As obras realizadas para que a transposição ocorresse de fato levaram alguns anos, mas chegou no momento de maior escassez apresentado na história do reservatório, já que o mesmo se encontrava no seu volume morto.

Diante das análises realizadas para aferir a qualidade da água pelos seus parâmetros físico-químicos e pelos seus respectivos resultados demonstrados, nota-se que a água do açude Epitácio Pessoa antes da transposição apresentou um crescimento gradativo nos valores de seus parâmetros, a medida que o mesmo foi reduzindo o seu volume, sendo necessários tratamentos mais severos para que a água distribuída para residências e indústrias estivesse nos padrões de potabilidade exigidos.

Os dados apresentados pelas análises realizadas com as águas do Rio São Francisco, demonstraram uma água de ótima qualidade, pois seus parâmetros estavam muito abaixo dos valores padrões de referência para a água potável, podendo ser considerada uma água doce.

Depois da transposição, quando de fato as águas do Rio São Francisco começaram a se misturar com as águas do açude Epitácio Pessoa, percebeu-se de acordo com as análises físico-químicas que ao longo dos meses com a continuidade da transposição, está ocorrendo uma grande melhora na qualidade do manancial desde o início da chegada das águas. As tabelas e figuras mostraram uma queda de todos os valores, comprovando que a qualidade da água bruta tem melhorado significativamente, sendo necessários tratamentos menos severos para que se atinja os padrões de potabilidade e a água seja distribuída para consumo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. ANA – Agência Nacional de Águas. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Manual de saneamento*. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

_____. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água*. 4ª ed. – Brasília: Funasa, 2013. p. 150.

_____. *RESOLUÇÃO Nº 903, DE 22 DE JULHO DE 2013*. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

BRITO, F. B.; VIANNA, P. C. G. *Açude do Boqueirão, dez anos de desacertos (1998/2008), da crise de abastecimento ao afogamento do conflito*, 2008.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Disponível em <www.cagepa.pb.gov.br/institucional/historia/>. Acesso em: 31 out. 2017.

CASTRO, C. N. *Transposição do Rio São Francisco: Análise de Oportunidade do Projeto*. Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. *Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*. São Carlos. RIMA, 2002.

DNOCS – *Departamento Nacional de Obras Contra a Seca*. Disponível em <<http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao/boqueirao.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

EMBRAPA. *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água*. Embrapa Floresta: Colombo, 2011.

GARCEZ, L. N. *Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltados para análises de águas e esgotos sanitários*. São Paulo, 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006, p. 859.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. *Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e*

soluções. 1ª ed. São Paulo: IEE – USP e Reconnectta, 2017.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba (AESAs). Disponível em <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaUltimosVolumesPorMunicipio>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

_____. *Vista aérea do açude Epitácio Pessoa*. Disponível em <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/fotosacudes.do?metodo=detalhar&id=283>>. Acesso em 07 nov. 2017.

PARANÁ. Secretária Da Educação Do Estado Do Paraná. *Bacia do Rio São*

Francisco. Disponível em <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1047&evento=5>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

PHILIPPI JR, A. *Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. 1ª ed. Barueri: Manole, 2005.

PIVELI, P. D. R. P. *Aula 10 - Oxigênio Dissolvido e Matéria Orgânica em Águas*. 2010. p. 12.

SILVA, J. M. et. al. *Conflitos ambientais e as águas do Rio São Francisco*. Saúde Soc. São Paulo, v.24, n.4, p. 1208-1216, 2015.